T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI

TEKNİK ARAŞTIRMA VE KALİTE YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

KAPLAMA ÖLÇÜM VE KİMYA ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ

KAPLAMA SINIFLANDIRMA DERECESİ (PCR) DENEYİ TEKNİK ŞARTNAMESİ

AYGM
Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü

Şubat 2025

T.C.

ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI

ALTYAPI YATIRIMLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

TEKNİK ARAŞTIRMA VE KALİTE YÖNETİMİ DAİRESİ BAŞKANLIĞI

HAVALİMANLARI KAPLAMALARININ DEĞERLENDİRİLME VE SINIFLANDIRILMASI İÇİN KAPLAMA SINIFLANDIRMA DERECESİ DENEYİ TEKNİK ŞARTNAMESİ (PAVEMENT CLASSIFICATION RATING - PCR)

Halit YILMAZ Makine Teknikeri	Kenan USLU Hidrojeoloji Mühendisi
Murat FEYZİFAR Jeoloji Mühendisi	Levent KADIOĞLU Şube Müdürü Y.
	Dr. Yavuz YEGİN Daire Başkanı
Uygun görüşle arz ederim. **Erhan Ümit EKİNCİ** Genel Müdür Yardımcısı V.	**ONAY** 10/02/2025 **Dr. Yalçın EYİGÜN** Genel Müdür

İÇİNDEKİLER

1. UYGULAMA REHBERİNİN AMACI 17
PCR DENEYİ UYGULAMA REHBERİ 18
2. PCR (KAPLAMA SINIFLANDIRMA DERECELENDİRMESİ) (ICAO) 20
BÖLÜM 1 - HAVALİMANI KAPLAMASININ DAYANIMINI RAPORLAMA PROSEDÜRLERİ 21
2.1. AĞIR UÇAKLARA GÖRE TASARLANMIŞ KAPLAMALAR İÇİN PROSEDÜRLER (ACR-PCR YÖNTEMİ) 21
2.1.1. HAVALİMANI TASARIMI VE İŞLETMELERİ 21
2.1.2. ACR-PCR KONSEPTİ METODOLOJİSİ 23
2.1.2.1. AIP 23
2.1.2.2. ACR-PCR ÖLÇEĞİ 23
2.1.2.3. ÜRETİCİ FİRMALARDAN ELDE EDİLEN ACR DEĞERLERİ 23
2.1.2.4. ACR-PCR RAPOR FORMATI İÇERİĞİ 23
2.1.2.5. TASARIM/DEĞERLENDİRME PROSEDÜRÜ SERBESTLİĞİ 24
2.1.2.6. PCR RAPORLAMASINDA SINIRLAYICI UNSURLAR 24
2.1.3. ACR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ 24
2.1.3.1. ACR DEĞERİNİN HESAPLANMASI 24
2.1.3.2. ACR DEĞERİ İÇİN GEREKLİ STANDARTLAR 24
2.1.3.2.1. ZEMİN MODÜL DEĞERLERİ 25
2.1.3.2.2. ZEMİN KATEGORİLERİ 25
2.1.3.2.3. RİJİT KAPLAMALAR 25
2.1.3.2.4. TÜRETİLMİŞ TEK TEKERLEK YÜKÜ KONSEPTİ 27
2.1.3.2.5. UÇAK SINIFLANDIRMA DERECESİ (ACR) TANIMI 27
2.1.3.2.6. FARKLI KÜTLE VE AĞIRLIK MERKEZİ DURUMLARI 27
2.1.3.3. ACR-PCR YÖNTEMİNDE MATEMATİKSEL MODELLER 28
2.1.3.4. FAA TARAFINDAN KULLANILAN PROGRAM (LEAF) 28
2.1.3.5. GRAFİK (ABAK) KULLANIMI 31
2.1.3.6. RİJİT KAPLAMA ACR PROSEDÜRÜ 31
2.1.3.6.1. LEA MODELİ İÇİN REFERANS KAPLAMA 31
2.1.3.6.2. ANA İNİŞ TAKIMI 32
2.1.3.6.3. LEA DEĞERLENDİRME NOKTALARI SAYISI 32
2.1.3.6.4. DSWL HESAPLAMASI 32
2.1.3.6.5. HAFİF UÇAKLAR DSWL HESAPLAMASI 32
2.1.3.6.6. ACR SAYISAL DEĞERİ 33
2.1.3.7. ESNEK KAPLAMA ACR PROSEDÜRÜ 33
2.1.3.8. ACR HESAPLAMA İÇİN REFERANS KAPLAMA 33
2.1.3.9. DEĞİŞKEN TEMEL TABAKASI 34
2.1.3.10. P-209 MALZEME MODÜLÜ 34
2.1.3.11. ANA İNİŞ TAKIMI İLE ACR BELİRLEME 36
2.1.3.12. GERİNİM NOKTALARI 36
2.1.3.12.1. BASİT İNİŞ TAKIMLARI 36
2.1.3.12.2. KARMAŞIK İNİŞ TAKIMLARI 37
2.1.3.12.3. MAKSİMUM GERİNİM 37
2.1.3.13. HASAR MODELİ 38
2.1.3.14. DSWL 38

2.1.3.15. REFERANS KALINLIK VE TEKERLEK YÜKÜ 38
2.1.3.16. HAFİF UÇAKLAR İÇİN DEĞİŞTİRİLMİŞ DSWL 38
2.1.3.17. ACR HESABI 39
2.1.3.18. LASTİK BASINCI AYARI 39
2.1.3.19. ÖRNEK HESAPLAMALAR 39
2.1.4. PCR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ 43
2.1.4.1. CDF KONSEPTİ İLE PCR BELİRLEME 43
2.1.4.2. CDF KONSEPTİ 43
2.1.4.2.1. YAPISAL YORULMA 43
2.1.4.2.2. YENİLMENİN TANIMI 43
2.1.4.2.3. MINER'S KURALI 43
2.1.4.2.4. YAPISAL KAPLAMA ÖMRÜ 43
2.1.4.3. YANAL GEZİNME 44
2.1.4.3.1. UÇAK GEÇİŞLERİNİN DAĞILIMI 44
2.1.4.3.2. YÜKSEK HIZLI ALANLAR 44
2.1.4.3.3. STANDART SAPMA 44
2.1.4.3.4. FAA PROSEDÜRÜ 44
2.1.4.3.5. YANAL GEZİNME ETKİSİ 44
2.1.4.3.6. SIFIR YANAL GEZİNME 45
2.1.4.3.7. IZGARA METODU 45
2.1.4.3.8. KÜMÜLATİF HASARIN BELİRLENMESİ 45
2.1.4.3.9. CDF VARYASYONU 45
2.1.4.3.10. YANAL CDF DEĞERİ 46
2.1.4.4. KAPLAMA DAYANIMI RAPORLAMA 46
2.1.4.4.1. PCR KODLARI 46
2.1.4.4.2. ZEMİN KATEGORİSİ 46
2.1.4.4.3. ZEMİN KODLARI 46
2.1.4.4.4. CBR-E MODÜLÜ FORMÜLÜ 47
2.1.4.4.5. ALTERNATİF CBR ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ 47
2.1.4.4.6. RİJİT KAPLAMALAR İÇİN YOUNG MODÜLÜ 47
2.1.4.4.7. YENİ KAPLAMALARDA ZEMİN MODÜLÜ DEĞERİ 47
2.1.4.4.8. LASTİK BASINCI 47
2.1.4.4.9. DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ 48
2.1.4.5. TEKNİK DEĞERLENDİRME İÇİN PCR TARAFINDAN ÖNERİLEN PROSEDÜR (T) 48
2.1.4.5.1. PCR PROSEDÜRÜ 48
2.1.4.5.2. PCR PROSEDÜRÜNDE DİKKATE ALINAN HUSUSLAR 48
2.1.4.5.3. PCR PROSEDÜRÜNDE İZLENECEK ADIMLAR 48
2.1.4.5.4. PCR AKIŞ ŞEMASI 49
2.1.4.5.5. TEKİL PCR 50
2.1.4.6. UYGULANABİLİRLİK 50
2.1.4.6.1. TEKNİK DEĞERLENDİRMENİN UYGULANABİLİRLİĞİ 50
2.1.4.6.2. KAPLAMA TASARIMI VE DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ SEÇİMİ 50
2.1.4.6.3. UÇAK DENEYİMİ YÖNTEMİ (U) 50
2.1.4.6.4. UÇAK DENEYİMİ TEKNİĞİ 50
2.1.4.6.5. ÖRNEKLER 52

BÖLÜM 2 - AŞIRI YÜK OPERASYONLARI İÇİN REHBER 60
2.2. ANNEX 14, CİLT I, EK A'DA ÖNERİLEN KRİTERLER 60
2.2.1. KAPLAMALARIN AŞIRI YÜKLENMESİ 60
2.2.2. AŞIRI YÜKLEME İZNİ 60
2.2.3. TEKNİK ANALİZ 60
2.2.4. AŞIRI YÜK OPERASYONLARININ SAYISI 61
BÖLÜM 3 - KAPLAMALARIN YAPISAL DEĞERLENDİRİLMESİ 62
2.3. GENEL 62
2.4. KAPLAMA DEĞERLENDİRME UNSURLARI 62
2.4.1. KAPLAMANIN DAVRANIŞI 62
2.4.2. ZEMİN ÖZELLİKLERİ 62
2.4.3. KAPLAMA TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ 63
2.4.4. UÇAK YÜKÜNÜN KAPLAMAYA AKTARILMASI 63
2.4.5. YÜK TEKRARI VE YORGUNLUK BİLEŞENLERİ 64
2.4.6. PCS 64
2.5. ACR-PCR METODUNUN UNSURLARI 64
2.5.1. PCR 64
2.5.2. KAPLAMA 64
2.5.3. ZEMİN KATEGORİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ 65
2.5.4. LASTİK BASINCI 66
2.5.5. RAPORLANAN KAPLAMA MUKAVEMETİ 66
2.5.6. HAFİF UÇAKLAR 67
2.6. TRAFİĞİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN VE YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ 67
2.6.1. KAPLAMA TAŞIMA MUKAVEMETİ DEĞERLENDİRMESİ 67
2.6.2. SEÇİLEN YÜKLERİN TEKRARLAMA SEVİYELERİ 67
2.6.3. YÜKLEME VE YENİLME TEKRARLAMA EĞRİLERİ 68
2.7. "UÇAK KULLANMA" DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ 69
2.7.1. DEĞERLENDİRME KISITLARI 69
2.7.2. KAPLAMAYI DÜZENLİ KULLANAN UÇAK TİPİ 69
2.7.3. UÇAK TRAFİĞİNİN KAPLAMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ 69
2.7.4. REFERANS UÇAĞIN UÇAK TÜR VE KÜTLELERİNE GÖRE BELİRLENMESİ 70
2.7.5. KAPLAMA TİPİNİ BELİRLEMEK 70
2.7.6. ZEMİN TİPİNİ BELİRLEMEK 70
2.7.7. LASTİK BASINCI TİPİ BELİRLEMEK 70
2.7.8. EŞDEĞER PCR DEĞERİNİ BELİRLEMEK 72
2.7.9. KAPLAMA YORGUNLUĞUNA SEBEP UÇAĞIN BELİRLENMESİ 72
2.7.10. GELECEKTEKİ BİR UÇAĞIN ÖNGÖRÜLMESİ 72
2.7.11. HAFİF UÇAKLARDA GEOMETRİ VE YÜKÜN DAĞILIMI 72
2.7.12. HAFİF UÇAKLARIN KULLANDIĞI KAPLAMALARDA DİĞER ARAÇLAR 72
2.8. "TEKNİK" DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ VE EKİPMANLARI 73
2.8.1. TASARIM VE DEĞERLENDİRME İÇİN KAPLAMA DAVRANIŞI KAVRAMLARI 73
2.8.1.1. TEORİ TEMELLİ İLK METODLAR 73
2.8.1.2. RİJİT KAPLAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 73
2.8.1.3. GERİLİM-GERİNİM TEPKİSİ MODELLERİ 74
2.8.1.4. ELASTİK KATMANLI SİSTEMLER 74

2.8.1.5. ELASTİK KATMANLARIN NONLİNEARİTESİ 74
2.8.1.6. YÜK-TEPKİ İLİŞKİLERİ 74
2.8.1.7. STATİK VE DİNAMİK PLAKA YÜKLEME TESTLERİ 75
2.8.1.8. BENKELMAN KİRİŞ YÖNTEMİ VE DİĞER YÖNTEMLER 75
2.8.1.9. DİNAMİK YÜK EKİPMANLARI 75
2.8.1.10. KAPLAMA ELEMANLARININ DAVRANIŞLARI 75
2.8.1.11. CBR TESTLERİ 76
2.8.1.12. YERİNDE CBR DENEYİNİN KULLANILMASI 76
2.8.1.13. ZEMİN REAKSİYON MODÜLÜ (K) DEĞERİNİN KULLANILMASI 77
2.8.1.14. E VE N DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİNDE GELENEKSEL YÖNTEMLER 77
2.8.1.15. ELASTİSİTE MODÜLÜNÜ TESPİT ETMEK İÇİN YAPILAN DENEYLER 77
2.8.1.16. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ 78
2.8.2. TASARIMIN TERSİNE ÇEVRİLMESİ YOLUYLA DEĞERLENDİRME 79
2.8.2.1. TASARIM METODUNUN SEÇİMİ 79
2.8.3. DOĞRUDAN VEYA TAHRİBATSIZ DEĞERLENDİRME 81
2.8.3.1. STATİK METODLARIN UYGULANMASI 81
2.8.3.2. DEFLEKSİYON İLE TRAFİK YÜKÜ TEKRARI KORELASYONU 81
2.8.3.3. KORELASYONLARIN ÖRÜNTÜLERİ 82
2.8.3.4. YÜK-DEFLEKSİYON MODELİ 83
2.8.3.5. YÜK-DEFLEKSİYON MODELİNDE TAHMİN 83
2.8.3.6. DİNAMİK YÜKLEME CİHAZLARI 83
2.8.3.7. STRES DALGALARINDAN HIZ HESAPLAMAK 84
2.8.3.8. FWD VE HWD CİHAZLARI 84
BÖLÜM 4 - KAPLAMA TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN UYGULAMALAR 86
2.9. AMAÇ 86
2.9.1. KAPLAMANIN DAYANIMINI SAĞLAYAN FAKTÖRLER 86
2.9.2. KAPLAMANIN RAPORLANMASI 86
2.10. FRANSA YÖNTEMLERİ 86
2.10.1. GENEL 86
2.10.2. KAPLAMA TASARIMI 86
2.10.2.1. CBR VE PCA YÖNTEMLERİ HARİÇ DİĞER YÖNTEMLER 86
2.10.2.2. TASARIM SÜRECİ 87
2.10.2.3. ALİZÉ 87
2.10.3. KAPLAMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ 87
2.10.3.1. HİZMET İNDEKSİ 87
2.10.3.2. KAPLAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN REHBERLİK 87
2.10.4. KAPLAMANIN DAYANIMININ RAPORLANMASI 88
2.11. BİRLEŞİK KRALLIK YÖNTEMLERİ 88
2.11.1. KAPLAMANIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ 88
2.11.1.1. TASARIM UÇAĞI 88
2.11.1.2. RCC, LCN VE LCG 88
2.11.1.3. RİJİT KAPLAMALAR İÇİN MODEL 88
2.11.1.4. TASARIM VE DEĞERLENDİRME PROBLEMLERİ 88
2.11.1.5. CBR YÖNTEMİ 89
2.11.2. KAPLAMANIN DAYANIMININ RAPORLANMASI 89

2.11.2.1. ICAO ACN/PCN YÖNTEMİ 89
2.11.2.2. KÜTLE VEYA HAREKET SINIRLAMASI 89
2.12. AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ YÖNTEMLERİ 89
2.12.1. GENEL 89
2.12.2. KAPLAMA TASARIMI 89
2.12.2.1. FAA AC 150/5320-6 89
2.12.2.2. FAA AC 150/5320-6 90
2.12.3. KAPLAMANIN DEĞERLENDİRMESİ 90
2.12.3.1. DİKKATE ALINACAK DİĞER UNSURLAR 90
2.12.3.2. DEĞERLENDİRME PROSEDÜRLERİ 90
2.12.4. KAPLAMANIN DAYANIMININ RAPORLANMASI 90
2.12.4.1. KILAVUZ 90
BÖLÜM 5 91
BÖLÜM 6 92
BÖLÜM 7 - MENFEZ, KÖPRÜ VE DİĞER YAPILAR İÇİN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR 93
2.13. AMAÇ 93
2.14. GENEL 93
2.14.1. DRENAJ VE BENZERİ ALTYAPI TESİSLERİ 93
2.14.2. OLASI YENİ YÜKLER 93
2.15. TASARIM HUSUSLARI 93
2.15.1. OLASI YENİ YÜKLER 93
2.15.2. TEMEL TASARIMI KILAVUZU 94
2.15.3. STATİK VE DİNAMİK YÜKLER 94
2.15.4. DOĞRUDAN YÜKLEMEYE MARUZ KALAN ALANLAR 94
2.15.5. TRAFİK YÖNLERİ 95
BÖLÜM 8 96
BÖLÜM 9 - DOĞAL ZEMİN İÇİN YAPISAL KRİTERLER 97
2.16. GİRİŞ 97
2.16.1. KAPLANMAMIŞ YÜZEYLER 97
2.16.2. REHBERİN KAPSAMI 97
2.16.3. YÜZEYİN KORUNMASI 97
2.16.4. VERİ EKSİKLİĞİNDE MÜHENDİS KARARI 97
2.17. TASARIMIN ARKA PLANI 97
2.17.1. KAPLAMA İÇİN GEREKLİ PARAMETRELER 97
2.17.2. DOĞAL ZEMİN CBR DEĞERİ 98
2.18. TASARIM DETAYLARI 98
2.18.1. ÖRTÜ TABAKASI KALINLIĞI 98
2.18.2. YENİLME KRİTERİ 98
2.18.3. UÇAK KATEGORİLERİ 99
2.18.4. GEREKLİ ÖRTÜ KALINLIKLARI 99
2.19. HAZIRLANMIŞ DOĞAL ZEMİNLERİN TAŞIMA GÜCÜNE İLİŞKİN REHBERLİK 99
2.19.1. BANKETİN AMACI 99
2.19.2. RESA 100
2.19.3. ŞERİT SAHALAR 100
EK 1 - KAPLAMA TAŞIMA MUKAVEMETİNİ ETKİLEYEN UÇAK ÖZELLİKLERİ 101

2.20. GENEL 101
2.20.1. TASARIMI ETKİLEYEN UÇAK ÖZELLİKLERİ 101
2.20.2. UÇAK YÜKLERİ 101
2.20.3. STATİK DAĞILIM 101
2.20.4. L1/L2 ORANI 102
2.20.5. MUKAVEMET GEREKSİNİMİ 102
2.20.6. KAPLAMAYA İLETİLEN YÜK 102
2.20.7. TEKERLEK ARALIKLARI 102
2.20.8. ÇALIŞMA AĞIRLIKLARI 103
2.21. KAPLAMALARIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN UÇAK ÖZELLİKLERİ 103
2.21.1. GÜNCEL TİCARİ UÇAK TÜRLERİ 103
2.21.2. TEKERLEK DÜZENİ TERMİNOLOJİSİ 103
2.21.2.1. UÇAK DİŞLİ GEOMETRİSİ İÇİN TEMEL AD 103
2.21.2.2. TEMEL DİŞLİ TİPİ 103
2.21.2.3. TEMEL DİŞLİ KODLARI 104
2.21.2.4. DİŞLİ TANIMININ ANA DİŞLİ KISMI 104
2.21.2.5. DİŞLİ TANIMININ GÖVDE/GÖBEK DİŞLİ KISMI 105
2.21.2.6. BENZERSİZ DİŞLİ KONFİGÜRASYONLARI 105
2.21.2.7. DİŞLİ GEOMETRİSİ ADLANDIRMA KURALINA ÖRNEKLER 105
EK 2 - ICAO-ACR BİLGİSAYAR PROGRAMI İÇİN KULLANICI BİLGİLERİ 111
EK 3 - ESNEK ACR İÇİN HASAR MODELİ 112
2.22. TEMEL HASAR KANUNU 112
2.22.1. ESNEK ACR PROSEDÜRÜ 112
2.22.2. TEMEL HASAR TANIMI 112
2.23. ÇOK AKSLI DİŞLİ YÜKLERİ 112
2.23.1. MODERN İNİŞ TAKIMLARI 112
2.23.2. TANDEM ETKİLEŞİMİ 112
2.24. HASAR KANUNUNUN SÜREKLİ İNTEGRAL FORMU 112
2.24.1. MINER'S KURALI VE ESP FAKTÖRÜ 112
2.24.2. TEK UÇAK GEÇİŞİ HASARI 113
2.24.3. BOYUNA KONUM, X 113
2.24.4. MAKSİMUM GENLİKTE GERİNİM PROFİLİ 113
2.24.5. EŞDEĞER TEK TEPE (ESP) 114
2.24.6. N SAYIDA UÇAĞIN HASARI 114
2.24.7. P/C ORANINA GÖRE HASAR 114
2.24.8. ESP VE P/C ORANLARI 114
2.24.9. TEMEL HASAR İNTEGRAL FORMU 114
2.24.10. EŞDEĞER İNTEGRAL FORMU 115
2.24.11. $EMAX$, EEQ VE ESP ARASINDAKİ İLİŞKİ 115
2.25. ESNEK ACR İÇİN HASAR MODELİ 115
2.25.1. SÜREKLİ İNTEGRAL FORMU 115
2.25.2. PROSEDÜR 115
3. KAPLAMALARININ DEĞERLENDİRMESİNDE TAHRİBATSIZ YÖNTEM (FAA) 116
BÖLÜM 1 - GİRİŞ 117
3.1. GENEL 117

3.2. ARKA PLAN ... 117
3.3. NDT LİMİTLERİ ... 118
BÖLÜM 2 - NDT SÜRECİNİN TANIMI ... 120
3.4. GENEL ... 120
3.5. KAPLAMA SERTLİĞİ VE SENSÖR TEPKİSİ ... 120
3.6. DEFLEKSİYON HAVUZU ... 121
3.7. NDT VERİSİNİN KULLANIMI ... 122
3.7.1. TAHRİBATSIZ TEST EKİPMANLARI ... 123
BÖLÜM 3 - TAHRİBATSIZ DENEY EKİPMANLARI ... 125
3.8. GENEL ... 125
3.9. EKİPMAN KATEGORİLERİ ... 125
3.10. NDT EKİPMANI İÇİN GENEL GEREKSİNİMLER ... 128
BÖLÜM 4 - TAHRİBATSIZ MUAYENE EKİPMANLARI İÇİN GEREKLİLİKLER ... 130
3.11. GENEL ... 130
3.12. STANDARDİZASYON GEREKLİLİĞİ ... 130
3.13. FAA DUYARLILIK ÇALIŞMASI ... 131
3.14. FAA POLİTİKASININ ÖZETİ ... 134
BÖLÜM 5 - DENEYİN PLANLAMASI ... 135
3.15. GENEL ... 135
3.16. NDT GEREKÇELENDİRİLMESİ ... 135
3.17. NDT TEST HEDEFLERİ ... 136
3.18. NDT DENEY TİPLERİ ... 136
3.19. NDT DENEY YERLERİ VE MESAFELENDİRME ... 137
3.20. NDT DENEY YERLERİ KROKİSİ ... 139
3.21. ÖZEL DURUMLAR ... 141
BÖLÜM 6 - DENEYİN PLANLAMASI ... 142
3.22. TEST PROSEDÜRÜ ... 142
3.23. EKİPMAN MOBİLİZASYONU ... 142
3.24. BAŞLANGIÇ OPERASYONLARI ... 143
3.25. VERİ TOPLAMA ... 143
3.26. ÖZEL TEST DURUMLARI ... 145
3.27. VERİLERİN YERİNDE İNCELENMESİ ... 147
BÖLÜM 7 – DEFLEKSİYON VERİSİ ANALİZİ ... 148
3.28. GENEL ... 148
3.29. SÜRECE GENEL BAKIŞ ... 148
3.30. HAM DEFLEKSİYON VERİSİ İŞLEMESİ ... 150
3.31. GERİ-HESAPLAMA ANALİZİ ... 153
3.32. PCC DERZ ANALİZİ ... 170
3.33. PCC BOŞLUK ANALİZİ ... 172
3.34. PCC DAYANIKLILIK ANALİZİ ... 173
3.35. ÖZET ... 174
BÖLÜM 8 – NDT TABANLI DEĞERLENDİRME VE TASARIM GİRDİLERİ ... 175
3.36. GENEL ... 175
3.37. İSTATİSTİKSEL OLARAK TÜRETİLMİŞ GİRDİLER ... 175
3.38. FAA ANALİZ PROGRAMLARINDA NDT SONUÇLARININ KULLANIMI ... 178

3.39. PCC DESTEK KAYBI 181
3.40. ÖZET 182
4. KAPLAMA MUKAVEMETİ RAPORLAMASININ STANDARTLAŞTIRILMIŞ YÖNTEMİ (FAA) 183
BÖLÜM 1 - GİRİŞ 184
4.1. GENEL 184
4.2. STANDARTLAŞTIRILMIŞ BİR YÖNTEMİN GELİŞTİRİLMESİ 184
4.2.1. ACR TANIMI 184
4.2.2. PCR TANIMI 184
4.2.3. SİSTEM METODOLOJİSİ 184
4.3. UYGULAMA 184
4.4. ACR-PCR SİSTEMİNİN SINIRLAMALARI 185
BÖLÜM 2 –UÇAK SINIFLANDIRMA DERECESİNİN BELİRLENMESİ 186
4.5. ACR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ 186
4.6. ZEMİN SINIFI 186
4.7. OPERASYONEL FREKANS 186
4.8. RİJİT VE ESNEK ACR 186
4.9. ACR HESAPLAMA 187
4.10. ACR DEĞERİNİ BELİRLEMEDE ETKİLİ DEĞİŞKENLER 187
4.10.1. ESNEK KAPLAMALAR 187
4.10.2. RİJİT KAPLAMALAR 187
BÖLÜM 3 - ACR-PCR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ 188
4.11. MATEMATİKSEL MODELLER 188
4.12. ICAO-ACR VE FAARFIELD YAZILIMLARI 188
4.13. FAARFIELD YAZILIMI 188
4.13.1. DAHİLİ UÇAK KÜTÜPHANESİ 188
4.14. HARİCİ UÇAK KÜTÜPHANESİ 188
4.14.1. KÜTÜPHANE 188
4.14.2. DAHİLİ KÜTÜPHANEDEN HARİCİ KÜTÜPHANEYE AKTARIM 189
4.15. ACR DEĞERİ NASIL BELİRLENİR 189
4.15.1. ACR'Yİ HESAPLAMAK İÇİN ICAO-ACR PROGRAMINI KULLANMA 189
BÖLÜM 4 – PCR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ 190
4.16. PCR KONSEPTİ 190
4.17. PCR DEĞERİNİN NÜMERİK OLARAK BELİRLENMESİ 190
4.18. PCR DEĞERİNİN UÇAK KULLANMA METODU İLE BELİRLENMESİ 190
4.18.1. UÇAK KULLANMA YÖNTEMİNİN VARSAYIMLARI 190
4.18.2. UÇAK KULLANMA YÖNTEMİNİN YANLIŞLIKLARI 190
4.19. PCR DEĞERİNİN TEKNİK DEĞERLENDİRME METODU İLE BELİRLENMESİ 191
4.19.1. KAPLAMANIN MUKAVEMETİ 191
4.19.2. DEĞERLENDİRMENİN DOĞRULUĞU 191
4.19.3. TEKNİK DEĞERLENDİRME (T) PCR İÇİN ÖNERİLEN PROSEDÜR 192
4.19.4. PCR'NİN SINIRLAMALARI 192
4.20. PCR RAPORLAMA 192
4.20.1. SAYISAL PCR DEĞERİ 192
4.20.2. KAPLAMA TİPİ 192
4.20.2.1. ESNEK KAPLAMA 193

4.20.2.2. RİJİT KAPLAMA ... 193
4.20.2.3. KOMPOZİT KAPLAMA ... 193
4.20.3. ZEMİN MUKAVEMET KATEGORİSİ ... 193
4.20.4. İZİN VERİLEN LASTİK BASINCI ... 193
4.20.4.1. RİJİT KAPLAMALARDA LASTİK BASINÇLARI ... 194
4.20.4.2. ESNEK KAPLAMALARDA LASTİK BASINÇLARI ... 194
4.20.5. PCR'Yİ BELİRLEMEK İÇİN KULLANILAN YÖNTEM ... 194
4.20.6. ÖRNEK PCR RAPORLAMASI ... 194
EK A - EŞDEĞER TRAFİK ... 195
4.21. EŞDEĞER TRAFİK ... 195
4.21.1. CDF ... 195
4.21.2. DEĞERLENDİRME ... 195
4.21.3. TRAFİK BİLGİSİ ... 195
4.22. EŞDEĞER TRAFİK TERMİNOLOJİSİ ... 195
4.22.1. VARIŞ (LANDING) VE KALKIŞ (TAKEOFF) ... 195
4.22.2. GEÇİŞ (PASS) ... 196
4.22.2.1. PARALEL TAKSİYOLU SENARYOSU ... 196
4.22.2.2. MERKEZİ TAKSİYOLU SENARYOSU ... 197
4.22.2.3. BASİTLEŞTİRİLMİŞ YAKLAŞIM ... 197
4.22.2.4. P/TC ORANI ... 197
4.22.3. KAPSAM (COVERAGE) ... 198
4.22.3.1. P/C ... 198
4.22.3.2. KAPSAMA ALANI VE P/C ... 198
4.22.3.3. FAARFIELD VE P/C ... 198
4.22.4. OPERASYON ... 198
EK B - PCR BELİRLEME ÖRNEKLERİ ... 199
EK C - ACR-PCR SİSTEMİ İLE KAPLAMANIN AŞIRI YÜK DEĞERLENDİRMESİ ... 200
4.23. ICAO'NUN KAPLAMALAR AŞIRI YÜK DEĞERLENDİRME KILAVUZU ... 200
4.23.1. AŞIRI YÜKLEMENİN ÖNGÖRÜLMESİ ... 200
4.23.2. AŞIRI YÜK OPERASYONLARI İÇİN PROSEDÜR ... 200
4.23.3. DEĞERLENDİRME YÖNERGESİ ... 200
4.23.4. KAPLAMA ÖMRÜNÜN İZLENMESİ ... 200
4.24. AŞIRI YÜK KILAVUZU ... 201
4.24.1. KILAVUZUN GEÇERLİLİĞİ ... 201
4.24.2. VARSAYIMLAR ... 201
4.24.3. CDF>1 DURUMLARI ... 201
EK D - BELİRLİ HAVALİMANI PİST VERİ UNSURLARINDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN BİLDİRİLMESİ ... 202
4.25. İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK ... 202
4.25.1. VERİ KAYNAĞI ... 202
4.25.2. İZİN VERİLEN BRÜT AĞIRLIĞIN RAPORLANMASI ... 202
4.26. KAPLAMA SINIFLANDIRMA DERECESİ (PCR) ... 202
4.26.1. VERİ KAYNAĞI ... 202
4.26.2. PCR RAPORLAMA ... 202
4.27. UÇAĞIN BRÜT AĞIRLIK VERİSİNİN ATANMASI ... 203
4.27.1. BRÜT AĞIRLIĞIN ATANMASI ... 203

4.27.2. MAKSİMUM BRÜT AĞIRLIK LİSTESİ 203
4.27.3. GENEL DİŞLİ TİPLERİ, AĞIRLIK VE LASTİK BASINÇLARI 203
4.27.4. PCR DEĞERİNİN OKUNMASI 203
EK E - PCR BELİRLEMESİNE DAYALI HAVALİMANI ANA KAYIT RAPORLAMASI İÇİN MAKSİMUM UÇAK BRÜT AĞIRLIK TABLOLARI 206
EKLER 211
EK 1 - ACR TABLOSU 212
EK 2 - LİNEER ELASTİK TEORİ (LEA) 222
EK 3 - GERİ HESAPLAMADA YAŞANAN SORUNLAR İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ 226
EK 4 - BAKFAA 230
EK 5 - FAARFIELD 235
EK 6 - PCASE 239
EK 7 - KAPLAMALARDA DONMA ÇÖZÜNME SORUNLARI 245
EK 8 - HAVACILIK ALFABESİ 261
EK 9 - TANIMLAR 263
EK 10 - KISALTMALAR 283
EK 12 - DEĞİŞİKLİKLER 293

ŞEKİLLER

ŞEKİL 1. PCR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ 22
ŞEKİL 2. ACR DEĞERİNİN HESAPLANMASI 26
ŞEKİL 3. İNİŞ TEKERLERİ YÜKÜ — AİRBUS A330-300 29
ŞEKİL 4. İNİŞ TEKELERİ YÜKÜ – BOEİNG 787-7 30
ŞEKİL 5. BASİT ANA İNİŞ TAKIMI DÜZENLEMESİ İÇİN IZGARA TANIMI 36
ŞEKİL 6.KARMAŞIK UÇAK ANA İNİŞ TAKIMLARI İÇİN IZGARA TANIMI 37
ŞEKİL 7. ÖRNEK 1'DEKİ LEAF PROGRAMINDAKİ B747-400 DEĞERLENDİRME UÇAĞI İÇİN GİRDİ VERİLERİ 40
ŞEKİL 8. ÖRNEK 1'DEKİ LEAF PROGRAMINDA TÜRETİLEN TEK TEKERLEK YÜKÜNE İLİŞKİN VERİLER (GERİLİMLER MPA CİNSİNDENDİR) 40
ŞEKİL 9. ÖNERİLEN PCR HESAPLAMA PROSEDÜRÜNÜN AKIŞ ŞEMASI 51
ŞEKİL 10. UÇAK CDF, TOPLAM CDF VE UÇAĞIN MAKSİMUM CDF'YE KATKISI 54
ŞEKİL 11. UÇAK CDF, TOPLAM CDF VE UÇAĞIN MAKSİMUM CDF'YE KATKISI 56
ŞEKİL 12. YENİLMEYE KADAR TEKRAR/YÜKLEME EĞRİSİ 68
ŞEKİL 13. ZEMİN SINIFLANDIRMASI, KALİFORNİYA TAŞIMA ORANI (CBR) VE K DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLER 71
ŞEKİL 14. YÜK ALTINDA KAPLAMANIN DEFLEKSİYONU İLE HASAR TEKRARLARI ARASINDAKİ KORELASYON 81
ŞEKİL 15. YÜK VE DEFLEKSİYON İLİŞKİSİ 82
ŞEKİL 16. YERDEKİ UÇAĞIN AĞIRLIK DAĞILIMI 101
ŞEKİL 17. TEKERLEK DÜZENLEMELERİ 102
ŞEKİL 18. DİŞLİ ADLANDIRMA KURALI 103
ŞEKİL 19. GENEL DİŞLİ KONFİGÜRASYONLARI (EK TANDEM AKSLAR İÇİN SAYISAL DEĞER ARTIRILIR) 104
ŞEKİL 20. ÇOK DİNGİLLİ DİŞLİ GERİLİM TEPKİSİ ÖRNEĞİ 113
ŞEKİL 21. EMAX, EEQ VE ESP ARASINDAKİ İLİŞKİ 115
ŞEKİL 22. FWD TARAFINDAN OLUŞTURULAN İMPULS YÜKÜ 121
ŞEKİL 23. YÜK PLAKASINDAN RADYAL OLARAK YERLEŞTİRİLMİŞ SENSÖRLER 121
ŞEKİL 24. DEFLEKSİYON HAVUZU ŞEMASI 122
ŞEKİL 25. ÜÇ KAPLAMANIN DEFLEKSİYON HAVUZU KARŞILAŞTIRILMASI 122
ŞEKİL 26. TİTREŞİMLİ NDT İÇİN STATİK VE DİNAMİK KUVVET BİLEŞENLERİ 123
ŞEKİL 27. DARBE TABANLI NDT EKİPMANI İÇİN MAKSİMUM YÜKE ULAŞMA SÜRESİ 124
ŞEKİL 28. TİTREŞİMLİ NDT İÇİN STATİK VE DİNAMİK KUVVET BİLEŞENLERİ 126
ŞEKİL 29. DARBE TABANLI NDT EKİPMANLARI İÇİN TEPE YÜK SÜRESİ 126
ŞEKİL 30. ISM AÇISINDAN HWD KUVVET DOĞRUSALLIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ 133
ŞEKİL 31. ZEMİN ELASTİKLİK MODÜLÜ AÇISINDAN HWD KUVVET DOĞRUSALLIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ 134
ŞEKİL 32. PCC DÖŞEMESİNDEKİ NDT TEST KONUMLARI 136
ŞEKİL 33. PCC BAĞLANTISI ÜZERİNDEN YÜK AKTARIMI 137
ŞEKİL 34. MERKEZ HATTI ANO BAĞLANTISI ÜZERİNDE OLDUĞUNDA ÖRNEK PİST VEYA TAKSİ YOLU ÇİZİMİ 139
ŞEKİL 35. MERKEZ HATTI ANO BAĞLANTISI ÜZERİNDE OLMADIĞINDA ÖRNEK PİST VEYA TAKSİ YOLU ÇİZİMİ 139
ŞEKİL 36. HMA KAPLAMALARI İÇİN ÖRNEK PİST VEYA TAKSİ YOLU TASLAĞI 140
ŞEKİL 37. PCC PLAKASINDA SICAKLIK DEĞİŞİKLİKLERİNDEN KAYNAKLANAN TERMAL KIVRILMA 141
ŞEKİL 38. KÖŞE VE BİRLEŞİM TESTLERİ İÇİN EK SENSÖRLERİN KONUMU 146
ŞEKİL 39. NDT VERİ ANALİZİ VE TASARIM AKIŞ ŞEMASI 148
ŞEKİL 40. KAPLAMA KESİMİ KIRIKLARINI BELİRLEMEK İÇİN ISM GRAFİĞİ 151
ŞEKİL 41. KAPLAMA KESİT KIRIKLARINI BELİRLEMEK İÇİN KULLANILAN NORMALLEŞTİRİLMİŞ DEFLEKSİYON GRAFİĞİ 151
ŞEKİL 42. KAPLAMA KESİTLERİNİ BELİRLEMEK İÇİN KULLANILAN NORMALLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SAPMA GRAFİĞİ 153
ŞEKİL 43. VERİ HAZIRLAMA VE GERİ-HESAPLAMA YÖNTEMİ SEÇİMİ SÜRECİ 155

ŞEKİL 44. ALAN YÖNTEMİ KULLANILARAK KAPALI FORM GERİ-HESAPLAMA AKIŞ ŞEMASI 156
ŞEKİL 45. SHRP DÖRT SENSÖRLÜ YAPILANDIRMA İÇİN DEFLEKSİYON HAVUZU ALANI 157
ŞEKİL 46. ÖLÇÜLEN VE HESAPLANAN DEFLEKSİYON HAVUZLARININ KARŞILAŞTIRILMASI 164
ŞEKİL 47. ELASTİK KATMAN TABANLI ANALİZ İÇİN GERİ HESAPLAMA PROSEDÜRLERİ 169
ŞEKİL 48. 12 İNÇ (30 CM) ÇAPLI YÜK PLAKASI İÇİN DEFLEKSİYON VE GERİLİM LTE İLİŞKİSİ 171
ŞEKİL 49. ICAO-ACR YAZILIMININ EKRAN GÖRÜNTÜSÜ 189
ŞEKİL 50. TRAFİK YÜKÜ DAĞITIM MODELLERİ 196
ŞEKİL 51. ADLANDIRMA VE KOORDİNATLAR 223
ŞEKİL 52. DAİRESEL YÜKLEMEYE MARUZ KALMIŞ ÇOK KATMANLI KAPLAMA YAPISI 224
ŞEKİL 53. İSTASYON-DARBE SERTLİK MODÜLÜ ÖRNEK GRAFİĞİ 242
ŞEKİL 54. İSTASYON-ALAN ÖRNEK GRAFİĞİ 243
ŞEKİL 55. İSTASYON-SENSÖR 1 VE 2 İÇİN DEFLEKSİYON ORANLARI ÖRNEK GRAFİĞİ 243
ŞEKİL 56. İSTASYON-SENSÖR 6 İÇİN TAHMİNİ ZEMİN MODÜLÜ (PSİ) ÖRNEK GRAFİĞİ 243
ŞEKİL 57. İSTASYON-YÜK (LBF) ÖRNEK GRAFİĞİ 244
ŞEKİL 58. İSTASYON-SENSÖR 0 İÇİN YÜK (LBF)-YER DEĞİŞTİRME (MİL) ÖRNEK GRAFİĞİ 244
ŞEKİL 59. İSTASYON-HACİMSEL K (PCİ) ÖRNEK GRAFİĞİ 244
ŞEKİL 60. DONMA-ÇÖZÜLME DÖNGÜSÜ 246
ŞEKİL 61. ZARARLI DON ETKİSİ 247
ŞEKİL 62. NEMİN DON PENETRASYONUNA ETKİSİ 252
ŞEKİL 63. FAIR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ 255

TABLOLAR

TABLO 1. ACR İÇİN ZEMİN SINIFLARI 25
TABLO 2. RİJİT ACR İÇİN REFERANS KAPLAMA YAPISI 31
TABLO 3. ESNEK ACR İÇİN REFERANS KAPLAMA YAPISI 33
TABLO 4. ESNEK ACR İÇİN REFERANS KAPLAMA YAPISI 34
TABLO 5. YANAL GEZİNMEDE STANDART SAPMA DEĞERLERİ 44
TABLO 6. KAPLAMA TİPİ KODLARI 46
TABLO 7. ZEMİN KATEGORİLERİNİN DAYANIM GÜCÜNE GÖRE KODLARI 46
TABLO 8. İZİN VERİLEN MAKSİMUM LASTİK BASINÇ KATEGORİLERİNE GÖRE KODLARI 47
TABLO 9. DEĞERLENDİRME YÖNTEMİNE GÖRE KODLAR 48
TABLO 10. HER YÜK İÇİN EŞDEĞER TEKRAR FAKTÖRÜ F 68
TABLO 11. ZEMİN TÜRÜ VE UÇAK GRUBUNA GÖRE GEREKLİ KAPLAMA KALINLIĞI 99
TABLO 12. KAPLAMALARIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN UÇAK ÖZELLİKLERİ 106
TABLO 13. TAHRİBATSIZ MUAYENE ÖLÇÜM EKİPMANLARININ ÖZETİ 127
TABLO 14. DEFLEKSİYON ÖLÇÜM EKİPMANI İÇİN ASTM STANDARTLARI 130
TABLO 15. ORTAK SENSÖR YAPILANDIRMALARI 132
TABLO 16. TİPİK PİST VE TAKSİ YOLU TEST YERLERİ VE ARALIKLARI 138
TABLO 17. TİPİK APRON TEST YERLERİ VE SIKLIĞI 138
TABLO 18. KAPLAMA ANALİZİ, DEĞERLENDİRMESİ VE TASARIMI İÇİN FAA YAZILIM ARAÇLARI 149
TABLO 19. FAA YAZILIM ARAÇLARININ TEORİK TEMELİ 150
TABLO 20. 12 İNÇ (30 CM) ÇAPLI YÜK PLAKASINDAN GEREKLİ SENSÖR MESAFESİ (İNÇ) 152
TABLO 21. ALAN TABANLI SABİTLER 154
TABLO 22. HER YÜK SENARYOSU İÇİN GEREKLİ GERİ-HESAPLAMA YAZILIM ARACI TÜRÜ 155
TABLO 23. D İÇİN SABİTLER, (DENKLEM 11) 161
TABLO 24. KAPLAMA MALZEMELERİ İÇİN TİPİK MODÜL DEĞERLERİ VE ARALIKLARI 161
TABLO 25. KAPLAMA MALZEMELERİ İÇİN TİPİK POİSSON ORANLARI 163
TABLO 26. LİNEER ANALİZ GERİ HESAPLAMA PROGRAMLARI 163
TABLO 27. HATANIN BÜYÜKLÜĞÜNÜ ETKİLEYEN FAKTÖRLER 165
TABLO 28. NON-LİNEER ANALİZ GERİ HESAPLAMA PROGRAMLARI 168
TABLO 29. KAPLAMALARDA DERZ PERFORMANS DERECELENDİRMELERİ 169
TABLO 30. ISM DEĞERLERİNİN İSTATİSTİKSEL ÖZETİ 172
TABLO 31. FAA AC DEĞERLENDİRME VE TASARIM GİRDİLERİ GEREKLİLİKLERİ 177
TABLO 32. FAARFIELD İÇİN İZİN VERİLEN MODÜL DEĞERLERİ 178
TABLO 33. TEMEL VE ALT TEMEL MODÜLÜ VE EŞDEĞERLİK FAKTÖRÜ GİRİŞLERİ 179
TABLO 34. DESTEK KAYBI KOŞULLARI İÇİN ÖNERİLEN AZALTILMIŞ DEĞERLER 181
TABLO 35. ACR HESAPLAMASI İÇİN STANDART ZEMİN KOŞULLARI 186
TABLO 36. PCR RAPORLAMASI İÇİN KAPLAMA KODLARI 192
TABLO 37. PCR RAPORLAMASI İÇİN LASTİK BASINCI KODLARI 193
TABLO 38. STANDART P/TC ORANI ÖZETİ 197
TABLO 39. İZİN VERİLEN BRÜT AĞIRLIĞI BELİRLEMEK İÇİN KULLANILAN ESNEK ACR VERİLERİ 204
TABLO 40. İZİN VERİLEN BRÜT AĞIRLIĞI BELİRLEMEK İÇİN KULLANILAN RİJİT ACR VERİLERİ 205
TABLO 41. ZEMİN SINIF A 206
TABLO 42. ZEMİN SINIF B 207
TABLO 43. ZEMİN SINIF C 208
TABLO 44. ZEMİN SINIF D 209

TABLO 45. ACR TABLOSU 213
TABLO 46. KAPLAMA GERİ HESAPLAMA ANALİZİNDE BELİRLİ KOŞULLARIN ELE ALINMASI 227
TABLO 47. PCASE KRİTERLERİ 240
TABLO 48. DON DUYARLILIĞI TOPRAK SINIFLANDIRMASI 251
TABLO 49. VARSAYILAN NEM İÇERİKLERİ VE KURU YOĞUNLUKLAR 252
TABLO 50. N FAKTÖRÜ 253
TABLO 51. KIŞ SONU ÇÖZÜLME-ZAYIFLAMA DÖNEMİNİN UZUNLUĞU 254
TABLO 52. ÇÖZÜLME-ZAYIFLAMA DÖNEMİ AYARLAMASI 254
TABLO 53. MEVSİMSEL DON ALANLARI İÇİN MODÜL AZALTMA FAKTÖRLERİ 256
TABLO 54. HAVACILIK ALFABESİ 262

1. UYGULAMA REHBERİNİN AMACI

Bu rehberin amacı Kaplama Sınıflandırma Derecesi (PCR) deneyleri ile ilgili saha çalışmaları öncesi ofis hazırlıkları, arazide deneylerin nasıl gerçekleştirileceği ve elde edilen verilerden doğru sonuçlara hangi yöntemlerle ulaşılacağı ile ilgili olarak ofis ve saha personeline (teknisyen/tekniker/mühendis vb.) kılavuz sağlamaktır

PCR DENEYİ UYGULAMA REHBERİ

PCR DENEYİ
UYGULAMA REHBERİ

PCR deneylerinin yapılmasında ve raporlanmasında aşağıdaki dökümanlardan yararlanılmıştır;

1) International Civil Aviation Organization'ın yayınladığı Aerodrome Design Manual — Part 3 — Pavements (Doc 9157 - Part 3) Third Edition, 2022.

2) Federal Aviation Administration'ın yayınladığı AC 150/5370-11B — Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements, 2011.

3) Federal Aviation Administration'ın yayınladığı AC 150/5335-5D — Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCR, 2022.

4) Federal Aviation Administration'ın yayınladığı AC 150/5320-6G — Airport Pavement Design and Evaluation, 2021.

2. PCR (KAPLAMA SINIFLANDIRMA DERECELENDİRMESİ) (ICAO)

Bu bölümde “International Civil Aviation Organization’ın yayınladığı Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements (Doc 9157 - Part 3) Third Edition, 2022.” dokümanından yararlanılmıştır.

BÖLÜM 1 - HAVALİMANI KAPLAMASININ DAYANIMINI RAPORLAMA PROSEDÜRLERİ

2.1. AĞIR UÇAKLARA GÖRE TASARLANMIŞ KAPLAMALAR İÇİN PROSEDÜRLER (ACR-PCR YÖNTEMİ)

2.1.1. HAVALİMANI TASARIMI VE İŞLETMELERİ

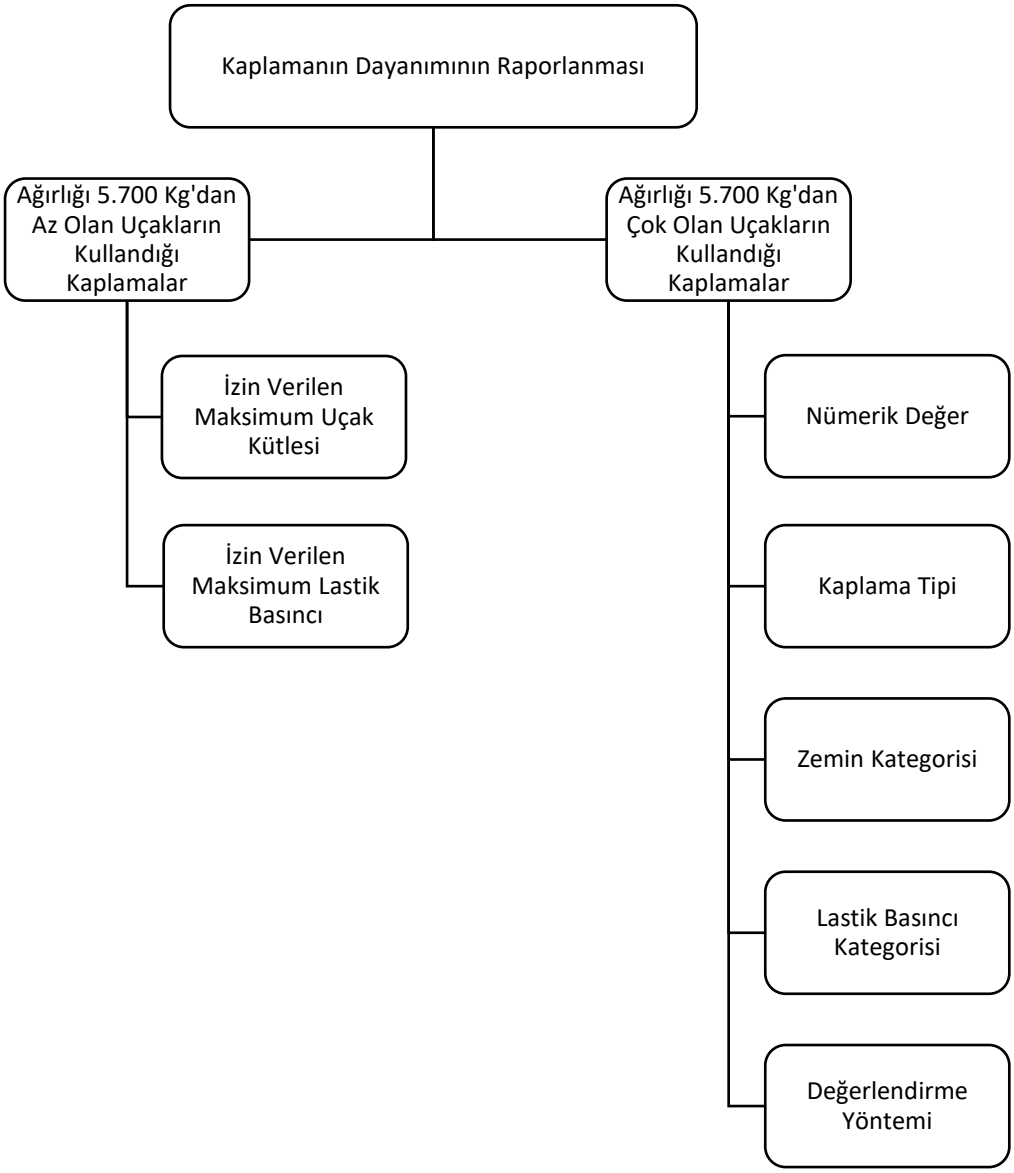
Annex 14 - Havalimanları, Cilt I - Havalimanları Tasarımı ve Operasyonları, 5700 kg'den büyük kütleli uçaklar için tasarlanmış bir kaplamanın taşıma gücünün, uçak sınıflandırma derecesi — kaplama sınıflandırma derecesi (ACR-PCR) yöntemi kullanılarak sağlanması gerektiğini belirtir. ACR-PCR yönteminin doğru anlaşılmasını ve kullanımını kolaylaştırmak için aşağıdaki açıklayıcı materyal sağlanmıştır.

a) Metodoloji konsepti

b) Bir uçağın uçak sınıflandırma derecelendirmelerinin (ACR'ler) nasıl belirlendiği

c) Bir kaplamanının kaplama sınıflandırma derecelendirmelerinin (PCR'ler) kümülatif hasar faktörü (CDF) kavramı kullanılarak nasıl belirlenebileceği

Kaplama sınıflandırma derecesinin (PCR) belirlenmesinin temel parametreleri Şekil 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. PCR Değerinin Belirlenmesi

2.1.2. ACR-PCR KONSEPTİ METODOLOJİSİ

2.1.2.1. AIP

ACR-PCR yöntemi yalnızca kaplama mukavemeti verilerinin havacılık bilgi yayınlarında (AIP) yayınlanmasına yöneliktir. Bu amaçla yöntem, uçağın yük kapasitesinin değerlendirilmesi için standart bir prosedür içerir. Bir kaplamanın mukavemeti, yöntem kapsamında, örneğin kaplamanın sınırlandırılmamış (unrestricted) bir şekilde kabul edebileceği uçağın yük oranı cinsinden rapor edilmektedir. Sınırlandırılmamış operasyon sonsuz (unlimited) sayıda operasyon anlamına gelmez, fakat PCR'nin uçak ACR'si ile ilişkisini ifade eder ve PCR'nin bu değerden büyük olması durumunda bir uçağın ağırlık kısıtlamaları olmadan (lastik basıncı sınırlamalarına tabi olarak) çalışmasına izin verilir veya en azından PCR değeri ACR değerine eşit olmalıdır. Sınırlandırılmamış operasyon terimi kaplama ömrünü hesaba katmaz. Raporlanacak PCR, kaplama mukavemetinin mevcut ve gelecekteki trafik için yeterli olmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Raporlanacak PCR, kaplama mukavemetinin analiz edilen mevcut ve gelecekteki trafik için yeterli olmasını sağlayacak şekilde olmalıdır ve trafik önemli ölçüde değişirse yeniden değerlendirilmelidir. Trafikte önemli bir değişiklik, yeni bir uçak tipinin tanıtılmasıyla veya orijinal PCR analizinde hesaba katılmayan mevcut uçak trafik seviyelerindeki artışla gösterilebilir. Havalimanı otoritesi, CDF konseptini kullanması koşuluyla, kaplamasının yük oranını belirlemek için tercih ettiği herhangi bir yöntemi kullanabilir. Bu şekilde rapor edilen PCR, ACR'si bu yük derecelendirme rakamına eşit veya daha düşük olan bir uçağın, lastik basıncındaki herhangi bir sınırlamaya tabi olarak kaplamada uçabileceğini gösterecektir.

2.1.2.2. ACR-PCR ÖLÇEĞİ

ACR-PCR yöntemi, kaplama mukavemetlerinin sürekli bir ölçekte raporlanmasını kolaylaştırır. Ölçeğin alt ucu sıfırdır, üst ucu yoktur. Ek olarak hem uçakların hem de kaplamaların yük değerlerini ölçmek için aynı ölçek kullanılır.

2.1.2.3. ÜRETİCİ FİRMALARDAN ELDE EDİLEN ACR DEĞERLERİ

Yöntemin kullanımını kolaylaştırmak için, uçak üreticileri, uçaklarının özelliklerini detaylandıran belgelerde hem rijit hem de esnek kaplamalar üzerinde ve dört standart zemin mukavemet kategorisi için iki farklı kütlede (maksimum apron kütlesi ve temsili boş çalışma kütlesi) hesaplanan ACR'leri yayınlayacaklardır. Tüm paydaşların erişimine açık olan ICAO-ACR bilgisayar programı hem esnek hem de rijit kaplama ve dört standart zemin mukavemet kategorisi için herhangi bir kütle ve ağırlık merkezi (CG) konumundaki herhangi bir uçak ACR'sini sağlar. ACR hesaplamasında kullanılan kütlenin "statik" bir kütle olduğu ve dinamik etkiler nedeniyle yüklemede artışa izin verilmediğine dikkat edilmelidir.

2.1.2.4. ACR-PCR RAPOR FORMATI İÇERİĞİ

ACR-PCR yöntemi ayrıca her bir kaplamaya ilişkin aşağıdaki bilgilerin raporlanmasını da öngörmektedir:

a) Kaplama türü

b) Zemin kategorisi

c) İzin verilen maksimum lastik basıncı

d) Kullanılan kaplama değerlendirme yöntemi

Yukarıda listelenen özelliklerden elde edilen veriler, öncelikle uçak operatörlerinin izin verilen uçak tiplerini ve çalışma kütlelerini belirlemesini ve uçak üreticilerinin havalimanı kaplamaları ile geliştirilmekte olan uçaklar arasındaki uyumluluğu sağlamasını sağlamak için tasarlanmıştır. Ancak, gerçek zemin mukavemetini veya izin verilen maksimum lastik basıncını bildirmeye gerek yoktur. Sonuç olarak, normalde karşılaşılan zemin mukavemetleri ve lastik basınçları 2.1.3.2.1'de belirtildiği gibi kategorilere ayrılmıştır. Havalimanı yetkilisinin kendi kaplamasına uygun kategorileri belirlemesi için de yeterlidir (bkz. Annex 14, Volume I, 2.6). Havalimanı yetkilisi, mümkün olduğunda, kaplamanın teknik değerlendirmesine dayalı olarak kaplama dayanıklılığını raporlamalıdır. Finansal veya mühendislik kısıtlamaları nedeniyle teknik bir değerlendirme mümkün değilse, kaplama dayanıklılığının raporlanmasında uçak kullanma yöntemi kullanılmalıdır.

2.1.2.5. TASARIM/DEĞERLENDİRME PROSEDÜRÜ SERBESTLİĞİ

ACR-PCR yöntemi, devletlerin kaplamalar için PCR'yi belirlerken kendi seçtikleri tasarım/değerlendirme prosedürünü kullanmalarına izin verir. Ancak, birçok durumda, raporlamayı yapanlar bu alanda uzmanlığa sahip olmayabilir veya kaplamaların teknik değerlendirmesini gerçekleştirmek için standart bir metodolojiyi dahil etmek isteyebilir.

2.1.2.6. PCR RAPORLAMASINDA SINIRLAYICI UNSURLAR

Bazı durumlarda, menfezler, köprüler ve diğer yüzey ve yeraltı yapıları, kaplama için daha düşük bir PCR'nin raporlanmasını gerektiren kritik veya sınırlayıcı unsur olabilir. Kaplamanın aşırı yüklenmesini sınırlamak için ACR-PCR yönteminin kullanılmasına izin veren hususlar, bu yapıları korumak için yeterli olmayabilir.

2.1.3. ACR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

2.1.3.1. ACR DEĞERİNİN HESAPLANMASI

Bir uçağın ACR değerleri Şekil 2'de gösterildiği aşamalarla hesaplanır.

ACR ile ilgili belgeler ve yazılımlar şunları içerir:

1) Havalimanı planlamasına yönelik uçak özellikleri (uçak üreticileri tarafından yayınlanmıştır).

2) ICAO-ACR bilgisayar programı (bu rehber hazırlandığında güncel sürüm 1.4).

2.1.3.2. ACR DEĞERİ İÇİN GEREKLİ STANDARTLAR

Aşağıdakiler yöntemde kullanılan standart değerlerdir ve çeşitli terimlerin açıklamalarını içerir.

ZEMİN SINIFI

2.1.3.2.1. ZEMİN MODÜL DEĞERLERİ

ACR-PCR yönteminde, sürekli bir zemin modülü ölçeği yerine dört standart zemin değeri (modül değerleri) kullanılır. Zeminlerin her grubun orta aralığında standart bir değerle gruplandırılmasının raporlama için yeterli olduğu düşünülmektedir. Zemin kategorileri hem esnek hem de rijit kaplamalar için geçerlidir.

2.1.3.2.2. ZEMİN KATEGORİLERİ

Zemin kategorileri yüksek, orta, düşük ve çok düşük olarak tanımlanır ve aşağıdaki sayısal değerler atanır.

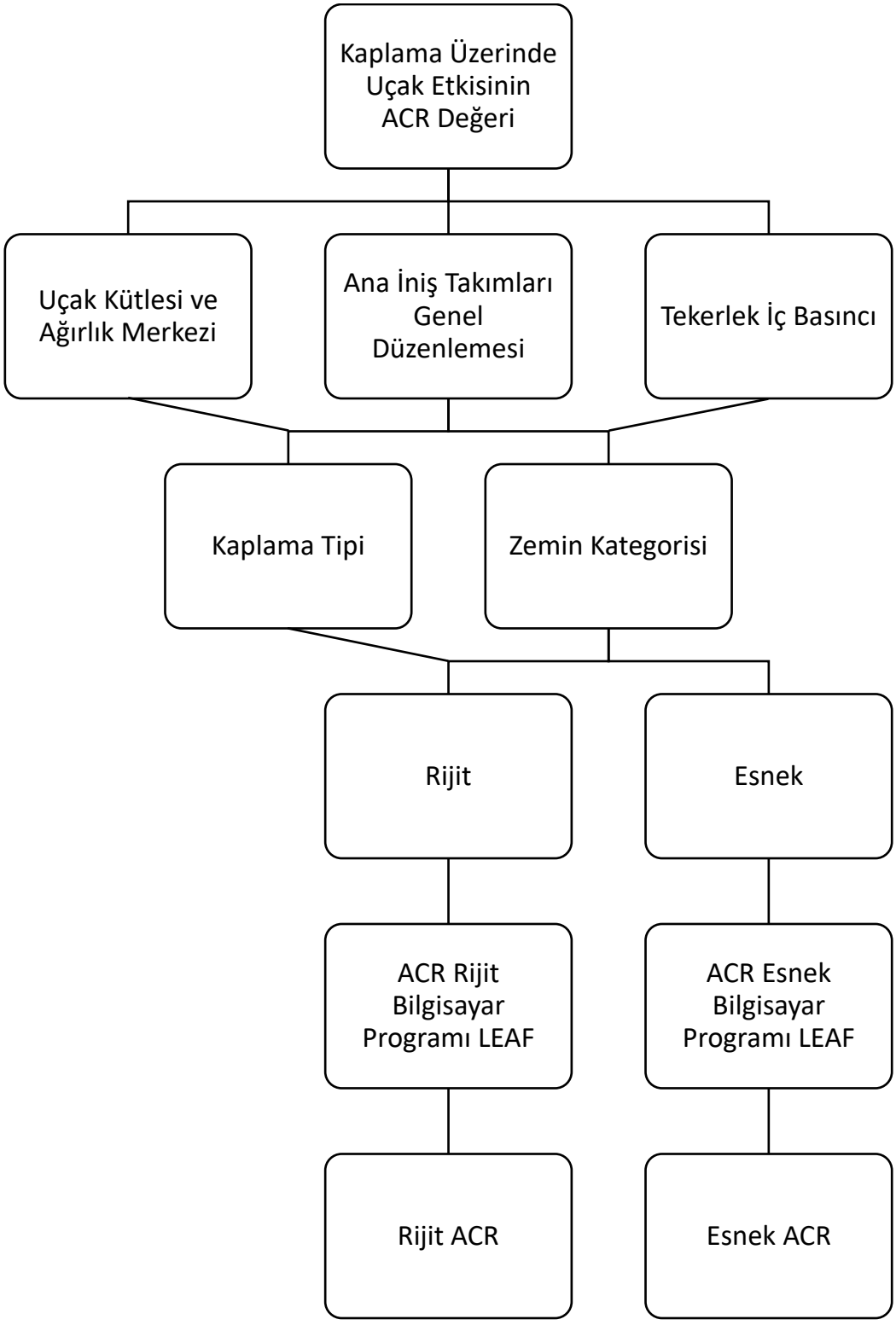
Tablo 1. ACR için Zemin Sınıfları

Kod A	:	Yüksek dayanım; E = 200 MPa ile karakterize edilir E ≥ 150 Mpa
Kod B	:	Orta dayanım; E = 120 MPa ile karakterize edilir 100 Mpa ≤ E < 150 Mpa
Kod C	:	Düşük dayanım; E = 80 MPa ile karakterize edilir 60 Mpa ≤ E < 100 Mpa
Kod D	:	Çok Düşük dayanım; E = 50 MPa ile karakterize edilir E < 60 Mpa

RİJİT KAPLAMALAR İÇİN BETON ÇALIŞMA GERİLİMİ

2.1.3.2.3. RİJİT KAPLAMALAR

Rijit kaplamalar için, raporlama amaçlı standart bir gerilim (σ = 2,75 MPa) değeri seçmek, standardize edilmiş raporlama sağlamanın bir yolu olarak öngörülmüştür. Kaplamaların tasarımı ve/veya değerlendirilmesi için kullanılacak çalışma geriliminin, raporlamaya yönelik standart gerilim ile hiçbir ilişkisi yoktur.



Şekil 2. ACR Değerinin Hesaplanması

MATEMATİKSEL OLARAK TÜRETİLEN TEK TEKERLEK YÜKÜ

2.1.3.2.4. TÜRETİLMİŞ TEK TEKERLEK YÜKÜ KONSEPTİ

Matematiksel olarak türetilmiş tek tekerlek yükü kavramı, ACR-PCR yönteminde, kaplama kalınlığını bir ACR parametresi olarak belirtmeden, uçak iniş takımı-kaplama etkileşimini tanımlamak için bir araç olarak kullanılmıştır. Bu, bir uçak iniş takımı için matematiksel model tarafından verilen kalınlığın 1,50 MPa standart lastik basıncındaki tek bir tekerleğin kalınlığına eşitlenmesiyle yapılır. Bu şekilde elde edilen tek tekerlek yükü daha sonra kalınlığa daha fazla atıfta bulunulmadan kullanılır. Bunun sebebi kalınlığın miktarından veya büyüklüğünden çok "kaplamaya eşit, aynı miktarda uygulanan gerilim"i ima eden eş kalınlıklara sahip olma gerçeğinin önemidir.

UÇAK SINIFLANDIRMA DERECESİ (ACR)

2.1.3.2.5. UÇAK SINIFLANDIRMA DERECESİ (ACR) TANIMI

Bir uçağın ACR değeri sayısal olarak türetilen tek tekerlek yükünün iki katı olarak tanımlanır; burada türetilen tek tekerlek yükü kilogramın yüzlü katları olarak ifade edilir ve tek tekerlek lastik basıncı 1,50 MPa'da standartlaştırılmıştır. Ek olarak, elde edilen tek tekerlek yükü zemin modülünün bir fonksiyonudur. Uçak sınıflandırma derecesi (ACR) yalnızca dört standart zemin kategorisi (yani yüksek, orta, düşük ve çok düşük) için tanımlanır.

2.1.3.2.6. FARKLI KÜTLE VE AĞIRLIK MERKEZİ DURUMLARI

Bir uçak çeşitli kütle ve ağırlık merkezi koşullarında çalıştığından, ACR hesaplamalarında aşağıdaki kurallar kullanılmıştır:

a) Bir uçağın maksimum ACR değeri, kaplama üzerinde en yüksek ana teker yükünü oluşturan kütle ve ağırlık merkezi üzerinden hesaplanır (yani genellikle maksimum park kütlesi ve buna karşılık gelen arka ağırlık merkezi). Uçak lastikleri, lastik üreticisinin tavsiyesi doğrultusunda şişirilmiş olarak kabul edilir.

b) İlgili uçak ACR çizelgeleri ve tabloları, ACR'yi maksimum ACR değeri (yani maksimum park kütlesinde arka ağırlık merkezi) ve maksimum park kütlesinin lastik basıncına karşılık gelen uçağın brüt kütle ağırlığı ve uçağın ağırlık merkezinin bir fonksiyonu olarak gösterir.

c) Özel durum ACR değerleri, uçak için belirli bir brüt kütlede lastik basıncının ve/veya ağırlık merkezi konumunun etkilerine göre ayarlanan ACR değerleridir.

MATEMATİK MODELLERİ

2.1.3.3. ACR-PCR YÖNTEMİNDE MATEMATİKSEL MODELLER

ACR-PCR yönteminde kullanılan tek matematiksel model katmanlı elastik analizdir (Layered Elastic Analysis, LEA). LEA modeli ister esnek ister rijit olsun, bir yığın halinde düzenlenmiş birkaç homojen, elastik, izotropik katmanın kaplama yapısını temsil edebileceğini varsaymaktadır. Sistemdeki her katman bir elastik modül E_i, Poisson oranı v_i ve üniform katman kalınlığı t_i ile karakterize edilir. Katmanların sonsuz yatay uzantıya sahip olduğu ve zemin katmanının dikey olarak sonsuza kadar uzandığı varsayılır (yani zemin elastik-yarı uzay olarak modellenir). Modelin lineer elastik yapısından dolayı, karmaşık, çok tekerlekli bir uçak dişli yükü için birleşik gerilim ve gerinim tepkilerini elde etmek üzere tekil tekerlek yükleri toplanabilir. LEA modelinin kullanımı dünya çapındaki kaplama tasarım yöntemleriyle maksimum korelasyonu sağlar.

BİLGİSAYAR PROGRAMLARI

2.1.3.4. FAA TARAFINDAN KULLANILAN PROGRAM (LEAF)

Bilgisayar programı, LEAF adı verilen Amerika Birleşik Devletleri Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından LEA matematik modeli kullanılarak geliştirilmiştir. LEAF, kaynak kodu FAA, Havalimanı Teknolojisi Araştırma ve Geliştirme Şubesi, William J. Hughes Teknik Merkezi, Amerika Birleşik Devletleri'nden temin edilebilen açık kaynaklı bir bilgisayar programıdır. Ayrıca, Fransız Ulaştırma, Kalkınma ve Ağlar Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (IFSTTAR) ile AIRBUS SAS ortaklığında geliştirilen ikinci bir LEA programı olan Alizé-Aeronautique'in eşit girdiler için neredeyse aynı sonuçları verdiği görülmüştür. ICAO-ACR bilgisayar programı LEAF programını içerir ve rijit ve esnek kaplamalar için ACR hesaplama prosedürlerini uygulamak üzere geliştirilmiştir. ICAO-ACR, derlenmiş biçimde bir Visual Basic.NET dinamik bağlantı kütüphanesi (DLL) olarak dağıtılır ve ACR'yi doğrudan hesaplayan veya PCR'yi değerlendirmek için ACR hesaplamasını kullanan diğer programlara bağlanabilir.

a) ACR hesaplamaları için maksimum rampa kütlesi (MRW veya diğer adıyla maksimum taksi ağırlığı, MTW)

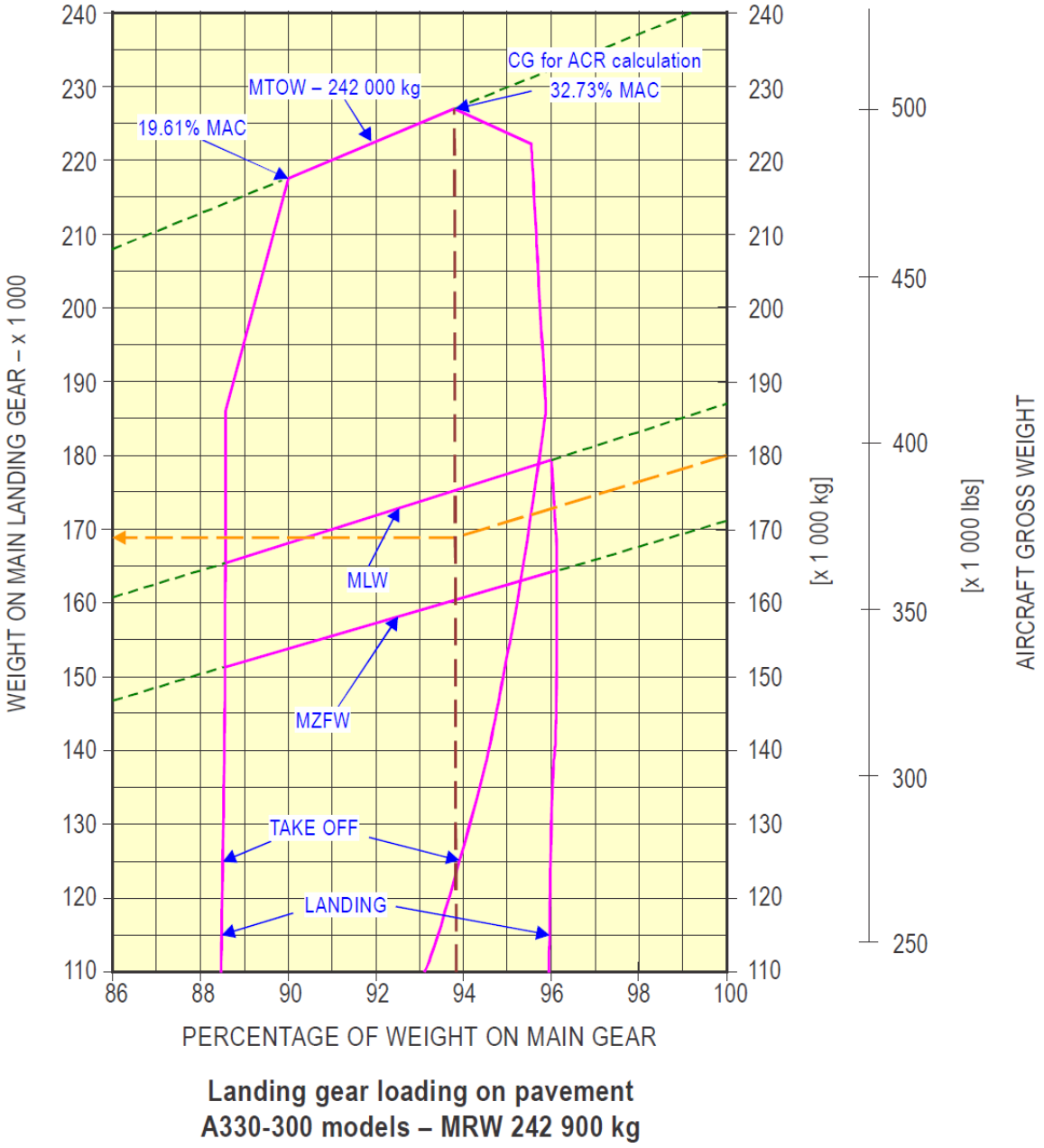
b) Ana tekere etki eden maksimum park kütlesinin yüzdesi (bu amaç için maksimum park kütlesine karşılık gelen arka ağırlık merkezine eşdeğer)

c) Tekerlek sayısı

d) Tüm tekerleklerin geometrik koordinatları

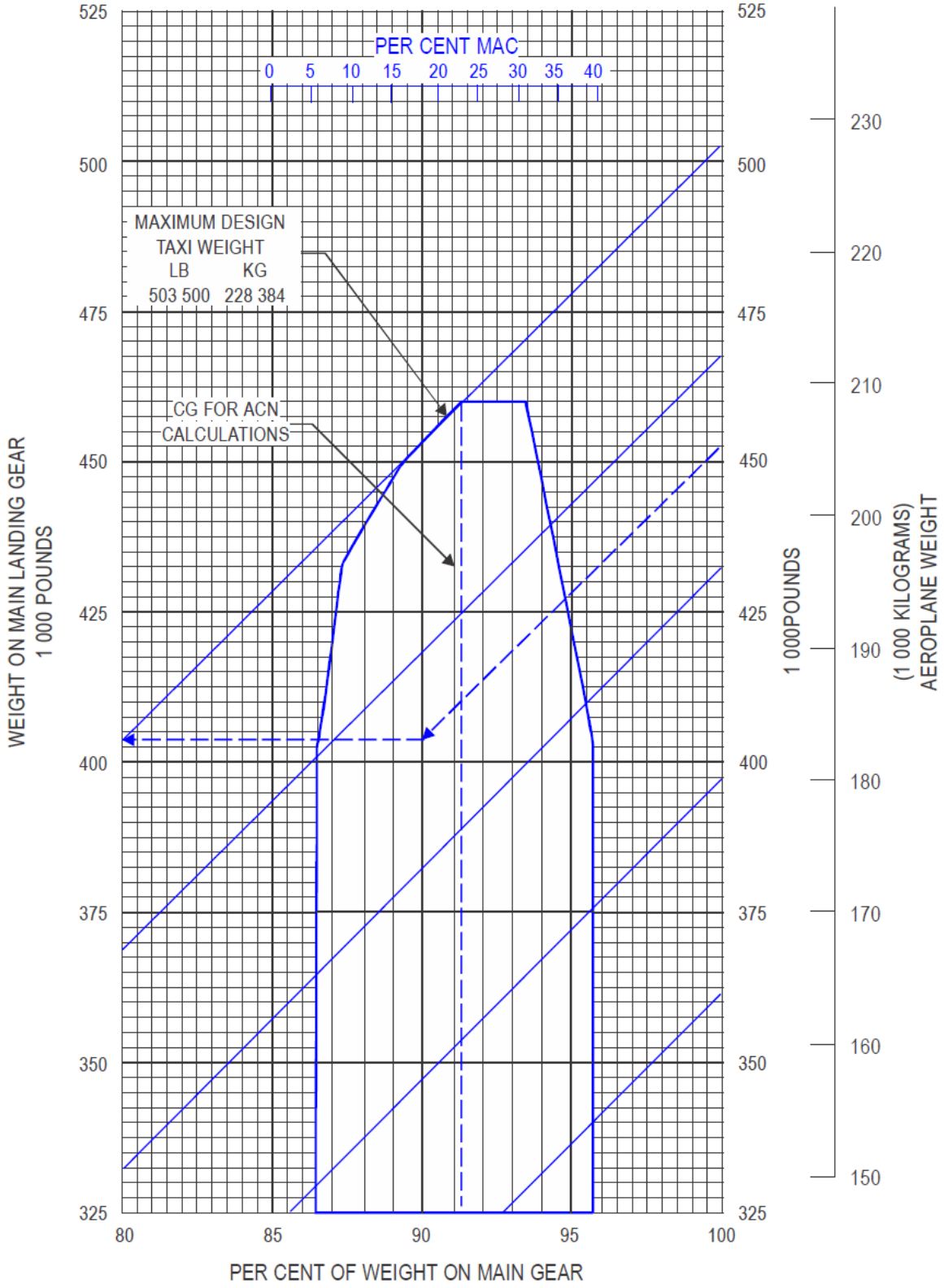
e) Kaplama tipi (rijit veya esnek).

Çıktı, her bir zemin kategorisindeki ACR ve her bir zemin kategorisindeki ACR'ye karşılık gelen kaplama referans kalınlığıdır (t).



Landing gear loading on pavement
A330-300 models – MRW 242 900 kg

Şekil 3. İniş Tekerleri Yükü — Airbus A330-300



Şekil 4. İniş Tekeleri Yükü – Boeing 787-7

GRAFİK YÖNTEMLERİ

2.1.3.5. GRAFİK (ABAK) KULLANIMI

ACR değerini belirlemek için grafik yöntemleri (abaklar) kullanılmamalıdır. Bunun yerine yukarıda anlatıldığı gibi bilgisayar programları kullanılmalıdır.

RİJİT KAPLAMALAR

2.1.3.6. RİJİT KAPLAMA ACR PROSEDÜRÜ

Rijit kaplama ACR prosedürü, 1,50 MPa sabit lastik basıncında elde edilen tek tekerlek yükünü referans beton ano kalınlığına (t) bağlar. Başlık 2.1.3.2.22.1.3.2.1 'de ayrıntıları verilen dört zemin kategorisini ve 2,75 MPa'lık standart beton gerilimini dikkate alır. Standart bir beton gerilimi kullanıldığından, rijit ACR hesaplaması için kaplamanın eğilme mukavemeti veya kaplama sayısı ile ilgili herhangi bir bilgiye gerek yoktur. Aşağıdaki adımlar bir uçağın rijit ACR'sini belirlemek için kullanılır

REFERANS KAPLAMA YAPISI

2.1.3.6.1. LEA MODELİ İÇİN REFERANS KAPLAMA

Üretici tarafından yayınlanan uçak verilerini kullanarak, verilen uçak kütlesi için referans kalınlığını (t), zeminin E değerini ve raporlama için standart beton gerilimi, yani 2,75 MPa'yı elde edilir. Dört zemin kategorisinin tümü için, LEA modeli için aşağıdaki kesiti varsayılır.

Tablo 2. Rijit ACR için Referans Kaplama Yapısı

Kaplama tipi	**Katman Sırası**	**Kalınlık (mm)**	E **(MPa)**	ν
Kaliteli Beton (PCC)	Katman 1	Değişken	27579	0,15
Temel (kırmataş)	Katman 2	200	500	0,35
Zemin	Katman 3	Sonsuz	2.1.3.2.1'e bakın	0,40

LEA modelinde izin verilen minimum Katman 1 kalınlığı 50,8 mm'dir. LEA hesaplamaları ayrıca Katman 1 ile Katman 2 arasındaki yatay arayüzün bağlı olmadığını (tam kayma) ve Katman 2 ile Katman 3 arasındaki yatay arayüzün tam bağlı (full bound) olduğunu varsayar. LEA modelinde gerilim σ, Katman 1'in (Portland çimentolu beton tabakası) tabanında hesaplanan maksimum yatay gerilimdir.

DEĞERLENDİRME TEKER DİŞLİ YAPISI

2.1.3.6.2. ANA İNİŞ TAKIMI

ACR değeri, ana iniş takımı grubundaki tek teker için hesaplanır (ikili yani Dual tipi konfigurasyonda iki tekerlek, ikili tandem veya 2D konfigurasyonda dört tekerlek vb.). İkiden fazla tekere sahip daha karmaşık iniş takımı türleri için (FAA Yönergesi 5300.7, "Uçak İniş Takımı Konfigürasyonları için Standart Adlandırma Kuralı"nda tanımlanmış ikiden fazla karakterli tanımlamaya tabi olan), ana dişli grubundaki en büyük rijit ACR, uçak için rijit ACR'yi belirler. Tüm tekerler, kaplamada en yüksek toplam ana dişli yükünü oluşturan kütle ve ağırlık merkezine göre değerlendirilir.

GERİLİM (STRESS) DEĞERLENDİRME NOKTALARI

2.1.3.6.3. LEA DEĞERLENDİRME NOKTALARI SAYISI

LEA değerlendirme noktalarının sayısı, değerlendirme dişlisindeki tekerlek sayısına eşittir. Değerlendirme noktaları Katman 1'in alt kısmında, her tekerleğin merkez noktasının altında bulunur. Katman 1'in kalınlığı, t, tüm değerlendirme noktaları üzerinden değerlendirilen maksimum gerilim 2,75 MPa'ya eşit olana kadar ayarlanır. Ortaya çıkan t, ACR için referans kalınlığıdır.

TÜRETİLMİŞ TEK TEKERLEK YÜKÜ (DSWL) HESAPLAMASI

2.1.3.6.4. DSWL HESAPLAMASI

Yukarıdaki referans kalınlığını ve LEA modelini kullanarak seçilen zemin için türetilmiş tek tekerlek yükü elde edilir. 1,50 MPa'lık sabit lastik basıncı muhafaza edilerek tek tekerlek yükü büyüklüğü, Katman 1'in altındaki maksimum yatay gerilim 2,75 MPa'ya eşit olana kadar ayarlanır. Tek tekerlek yükü altındaki gerilimlerin değerlendirilmesi için, Katman 1'in alt kısmında, tekerleğin merkezinin hemen altında bulunan bir değerlendirme noktası kullanılır.

HAFİF UÇAKLAR İÇİN DEĞİŞTİRİLMİŞ DSWL HESAPLAMASI

2.1.3.6.5. HAFİF UÇAKLAR DSWL HESAPLAMASI

Bazı hafif uçaklar için gerekli referans kalınlığı, t, izin verilen minimum kalınlıktan daha azdır. Yalnızca maksimum gerilimi 2,75 MPa'ya eşit kılan Katman 1'in teorik kalınlığı 50,8 mm'den az olduğunda DSWL'yi hesaplamak için aşağıdaki değiştirilmiş adımlar kullanılır:

a) İzin verilen minimum beton kalınlığına (50,8 mm) karşılık gelen gerilim değeri (2,75 MPa'dan az) belirlenir

b) Referans yapının minimum kalınlığını kullanarak seçilen zemin için DSWL hesaplanır. 1,50 MPa'lık sabit lastik basıncı muhafaza edilerek, tek tekerlek yükü büyüklüğü, Katman 1'in alt kısmındaki maksimum yatay gerilim yukarıdaki maddede belirlenen değere eşit olana kadar ayarlanır.

ACR HESAPLAMASI

2.1.3.6.6. ACR SAYISAL DEĞERİ

ACR hesaplaması seçilen kütle ve zemin kategorisindeki uçak sınıflandırma derecesi, türetilen tek tekerlek yükünün yüzlerce kilogram cinsinden iki katıdır. ACR'nin sayısal değeri, raporlama için en yakın on katına yuvarlanabilir.

ESNEK KAPLAMALAR

2.1.3.7. ESNEK KAPLAMA ACR PROSEDÜRÜ

Esnek kaplama ACR prosedürü, 1,50 MPa sabit lastik basıncında elde edilen tek tekerlek yükünü, uçağın 36500 geçişi için hesaplanan referans toplam kalınlık t ile ilişkilendirir. 2.1.3.2.2'de bahsedilen dört zemin kategorisini dikkate alır.

REFERANS KAPLAMA YAPISI

2.1.3.8. ACR HESAPLAMA İÇİN REFERANS KAPLAMA

ACR-PCR sistemi, ağırlığı birkaç ton ila birkaç yüz ton arasında değişen geniş bir uçak yelpazesini kapsamaktadır. Referans yapılar, kullanılan uçak ağırlıkları aralığı için standart zemin kategorilerine uygun kalınlıklar üretmek üzere seçilmiştir. Esnek ACR hesaplaması için referans yapılarının belirlenmesi, çeşitli katmanların malzemelerinin ve temel özelliklerinin tanımlanmasından oluşur. Tüm katmanlar şu şekilde tanımlanır:

a) Elastik modül E

b) Poisson oranı ν

c) Kalınlık t (tasarım katmanı hariç)

LEA hesaplamaları, katmanlar arasındaki tüm yatay arayüzlerin tamamen bağlı olduğunu varsayar. Tablo 3 ve Tablo 4, esnek ACR'nin hesaplanmasında kullanılacak referans yapılarını tanımlar.

Tablo 3. Esnek ACR için Referans Kaplama Yapısı
(ana iniş takımının tüm ayaklarında iki veya daha az tekerlek bulunan uçak)

Kaplama tipi	Kalınlık (mm)	E (MPa)	ν
Asfalt	76	1379	0,35
Temel (kırmataş)	Değişken	2.1.3.10'a bakın	0,35
Zemin	Sonsuz	2.1.3.2.2'ye bakın	0,35

Tablo 4. Esnek ACR için Referans Kaplama Yapısı
(ana iniş takımının herhangi bir ayağında ikiden fazla tekerlek bulunan uçak)

Kaplama tipi	Kalınlık (mm)	E (MPa)	v
Asfalt	127	1379	0,35
Temel (kırmataş)	Değişken	2.1.3.10'a bakın	0,35
Zemin	Sonsuz	2.1.3.2.2'ye bakın	0,35

2.1.3.9. DEĞİŞKEN TEMEL TABAKASI

LEA modelinde değişken (temel tabakası) katmanının izin verilen minimum kalınlığı 25,4 mm'dir. Referans yapıların kasıtlı olarak sınırlı sayıda olması nedeniyle, hesaplanan katman kalınlıkları, uçak ağırlık aralığının uç noktalarında gerçekçi olmayabilir. Buna rağmen, kalınlık t'nin pratik bir tasarım temeli olmasından ziyade göreceli bir indikatör olmasından dolayı ACR metodolojisi geçerliliğini korur.

TEMEL TABAKASI MODÜLÜ

2.1.3.10. P-209 MALZEME MODÜLÜ

Tüm esnek referans kaplama yapıları, zeminin üzerinde, kırma agregalı taban katmanını temsil eden, değişken kalınlıkta bir katman içerir. Değişken kalınlıktaki katmanın modülü ACR prosedüründe sabit değildir, ancak kalınlığın ve zemin modülünün bir fonksiyonudur. LEA modelinde, taban katmanı daha küçük alt katmanlara bölünür ve daha sonra aşağıda açıklandığı gibi yinelemeli bir prosedür kullanılarak her alt katmana bir modül değeri atanır. Modül değerleri, P-209 (kırma agrega) maddesi için FAA bilgisayar programı FAARFIELD'deki prosedür izlenerek alt katmanlara atanır.

Aşama 1 :

Alt katmanların sayısı N belirlenir. Taban katmanı kalınlığı t_B 381 mm'den az ise $N = 1$ olur ve alt katmanlamaya gerek yoktur. t_B 381 mm'den büyük veya ona eşitse alt katmanların sayısı şöyledir;

$$N = int(\frac{t_B}{254} + 0{,}5)$$

Burada t_B mm cinsindendir ve tamsayı işlevi argümanın tamsayı kısmını döndürür (yani bir üst tam sayıya yuvarlar).

Aşama 2 :

Her alt katmanın kalınlığı belirlenir. Eğer $N = 1$ ise alt katman kalınlığı, temel katmanı kalınlığı t_B'ye eşittir. Eğer $N > 1$ ise alt $N - 1$ alt katmanının kalınlığı 254 mm kabul edilir, üstteki alt katmanın kalınlığı ise "$t_B - (N - 1)\ x\ 254$" mm hesabı ile bulunur. Genel olarak N sayıda alt katmanın eşit kalınlığa sahip olmadığına dikkat edilmelidir. Örneğin, taban katmanının kalınlığı 660 mm ise, birinci adımdan itibaren alt katmanların sayısı üç olur. Alttaki iki alt katmanın her biri 254 mm, üst alt katman ise 660 – (2 × 254) = 152 mm'dir.

Aşama 3 :

Her alt katmana bir modül değeri E atanır. Modül değerleri aşağıdan yukarıya doğru artar, bu da agrega malzemesinin sıkışma oranının giderek artmasından kaynaklanır. Modül değerleri aşağıdaki denklemle verilmektedir;

$$E_n = E_{n-1}x\{1 + [\log_{10}(t_n) - \log_{10}(25{,}4)]x(c - d[\log_{10}(E_{n-1}) + \log_{10}(145{,}037)])\}$$

E_n : Mevcut alt tabakanın Elastisite Modülü (MPa)
E_{n-1} : Mevcut alt katmanın hemen altındaki alt katmanın modülü; veya mevcut alt katman bir aşağıdaki alt katman olduğunda zemin katmanının modülü (MPa)
t_n : Mevcut alt katmanın mm cinsinden kalınlığı
c : 10,52 (sabit)
d : 2,0 (sabit)

Yukarıdaki denklem en aşağıdaki alt katmandan başlayarak yinelemeli olarak uygulanır.

Aşama 4 :

Aşama 3'teki modül atama prosedürü, t_B 254 mm'nin tamsayı katından 127 mm ile 254 mm arasında daha büyük olduğunda, üstteki iki alt katman için değiştirilmelidir. Bu değişiklik, tüm alt katmanların modülünün, boşluk olmadan katman kalınlığının sürekli bir fonksiyonu olmasını sağlar. Eğer $N > 1$ ve t_B 254 mm'nin tamsayı katını 127 mm'den fazla ama 254 mm'den az aşarsa, o zaman:

a) Üstteki alt katman (alt katman N) 127 mm ile 254 mm arasında kalınlıktadır ve altındaki tüm alt katmanlar (alt katmanlar 1 ila $N - 1$) 254 mm kalınlığındadır.

b) Adım 3'teki denklemi kullanarak, 254 mm'ye eşit olduğu varsayılan üstteki alt katman kalınlığı t_n için alt katman *N* için elde edilecek E_{254} modülü hesaplanır.

c) Adım 3'teki denklemi kullanarak $N - 1$ alt katmanının modülü (yani üstteki alt katmanının hemen altındaki alt katman) hesaplanır, ancak "t_n = 508 mm – t_N" yerine konur; burada t_N, üstteki alt katmanın mm cinsinden gerçek kalınlığıdır.

d) E_{N-1} ($N - 1$ alt katmanının modülü) ve E_{254} arasındaki doğrusal enterpolasyonla alt katman N modülü hesaplanır.

$$E_N = E_{N-1} + t_N x \frac{E_{254} - E_{N-1}}{254}$$

DEĞERLENDİRME TEKER DİŞLİ YAPISI

2.1.3.11. ANA İNİŞ TAKIMI İLE ACR BELİRLEME

ACR değeri ana iniş takımındaki tüm tekerlekler kullanılarak hesaplanır (burun iniş takımındaki tekerlekler dahil değildir). Ana iniş takımları, kaplama üzerinde en yüksek toplam ana takım yükünü oluşturan kütle ve ağırlık merkezine göre değerlendirilir.

GERİNİM (STRAIN) DEĞERLENDİRME NOKTALARI

2.1.3.12. GERİNİM NOKTALARI

LEA modelinde ε gerinimi, zemin (en alt) katmanının üst yüzeyinde hesaplanan maksimum dikey birim şekil değiştirmedir. ICAO-ACR bilgisayar programında gerinimler, değerlendirme donanımının geometrisine dayalı olarak belirli değerlendirme noktalarında hesaplanır. Değerlendirme noktaları, her bir tekerleğin merkez noktasının hemen altına, 10 cm aralıklarla yerleştirilmiş ve dişlinin ana eksenlerine paralel yönlendirilmiş düzenli dikdörtgen bir ızgarayla tanımlanan noktalara yerleştirilir.

2.1.3.12.1. BASİT İNİŞ TAKIMLARI

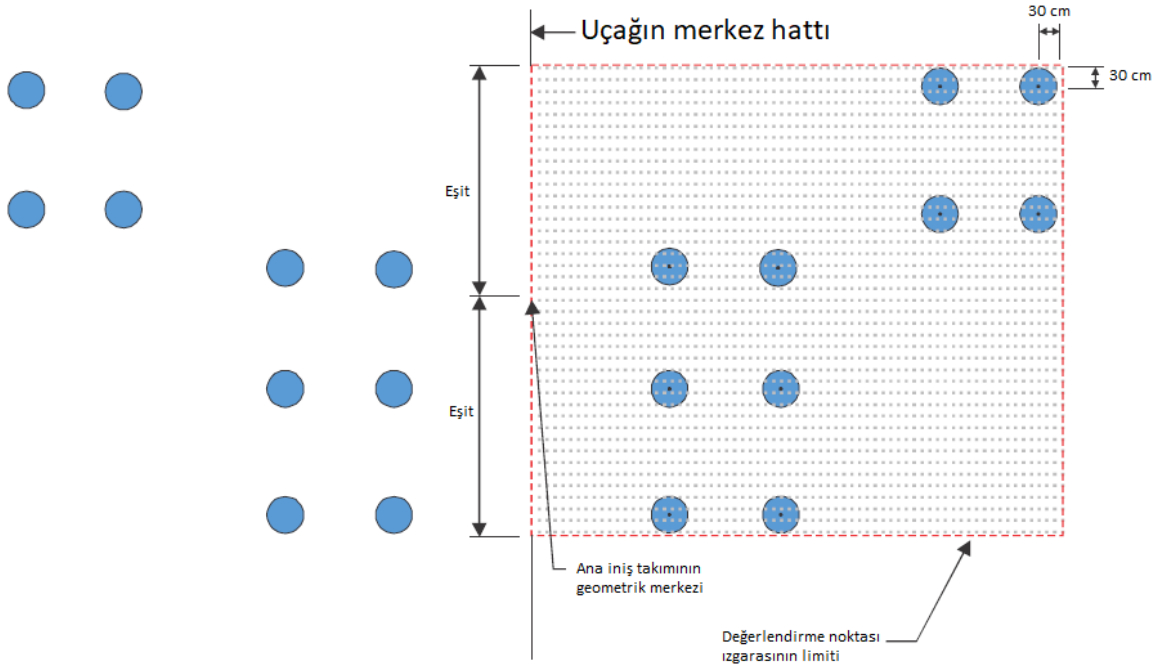
İki tekerden oluşan basit ana iniş takımları için (yani ikili veya D düzeneğinde iki tekerlek, ikili tandem veya 2D düzeneğinde dört tekerlek vb. için), ızgara orijini bir tekerin geometrik merkezine ayarlanır. Izgaranın sınırları tekerin her tarafında maksimum tekerlek koordinatlarının 30 cm ötesine uzanır.



Şekil 5. Basit ana iniş takımı düzenlemesi için ızgara tanımı

2.1.3.12.2. KARMAŞIK İNİŞ TAKIMLARI

Ana iniş takımı grubunu oluşturan ikiden fazla tandeme sahip daha karmaşık dişli türleri için (yani, FAA Yönergesi 5300.7, "Uçak İniş Takımı Konfigürasyonları için Standart Adlandırma Kuralı"nda dişli tanımları ikiden fazla karakterden oluşan tüm uçaklar), ızgara tüm iniş takımı düzeneğinin geometrik merkezindedir. Izgaranın sınırları her tarafta maksimum tekerlek koordinatlarının 30 cm ötesine uzanır. Geometrik merkez koordinatlarının hesaplanması amacıyla, farklı tekerlek yüklerine veya lastik basınçlarına bakılmaksızın, dahil edilen tüm tekerleklerin eşit ağırlıkta olması gerekir.



Şekil 6.Karmaşık uçak ana iniş takımları için ızgara tanımı

2.1.3.12.3. MAKSİMUM GERİNİM

Gerinim ε, tüm değerlendirme noktaları için hesaplanan gerinimlerin maksimumudur.

Not: ICAO-ACR, gerekli hesaplamaların sayısını azaltmak için değerlendirme noktası ızgarasındaki simetrileri otomatik olarak algılar. B787-9 durumunda, enine simetri nedeniyle değerlendirme noktası ızgarasının yalnızca yarısı hesaplanabilir.

HASAR MODELİ

2.1.3.13. HASAR MODELİ

Esnek ACR prosedürü, temel hasar yasasıyla ilişkili zemin göçme kriterine dayanır:

$$D_e(\varepsilon) = \frac{1}{C_e(\varepsilon)}$$

Bu temel hasar kanunu yükleme döngüsü (maksimum değeri ε olan tek tepe gerinim profili) kavramına dayanmaktadır. Bu kanun karmaşık gerinim profilleri üreten, muhtemelen birden fazla gerinim tepe noktasına sahip ve bu tepe noktaları arasında sıfır gerinime geri dönemeyen, tandem akslı düzenlemelere uygulanamaz. Bu nedenle, temel hasar kanunu sürekli bir integral forma genişletilir;

$$D = \int_{x=-\infty}^{x=+\infty} < \frac{dD_e(x)}{dx} > dx$$

Burada x iniş takımları boyunca uzunlamasına konumu, <y> ise y'nin pozitif kısmını ifade eder.

DSWL HESAPLAMASI

2.1.3.14. DSWL

Üretici tarafından yayınlanan kaplama gereksinimi verilerini kullanarak, verilen uçak kütlesi, zeminin E değeri ve uçağın 36500 geçişi için referans kalınlığı (t) hesaplanır. 2.1.3.8'deki uygun referans kaplama yapısı, 2.1.3.12'de açıklanan değerlendirme noktalarıyla birlikte kullanılır. Değişken (tasarım) katmanın kalınlığı, 2.1.3.13'te hesaplanan hasar 1,0'a eşit olana kadar ayarlanır. Ortaya çıkan kalınlık, t, ACR için referans kalınlıktır.

2.1.3.15. REFERANS KALINLIK VE TEKERLEK YÜKÜ

Yukarıdaki referans kalınlığı ve 2.1.3.13'te aynı LEA modeli kullanılarak, seçilen zemin için türetilmiş tek tekerlek yükünü elde edilir. 1,50 MPa'lık sabit lastik basıncı korunarak tek tekerlek yükü büyüklüğü, 36500 geçişte hasar 1,0'a eşit olana kadar ayarlanır. Tek tekerlek yükü altındaki gerinimlerin değerlendirilmesi için zeminin üst kısmında, doğrudan tekerlek merkezinin altında bulunan bir değerlendirme noktası kullanılır.

HAFİF UÇAKLAR İÇİN DEĞİŞTİRİLMİŞ DSWL HESAPLAMASI

2.1.3.16. HAFİF UÇAKLAR İÇİN DEĞİŞTİRİLMİŞ DSWL

Bazı hafif uçaklar için gerekli referans kalınlığı, t, izin verilen minimum kalınlıktan daha azdır. Yalnızca 36500 uçak geçişi için hasarı 1,0'a eşitleyen değişken tasarım katmanının teorik kalınlığı 25,4 mm'den az olduğunda DSWL'yi hesaplamak için aşağıdaki değiştirilmiş adımlar kullanılır:

a) İzin verilen minimum değişken tasarım katmanı kalınlığına (25,4 mm) karşılık gelen zeminin üst kısmındaki maksimum düşey gerinimin değeri belirlenir.

b) Referans yapının minimum kalınlığını kullanarak seçilen zemin için DSWL'si hesaplanır. 1,50 MPa'lık sabit lastik basıncı muhafaza edilerek, tek tekerlek yükü büyüklüğü, zeminin tepesindeki maksimum dikey gerinim yukarıdaki a) maddesinde belirlenen değere eşit olana kadar ayarlanır.

ACR HESAPLAMASI

2.1.3.17. ACR HESABI

Seçilen kütle ve zemin kategorisindeki uçak sınıflandırma derecesi, yüzlerce kilogram cinsinden türetilen tek tekerlek yükünün iki katıdır. ACR'nin sayısal değeri raporlama için en yakın on katına yuvarlanabilir.

ACR'YE GÖRE LASTİK BASINCI AYARI

2.1.3.18. LASTİK BASINCI AYARI

Uçakların lastikleri normal olarak motor itişi olmadan maksimum brüt kütleye karşılık gelen basınca kadar şişirilir ve kalkış kütlelerindeki değişime bakılmaksızın bu basıncı korur. Bununla birlikte, azaltılmış kütlelerde, değiştirilmiş ağırlık merkezinde ve/veya azaltılmış lastik basınçlarında yapılan çalışmaların verimli olduğu ve azaltılmış ACR'lerin hesaplanmasının gerekli olduğu zamanlar vardır. Bu koşullar için ACR'yi hesaplamak amacıyla, ayarlanan lastik şişirme basıncının ICAO-ACR'ye özel giriş alanına girilmesi gerekir.

2.1.3.19. ÖRNEK HESAPLAMALAR

Örnek 1: B747-400'ün 397800 kg'lık rijit bir kaplamada, orta mukavemetli bir zemin üzerinde duran ACR'sini bulun. Ana tekerleklerin lastik basıncı 1,38 MPa'dır. Üreticinin verilerinden, maksimum rampa kütlesi için kıç ağırlık merkezinde, uçak kütlesinin %93,33'ünün ana iniş takımında olduğu bilinmektedir.

Çözüm: ACR, 2.1.3.6'da açıklanan adımlara göre bulunur. Bu adımlar, 2.1.3.4'te referans verilen ICAO-ACR programında otomatik olarak uygulanır.

Adım 1: Ana dişli özelliklerini ve standart rijit kaplama yapısını kullanarak referans ACR kalınlığı t'yi belirleyin. 16 tekerlekli B747-400 ana dişlisine sahip dört tekerlekli bir araç için ACR'yi hesaplayın. B747-400 ana dişlisindeki tüm araçlar aynı yük, lastik basıncı ve tekerlek konfigürasyonuna sahiptir; bu nedenle, değerlendirme için kullanılacak tek aracın seçimi keyfidir. 2.1.3.4'te açıklanan LEAF programı, bir araçtaki dört tekerleğin her birinin altındaki beton tabakasının altındaki değerlendirme noktalarındaki gerilmeleri belirlemek için kullanılmıştır. B747-400 uçağı için LEAF giriş verileri Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7'de, tek araca etki eden kuvvet olan 910,22 kN, uçağın brüt ağırlığının %93,33 ile çarpılmasıyla elde edilen değerin dörde bölünmesiyle elde edilir. Bu analizden, verilen yük ve dişli geometrisi için 381 mm'lik beton kalınlığı, 2,75 MPa'lık maksimum yatay beton gerilmesi üretir. Simetri nedeniyle, dört tekerleğin altındaki maksimum yatay gerilim aynıdır. Bu nedenle, referans kalınlığı, t, 381 mm'dir.

Adım 2: Referans ACR kalınlığı t'ye karşılık gelen türetilmiş tek tekerlek yükünü belirleyin. Adım 1'dekiyle aynı katmanlı elastik yapıyı, Katman 1 kalınlığı 381 mm olacak şekilde kullanın. Sabit lastik basıncı P_s'nin 1,50 MPa'ya eşit olduğu tek bir tekerlek yükü uygulayın. Türetilmiş tek tekerlek yükünün büyüklüğünü, beton tabakanın altında bulunan tek bir değerlendirme noktasında hesaplanan yatay gerilim 2,75 MPa olana kadar değiştirin. Şekil 8, bu durum için LEAF program çıktısını göstermektedir. Şekil 8'den, standart lastik basıncı = 1,50 MPa'da standart gerilim σ = 2,75 MPa üreten lastik yükü 336,17 kN'dir ve bu da 34280 kg'lık tek bir tekerlek yüküne karşılık gelir.

Adım 3: ACR'nin sayısal değeri, Adım 2'de belirlenen kg cinsinden tek tekerlek yükünün iki katının 100'e bölünmesiyle elde edilir. Bu nedenle, orta mukavemetli ("B") zemindeki ACR; 2 × 343 = 686'dır. "B" zemin kategorisindeki ACR, 690 olarak bildirilecektir.

Layer No.	Thickness, mm	Elasticity Modulus, MPa	Poisson's Ratio	Interface Condition
1	381.00	27,579.03	0.1500	0.0000
2	200.00	500.00	0.3500	1.0000
3	0.00	120.00	0.4000	1.0000

Aircraft No. 1 B–747–Wing :
Aircraft design load : Not Applicable
Fraction of load on main gear : 100.0
Gear load, KN : 910.22
Number of tires : 4

Tire No.	Radius (mm)	Cont.Area (sq.mm)	Cont.Press (MPa)	Tire Load (kiloNewtons)	X-Coord (mm)	Y-Coord (mm)
1	229	165,021	1.38	227.56	–559	0
2	229	165,021	1.38	227.56	–559	0
3	229	165,021	1.38	227.56	–559	1,473
4	229	165,021	1.38	227.56	–559	1,473

Şekil 7. Örnek 1'deki LEAF Programındaki B747-400 Değerlendirme Uçağı İçin Girdi Verileri

Layer No.	Thickness mm	Elasticity Modulus, MPa	Poisson's Ratio	Interface Condition
1	381.00	27,579.03	0.1500	0.0000
2	200.00	500.00	0.3500	1.0000
3	0.00	120.00	0.4000	1.0000

Aircraft No. 1 SWL–ACR :
Aircraft design load : Not Applicable
Fraction of load on main gear : 100.0
Gear load, KN : 336.17
Number of tires : 1

Tire No.	Radius (mm)	Cont.Area (sq.mm)	Cont.Press (MPa)	Tire Load (kiloNewtons)	X-Coord (mm)	Y-Coord (mm)
1	267	224,114	1.50	336.17	0	0

Eval point = 1 Layer No. = 1
X-Coord. = 0.000 Y-Coord. = 0.000 Z–Depth = 380.9900

	VERT STR	HOR Y STR	HOR X STR	XZ SHEAR	YZ SHEAR	XY SHEAR
Stress	–5.036809E–002	2.747433E+000	2.747433E+000	0.000000E+000	0.000000E+000	0.000000E+000
Strain	–3.171243E–005	8.495126E–005	8.495126E–005	0.000000E+000	0.000000E+000	0.000000E+000
Displt	7.395790E–001	0.000000E+000	0.000000E+000			

	PRIN 1	PRIN 2	PRIN 3	MAX SHEAR	OCT NORMAL	OCT SHEAR
Stress	2.747441E+000	2.747425E+000	–5.036809E–002	1.398904E+000	1.814833E+000	1.318896E+000
Strain	8.495158E–005	8.495094E–005	–3.171243E–005			

Şekil 8. Örnek 1'deki LEAF Programında Türetilen Tek Tekerlek Yüküne İlişkin Veriler (Gerilimler MPa Cinsindendir)

Örnek 2: B787-9'un düşük mukavemetli bir zemin üzerinde duran esnek bir kaplamada 254.692 kg'lık ACR'sini bulun. Ana tekerleklerin lastik basıncı 1,56 MPa'dır. Üreticinin verilerinden, maksimum rampa kütlesi için kıç ağırlık merkezinde, uçak kütlesinin %92,46'sının ana iniş takımında olduğu bilinmektedir.

Çözüm: ACR, 2.1.3.7'de açıklanan adımlar kullanılarak bulunur. Bu adımlar, 2.1.3.4'te referans verilen ICAO-ACR programında otomatik olarak uygulanır.

Adım 1: İki tekerden fazla tekerleğe sahip uçaklar için ana iniş takımı özelliklerini ve standart esnek kaplama yapısını kullanarak referans ACR kalınlığı t'yi belirleyin. FAA Yönergesi 5300.7, "Uçak İniş Takımı Konfigürasyonları için Standart Adlandırma Kuralı"na göre, B787-9'un ana iniş takımı tanımı 2D'dir. Basit bir iniş takımı olarak (iniş takımı tanımı iki karakteri geçmez), ACR için gerilme değerlendirme noktaları tek bir tekere dayanmaktadır. Değerlendirilen uçağın 36500 geçişi için referans kalınlığı $t = 796$ mm'yi bulmak için ICAO-ACR programını kullanın. 2.1.3.10'a göre atanan modüllere sahip zemin kategorisi C (düşük mukavemetli) için katmanlı elastik yapı şöyledir:

Katman	Kalınlık (mm)	E (MPa)	v
Asfalt	127	1379	0,35
Alt katman 1	161	769,52	0,35
Alt katman 2	254	680,85	0,35
Alt katman 3	254	271,27	0,35
Zemin	sonsuz	80	0,35

Adım 2: Referans ACR kalınlığı t'ye karşılık gelen DSWL'yi belirleyin. Adım 1'dekiyle aynı katmanlı elastik yapıyı kullanın. 1,50 MPa'ya eşit sabit lastik basıncı P_s ile tek bir tekerlek yükü uygulayın. Hasar 36500 geçiş için 1,0 olana kadar DSWL'nin büyüklüğünü değiştirin. ICAO-ACR programından, DSWL'nin hesaplanan değeri 37522,2 kg'dır ve bu, alt tabakanın üstündeki maksimum dikey gerilmeye 0,001325 karşılık gelir. Tek tekerlek yükü için çok akslı bir etki olmadığını unutmayın, bu nedenle maksimum gerilme, Annex 14 – Part 3 Appendix 3, Part 1'deki temel hasar yasası denkleminde 36500 geçişi doğrudan ikame ederek bulunabilir.

Adım 3: ACR'nin sayısal değeri, Adım 2'de belirlenen kg cinsinden tek tekerlek yükünün iki katının 100'e bölünmesiyle elde edilir. Bu nedenle, düşük mukavemetli ("C") zemindeki ACR; 2 × 375 = 750'dir. "C" zemin kategorisindeki ACR, 750 olarak bildirilecektir.

Örnek 3: A380-800'ün orta mukavemetli bir zemin üzerinde duran esnek bir kaplama üzerindeki 562000 kg'lık ACR'sini bulun. Ana tekerleklerin lastik basıncı 1,50 MPa'dır. Üreticinin verilerinden, maksimum rampa kütlesi için kıç ağırlık merkezinde, uçak kütlesinin %95,13'ünün ana iniş takımında (gövde iniş takımında %57,08 ve kanat iniş takımında %38,05) olduğu bilinmektedir.

Çözüm: ACR, 2.1.3.7'de açıklanan adımlar kullanılarak bulunur. Bu adımlar, 2.1.3.4'te referans verilen ICAO-ACR programında otomatik olarak uygulanır.

Adım 1: İki tekerden fazla tekerleğe sahip uçaklar için ana iniş takımı özelliklerini ve standart esnek kaplama yapısını kullanarak referans ACR kalınlığı t'yi belirleyin. FAA Yönergesi 5300.7, "Uçak İniş Takımı Konfigürasyonları için Standart Adlandırma Kuralı"na göre, A380-800'ün ana iniş takımı tanımı 2D/3D2'dir. Karmaşık bir iniş takımı olarak (iniş takımı tanımı iki karakteri aşar), ACR için gerilim değerlendirme noktaları tüm iniş takımı tertibatına dayanır. Referans kalınlığı $t = 616$ mm'yi bulmak için ICAO-ACR programını kullanın. 2.1.3.10'a göre

atanan modüllere sahip zemin kategorisi B (orta mukavemetli) için katmanlı elastik yapı aşağıdaki gibidir:

Katman	Kalınlık (mm)	E (MPa)	v
Asfalt	127	1379	0,35
Alt katman 1	235	698,75	0,35
Alt katman 2	234	372,29	0,35
Zemin	sonsuz	120	0,35

Adım 2: Referans ACR kalınlığı t'ye karşılık gelen DSWL'yi belirleyin. Adım 1'dekiyle aynı katmanlı elastik yapıyı kullanın. 1,50 MPa'ya eşit sabit lastik basıncı P_s ile tek bir tekerlek yükü uygulayın. Hasar 36500 geçiş için 1,0 olana kadar DSWL'nin büyüklüğünü değiştirin. ICAO-ACR programından, DSWL'nin hesaplanan değeri 28902,4 kg'dır ve bu, alt tabakanın üstündeki maksimum dikey gerilmeye 0,001325 karşılık gelir. Tek tekerlek yükü için çok akslı bir etki olmadığını unutmayın, bu nedenle maksimum gerilme, Annex 14 – Part 3 Appendix 3, Part 1'deki temel hasar yasası denkleminde 36500 geçişi doğrudan ikame ederek bulunabilir.

Adım 3: ACR'nin sayısal değeri, Adım 2'de belirlenen kg cinsinden tek tekerlek yükünün iki katının 100'e bölünmesiyle elde edilir. Bu nedenle, orta mukavemetli ("B") zemindeki ACR; 2 × 289 = 578'dir. "B" zemin kategorisindeki ACR, 580 olarak bildirilecektir.

2.1.4. PCR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

2.1.4.1. CDF KONSEPTİ İLE PCR BELİRLEME

Bu bölüm, CDF kavramını kullanarak PCR belirleme ve yayımlama için bir model prosedürü sağlamayı amaçlamaktadır. Devletler, ACR-PCR yönteminin genel parametreleriyle tutarlı olarak PCR belirleme için kendi yöntemlerini geliştirebilirler.

2.1.4.2. CDF KONSEPTİ

2.1.4.2.1. YAPISAL YORULMA

CDF, kullanılmış bir kaplamanın yapısal yorulma ömrünün miktarıdır. Uygulanan yük tekrarlarının, hasara karşı izin verilen yük tekrarlarına oranı olarak veya kaplamada belirli bir noktada uygulanan maksimum gerilim veya gerinime sebep olan bir uçak ve sabit yıllık kalkışlar için oranı olarak ifade edilir.

$$CDF = \frac{Uygulanan\ Kapsam\ (Coverage)}{Yenilmeye\ Kadarki\ Kapsam\ (Coverages\ to\ Failure)}$$

CDF = 1 : Kaplama zemini yorulma ömrünün tamamını kullanmış olacaktır.
CDF < 1 : Kaplama zemininin bir miktar kalan ömrü olacaktır ve CDF değeri kullanılan ömrün kesrini verecektir.
CDF > 1 : Kaplama yorulma ömrünün tümünü kullanmış olacak ve kaplama zemini bozulmuş olacaktır.

2.1.4.2.2. YENİLMENİN TANIMI

Bu tanımlarda yenilme, tasarım prosedürlerinin dayandığı varsayımlara ve tanımlara göre yenilme anlamına gelir. CDF değerinin birden büyük olması, kaplamanın artık trafiği desteklemeyeceği anlamına gelmez, ancak tasarım prosedüründe kullanılan hasar tanımına göre bozulmuş olacağı anlamına gelir. Kaplama tasarımı, hasarın CDF = 1 olduğunda meydana geldiği varsayımına dayanmaktadır. Miner's Kuralı kullanılarak birden fazla uçak türü hesaba katılır;

2.1.4.2.3. MINER'S KURALI

$$CDF = CDF_1 + CDF_2 + \cdots + CDF_N$$

Burada CDF_i, trafik karışımındaki her bir uçak için CDF değeridir ve N, toplam trafikteki uçak sayısıdır. PCR yapısal kaplama ömrüyle ilgili olduğundan, CDF zemin hasar modelini temel alır.

2.1.4.2.4. YAPISAL KAPLAMA ÖMRÜ

PCR yapısal kaplama ömrüyle ilgili olduğundan, CDF zemin yenilme moduna dayanmaktadır.

2.1.4.3. YANAL GEZİNME

2.1.4.3.1. UÇAK GEÇİŞLERİNİN DAĞILIMI

Belirli bir uçak tipi için kaplamanın ömrü boyunca uçak geçişlerinin dağılımı, standart sapması s olan bir Gauss (veya normal) dağılım fonksiyonu ile tanımlanır ve bu sapma birkaç faktöre bağlıdır: uçağın tipi, yer hızı ve manevra alanı. Sıkça kullanılan bir diğer terim ise standart sapmanın iki katı olan yanal sapmanın genliğidir.

2.1.4.3.2. YÜKSEK HIZLI ALANLAR

Yüksek hızlı bölümler (örneğin pistler) orta hızlı bölümlere (örneğin taksi yolları) kıyasla daha yüksek s değerleriyle ilişkilendirilirken, düşük hızlı bölümlerde (örneğin apronlar) gezinme ihmal edilebilir düzeyde ($s \cong 0$) kabul edilebilir.

2.1.4.3.3. STANDART SAPMA

Aşağıdaki standart sapma değerleri, uçak tipinden bağımsız olarak kullanılabilir:

Tablo 5. Yanal Gezinmede Standart Sapma Değerleri

Kaplama Bölümü	**Standart Sapma s (metre)**
Yüksek hızlı bölümler (pist, hızlı çıkış taksi yolu)	0,75
Orta hızlı bölümler (taksi yolları)	0,5
Apronlar ve düşük hızlı bölümler	0

2.1.4.3.4. FAA PROSEDÜRÜ

FAA tasarım prosedürü, uçağın türünden veya özelliğinden bağımsız olarak $s = 0{,}776$ metre (30,54 inç) olduğunu varsayar.

2.1.4.3.5. YANAL GEZİNME ETKİSİ

Yanal gezinmenin etkisi, normal uçak dağılımından bir geçiş-kapsama (P/C) oranı hesaplanarak dolaylı olarak değerlendirilebilir. Alternatif olarak, dağıtım fonksiyonu ayrıklaştırılabilir (bir hesaplama ızgarasına eşlenebilir) ve gezinen hasar sayısal olarak hesaplanabilir. Daha yakın aralıklı bir ızgara, daha yüksek hesaplama süreleri ancak daha fazla doğruluk sağlar. 5 cm'lik ızgara aralığının iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur. Enine eğimi Δ_y olan bir ızgarada ayrıklaştırma, ızgaranın nw hatları y_w üzerindeki yolların dağılımına neden olur ve bu da trafik P_w'nin yüzdeleriyle ilişkilidir.

2.1.4.3.6. SIFIR YANAL GEZİNME

Yanal gezinmeyi dahil etmenin etkisi, tüm uçakların tek bir yoldan geçmesinin (yani $D_{wander} < D_{zero}$ gezinmesi) neden olacağı teorik hasarı azaltmaktır. Sıfır gezinme, geçiş sayısının kapsama sayısına eşit olduğu anlamına gelir (P/C = 1).

YANAL GEZİNMEYİ VARSAYARAK HASARIN HESAPLANMASI

2.1.4.3.7. IZGARA METODU

Izgara yöntemi kullanıldığında, her bir nw profilden tekil hasar katkılarını toplayarak toplam hasarı (bir uçak için) elde etmek gerekir. Bu adım, $D_{no\ wander}(y, z)$ hasar profillerinin toplanmasından oluşur, y_w değeriyle dengelenir ve yanal gezinme yasasında P_w oluşma olasılığına göre ağırlıklandırılır.

$$D_{wander(y,z)} = \sum_{w=1}^{nw} P_w \; x \; D_{no\ wander}(y - y_w, z)$$

Burada n_w = toplam hasar profili sayısıdır.

TRAFİK KARIŞIMI İÇİN KÜMÜLATİF HASARIN BELİRLENMESİ

2.1.4.3.8. KÜMÜLATİF HASARIN BELİRLENMESİ

Bir uçak karışımını oluşturan tüm uçaklar için kümülatif hasar, hasarın toplamsal etkisini Miner's Kuralına göre ele alan aşağıdaki denklemle verilir;

$$CDF(y_j, z) = \sum_{i=1}^{m} N_i \; x \; (D_{wander})_i(y_j, z)$$

m = Trafik karışımındaki toplam uçak sayısı

i = Uçak karışımı içindeki uçak

N_i = Uçak geçişlerinin sayısı

2.1.4.3.9. CDF VARYASYONU

Ortaya çıkan eğri, CDF'nin enine doğrultudaki (uzunlamasına merkez hattına göre) değişimini temsil eder.

2.1.4.3.10. YANAL CDF DEĞERİ

Her bir i uçağı için P/C oranı hesaplanırsa, j yanal uzaklığında CDF'yi veren eşdeğer bir ifade şöyle olur:

$$CDF(y_j, z) = \sum_{i=1}^{m} \frac{N_i}{\left(\frac{P}{C}\right)_j^i} \; x \; D_i(z)$$

Burada D_i tekerlekler arasındaki etkileşimin tandem etkisi de dahil olmak üzere, i uçağının geçişinden kaynaklanan hasardır.

2.1.4.4. KAPLAMA DAYANIMI RAPORLAMA

2.1.4.4.1. PCR KODLARI

PCR aşağıdaki kodlar kullanılarak rapor edilecektir.

Tablo 6. Kaplama Tipi Kodları

Kaplama Tipi	Kod
Rijit	R
Esnek	F

Gerçek kaplama yapısı kompozit veya standart dışı ise bu hususta bir not eklenir.

2.1.4.4.2. ZEMİN KATEGORİSİ

2.1.4.4.3. ZEMİN KODLARI

Zemin kategorileri aşağıdaki gibidir;

Tablo 7. Zemin Kategorilerinin Dayanım Gücüne Göre Kodları

Dayanım Gücü	Elastisite Modülü Aralığı	Kod
Yüksek	E = 200 MPa ile karakterize edilir ve rijit ve esnek kaplamalar için 150 MPa'ya eşit veya üzerindeki tüm E değerlerini temsil eder.	A
Orta	E = 120 MPa ile karakterize edilir ve rijit ve esnek kaplamalar için E cinsinden 100'e eşit veya üzerinde ve kesinlikle 150 MPa'dan az bir aralığı temsil eder.	B
Düşük	E = 80 MPa ile karakterize edilir ve rijit ve esnek kaplamalar için E cinsinden 60'a eşit veya üzerinde ve kesinlikle 100 MPa'dan az bir aralığı temsil eder.	C
Çok Düşük	E = 50 MPa ile karakterize edilir ve rijit ve esnek kaplamalar için kesinlikle 60 MPa'nın altındaki tüm E değerlerini temsil eder.	D

2.1.4.4.4. CBR-E MODÜLÜ FORMÜLÜ

Başlangıçta Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) tasarım prosedürüyle tasarlanan mevcut kaplamalar için, zemin modül değerleri çeşitli yollarla belirlenebilir. Çoğu durumda uygulanacak prosedür, mevcut CBR değerlerini kullanmak ve ilişkileri değiştirmektir.

$$E = 1500\ x\ CBR\ (psi)$$

$$E = 10\ x\ CBR\ (MPa)$$

2.1.4.4.5. ALTERNATİF CBR ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Bu yöntem, zemin CBR'sine dayanan daha önceki esnek tasarım prosedürüyle uyumlu tasarımlar sağlar, ancak kabul edilen diğer eşdeğerlikler de kullanılabilir (Shell yöntemi, Havalimanı Üstyapı Tasarım Sistemi Bilgi Tabanı (APSDS) yöntemi vb.). PCR belirlemesi için zemin modülü değerleri aynı zamanda doğrudan toprak testinden de belirlenebilir (hafif deflektometre (LWD), plaka testi vb.).

2.1.4.4.6. RİJİT KAPLAMALAR İÇİN YOUNG MODÜLÜ

Benzer şekilde, rijit kaplama tasarımı için temel modülü, zemin reaksiyon modülü k veya elastik (Young) modülü E olarak ifade edilebilir. Bununla birlikte, tüm yapısal hesaplamalar elastik modül E kullanılarak gerçekleştirilir. Temel modülü k değeri olarak girilirse aşağıdaki denklemler kullanılarak eşdeğer E değerine dönüştürülebilir;

$$E_{SG} = 20{,}15\ x\ k^{1{,}284}$$

E_{SG} = Zeminin elastik (Young) modülü, inç kare başına pound (psi)

k = Taban zemini reaksiyon modülü, inç küp başına pound (pci)

2.1.4.4.7. YENİ KAPLAMALARDA ZEMİN MODÜLÜ DEĞERİ

Yeni kaplamalarda, PCR belirlemesi için zemin modülü değeri, kaplama kalınlığı tasarımı için kullanılan değerle aynı olmalıdır.

2.1.4.4.8. LASTİK BASINCI

İzin verilen maksimum lastik basıncı kategorileri şunlardır;

Tablo 8. İzin Verilen Maksimum Lastik Basınç Kategorilerine Göre Kodları

Basınç	Limit	Kod
Sınırsız	Limit yok	W
Yüksek	1,75 MPa'ya kadar (254 psi)	X
Orta	1,25 MPa'ya kadar (184 psi)	Y
Düşük	0,5 MPa'ya kadar (73 psi)	Z

2.1.4.4.9. DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Temel olarak iki tür değerlendirme yöntemi vardır;

Tablo 9. Değerlendirme Yöntemine Göre Kodlar

Değerlendirme Yöntemi	Yöntemin Tanımı	Kod
Teknik	Gözlemlenen kaplama davranışına göre kalibre edilmiş mekanik bir tasarım/değerlendirme yöntemi yoluyla CDF konseptini kullanarak, kaplama özelliklerine ve hizmet vermesi amaçlanan uçak karışımını destekleme kapasitesine ilişkin spesifik bir çalışmayı temsil eder.	T
Uçak Deneyimi	Düzenli kullanım altında tatmin edici bir şekilde desteklenen uçağın spesifik tipi ve kütlesine ilişkin bilgiyi temsil eder.	U

2.1.4.5. TEKNİK DEĞERLENDİRME İÇİN PCR TARAFINDAN ÖNERİLEN PROSEDÜR (T)

2.1.4.5.1. PCR PROSEDÜRÜ

Aşağıdaki önerilen PCR prosedürü, bir uçak ACR'sinin hesaplanmasına indirgenir. Aşağıdaki adımlar, uçak trafiğini kullanma karışımını, izin verilen maksimum brüt ağırlığa sahip eşdeğer bir kritik veya referans uçağa dönüştürmek için kullanılabilir; bu daha sonra değerlendirilen kaplama üzerinde 1,0'lık bir CDF üretecektir. ACR hesaplaması 2.1.3'te açıklanan ACR prosedürünü takip eder.

2.1.4.5.2. PCR PROSEDÜRÜNDE DİKKATE ALINAN HUSUSLAR

PCR prosedürü, değerlendirme sırasındaki gerçek kaplama özelliklerini dikkate alır; mevcut kaplama yapısını ve tasarım yapısal ömrü (yeni kaplama inşaatı için) veya tahmini kalan yapısal ömrü (hizmette olan kaplamalar için) boyunca kaplamayı kullanacak uçak trafiği tahminini dikkate alır. PCR yalnızca bu kullanım dönemi için geçerli olmalıdır. Büyük kaplama rehabilitasyonu veya ilk trafikle karşılaştırıldığında önemli trafik değişiklikleri olması durumunda, yeni bir değerlendirme yapılmalıdır.

2.1.4.5.3. PCR PROSEDÜRÜNDE İZLENECEK ADIMLAR

PCR prosedürü aşağıdaki adımları içerir:

1. Mevcut en iyi kaynakları kullanarak ilgili tüm kaplama verileri (katman kalınlıkları, elastik modüller ve öngörülen uçak trafiğini kullanarak tüm katmanların Poisson oranı) elde edilir.

2. Uçak karışımını, uçak tipine, kalkış sayısına (veya kaplama tasarımı uygulamalarıyla tutarlı operasyonlara) ve değerlendirilen kaplamanın tasarımı boyunca maruz kalması beklenen uçak ağırlığına veya tahmini kalan yapısal ömrüne (manevra alanına göre tanımlayın (pist, taksi yolu, apron veya park)), trafiğe standart sapma ile 2.1.4.3'te karakterize edilen bir yanal gezinme atanabilir.

3. Uçak karışımındaki her bir uçak için ACR'leri kendi çalışma ağırlığında hesaplanmalı ve maksimum ACR'ı veren uçak kaydedilmelidir (ACR hesaplamaları 2.1.3'teki prosedürü takip etmelidir).

4. Uçak karışımının maksimum CDF'si hesaplanır ve değeri kaydedilir (CDF, kaplama tasarımı için kullanılan prosedürle tutarlı herhangi bir hasar/arıza modeliyle hesaplanır).

5. Maksimum CDF'ye en yüksek katkıyı sağlayan uçak, kritik uçak olarak seçilir. Bu uçak $AC_{(i)}$ olarak adlandırılmıştır; burada i, başlangıç değeri 1 olan bir endeks değeridir. Mevcut kritik uçak $AC_{(i)}$ dışındaki tüm uçaklar trafik listesinden çıkartılır.

6. Maksimum uçak CDF'si 4. adımda kaydedilen değere eşit olana kadar kritik uçağın kalkış sayısı ayarlanır. Kritik uçağın eşdeğer kalkış sayısı kaydedilir.

7. Adım 6'da elde edilen kalkış sayısı için maksimum 1,0 CDF elde etmek üzere kritik uçak ağırlığı ayarlanır. Bu, kritik uçaklar için izin verilen maksimum brüt ağırlıktır (MAGW).

8. Kritik uçağın ACR'si izin verilen maksimum brüt ağırlıkta hesaplanır. Elde edilen değer $PCR_{(i)}$ olarak tanımlanır. (ACR hesaplamaları 2.1.3'teki prosedürü takip etmelidir).

9. Eğer $AC_{(i)}$ adım 3'teki maksimum ACR uçağı ise, o zaman adım 13'e geçilir.

10. Mevcut kritik uçak $AC_{(i)}$'nin trafik listesinden çıkartılır ve daha önce kritik uçak olarak değerlendirilmeyen diğer uçak yeniden kritik uçak olarak değerlendirmeye alınır. Önceki kritik uçakların hiçbirini içermeyen yeni uçak listesine, azaltılmış uçak listesi adı verilir. İndeks değeri bir sayı artırılır $(i = i + 1)$.

11. Azaltılmış uçak listesinin maksimum CDF'si hesaplanır ve yeni kritik uçak $AC_{(i)}$'si seçilir.

12. $AC_{(i)}$ için 5-9 arasındaki adımlar tekrarlanır. 6. adımda, azaltılmış liste için eşdeğer kalkış sayısını hesaplamak amacıyla ilk uçak karışımı için hesaplanan maksimum CDF'si kullanılır.

13. Raporlanacak PCR, hesaplanan tüm $PCR_{(i)}$'nin maksimum değeridir. Kritik uçak, bu maksimum $PCR_{(i)}$ değeriyle ilişkili uçaktır.

2.1.4.5.4. PCR AKIŞ ŞEMASI

Yukarıdaki prosedürün akış şeması Şekil 9'da gösterilmektedir. Adım 10'dan Adım 13'e kadar olan adımların amacı, kısa/orta menzilli bir uçağın (B737 gibi) çok sayıda kalkış yaptığı ve uzun menzilli bir uçağın (örneğin A350) nispeten az sayıda kalkış yaptığı belirli durumları hesaba katmaktır. Bu adımlar olmadan, daha küçük uçaklar genellikle kritik olarak tanımlanacak ve bunun sonucunda PCR, daha büyük uçaklar için makul olmayan çalışma ağırlığı kısıtlamaları gerektirecektir (trafik dizaynı halihazırda zaten büyük uçakları içerdiği için uygun görülmez). İlk kritik uçağın aynı zamanda çalışma ağırlığında listedeki maksimum ACR'ye sahip uçak olması durumunda, prosedürün bir yinelemede tamamlanacağı ve daha sonra trafik listesine herhangi bir azalma yapılamayacağı dikkate alınmalıdır.

2.1.4.5.5. TEKİL PCR

Yukarıdaki prosedür, belirlenen kritik uçağa göre benzersiz olarak tekil PCR sayısal değeri ortaya koyar.

2.1.4.6. UYGULANABİLİRLİK

2.1.4.6.1. TEKNİK DEĞERLENDİRMENİN UYGULANABİLİRLİĞİ

Teknik değerlendirme, kaplama özellikleri ve uçak karışımının sürekli olarak bilindiği ve belgelendiği durumlarda kullanılmalıdır.

2.1.4.6.2. KAPLAMA TASARIMI VE DEĞERLENDİRME METODOLOJİSİ SEÇİMİ

PCR prosedürü, tercih edilen bir zemin yenilmesi/hasar modelinin veya çok akslı yüklemeyi iyileştirmek için bir yöntemin kullanımını zorunlu kılmaz. Bu nedenle, devletler mevcut kaplama tasarımlarını ve değerlendirme metodolojilerini kullanabilirler. İlk kaplama tasarım parametrelerinin kullanımı, gerçek kaplamanın dayanabileceği yük ile PCR ataması arasında tutarlılık sağlayacaktır.

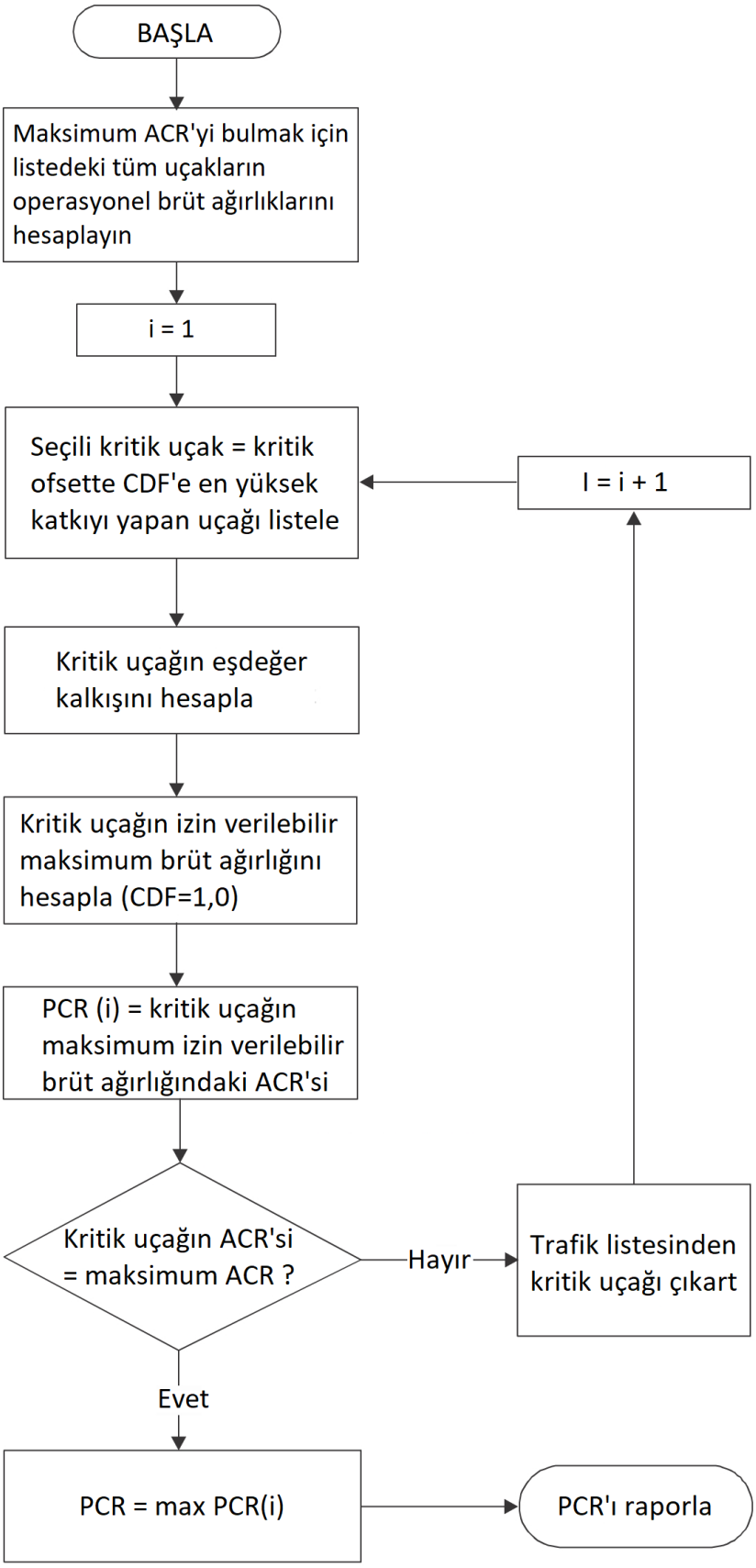
PCR PROSEDÜRÜ — UÇAK DENEYİMİNİN KULLANILMASI (U)

2.1.4.6.3. UÇAK DENEYİMİ YÖNTEMİ (U)

Mümkün olduğunda rapor edilen kaplama mukavemeti “teknik değerlendirmeye” dayandırılmalıdır. Ekonomik veya diğer nedenlerden dolayı teknik değerlendirmenin mümkün olmadığı durumlarda, değerlendirme “uçak kullanma” deneyimine dayandırılabilir. Aktif olarak kalkış yapan uçakları sorunsuzca destekleyen bir kaplama, mevcut uçak sınıfından daha yüksek bir dayanım gerektirmeyen başka uçakların da kalkışına izin verecektir. Değerlendirmenin temeli bu şekilde yapılmalıdır.

2.1.4.6.4. UÇAK DENEYİMİ TEKNİĞİ

“Uçak kullanımı” değerlendirmesine ilişkin teknikler 2.7’de verilmiştir.



Şekil 9. Önerilen PCR Hesaplama Prosedürünün Akış Şeması

2.1.4.6.5. ÖRNEKLER

Örnek 1 (Esnek)

Adım 1 ve 2: Veri toplama

a) Kaplama Karakteristikleri

- Kaplama tanımı, her katman için kalınlığını, elastiklik modülünü (E) ve Poisson oranını (ν) sağlamaktan oluşur. Yeni kaplama inşaatı için, veriler kaplama tasarımına hizmet edenler olmalıdır
- Hizmet veren mevcut kaplama için, bu girdi değerlerinin tahribatsız testlerle (karot örnekleme, ağır deflektometre, vb.) belirlenmesi gerekebilir. Yükleme veya çevre koşulları nedeniyle, kaplama malzemesi özellikleri zamanla değişebilir. Aşağıdaki örnekte, kaplama, NF EN 13 108-1'de bulunan standart Fransız malzeme spesifikasyonları kullanılarak, on yıllık bir kullanım süresi için Fransız kaplama tasarım prosedürüne göre tasarlanmıştır. PCR tutarlılığı için ve karışımdaki her bir uçağın maksimum CDF'ye bireysel katkısını kesin olarak belirlemek için, orijinal kaplama tasarımı için kullanılan aynı parametreler (zemin yenilme modeli, çok dingilli yüklerin işlenmesi, vb.) PCR'yi belirlemek için de kullanılır. Değerlendirilen kaplama bir pisttir.

Kaplama Karakteristikleri				
Tabaka	Tasarım	E-Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Kalınlık (cm)
Yüzey	EB-BBSG3	$E = f(\theta, freq.)$	0,35	6
Temel	EB-GB3	$E = f(\theta, freq.)$	0,35	8
Alttemel (1)	GNT1	600	0,35	12
Alttemel (2)	GNT1	240	0,35	25
Zemin		80	0,35	∞

b) Uçak Trafiği Verisi

- Yeni kaplama inşaatında baz alınacak PCR değerini belirlerken kullanılan uçak karışımı, kaplama tasarımı için kullanılan uçak listesiyle aynıdır.
- Hizmette olan mevcut kaplama için PCR analizi, kalan kaplama (yapısal) ömrü boyunca uçak kullanımını dikkate alır. Kaplamayı kullanan uçak türlerinin karışımının tasarım tahmininden önemli ölçüde değiştiği biliniyorsa, güncellenmiş bir uçak listesi kullanılmalıdır. Bu örnek, maksimum çalışma ağırlıkları ve yıllık kalkışları olan aşağıdaki uçak listesini kullanır.

Analiz Edilen Uçak Trafiği			
No	Uçak Modeli	Maksimum Taksi Ağırlığı (t)	Yıllık Kalkış
1	A321-200	93,9	14600
2	A350-900	268,9	5475
3	A380-800	571	1825
4	B737-900	79,2	10950
5	B787-8	228,4	3650
6	B777-300ER	352,4	4380

- Not: Değerlendirilen kaplama bir pisttir; her uçağa 1,5 m'lik bir yanal sapma atanır (standart sapma 0,75 m). Her uçak kaplamanın merkez hattına merkezlenir ve gerçek ana iniş takımı koordinatlarıyla modellenir.

Adım 3: Operasyon ağırlığındaki ACR

	B777-300ER	A321-200	A350-900	B787-8	B737-9	A380-800
Operasyon Ağırlığı	352,4	93,9	268,9	228,4	79,2	571
ACR	790	550	720	680	450	650

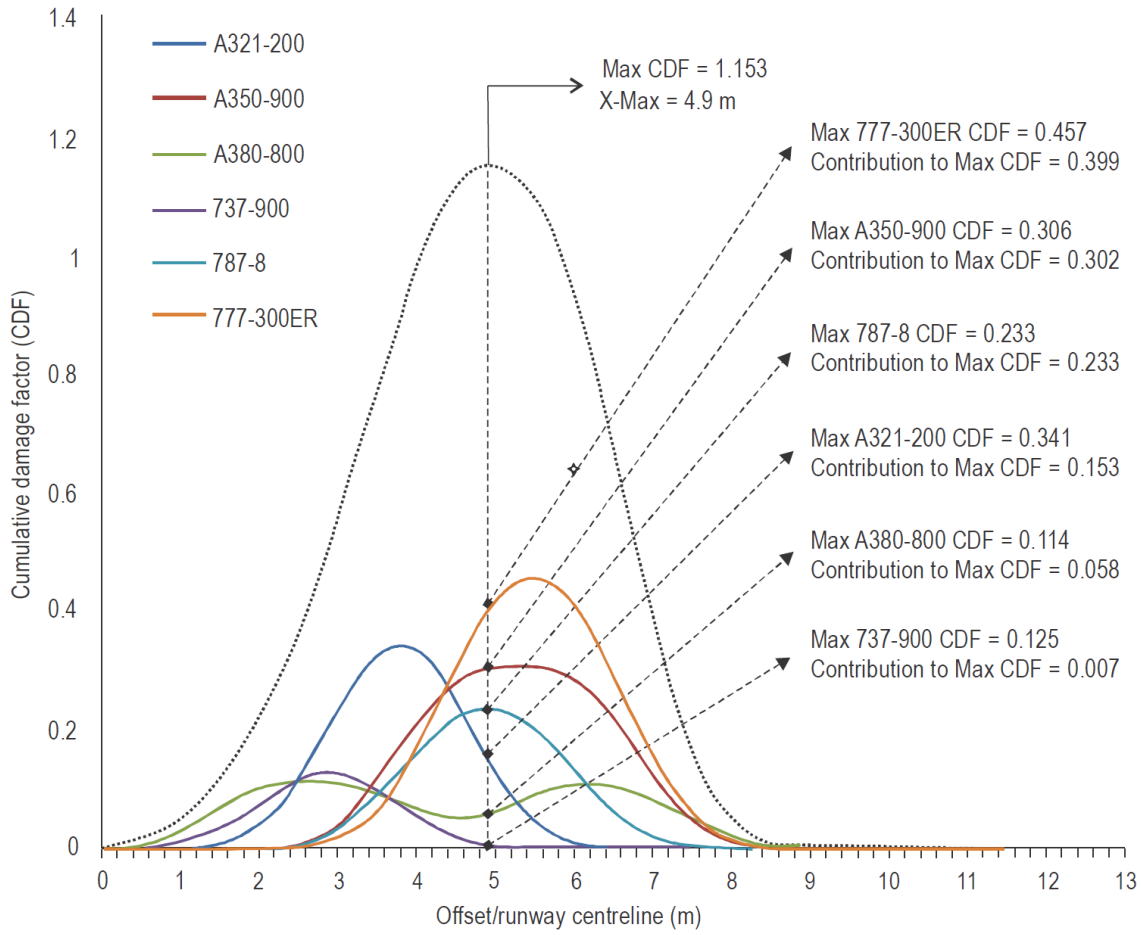
Adım 4: Tüm uçuş trafiğinin CDF'i

- CDF, pist merkez hattına dik bir enine eksen boyunca bireysel uçak CDF katkılarını toplayarak tüm filo için hesaplanır. Şekil 10, CDF'ye bireysel uçak katkılarını ve karışımın ortaya çıkan toplam CDF'sini gösterir. CDF'nin maksimum değeri, pist merkez hattından 4,9 m uzaklıkta bulunan 1,153'tür. Karışımdaki her uçağın maksimum CDF'ye katkısı Şekil 10'da çizilmiştir

- Maksimum CDF 1,0'dan büyüktür ve bu, kaplamanın analiz edilen trafik için yeterince iyi tasarlanmadığını gösterir.

- Not: Her uçağın kritik ofsetteki maksimum CDF'ye CDF katkılarını, tek tek uçaklardan kaynaklanan maksimum hasardan (kritik ofsette meydana gelebilir veya gelmeyebilir) ayırmak önemlidir. Örneğin, A321-200'ün kritik ofsetteki maksimum CDF'ye hasar katkısı 0,153 iken, maksimum hasarı 0,341'e eşittir. Benzer şekilde, A350-900, A321'den daha düşük olan 0,306'lık bir maksimum hasar üretir, ancak maksimum CDF'ye katkısı A321 katkısından daha yüksek olan 0,302'dir. Fark, çeşitli uçakların farklı pist boyutlarından (iniş takımlarının merkez hattından uzaklığı) kaynaklanmaktadır.

- En yüksek CDF katkısına (maksimum CDF'ye) sahip uçak, karışımdaki en zorlu uçak haline gelir. Bu örnekte, maksimum CDF'ye en yüksek katkı (0,399 — bkz. Şekil 10) B777-300ER tarafından üretilir.



Şekil 10. Uçak CDF, Toplam CDF ve Uçağın Maksimum CDF'ye Katkısı

Adım 5: B777-300ER, maksimum CDF'ye en çok katkıda bulunan uçak olarak seçilir. Diğer tüm uçaklar kaldırılır.

Adım 6: B777-300ER'nin ilk yıllık kalkış seviyesinde maksimum CDF'ye katkısı 0,457'dir. Yıllık kalkış sayısı, CDF 1,153'e eşit olana kadar ayarlanır. Bu adım, basit doğrusal ekstrapolasyonla gerçekleştirilir ve B777-300ER'nin 11050 eşdeğer yıllık kalkışını (toplam 110500 kalkış) verir.

Adım 7: B777-300ER'nin brüt ağırlığı, maksimum 1,0 CDF elde etmek için ayarlanmıştır. Başka bir deyişle, kaplama artık ayarlanmış ağırlığında ve eşdeğer yıllık kalkış seviyesinde tek eşdeğer uçağı barındıracak şekilde doğru şekilde tasarlanmıştır. MAGW 341,3 tondur.

Adım 8: B777-300ER'nin ACR değeri, MAGW'sinde 740/F/C'dir.

Adım 9: Adım 3'teki listeye göre kontrol edildiğinde, B777-300ER maksimum ACR uçağıdır. Bu nedenle, prosedür durdurulur. Rapor edilecek PCR, MAGW'sindeki B777-300ER ACR'sine eşittir.

- PCR 740 F/C/W/T.
- Lastik basınç kodu için, değerlendirilen kaplama yeni bir yapı olduğundan ve yüzey asfalt karışımı uygulanan lastik basınçlarına dayanacak şekilde tasarlandığından W harfi seçilmiştir.

Örnek 2 (Esnek)

Adım 1 ve 2: Veri toplama

a) Kaplama Karakteristikleri

- Bu örnekte, esnek bir pist, FAA AC 150/5370-10'da bulunan standart malzeme özellikleri kullanılarak FAA kaplama tasarım prosedürüne göre tasarlanmıştır. PCR tutarlılığı için ve karışımdaki her bir uçağın maksimum CDF'ye bireysel katkısını kesin olarak belirlemek için, prosedür orijinal kaplama tasarımına hizmet eden tasarım parametrelerini (zemin yenilme modeli, çok akslı yüklemelerin işlenmesi, vb.) dikkate almalıdır. Bu, FAA AC 150/5320-6, Havalimanı Kaplama Tasarımı ve Değerlendirmesi'ne uygun olarak elde edilir.

Kaplama Karakteristikleri				
Tabaka	Tasarım	E-Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Kalınlık (cm)
Yüzey	P-401/P-403 HMA Surface	1379	0,35	10,2
Temel	P-401/P-403 (flex)	2758	0,35	12,7
Alttemel	P-209	467	0,35	17,5
Zemin	P-152	200	0,35	∞

b) Uçak Trafiği Verisi

- Bu örnekte, trafik verileri, çok sayıda orta menzilli jet uçağının (A320, A321, B737) kalkışının, daha az sayıda uzun menzilli veya büyük uçak (A330, B777 ve A380) operasyonuyla birleştiği bölgesel bir merkezi temsil eder. Tasarım ömrü 20 yıldır.

Analiz Edilen Uçak Trafiği			
No	Uçak Modeli	Maksimum Taksi Ağırlığı (t)	Yıllık Kalkış
1	A330-300	233,9	52
2	B777-300ER	352,4	52
3	A380-800	571	52
4	B777-300ER	85,4	10950
5	A320-200	77,4	10950
6	A321-200	93,9	1560

- Not: FAA tasarım standartlarına uygun olarak, uçağın yanal gezinmesinin varsayılan standart sapması 0,776 metredir (30,54 i

Adım 3: Operasyon ağırlığındaki ACR

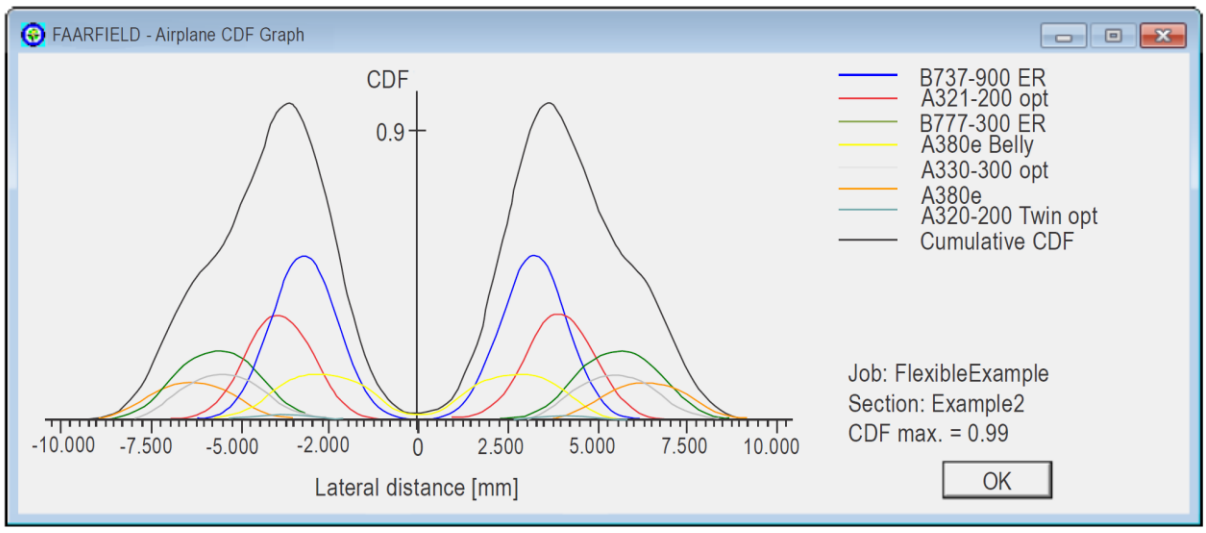
	A321-200	B777-300ER	B777-300ER	A320-200	A330-300	A380-800
Operasyon Ağırlığı	93,9	85,4	352,4	77,4	233,9	571
ACR	460	420	570	360	570	550

Adım 4: Tüm uçuş trafiğinin CDF'i

- CDF, pist merkez hattına dik bir enine eksen boyunca bireysel uçak CDF katkılarının toplanmasıyla tüm filo için hesaplanır. Bu örnekte, hesaplama FAA programı FAARFIELD 1.42 kullanılarak yapılmıştır.

- Şekil 11, tasarım için bireysel uçak CDF'sini ve ortaya çıkan toplam CDF'yi gösterir. Maksimum CDF, pist merkez hattından 3,7 m'lik bir yanal ofsette bulunan 0,99'dur. Karışımdaki her uçağın maksimum CDF'ye katkısı Şekil 11'de çizilmiştir. Şekil 11'de çizilen CDF değerlerinin, uçak brüt ağırlığının %95'inin ana iniş takımına etki ettiği kalınlık tasarımı için uçak özelliklerine dayandığını unutmayın. Maksimum CDF, 1,0'dan biraz daha azdır ve bu, kaplama kalınlığının analiz edilen trafik için uygun şekilde tasarlandığını gösterir. Özellikler, her bir uçakta en yüksek ana iniş takımı yüklerini üreten kütle ve ağırlık merkezi değerlerini yansıtacak şekilde ayarlandığında (bkz. 2.1.3.2.6), maksimum CDF 0,898'e düşer; ancak, uçakların göreceli katkıları aynıdır. Örnek 1'in aksine, maksimum CDF tek koridorlu uçaklar etrafında yoğunlaşırken, uzun menzilli uçakların katkısı yıllık kalkış sayısının az olması nedeniyle daha azdır.

Adım 5: Şekil 11'e göre, B737-900ER maksimum CDF'ye en çok katkıda bulunan uçak olarak seçilmiştir. Diğer tüm uçaklar kaldırılmıştır.



Şekil 11. Uçak CDF, Toplam CDF ve Uçağın Maksimum CDF'ye Katkısı

Adım 6: B737-900ER'nin ilk yıllık kalkış seviyesinde maksimum CDF'ye katkısı 0,405'tir. Program, CDF 0,898'e eşit olana kadar yıllık kalkış sayısını yinelemeli olarak ayarlar ve B737-900ER'nin 21837 eşdeğer yıllık kalkışını verir.

Adım 7: B737-900ER'nin brüt ağırlığı, maksimum 1,0 CDF elde etmek için ayarlanmıştır. Kaplama artık ayarlanmış ağırlığında ve eşdeğer yıllık kalkış seviyesinde tek eşdeğer uçağı barındıracak şekilde tasarlanmıştır. MAGW 85,77 t'dir.

Adım 8: B737-900ER'nin MAGW'sindeki ACR'si 425 FA = PCR1'dir.

Adım 9: Adım 3'teki tabloya karşı kontrol edildiğinde, B737-900ER'nin maksimum ACR uçağı olmadığı görülür. Bu nedenle, prosedür Adım 10'a devam eder.

Adım 10: B737-900ER uçak listesinden çıkarılır ve diğer tüm uçaklar yeniden tanıtılır.

Adım 11: Azaltılmış uçak karışımında, en fazla katkıda bulunan uçak A321-200'dür, çünkü maksimum CDF değeri artık B737-900ER'nin kaldırılmasıyla değişmiştir.

Adım 12: 5 ila 9. adımlar, kritik ofsette CDF'ye en yüksek katkıyı yapan uçak, aynı zamanda maksimum ACR uçağı olana kadar tekrarlanır.

- Bu örnekte, yinelemeli prosedür üçüncü potansiyel kritik uçakta durdurulur. Ortaya çıkan PCRi değerleri şunlardır:

a) PCR1 425 FAWT (ilk kritik uçak, B737-900ER)

b) PCR2 465 FAWT (azaltılmış uçak trafiğinde ikinci kritik uçak, A321-200)

c) PCR3 580 FAWT (üçüncü kritik uçak ve maksimum ACR uçağı, B777-300ER)

- Kabul edilecek PCR = maksimum (PCR1, PCR2, PCR3) = 580 FAWT

- Bildirilen PCR, karışım uçaklarından herhangi birinin maksimum işletme ağırlığı ACR'sinden daha yüksek olduğundan, işletme ağırlığı kısıtlaması yoktur.

Örnek 3 (Rijit)

Adım 1 ve 2: Veri toplama

a) Kaplama Karakteristikleri

- Bu örnekte, PCR raporlaması için rijit bir taksi yolu değerlendirilir. Malzeme özellikleri, FAA AC 150/5370-10 ve FAA AC 150/5320-6'da bulunan standart malzeme özelliklerine göre katmanlara atanır. Bu örnek için, laboratuvar testlerine dayanarak betonun eğilme mukavemetinin 4,5 MPa olduğunu varsayalım.

Kaplama Karakteristikleri				
Tabaka	Tasarım	E-Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Kalınlık (cm)
Yüzey	P-501 Portland cement concrete	27579	0,15	45,0
Temel	P-401/P-403 (flexible)	2758	0,35	12,5
Alttemel	P-209	311	0,35	30,0
Zemin	P-152	90	0,40	∞

b) Uçak Trafiği Verisi

- Bu örnek için uygulanan trafik aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tasarım ömrü 20 yıldır. Bu trafik karışımı için, FAA standart kalınlık tasarım gereksinimi (FAARFIELD 1.42) 45,6 cm betondur. Bu nedenle, mevcut kaplama kalınlığı verilen trafik için biraz yetersiz tasarlanmıştır, dolayısıyla daha ağır uçakların bazıları için işletme ağırlığı kısıtlamaları gerekebilir.

Analiz Edilen Uçak Trafiği			
No	Uçak Modeli	Maksimum Taksi Ağırlığı (t)	Yıllık Kalkış
1	B747-8	440,0	365
2	A350-900	268,9	5475
3	B787-8	228,4	3650
4	A321-200	93,9	14600
5	B737-900	79,2	10950
6	EMB-190	48,0	10950

- Not: FAA tasarım standartlarına uygun olarak, uçağın yanal gezinmesinin varsayılan standart sapması 0,776 metredir (30,54 inç).

Adım 3: Operasyon ağırlığındaki ACR

	B747-8	A350-900	B787-8	A321-200	B737-900	EMB-190
Operasyon Ağırlığı	440,0	268,9	228,4	93,9	79,2	48,0
ACR	910	920	870	660	550	290

Adım 4: Tüm uçuş trafiğinin CDF'i

- CDF, pist merkez hattına dik bir enine eksen boyunca bireysel uçak CDF katkılarının toplanmasıyla tüm filo için hesaplanır. Bu örnekte, hesaplama FAA programı FAARFIELD 1.42 kullanılarak yapılmıştır.

- 2. Adımdaki uçak verileri kullanılarak, verilen trafik karışımı için maksimum CDF'nin 1,24 olduğu bulunur; bu, tasarım hedef değeri 1.0'dan daha yüksektir. Maksimum CDF, pist merkez hattından 4,7 m uzaklıktaki bir yanal ofsette yer alır. Bu kritik ofsette CDF'ye en büyük katkıyı yapan uçak A350-900'dür.

Kritik ofsette (4,7 m) CDF'ye uçak katkısı	
Uçak Tipi	CDF
B747-8 (Wing Gear)	0,023
B747-8 (Body Gear)	0,001
A350-900	0,935
B787-8	0,158
A321-200	0,124
B737-900	0,001
EMB-190	0,000
Toplam	1,242

Adım 5: A350-900, maksimum CDF'ye en çok katkıda bulunan uçak olarak seçilir. Diğer tüm uçaklar kaldırılır.

Adım 6: A350-900'ün ilk yıllık kalkış seviyesinde maksimum CDF'ye katkısı 0,935'tir. Program, CDF 1,24'e eşit olana kadar yıllık kalkış sayısını yinelemeli olarak ayarlar ve A350-900'ün 7227 eşdeğer yıllık kalkışını verir.

Adım 7: A350-900'ün brüt ağırlığı, 7227 yıllık kalkış için maksimum CDF 1,0 elde edecek şekilde ayarlanmıştır. MAGW ise 270,4 tondur.

Adım 8: A350-900'ün MAGW'sindeki ACR'si 906/R/C = PCR1'dir.

Adım 9: Adım 3'teki tabloya göre kontrol edildiğinde, A350-900'ün aynı zamanda maksimum ACR uçağı olduğu görülür. Bu nedenle, prosedür Adım 13'e (son) atlar. PCR sayısal değerini 10'un en yakın katına yuvarlanır ve bildirilecek PCR 910/R/C/W/T'dir.

- Havalimanı bu PCR'yi yayınlarsa, A350-900'de işletme ağırlığı kısıtlamaları gerekecektir. Alternatif olarak, A350-900'ün aşırı yük hükümleri altında çalışmasına izin verilebilir (bkz. 2.4), çünkü ACR'si PCR'yi %10'luk izin verilen limitten daha az aşmaktadır.

BÖLÜM 2 - AŞIRI YÜK OPERASYONLARI İÇİN REHBER

2.2. ANNEX 14, CİLT I, EK A'DA ÖNERİLEN KRİTERLER

2.2.1. KAPLAMALARIN AŞIRI YÜKLENMESİ

Kaplamaların aşırı yüklenmesi, çok büyük yüklerden veya önemli ölçüde artırılmış uygulama oranından veya her ikisinden kaynaklanabilir. Tanımlanmış (tasarım veya değerlendirme) yükten daha büyük yükler tasarım ömrünü kısaltırken, daha küçük yükler uzatır. Kaplamaların yenilmeleri nadiren tek bir aşırı yük nedeniyle meydana gelir, bunun yerine kaplamanın tasarlandığı yük derecesini aşan yüklerin tekrarlanması nedeniyle meydana gelir (kümülatif hasar ilkesi). Kaplamanın yapısal davranışı, tasarım ömrü boyunca beklenen sayıda tekrar için tanımlanabilir bir yükü kaldırabilecek şekildedir. Sonuç olarak, uygun olduğunda, kaplamanın ömründe yalnızca sınırlı bir kayıp ve kaplamanın yenilmesinde nispeten küçük bir hızlanma ile ara sıra küçük aşırı yüklemeler kabul edilebilir. Aşırı yüklenmenin büyüklüğünün ve/veya kullanım sıklığının ayrıntılı bir analizi haklı çıkarmadığı işlemler için, aşağıdaki kriterler önerilmektedir:

a) Esnek ve rijit kaplamalar için, ACR’si bildirilen PCR’nin %10'unu aşmayan uçakların ara sıra yaptığı hareketler kaplamayı olumsuz etkilememelidir; ve

b) Yıllık aşırı yük hareketi sayısı, hafif uçaklar hariç olmak üzere toplam yıllık hareketlerin yaklaşık yüzde 5’ini geçmemelidir.

2.2.2. AŞIRI YÜKLEME İZNİ

Bu tür aşırı yük hareketlerine, sorun veya yenilme belirtileri gösteren kaplamalarda normalde izin verilmemelidir. Ayrıca, donma penetrasyonundan sonraki herhangi bir çözülme döneminde veya kaplamanın alt yapısının dayanıklılığının su varlığı sebebiyle zayıflatılabileceği durumlarda aşırı yüklemeden kaçınılmalıdır. Aşırı yük operasyonları yürütüldüğünde, ilgili yetkili söz konusu kaplamanın durumunu düzenli olarak gözden geçirmeli ve aşırı yük operasyonları için kriterleri periyodik olarak gözden geçirmelidir. Çünkü aşırı yüklerin aşırı tekrarlanması kaplama ömrünün ciddi şekilde kısalmasına neden olabilir veya kaplamanın büyük ölçüde onarılmasını gerektirebilir.

AŞIRI YÜKLEME TEKNİK ANALİZİ

2.2.3. TEKNİK ANALİZ

Yüzde 10’u aşan aşırı yükler, daha ayrıntılı bir teknik analizle desteklendiğinde, vaka bazında değerlendirilebilir. Aşırı yük operasyonları 2.2.1’de açıklanan toleransları aştığında, ilk kaplama tasarımında planlanmamış olan önerilen ek yüklerin verilmesi için bir kaplama analizi gereklidir. Bu durumlarda, kaplama analizi aşırı yük operasyonunun gerçek uçak karışımıyla karıştırıldığında maksimum CDF’ye nasıl katkıda bulunduğunu belirlemelidir. Gerçekten de raporlanan PCR’yi aşsa bile, göreceli bir gösterge olarak ACR, aşırı yük uçağının kaplamanın yapısal davranışını ve/veya tasarım ömrünü nasıl etkileyeceğini tahmin edemez, çünkü ofsetinin uçak karışımı tarafından üretilen maksimum CDF’nin konumuna (kritik ofset) büyük ölçüde bağlı olacaktır.

2.2.4. AŞIRI YÜK OPERASYONLARININ SAYISI

Kaplama analizi, aşırı yüklenen uçaklar da dahil olmak üzere tüm uçak karışımının CDF'sinin ilgili otorite tarafından kabul edilen toleranslar içinde kalmasını sağlamak için izin verilen aşırı yük operasyonlarının sayısının belirlenmesi anlamına gelir.

BÖLÜM 3 - KAPLAMALARIN YAPISAL DEĞERLENDİRİLMESİ

2.3. GENEL

Bu bölümün amacı, kaplama taşıma gücünü değerlendirmek ve raporlamaktan sorumlu olanlara kaplamaların değerlendirilmesi konusunda rehberlik sunmaktır. Sorumlu personelin deneyimli kaplama mühendislerinden, kaplama davranışı uzmanlarının doğrudan personel desteğinden faydalanmayan havalimanı yöneticilerine kadar uzanabileceğini kabul ederek, bu bölümde yer alan bilgiler çeşitli ihtiyaç seviyelerine hizmet etmeye çalışmaktadır.

2.4. KAPLAMA DEĞERLENDİRME UNSURLARI

2.4.1. KAPLAMANIN DAVRANIŞI

Herhangi bir kaplamanın davranışı

1) Tesviye ve hazırlıktan sonra zemin olarak adlandırılan sahanın doğal malzemesine,

2) Kaplama boyunca tüm katmanları içeren yapısına,

3) Uçak kullanımının kütlesine ve sıklığına bağlıdır.

Bir kaplamayı değerlendirirken bu üç unsurun her biri dikkate alınmalıdır.

ZEMİN

2.4.2. ZEMİN ÖZELLİKLERİ

Zemin, kaplama tarafından iletilen yükleri desteklemek üzere inşaat sırasında hazırlanan, kaplama yapısının hemen altındaki malzeme tabakasıdır. Bitki örtüsünün soyulması, tesviye edilmesi veya kesme-doldurma işlemleriyle planlanan seviyeye getirilmesi ve gerekli yoğunluğa sıkıştırılmasıyla hazırlanır. Zeminin mukavemeti önemli bir unsurdur ve bu, bir kaplama yapısının değerlendirilmesi veya tasarımı için veya kaplamanın her bir bölümü için ayrı ayrı değerlendirilip tasarlanmalıdır. Toprak mukavemeti ve dolayısıyla zemin mukavemeti büyük ölçüde toprak nemine bağlıdır ve kaplama yapısının altında yerinde elde edilmesi beklenen dayanım durumuna göre değerlendirilmelidir. Yüksek su seviyesi, alışılmadık drenaj veya aşırı gözenekli veya çatlak kaplama koşulları dışında, toprak nemi kaplamaların altında tam doygunluğun yüzde 90'ının üzerinde bir seviyeye kadar stabilize olma eğiliminde olacaktır. Mevsimsel değişim (duyarlı malzemelerin dona nüfuz etmesi hariç) normalde çok küçüktür veya hiç yoktur ve oldukça kurak bölgelerde bile daha yüksek nem koşulları mümkündür. Malzemelerin türü büyük ölçüde değişebildiğinden, belirli bir kaplama için belirlenen zemin mukavemeti, ACR-PCR yönteminde kullanılan dört zemin mukavemet kategorisi tarafından belirtilen aralık içinde herhangi bir yere düşebilir.

KAPLAMA YAPISI

2.4.3. KAPLAMA TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

"Rijit" ve "esnek" terimleri iki temel kaplama tipini tanımlamak için kullanılmaya başlanmıştır. Terimler, her türün yüklemeye verdiği yanıtı karakterize etmeye çalışır. Rijit bir kaplamanın birincil elemanı, düz veya çeşitli yollardan herhangi biriyle güçlendirilmiş bir Portland çimento betonu (PCC) tabakası veya plakasıdır. Rijit bir kaplama, yüzey yüklerine sert bir şekilde yanıt verir ve yükleri, bükülme veya kiriş hareketi yoluyla alt zeminin geniş alanlarına dağıtır. Kaplamanın mukavemeti PCC'nin kalınlığına ve mukavemetine ve zeminin üzerindeki katmanlara bağlıdır. Kaplama, zemin üzerindeki basıncın değerlendirilen dayanımı aşmaması için yüzey yüklerini dağıtmaya yeterli olmalıdır. Esnek bir kaplama, alt zeminden yüzey katmanına doğru mukavemeti artan bir dizi katmandan oluşur. Seçilmiş malzeme (dolgu), alt temel, temel ve aşınma tabakası gibi katmanlardan oluşur. Ancak alt katmanlar belirli bir kaplamada mevcut olmayabilir. Ağır uçaklara yönelik kaplamalar genellikle bitümlü bağlı aşınma tabakasına (bituminous bound wearing course) sahiptir. Esnek bir kaplama, nihayetinde her katmanda maruz kalınan basıncın azalmasına sebep olacak şekilde yükün genişleyerek dağıtılmasını sağlar. Yüzeyden alt seviyeye kadar her seviyede, katmanların kendi seviyelerindeki basınçları tolere etmek için yeterince kuvvetli olması gerekir. Bu nedenle kaplama, yüzey basıncının alt tabakanın kabul edebileceği bir değere azaltılması için alt tabanın üzerindeki kalınlığına bağlıdır. Esnek bir kaplamanın her katmanın üzerindeki basıncı katman tarafından kabul edilebilir bir seviyeye indirmek için yapı kalınlığına da sahip olması gerekir. Ek olarak, aşınma tabakası, uçak kullanımından kaynaklanan lastik basınçlarını sıkıntı yaşamadan kabul edebilecek güçte olmalıdır.

UÇAK YÜKLERİ

2.4.4. UÇAK YÜKÜNÜN KAPLAMAYA AKTARILMASI

Uçağın kütlesi, uçağın alt takımı aracılığıyla kaplamaya iletilir. Tekerleklerin sayısı, aralıkları, lastik basıncı ve boyutu, uçak yükünün kaplamaya dağılımını belirler. Genel olarak kaplama, yalnızca yüzeyde ve zeminde değil, aynı zamanda ara seviyelerde de bireysel tekerlekler tarafından uygulanan yükleri destekleyecek kadar güçlü olmalıdır. İkili ve çift tandem yapılı yakın aralıklı tekerlekler ve karmaşık alt takımlara sahip uçakların bitişik yapıları için, bitişik tekerleklerden gelen dağıtılmış yüklerin etkileri zemin (ve orta tabaka) seviyesinde örtüşür. Bu gibi durumlarda, etkili (efektif) basınçlar iki veya daha fazla tekerleğin bir araya getirdiği basınçlardır ve bu basınçların kaplama yapısı tarafından yeterince sönümlenmesi gerekmektedir. Yük dağıtımı yüksek dayanımlı zemin üzerinde düşük dayanımlı zemin tabakasına göre çok daha dar bir alana yayıldığı için, bitişik tekerleklerin birleştirici etkilerinin yüksek dayanımlı zemindeki kaplamalar üzerindeki etkisi, düşük dayanımlı zemindeki kaplamalar üzerindeki etkisine göre daha azdır. Bu, eşdeğer tasarım dayanımına sahip kaplamalar için iki uçak tipinin göreceli etkilerinin aynı olmadığı ve bu durumun zemin dayanım kategorisine göre kaplama dayanımının raporlanmasının temelidir. Bir zemin dayanım kategorisi içinde, iki uçak tipinin kaplamalar üzerindeki göreceli etkileri iyi bir doğrulukla benzersiz bir şekilde ifade edilebilir.

YÜK TEKRARLARI VE TRAFİĞİN BİLEŞİMİ

2.4.5. YÜK TEKRARI VE YORGUNLUK BİLEŞENLERİ

Yükün büyüklüğünü tek başına dikkate almak yeterli değildir. Ayrıca dikkate alınması gereken bir yorgunluk (fatigue) veya yük tekrarları faktörü de vardır. Bu nedenle büyüklük ve tekrarlar birlikte ele alınmalıdır ve belirli bir sayıdaki tekrarlarda bir büyüklükteki yükü desteklemek üzere tasarlanan bir kaplama, daha az sayıda tekrarda daha büyük bir yükü ve daha fazla sayıda tekrarda daha az bir yükü destekleyebilir. Dolayısıyla bir uçak kütlesinin etkisini, başka bir uçak kütlesinin (ve tipinin) eşdeğer tekrarları açısından belirlemek mümkündür. Bu kavramın uygulanması, tek bir (seçilmiş) yük büyüklüğünün ve kaplamayı kullanan uçak karışımının etkisini temsil edecek tekrarlama seviyesinin belirlenmesine olanak sağlar.

KAPLAMA DURUMU ARAŞTIRMASI (PCS)

2.4.6. PCS

Bu aşama (Pavement Condition Survey, PCS) genel değerlendirmenin özellikle önemli bir tamamlayıcısı veya bir parçası, yani dikkatli bir durum araştırmasıdır. Kaplama, herhangi bir bozulma, hareket veya değişiklik belirtisi açısından yakından incelenmelidir. Gözlemlenebilir herhangi bir kaplama değişikliği, trafiğin veya çevrenin kaplama üzerindeki etkileri hakkında bilgi sağlar. Trafiğin gözlemlenebilir etkileri ile trafiğin büyüklüğü ve bileşiminin değerlendirilmesi, bir kaplamanın taşıma kapasitesinin tanımlanması için mükemmel bir temel sağlayabilir.

2.5. ACR-PCR METODUNUN UNSURLARI

KAPLAMA SINIFLANDIRMA DERECELENDİRMESİ (PCR)

2.5.1. PCR

Kaplama sınıflandırma derecesi (PCR), standart (1,50 MPa lastik basıncı) tek tekerlek ile uygulandığında kaplama tarafından taşınabileceğini gösteren, kilogram cinsinden ifade edilen kütlenin indeks derecesidir (1/50'si). Bir kaplama için belirlenen PCR derecelendirmesi, kaplamanın eşit veya daha düşük büyüklükte bir uçak sınıflandırma derecelendirmesine (ACR) sahip uçakları destekleyebildiğini gösterir. PCR ile karşılaştırıldığında ACR, belirli kaplama tipi ve derecelendirilmiş kaplamanın zemin kategorisinin yanı sıra belirli uçak kütlesi ve özellikleri için oluşturulan uçak ACR'si olmalıdır.

KAPLAMA TİPİ

2.5.2. KAPLAMA

Kaplama mukavemetinin raporlanması amacıyla kaplamalar rijit veya esnek olarak sınıflandırılmalıdır. Rijit kaplama, düz, takviyeli veya öngerilmeli ve kaplama ile zemin arasında ara katmanlar olsun veya olmasın bir PCC malzemenin kullanılmasıdır. Esnek kaplama, zeminden aşınma yüzeyine kadar mukavemeti artan bir dizi katmandan oluşan kaplamadır. Esnek bir kaplama üzerindeki PCC kaplamasından veya rijit bir kaplama üzerindeki asfalt beton kaplamadan veya özellikle iyi bir bütünlüğe sahip kimyasal olarak (çimento) stabilize edilmiş katmanlar içeren kompozit kaplamalar, sınıflandırmada dikkatli olmayı gerektirir. Eğer "rijit"

eleman kaplamanın baskın yapısal elemanı olmaya devam ediyorsa ve yakın aralıklı çatlamalardan ciddi şekilde zarar görmüyorsa, kaplama rijit olarak sınıflandırılmalıdır; aksi takdirde esnek sınıflandırma uygulanmalıdır. Esnek kaplama, zeminden aşınma yüzeyine kadar mukavemeti artan bir dizi katmandan oluşan kaplamadır. Esnek bir kaplama üzerindeki PCC kaplamasından veya rijit bir kaplama üzerindeki asfalt beton veya özellikle iyi bir bütünlüğe sahip kimyasal olarak (çimento) stabilize edilmiş katmanlar içeren kompozit kaplamalar, sınıflandırmada dikkatli olmayı gerektirir. Eğer "rijit" eleman, kaplamanın baskın yapısal elemanı olmaya devam ediyorsa ve yakın aralıklı çatlamalardan ciddi şekilde zarar görmüyorsa, kaplama sert olarak sınıflandırılmalıdır; aksi takdirde esnek sınıflandırma uygulanmalıdır. Sınıflandırmanın şüpheli olduğu durumlarda esnek kaplama olarak adlandırma genellikle ihtiyatlı olacaktır. PCR kaplamalı yüzeylere göre olduğundan kaplamasız yüzeyler (sıkıştırılmış toprak, çakıl, laterit, mercan vb.), tuğla veya bloklarla örülmüş yüzeyler, iniş minderi ve membran yüzeylerle kaplı yüzeyler için uygun görülmemelidir. Bu tür yüzeyler için bir tür PCR belirlendiyse yalnızca "uçak kullanma" yöntemi izlenmelidir. Böyle bir durumda "kaplama tipi" alanının gerçek yüzey tipini belirtmesi gerekmektedir. Alternatif olarak raporlama açısından esnek olarak sınıflandırılabilir; ancak, yüzeyin aslında kaplamalı bir yüzey olmadığını belirten bir tanımlama içermelidir. Gerçek yapı kompozit veya standart dışı ise bu hususta bir not eklenmelidir.

ZEMİN KATEGORİSİ

2.5.3. ZEMİN KATEGORİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Çoklu tekerlek kullanan uçakların alt takımlarının etkisi, zayıf zeminlere kıyasla güçlü zeminlere kurulan kaplamalarda daha fazla olduğundan, taşıma mukavemetinin raporlanması sorunu karmaşıktır. Raporlamayı basitleştirmek ve uçak ve kaplama sınıflandırma derecelendirmeleri (ACR ve PCR) için indeks değerlerinin kullanılmasına izin vermek için, ACR-PCR yöntemi dört zemin mukavemeti kategorisi kullanılır. Bunlar, kategoriler için belirlenen aralıklarla birlikte yüksek, orta, düşük ve çok düşük olarak adlandırılır. Rapor edilen bir değerlendirmenin (PCR) faydalı olabilmesi için, raporlanan kaplamanın zemininin ait olduğu zemin kategorisinin oluşturulması ve rapor edilmesi gerekmektedir. Normalde, zemin mukavemeti, kaplamanın orijinal tasarımı veya daha sonraki rehabilitasyon veya güçlendirme ile bağlantılı olarak değerlendirilecektir. Bu bilginin mevcut olmadığı durumlarda, zemin mukavemeti kaplama değerlendirmesinin bir parçası olarak belirlenmelidir. Zemin mukavemeti, değerlendirmenin mümkün olduğu her yerde testlere dayanmalıdır. Teste dayalı bir değerlendirmenin mümkün olmadığı durumlarda, zemin özelliklerine, zemin sınıflandırmasına, yerel deneyime veya yargıya dayalı olarak temsili bir alt zemin mukavemet kategorisi seçilmelidir. Genellikle bir havalimanı için tek bir zemin kategorisi uygun olabilir. Bununla birlikte, kaplamalı alanların geniş bir sahaya dağıldığı ve toprak koşullarının bölgeden bölgeye farklılık gösterdiği durumlarda, çeşitli kategoriler geçerli olabilir ve bunların değerlendirilmesi ve raporlanması gerekir. Bir havalimanı kaplamasının altındaki zemin, mevsimsel değişikliklere rağmen normalde sabit bir neme ve dayanıklılığa ulaşacak ve bunu koruyacaktır. Bununla birlikte, ciddi çatlaklı yüzey kaplaması, gözenekli kaplama, yüksek yeraltı suyu veya zayıf yerel drenaj durumunda, ıslak dönemlerde zemin mukavemeti önemli ölçüde azalabilir. Kaplamasız yüzeyler özellikle nem değişimine maruz kalacaktır. Mevsimsel don tehlikesi olan bölgelerde, dona karşı duyarlı malzemelerin bulunduğu erime döneminde zemin dayanımının daha düşük olması beklenebilir.

LASTİK BASINCI KATEGORİSİ

2.5.4. LASTİK BASINCI

Doğrudan yüzeye etkiyen lastik basıncı, kaplama mukavemetinin diğer yönleriyle çok az ilişkili olmak suretiyle en kritik unsurudur. İzin verilen lastik basıncını, lastik basıncı kategorileri cinsinden raporlanmasının nedeni budur. Nadir görülen çatlaklı derz durumları ve olağandışı yüzey kusurları dışında, rijit kaplamalar lastik basıncı kısıtlamalarını gerektirmez. Bununla birlikte, esnek veya bitümlü malzeme ile overlay yapılmış fakat rijit olarak sınıflandırılan kaplamalar, izin verilen lastik basıncının raporlanması açısından "esnek kaplama" olarak ele alınmalıdır. En yüksek lastik basıncı kategorisinde sınıflandırılan esnek kaplamaların çok iyi kalitede ve bütünlükte olması gerekirken, en düşük kategoride sınıflandırılanların yalnızca gündelik otoyol tipi trafiğini kabul edebilmesi gerekir. Bitümlü yüzey kaplamanın kalitesi için bitümlü karışımlar ve ekstrakte edilmiş karotlar üzerinde yapılan testler, lastik basıncı kategorisinin seçiminde yardımcı olacak olsa da deney sırasında gösterdikleri davranışları ile kabul edilebilir lastik basıncı arasında herhangi bir özel ilişki geliştirilememiştir. Sınırlamaların bariz olduğu durumlar haricinde, kategori sınırlarının yalnızca yüksek lastik basınçlarıyla ilgili deneyimin kaplama sıkıntısını gösterdiği durumlarda belirlenmesi yeterli olacaktır.

DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

2.5.5. RAPORLANAN KAPLAMA MUKAVEMETİ

Mümkün olan her durumda, rapor edilen kaplama mukavemeti "teknik değerlendirmeye" dayandırılmalıdır. Genellikle değerlendirme, tasarım yönteminin tersine çevrilmesidir. Tasarım, dayanılacak uçak yükünü ve toprağın hazırlanmasından kaynaklanan zemin mukavemetini dikkate alır ve bu daha sonra ihtiyaç duyulan kaplama yapısı için gerekli kalınlıkları ve malzeme kalitesini sağlar. Değerlendirme bu süreci tersine çevirir. Mevcut zemin mukavemeti ile başlar, kaplama yapısının her bir bileşeninin kalınlığını ve kalitesini bulur ve kaplamanın destekleyebileceği uçak yükünü belirlemek için bir tasarım prosedürü modeli kullanır. Mümkün olduğunda, zemin ve kaplama yapısının bileşenleri için tasarım, test ve inşaat kayıt verileri çoğunlukla değerlendirme yapmak için kullanılabilir. Veya değerlendirme amacıyla tabakaların kalınlıkları, dayanımları ve zemin dayanımının belirlenmesi için test çukurları açılabilir. Kaplamanın yüke tepkisinin ölçülmesine dayalı olarak teknik bir değerlendirme de yapılabilir. Statik plaka yüklemesi veya lastik yükü altında bir kaplamanın sapması, kaplamanın davranışını tahmin etmek için kullanılabilir. Ayrıca, bir kaplamaya dinamik yük uygulamak için çeşitli cihazlar (örneğin, ağır düşen ağırlık deflektometreleri (HFWD, SHWD vb.), trafik hızı deflektometrelerinin (Traffic Speed Deflectometers, TSD) potansiyel adaptasyonu ve havalimanı kaplamalarında kullanılan diğer yeni ortaya çıkan teknikler), kaplamanın tepkisini gözlemlemek ve davranışını tahmin etmek için kullanılmaktadır. Ekonomik veya diğer nedenlerden dolayı teknik değerlendirme mümkün olmadığında, değerlendirme "uçak kullanma" deneyimine dayandırılabilir. Halihazırda kaplamayı kullanan uçakları tatmin edici şekilde destekleyen bir kaplama, tasarım uçağından daha fazla dayanıma ihtiyaç olmadığı takdirde diğer uçakları da kabul edebilir.

HAFİF UÇAKLAR İÇİN KAPLAMA

2.5.6. HAFİF UÇAKLAR

Hafif uçaklar, kütlesi 5700 kg veya daha az olan uçaklardır. Bu uçakların kaplama gereksinimleri birçok otoyol kamyonundan daha azdır. Bu kaplamaların teknik değerlendirmesi yapılabilir ancak uçak kullanımına dayalı bir değerlendirme tatmin edicidir. Bazı havalimanlarında itfaiye aracı, yakıt kamyonu veya kar temizleme aracı gibi servis araçlarının uçaklardan daha kritik olabileceğini belirtmekte fayda vardır. Neredeyse tüm hafif uçakların tek tekerlekli alt takım ayakları olduğundan, zemin kategorilerinin raporlanmasına gerek yoktur. Bununla birlikte, bu kütle aralığındaki bazı helikopterler ve askeri eğitim uçaklarının lastik basınçları oldukça yüksek olduğundan, sınırlı kalitedeki kaplamaların lastik basıncı sınırlarının belirlenmesi gerekebilir.

2.6. TRAFİĞİN BÜYÜKLÜĞÜNÜN VE YAPISININ DEĞERLENDİRİLMESİ

GENEL

2.6.1. KAPLAMA TAŞIMA MUKAVEMETİ DEĞERLENDİRMESİ

Kaplama taşıma mukavemeti değerlendirmeleri yalnızca izin verilen yükü değil aynı zamanda bu yük için tekrarlanan kullanım seviyesini de ele almalıdır. Bir yükün çok sayıda tekrarına dayanabilen bir kaplama daha büyük fakat daha az tekrarlı bir yükü de kaldırabilir. Trafiğin gözlemlenebilir etkileri, yerinde veya kontrollü laboratuvar testlerindeki numuneler üzerinde dikkatli ölçümler gerektirse bile, ne yazık ki (fiziksel hasar belirgin olmadığı sürece)[1] kaplamanın tekrarlanma ömrünün kullanılmış veya ömründen geriye kalan olan kısmının belirlenmesine izin vermez. Dolayısıyla, taşıma kapasitesinin belirlenmesine yol açan bir değerlendirme, kaplamanın beklenen toplam tekrar (trafik/yük) ömrünün bir değerlendirmesidir. Kaplamanın kalan ömrüne ilişkin herhangi bir tahmin, ilk inşa veya yeniden inşadan bu yana devam eden tüm trafiğin belirlenmesine bağlı olacaktır.

[1] eğer belirgin fiziksel hasar varsa kaplamanın ömrünün sonuna geldiği kabul edilebilir

KARIŞIK YÜKLER

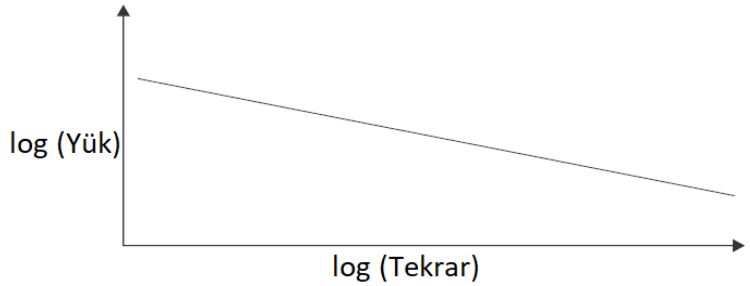
2.6.2. SEÇİLEN YÜKLERİN TEKRARLAMA SEVİYELERİ

Normalde, yüklemelerin karışımını kendi tekrarlama kullanım seviyelerinde dikkate almak gerekir. İzin verilen tekrar kullanım seviyesi için seçilen bazı yüklemeler açısından kaplamanın taşıma gücünü derecelendirmeye yönelik güçlü bir eğilim vardır. Bir kaplamaya uygulanan her yükün, bu temel yükün eşdeğer sayısı açısından derecelendirilmesi yönünde de güçlü bir eğilim vardır. Bunu yapmak için öncelikle yükleme ile yenilme (failure) üretecek tekrarlar arasında bir ilişki kurulur. Bu ilişkiler, teorinin veya tasarım yöntemlerinin kombinasyonları ve deneyim davranış şablonları ya da laboratuvar yorgunluk eğrilerinin temel yapısal unsurları kullanılarak çeşitli şekillerde kurulmuştur. Tüm ilişkiler aynı değildir, ancak tekrarlama parametresi her zaman etkili olmayabilir. Spesifik bir değerde değil, tersine genel bir büyüklük değerinde belirlenmesi gerekir. Bu nedenle, sonuçta ortaya çıkan değerlendirmede ciddi farklılıklar olmaksızın, yükleme ve tekrarlar ilişkisinde oldukça büyük farklılıklar oluşabilir.

2.6.3. YÜKLEME VE YENİLME TEKRARLAMA EĞRİLERİ

Yükleme ve yenilme tekrarlarına ilişkin eğri kullanılarak, her yükleme için yenilme tekrarları belirlenebilir ve seçilen temel yüklemeyle karşılaştırılabilir. Bu karşılaştırmalardan, herhangi bir yüklemenin tekli uygulamaları için seçilen temel yüklemenin eşdeğer sayısı belirlenir (yani daha büyük yüklemeler için birden büyük ve daha küçük yüklemeler için birden küçük faktörler). Bu sürecin açıklayıcı bir örneği aşağıdadır;

a) Şekil 12'de gösterildiği gibi yüklemeyi yenilme tekrarlarıyla ilişkilendirmek;



Şekil 12. Yenilmeye kadar tekrar/yükleme eğrisi

b) Seçilmiş yük L için; $L_4 - r_4$, eğriden tekrar sayısı olan r değeri okunur;

$$L_1 - r_1$$
$$L_2 - r_2$$
$$L_3 - r_3$$
$$L_4 - r_4$$

c) Temel yük olarak L_3 seçilir;

d) Her yük için eşdeğer tekrar faktörü f hesaplanır.

Tablo 10. Her yük için eşdeğer tekrar faktörü f

Yük	Eşdeğer tekrarlama faktörü
$\boldsymbol{L_1}$	$f_1 = \frac{r_3}{r_1}$ (1'den küçük değer)
$\boldsymbol{L_2}$	$f_2 = \frac{r_3}{r_2}$ (1'den küçük değer)
$\boldsymbol{L_3}$	$f_3 = \frac{r_3}{r_3} = 1$
$\boldsymbol{L_4}$	$f_4 = \frac{r_3}{r_4}$ (1'den büyük değer)

Bu faktörlerin kullanılmasıyla, deneyimlenen veya tasarlanan herhangi bir yük kombinasyonunun toplam etkisi, değerlendirilen izin verilen tekrar kullanım seviyesinde seçilen bir yükleme açısından taşıma mukavemeti değerlendirmesiyle karşılaştırılabilir.

2.7. "UÇAK KULLANMA" DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ

2.7.1. DEĞERLENDİRME KISITLARI

Mümkün olan her yerde teknik değerlendirmenin yapılması gerekirken, mali ve bazı kısıtlamaların zaman zaman bunu engelleyebileceği kabul edilmektedir. Taşıma gücü bilgilerinin tamamen rapor edilmesi çok önemli olduğundan ve uçak değerlendirmesinin kullanılması makul ölçüde doğrudan ve kolayca anlaşılabilir olduğundan, bu konu ilk olarak aşağıda sunulmaktadır.

EN AĞIR UÇAK KULLANIMI

2.7.2. KAPLAMAYI DÜZENLİ KULLANAN UÇAK TİPİ

Kullanım trafiğini tatmin edici bir şekilde sürdüren bir kaplamanın, onu düzenli olarak kullanan en ağır uçakları ve daha fazla kaplama mukavemeti gereksinimi olmayan diğer uçakları destekleyebileceği düşünülebilir. Bu nedenle uçak kullanımına dayalı bir değerlendirmeye başlamak için, uçakların türleri, ağırlıkları ve belirli bir dönemde her birinin kaç kez sefer yaptığı incelenmelidir. Kaplamayı düzenli olarak kullanan en ağır uçaklara önem verilmelidir. Özellikle ağır bir yükün yenilmeden desteklenebiliyor olması, bazı durumlarda, eşdeğer yüklerin düzenli ve tekrarlı bir şekilde desteklenebilmesini sağlamayabilir (bkz. 2.6)

KAPLAMA DURUMU VE DAVRANIŞI

2.7.3. UÇAK TRAFİĞİNİN KAPLAMA ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Bu aşamada, kullanılan uçak trafiğinin kaplama üzerinde nasıl bir etki yarattığının dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir. Kaplamanın herhangi bir çatlama, bozulma veya aşınmaya ilişkin durumu ve gerekli bakım konusundaki deneyim birinci derecede önemlidir. Yeni bir kaplamada aşırı yük etkileri henüz belirgin olamayabileceğinden kaplamanın yaşı dikkate alınmalıdır, buna karşın bazı birikmiş yorulma belirtileri normalde çok eski bir kaplamada açıkça görülebilmektedir. Bununla birlikte, genel olarak, iyi durumdaki bir kaplamanın, trafiği tatmin edici bir şekilde taşıdığı düşünülebilirken, artan yorulma göstergeleri, kaplamanın aşırı yüklendiğinin göstergesi olabilir. Durum incelemesinde, tekerlek yollarının içi ve dışı veya en çok ve en az kullanılan taksi yolları, maksimum frenlemeye maruz kalan bölgeler (örneğin taksi yolu çıkışı vb.) gibi yoğun ve düşük kullanıma sahip alanlardaki göreceli kaplama davranışı dikkate alınmalıdır. Ayrıca, kaplama eğiminin düşük noktaları, eski dere geçişleri, ilk sıkışmanın zayıf olduğu boru vb. altyapı geçişleri, yapısal olarak zayıf bölümler gibi bilinen veya gözlemlenebilir zayıf veya kritik alanların davranışları da dikkate alınmalıdır. Bunlar, mevcut trafikteki bozulma oranının tahmin edilmesine yardımcı olacak ve böylece aşırı veya az yükleme derecesini gösterecektir. Durum incelemesi aynı zamanda uçağın kullanılmasından kaynaklı lastik basınçlarının oluşturduğu hasarlara ve lastik basıncı sınırlamalarının gerekliliğine de odaklanmalıdır.

REFERANS UÇAK

2.7.4. REFERANS UÇAĞIN UÇAK TÜR VE KÜTLELERİNE GÖRE BELİRLENMESİ

Uçak türlerinin ve kütlelerinin incelenmesi, bir referans uçağın oluşturulmasında dikkate alınması gerekenleri gösterecektir. Durum araştırması bulguları, referans uçağın yükünün uygulanandan daha az mı olması gerektiğini yoksa biraz daha mı fazla olacağını gösterecektir. Zemine yük dağılımı bir şekilde kaplama tipine ve zemin mukavemetine bağlı olduğundan, belirli referans uçak ve kütlesi, PCR'ye ek olarak rapor edilen ACR-PCR yönteminin unsurları oluşturulana kadar seçilemez (2.5.2 ve 2.5.3'e bakınız).

KAPLAMA TİPİNİ, ZEMİN MUKAVEMETİNİ VE LASTİK BASINCINI BELİRLEMEK

2.7.5. KAPLAMA TİPİNİ BELİRLEMEK

Kaplama tipi rijit veya esnek olarak belirlenmelidir. Kaplamanın birincil yapısal eleman olarak bir PCC içermesi durumunda, bitüm kaplamalı yeniden yapılmış yüzeye (overlay) sahip olsa bile, rijit olarak sınıflandırılmalıdır. Kaplamanın böyle bir yük dağıtım anosu içermemesi halinde, esnek olarak sınıflandırılmalıdır.

2.7.6. ZEMİN TİPİNİ BELİRLEMEK

Zemin kategorisi yüksek, orta, düşük veya çok düşük dayanımlı olarak belirlenmelidir. Zemin için elastisite modülü test verileri mevcutsa, bunlar doğrudan zemin kategorisini seçmek için kullanılabilir. Ancak bu tür veriler, yerinde (in-situ) zemin koşullarını temsil etmelidir. Aynı toprak türü ve benzer topoğrafyadaki çevre yapılardan alınan benzer veriler de kullanılabilir. Hemen hemen her türlü formdaki toprak mukavemeti verileri (CBR verileri gibi), zemin kategorisinin seçiminde kullanılmak üzere eşdeğer bir elastisite modülü E'yi tahmin etmek için kullanılabilir. Zeminin dayanıklılığına ilişkin bilgiler yerel yönetimler, Karayolları Genel Müdürlüğü'nden ya da yerel tarım kuruluşlarından edinilebilir. Zemin dayanımının doğrudan, biraz kaba veya yaklaşık olarak belirlenmesi, zemin malzemesinin sınıflandırılması ve yayınlanmış birçok korelasyondan herhangi birine başvurulması yoluyla yapılabilir.

2.7.7. LASTİK BASINCI TİPİ BELİRLEMEK

Lastik basıncı kategorisi sınırsız, yüksek, orta veya düşük olarak belirlenmelidir. PCC yüzey kaplama ve iyi ilâ mükemmel kalitede bitümlü yüzey kaplama, yaygın olarak karşılaşılan lastik basınçlarını taşıyabilir ve sınırsız basınç kategorisi olarak sınıflandırılmalıdır. Düşük kaliteli bitümlü yüzey kaplama ve agrega veya toprak kaplama, daha düşük kategorilere sınırlandırılmasını gerektirecektir. Uygulanabilir basınç kategorisi normalde uçak kullanma deneyimine dayalı olarak seçilmelidir. Gözlemlenebilir bir sıkıntı yaratmayacak şekilde uçak kullanma metodu (U) ile uygulanan en yüksek lastik basıncı, lastik basıncı kategorisinin belirlenmesinde temel olmalıdır.

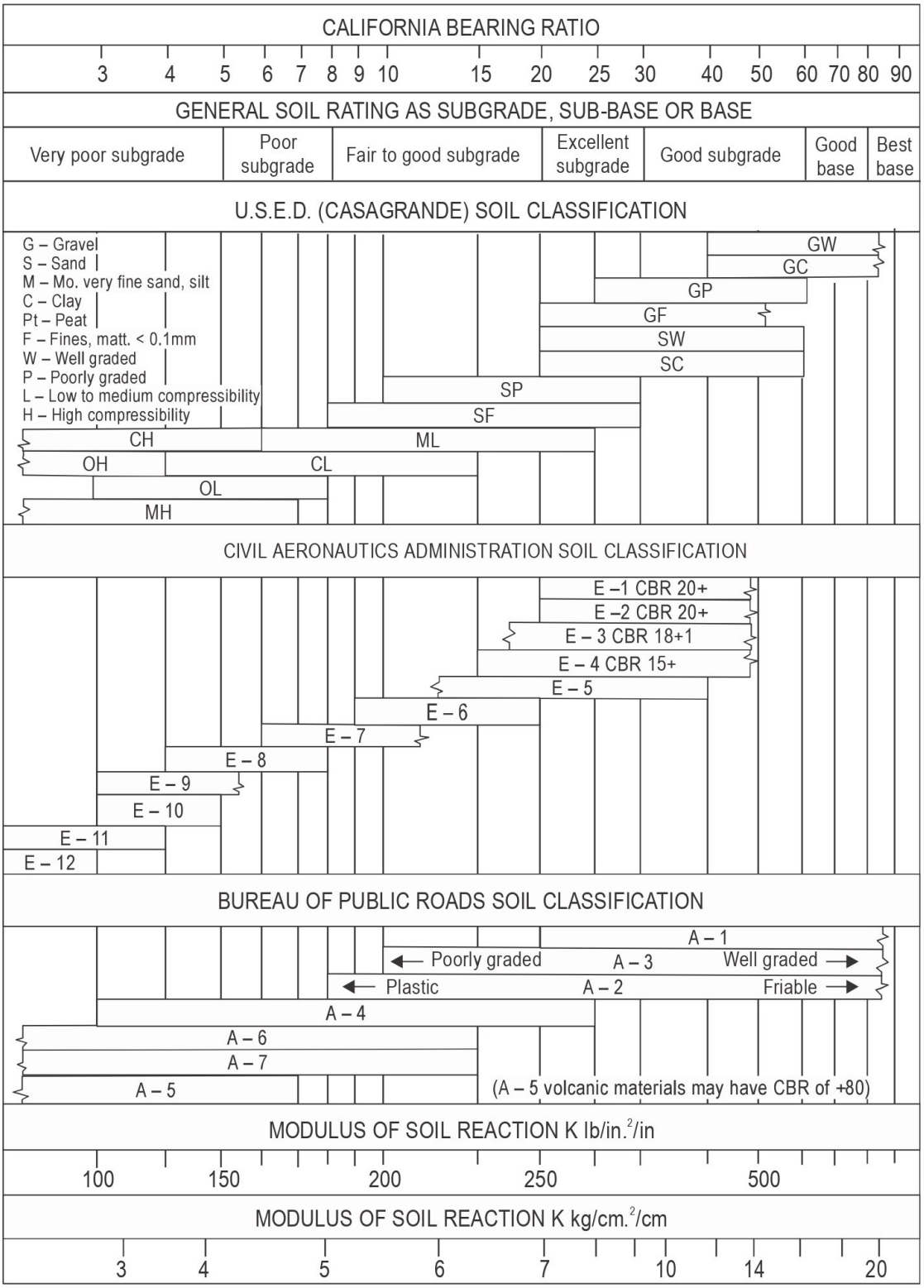


CHART TAKEN FROM "Design of Concrete Airport Pavement" PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.
N.B. All interrelationships are very approximate. Actual tests are required to determine CBR, K, etc.

Şekil 13. Zemin Sınıflandırması, Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) ve k Değerleri Arasındaki İlişkiler

2.7.8. EŞDEĞER PCR DEĞERİNİ BELİRLEMEK

Kullanılan hava aracı değerlendirmesinin en önemli unsuru, raporlama amacıyla kritik uçağın ve eşdeğer PCR'nin belirlenmesidir. Kaplama tipinin ve zemin kategorisinin belirlenmesinin ardından bir sonraki adım, kaplamayı kullanan uçakların ACR'lerinin belirlenmesi olacaktır. Bu amaçla gerekli bilgiler, öngörülen ACR-PCR yöntemleri kullanılarak yapılan analizlerle elde edilebilir (bkz. ICAO-ACR programı). Kaplamaları düzenli olarak kullanan uçakların çalışma kütlelerinde yukarıda belirtilen programla veya ilgili uçak özellikleri belgeleriyle karşılaştırılması, kaplamayı kullanan en kritik uçağın belirlenmesine olanak sağlayacaktır. Eğer kullanan uçak kaplama tarafından tatmin edici bir şekilde çalışıyorsa ve daha ağır uçakların desteklenebileceğini gösteren bilinen hiçbir faktör yoksa, en kritik uçağın ACR'si kaplamanın PCR'si olarak rapor edilmelidir. Dolayısıyla, bu PCR'den daha yüksek olmayan bir ACR'ye sahip olan herhangi bir uçak, kaplamanın kullanım ömrünü kısaltmadan, kaplama yapısını halihazırda desteklenen uçağınkinden daha fazla olmayan bir kullanım oranında (aylık tekrarlama şeklinde) kullanabilir.

2.7.9. KAPLAMA YORGUNLUĞUNA SEBEP UÇAĞIN BELİRLENMESİ

Kritik uçağa ulaşırken, sadece kaplamada kabul edilemez bir yorgunluğa sebep olmayacak uçağın ne olduğu dikkate alınmalıdır. Kaplamanın daha zorlu bir uçak tarafından ara sıra kullanılması, herhangi bir kaplama sorunu görünmese bile, kaplamanın mukavemetinin sürekliliğinin sağlanması için yeterli değildir.

2.7.10. GELECEKTEKİ BİR UÇAĞIN ÖNGÖRÜLMESİ

Belirtildiği gibi, değerlendirilen kritik uçak yüküne dayalı olarak doğrudan seçilen bir PCR, değerlendirme zamanındakine benzer şekilde gelecekteki bir uçak kullanım yoğunluğunu inceler. Kullanımda önemli bir artış bekleniyorsa (tekerlek yükünün tekrarlanması), PCR artışı karşılayacak şekilde (2.6'ya bakınız) aşağı doğru ayarlanmalıdır.

HAFİF UÇAKLAR İÇİN KAPLAMA

2.7.11. HAFİF UÇAKLARDA GEOMETRİ VE YÜKÜN DAĞILIMI

Ağırlığı 5700 kg ve daha az olan hafif uçaklara yönelik kaplamaları değerlendirirken, uçağın alt takımının geometrisini veya uçak yükünün tekerlekler arasında nasıl dağıtıldığını dikkate almak gereksizdir. Bu nedenle, zemin sınıfının ve kaplama tipinin rapor edilmesine gerek yoktur ve yalnızca izin verilen maksimum uçak kütlesinin ve izin verilen maksimum lastik basıncının belirlenip raporlanması gerekir. Bunlar için, "uçak kullanma" değerlendirmesine ilişkin tekniklere ilişkin yukarıda belirtilen rehber izlenmelidir.

2.7.12. HAFİF UÇAKLARIN KULLANDIĞI KAPLAMALARDA DİĞER ARAÇLAR

Hafif uçaklar için 5700 kg'lık limit, genel yol yüklerinin yalnızca üçte ikisini veya daha azını temsil eden kaplama yüklerini temsil ettiğinden, kaplamaları kullanan trafiğin değerlendirilmesi, yakıt kamyonları, itfaiye araçları, kar küreme araçları, servis araçları gibi ağır kara taşıtlarını da kapsayacak şekilde genişletilmelidir.

2.8. "TEKNİK" DEĞERLENDİRME TEKNİKLERİ VE EKİPMANLARI

Teknik değerlendirme, kaplamanın özelliklerinin ve yük altındaki davranışının ölçülmesi ve incelenmesi yoluyla bir kaplamanın taşıma kapasitesinin tanımlanması veya niceliksel olarak belirlenmesi sürecidir. Bu, tasarım parametreleri ve yöntemleri kullanılarak tasarım sürecinin tersine çevrilmesiyle, ancak mevcut kaplama özelliklerinden izin verilen yükün belirlenmesi için sürecin tersine çevrilmesiyle veya kaplamanın yüke tepkisinin çeşitli yollardan biriyle doğrudan belirlenmesiyle yapılabilir.

2.8.1. TASARIM VE DEĞERLENDİRME İÇİN KAPLAMA DAVRANIŞI KAVRAMLARI

Kaplamaların belirli saha ve uçak trafik koşullarına uyum sağlayacak şekilde tasarlanabileceği analitik araçlara dönüştürülen davranış kavramlarına genel olarak tasarım yöntemleri denir.

İLKEL METODLAR

2.8.1.1. TEORİ TEMELLİ İLK METODLAR

Esnek kaplamaların tasarımı ve değerlendirilmesine yönelik ilk yöntemler deneyime dayalıydı ve teori temelli ele alınıyordu. Zeminin mukavemetini değerlendirmek ve genellikle temel ve alt temel katmanlarının mukavemetini değerlendirmek için indeks tipi testlerden yararlanılmıştır. Bunlar, özellikle otoyol tasarımında CBR, Westergaard Modülü (plaka testi) k gibi deneylerdir.

2.8.1.2. RİJİT KAPLAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Rijit kaplamaların tasarımı ve değerlendirilmesine yönelik ilk yöntemlerin neredeyse tamamı Westergaard modelinden (Winkler zemin modelindeki elastik plaka) faydalandığı gibi bunun yanı sıra yorulmayı giderme, tasarım geriliminin nihai gerilime oranı, alt temel veya temel gibi katmanların iyileştirilmesi gibi yöntemlerden de faydalanılmıştır. Westergaard iki durum için yöntemler geliştirmiştir; anonun ortasında yükleme ve anonun kenarında yükleme. Rijit kaplama yöntemlerinin çoğu merkezi ano yükü koşulunu kullanırken, bazıları kenar koşulunu kullanır. Bunlar, bitişik anoya yük aktarımını dikkate alır, ancak aktarımı işlemenin yolları farklılık gösterir. Plaka taşıma testleri, bu tasarım yöntemlerinin önemli bir unsuru olan zemin (veya zemin ile alt temel) desteğini karakterize etmek için kullanılır. Bir kez daha belirtmek gerekir ki geliştirilen ilk yöntemler, doğrusal elastik analiz ve sonlu elemanlar yönteminin (FEM) kullanılmaya başlanmasından önce havalimanı kaplama tasarımının birincil temeli olarak kalmıştır. Daha önce uçak sınıflandırma numarasının (ACN) tespiti için benimsenen yöntem bu yöntemlere bir örnektir.

YENİ VE TEMEL METODLAR

2.8.1.3. GERİLİM-GERİNİM TEPKİSİ MODELLERİ

Kaplama tasarımını daha temel ilkelere dayandırmaya yönelik devam eden çalışmalar, malzemelerin gerilim-gerinim tepkisini ve rasyonel teorik modelleri kullanan yöntemlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler, daha önce zor olan bu yöntemleri pratik hale getirmiştir ve başka türlü mümkün olmayan bilgisayar odaklı gelişmelere yol açmıştır.

2.8.1.4. ELASTİK KATMANLI SİSTEMLER

Yeni tasarım yöntemleri için en popüler teorik model elastik katmanlı sistemdir. Katmanlar sonlu kalınlıktadır ve yanal olarak sonsuz genişliğe sahiptir, ancak en alt katman (zemin) aşağıya doğru sonsuz ölçüde kabul edilir. Her katmanın tepkisi, elastisite modülü ve Poisson oranı ile karakterize edilir. Bu parametrelere ilişkin değerler, çeşitli türlerdeki laboratuvar testleri, korelasyonlar veya hesaplanmış türetmeler içeren çeşitli saha testleri veya büyüklüklerin kritik olmadığı durumlarda yalnızca değerlerin tahmin edilmesi yoluyla çeşitli şekillerde belirlenir. Bu yöntemler, uygulanan yüklerden kaynaklanan gerilimlerin, gerinimlerin ve defleksiyonların hesaplanmasına izin verir. Tekli yüklerin üst üste bindirilmesiyle birden fazla yük ele alınabilir. Genellikle, kritik noktalardaki (yük altındaki zeminin üst kısmı, yüzey katmanının alt kısmı vb.) gerilimin büyüklüğü, tasarım veya değerlendirmede kullanım için amaçlanan kaplama performansıyla ilişkilidir. Bu yöntemler çoğunlukla esnek kaplamalara uygulansa da rijit kaplamaların tasarımına yönelik uygulamalar da olmuştur.

2.8.1.5. ELASTİK KATMANLARIN NONLİNEARİTESİ

Elastik katmanlı modeller popüler olmakla birlikte, kaplama malzemelerinin gerilim-gerinim tepkisinin doğrusal olmadığı kabul edilmektedir. Katmanlama, elastik modül büyüklüğünün katmandan katmana değişmesine izin verir, ancak her katman içinde yanal olarak değişime izin verilmez. Elastisite modülünün stres bağımlılığını kuran ve bu bağımlılığı altyapının sonlu eleman modellerinde yinelemeli hesaplama araçlarıyla kullanarak efektif modülüsü ortaya koyan ve böylece daha tatmin edici bir model üreten gelişmeler vardır. Bu durumda da kritik konumlar için gerinimler hesaplanır ve beklenen davranışla olan korelasyonlarla karşılaştırılır. FAA'nın rijit kaplama tasarım prosedürüne dahil edildiği gibi, rijit kaplamaların modele özgü geometrik yönlerini geliştirmek için sonlu eleman modelleri de kullanılmaktadır.

DİREKT YÜK-TEPKİ METODLARI

2.8.1.6. YÜK-TEPKİ İLİŞKİLERİ

Kaplama davranışına daha önce uygulanan teoriler, yük ve defleksiyon arasında bir orantı olduğunu belirtmiş ve dolayısıyla defleksiyonun, kaplamanın yükü destekleme kapasitesinin bir göstergesi olması gerektiğini ima etmiştir. Bu aynı zamanda uygulanan belirli bir yük için belirlenen kaplama sapmasının, diğer yüklerden kaynaklanacak defleksiyonu tahmin etmek için orantılı olarak ayarlanabileceği anlamına da geliyordu. Bunlar kaplamanın değerlendirmesinin temelini oluşturuyordu hem deneyimlerden hem de araştırmalardan elde edilen saha doğrulaması, kısa sürede kaplama davranışı ile yük büyüklüğü ve defleksiyon

arasında güçlü eğilimler göstermiştir ve değerlendirme için sınırlayıcı defleksiyonların oluşturulmasına yol açmıştır. O zamandan beri, kaplama defleksiyonu ile bu defleksiyona neden olan yüke maruz kalan kaplamanın beklenen yük tekrarları (kırılmaya kadar) ömrü arasında güçlü bir ilişkiyi doğrulayan çok sayıda kontrollü test dikkatli bir şekilde analiz edilmiş saha deneyimi olmuştur. Ancak bu ilişki güçlü olmasına rağmen tek bir çizgi veya eğri ile iyi bir şekilde temsil edilememektedir. Bu, birçok ikincil faktörün etkili olduğunu göstermiştir.

2.8.1.7. STATİK VE DİNAMİK PLAKA YÜKLEME TESTLERİ

Bu kurulan güçlü ilişki, kaplama değerlendirmesinin temeli olarak kullanılmaktadır, ancak yakın zamana kadar ağırlıklı olarak uygulamalar esnek kaplamalara yönelikti. Statik testler için 75 cm çapa kadar ve HFWD dinamik testleri için 30 ila 45 cm çapa kadar plakaların kullanıldığı statik ve dinamik plaka yükleme testlerine dayalı yöntemler geliştirilmiştir. Düşen ağırlık kullanılarak değerlendirme ve tahribatsız muayeneye ilişkin rehberler, *FAA AC 150/5320-6 — Havalimanı Kaplama Tasarımı ve Değerlendirmesi* ve *FAA AC 150/5370-11 — Havalimanı Kaplamalarının Değerlendirilmesinde Tahribatsız Yöntemlerin Kullanımı* dokümanlarıdır.

2.8.1.8. BENKELMAN KİRİŞ YÖNTEMİ VE DİĞER YÖNTEMLER

Gerçek tekerlek yükleri altındaki sapmalar, plaka yöntemlerine yakın kabul edilebilecek uygun yöntemlerin temelini oluşturur. Benkelman Kiriş yöntemleri ve diğer otoyol yöntemleri hafif uçaklar için tasarlanmış kaplamaların değerlendirilmesinde uygulanabilir.

2.8.1.9. DİNAMİK YÜK EKİPMANLARI

Kaplamalar için dinamik yükleme ekipmanlarının popüler hale gelmesinin birkaç nedeni vardır. Tekerlek yükü büyüklüğündeki statik plaka yükleri ne taşınabilir ne de kolayca yeniden konumlandırılabilir. Dinamik yükleme, geçen bir tekerleğin neden olduğu darbeyi daha iyi simüle eden bir darbe yükü uygular. Ancak en önemlisi, yalnızca kaplamaya veya yük plakasına yerleştirilebilen ve sapmayı (dikey yer değiştirme) ölçebilen sensörlerin geliştirilmesidir. Düşen kütleye sahip HFWD'ler, statik kütleyi aşan yükler uygular ve düşme yüksekliğini kontrol ederek kuvvet büyüklüğünü değiştirir. Uyarılan darbeler tekrarlıdır ancak sabit değildir ve frekans, cihaza ve kaplama kombinasyonuna göre ayarlanan frekanstır. Dinamik cihazlar, statik yöntemlerle hemen hemen aynı şekilde uygulanır. Ayrıca kaplama malzemelerinin gerilim-gerinim tepkisi hakkında veri oluşturmak için de kullanılabilirler.

KAPLAMA TASARIM METODLARINDA TEMEL GİRDİLER

2.8.1.10. KAPLAMA ELEMANLARININ DAVRANIŞLARI

Modelin tasarımının dayandığı belirli bir kaplamanın elemanlarının (katmanlarının) davranışını tanımlayan parametreler, daha yeni ve daha temel yöntemlerde kullanılan stres-gerinim, modül değerlerine yönelik bazı esnek kaplama yöntemlerinin yanı sıra CBR'den ve önceki esnek kaplama yöntemlerinin diğer endeks tipi testlerinden ve rijit kaplamanın plaka yükü testlerinden farklılık gösterir.

2.8.1.11. CBR TESTLERİ

Tasarım veya değerlendirmede kullanılmak üzere zeminlerin ve diğer bağlı olmayan kaplama katmanlarının mukavemetinin belirlenmesine yönelik CBR testleri, kullanılan özel yöntemde (Fransa, Amerika Birleşik Devletleri ve diğer ülkeler) tanımlandığı gibi olmalıdır, ancak genel olarak *ASTM D1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils* veya *EN 13286 - Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 1: Test methods for laboratory reference density and water content - Introduction, general requirements and sampling* dökümanlarında verilen tanım ve yönergelere uymalıdır. Genellikle, mümkün olan her durumda, yerinde CBR testleri, laboratuvar testlerine tercih edilir ve bu tür testler aşağıdaki kılavuza uygun olarak yapılmalıdır (Amerika Birleşik Devletleri Askeri Standardı 621A'dan alınmıştır).

YERİNDE CBR DENEYİ

2.8.1.12. YERİNDE CBR DENEYİNİN KULLANILMASI

a) Bu testler aşağıdaki koşullardan herhangi biri altında tasarım için kullanılır

1) Yerinde yoğunluk ve su içeriği doygunluk derecesi (su ile dolu boşlukların yüzdesi) yüzde 80 veya daha fazla olacak şekilde olduğunda

2) Malzeme iri taneli ve su içeriğindeki değişikliklerden etkilenmeyeceği şekilde kohezyonsuz olduğunda

3) İnşaat birkaç yıl önce tamamlandığında. Sonuncu durumda, su içeriği gerçekte sabit hale gelmez ancak oldukça dar aralıklarda dalgalanıyor gibi görünür ve yerinde saha testi, yük taşıma kapasitesinin tatmin edici bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Su içeriğinin stabil hale gelmesi için gereken süre kesin olarak belirlenememekle birlikte minimum süre yaklaşık üç yıldır.

b) Penetrasyon

Test edilecek yüzeyi düzleştirilir ve tüm gevşek malzemeleri çıkartılır. Daha sonra ASTM D1883'te açıklanan prosedürü takip edilir.

c) Test Sayısı

Temel tabakası ve zemin yüzeyinde test edilen her seviyede üç adet yerinde CBR testi yapılmalıdır. Ancak herhangi bir gruptaki üç testin sonuçları makul bir uyum göstermiyorsa aynı yerde ek testler yapılmalıdır. CBR'nin 10'dan küçük olduğu durumda üç test arasındaki makul kabul edilebilirlik, 3'lük bir toleransa izin verir; CBR'nin 10'dan 30'a kadar olduğu durumlarda tolerans 5'tir ve CBR'nin 30 ila 60 arasında olduğu durumlarda tolerans 10'dur. 60'ın üzerindeki CBR'ler için bireysel okumalardaki değişiklikler özel bir öneme sahip değildir. Örneğin, 6, 8 ve 9'luk gerçek test sonuçları makuldür ve ortalaması 8 olarak alınabilir; 23, 18 ve 20 sonuçları makul olup ortalaması 20 olarak alınabilir. İlk üç testin belirlenen tolerans dahilinde olmaması durumunda aynı yerde üç ek test daha yapılır ve altı testin sayısal ortalaması kullanılır.

d) Nem İçeriği ve Yoğunluk

CBR testinin tamamlanmasından sonra, nem içeriği tespiti için etki noktasından, yoğunluk tespiti için ise etki noktasından 10 ila 15 cm uzakta bir numune alınacaktır.

2.8.1.13. ZEMİN REAKSİYON MODÜLÜ (k) DEĞERİNİN KULLANILMASI

Rijit kaplamaların değerlendirilmesi veya tasarımı için kullanılacak zemin reaksiyon modülünün k belirlenmesine yönelik plaka yükü testleri, kullanılan yöntemin prosedürlerine uygun olarak yapılmalı ya da ASTM D1196 "Non-Repetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements" standardında veya ASTM D1195 "Repetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements" standartlarında sunulduğu gibi yapılmalıdır. Prosedürler aynı zamanda ASTM standartlarının başlıklarında da belirtildiği gibi esnek kaplama tasarımıyla da ilişkilidir.

2.8.1.14. E VE ν DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİNDE GELENEKSEL YÖNTEMLER

Rijit kaplama analizlerinde beton tabakasının yapısal davranışını tasvir etmede elastisite modülü E ve Poisson oranının ν belirlenmesine ilişkin geleneksel yöntemler ve değerler kullanılır. Genellikle ν 0,15 olarak alınır. Modül, E, betonun test edilmesiyle belirlenmelidir ve normalde 25000 ila 30000 MPa aralığında olacaktır.

2.8.1.15. ELASTİSİTE MODÜLÜNÜ TESPİT ETMEK İÇİN YAPILAN DENEYLER

Elastik katmanlı bir sistemin her katmanı için elastisite modülü ve Poisson oranı değerlerine ihtiyaç vardır ve bunlar çeşitli yollarla belirlenebilir. Poisson oranı hassas bir parametre değildir ve genellikle agrega malzemeler için 0,3 - 0,33, ince taneli veya plastik malzemeler için 0,4 - 0,5 olarak alınır. Elastisite modülünü belirleme araçları farklılık gösterdiğinden ve toprak ve agrega malzemelerinin gerilim-gerinim tepkisi doğrusal olmadığından (orantılı olmadığından), belirli bir malzeme için çeşitli yollarla bulunan değerler, ideal olanla aynı tekil miktar değildir. Kaplama davranışının teorik modellerinde (elastik katmanlı gibi) kullanılmak üzere elastiklik modülü değerlerinin belirlenebileceği yollardan bazıları aşağıda verilmiştir.

a) Özellikle zemin malzemelerinin yanı sıra diğer kaplama katmanları için (bitümlü veya çimentolu malzemeler hariç) elastiklik modülü değerleri indeks tipi dayanım testleri ile yapılan korelasyonlardan belirlenebilir. En yaygın olanı CBR ile korelasyon olmuştur; burada,

$$E = 10xCBR\ (MPa)$$

b) Gerilim-gerinim tepkisi (modül), hazırlanan veya sahadan alınan numunelerin doğrudan testiyle belirlenebilir, ancak bunlar neredeyse hiçbir zaman tatmin edici değildir. Modül, hazırlanmış veya sahadan alınmış numunedeki bozulma sebebiyle temsili olamayacak kadar etkilenmektedir.

c) Hazırlanan numunelerin ve bazı durumlarda saha numunelerinden alınan numunelerin, birkaç ilâ birçok yük döngüsünden sonra makul derecede temsili bir modül veya gerilim-gerinim tepki eğrisi sağlamak üzere tekrarlanan yüklemeye tabi tutulabileceği bulunmuştur. Bu şekilde belirlenen elastisite modülüne esneklik modülü

denir ve güncel olarak katmanlı elastik analizler için tercih edilmektedir. Testler üç eksenli testler, indirekt çekme testleri, hatta serbest basınç testleri (UCS) olarak yapılabilir ve başka uygun deneyler de kullanılabilir. Yüklemeler düzenli dalga formları (sinüzoidal vb.) olabilir, ancak genellikle geçen tekerlekleri daha iyi temsil etmek için darbeler arasında gecikmeler olan seçilmiş bir yük darbesi şeklindedir. Bitümlü malzemeler için elastisite modülü, bu testlerin ve diğer benzer testlerin bazıları ile belirlenebilir, ancak sıcaklık, bitümlü katmanlara yönelik modülün hem test edilmesi hem de uygulanması için en önemli faktördür. Çeşitli kaplama katmanlarına ilişkin modüller bu tip testlerden alınır ve doğrudan katmanlı sistem analizlerinde kullanılır, ancak sıklıkla sorunlar veya geçerlilik şüpheleri vardır.

d) Mevcut kaplamalar üzerinde dinamik plaka yükü testi yapıldığında, stres dalgalarının kaplamalar içindeki yayılma hızını ölçmek mümkündür. Bu hız ölçümlerinden kaplamanın her bir katmanının (genellikle üst katman veya katmanlar hariç) elastiklik modülünün çıkarılmasına yönelik araçlar geliştirilmiştir. Bu şekilde belirlenen modüller bazen doğrudan katmanlı analizlerde kullanılsa da tespitler o kadar küçük gerinimler içindir ki değerler kavisli gerilim-gerinim ilişkileri için tanjant modülü temsil eder, oysa daha yüksek (çalışma gerinimi) gerilim seviyeleri için modüller daha düşük olmalıdır. Bu yöntemle yapılan, muhakeme yoluyla veya bazı yerleşik analitik araçlarla ayarlanan tespitler kullanılır.

e) Zemin modülü en önemli parametredir. Hassas değer belirlemek çok önemli olmadığı için zemin modülü bazen direkt karar esasına dayalı olarak bazen bazı basit sayısal işlemlerle (altındaki katmanın modülünün iki katını almak veya yukarıda yer alan katmanın modülünün yarısını almak gibi) belirlenebilir.

f) Zemin dışındaki tüm katmanlar için seçilmiş veya basit bir şekilde türetilmiş modüller kullanılarak, elastik katmanlı analiz ve plaka veya tekerlek yükü defleksiyonları kullanılarak zemin modülü için bir değer hesaplamak mümkündür. Bu bazı analizler için yapılır.

g) Güncel durumda elastik katmanlı teorinin kullanılmasına ve yük merkezinin altındaki noktalar ve yük merkezine göre çeşitli ofsetlerdeki noktalar için sahada tespit edilen defleksiyonların kullanılmasına büyük ilgi vardır. Yinelemeli bilgisayar araçlarıyla, zeminin ve üstteki birkaç katmanın modülleri hesaplanabilir. Bu tür hesaplanan modüller daha sonra katmanlı modelde, kaplama performansının belirleyicileri olarak kritik konumlardaki gerinimleri hesaplamak için kullanılır.

2.8.1.16. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ

Sonlu elemanlar yöntemleri, yalnızca katmanlama sağlamakla kalmayıp aynı zamanda çoğu kaplama malzemesi için doğrusal olmayan *(non-linear)* gerilim-gerinim tepkilerini de iyileştirebilen kaplama modellerinin formülasyonuna izin verir. Burada bir kez daha Poisson oranlarına ve elastisite modüllerine ihtiyaç duyulmaktadır, ancak bunların her kaplama katmanı için modelin herhangi bir noktasında (herhangi bir sonlu eleman üzerinde) mevcut olan yük veya gerilim koşulunun bir fonksiyonu olarak belirlenmesi gerekmektedir. Modül ilişkileri laboratuvar testlerinden ve en yaygın olarak tekrarlanan üç eksenli yük testlerinden elde edilir. Genellikle bunlar aşağıdaki biçimdedir ancak varyantları da vardır.

a) Granüle malzemeler için

$$M_r = E = K_1\theta^{k_2}$$

veya

$$M_r = E = K_3{\sigma_3}^{k_4}$$

b) İnce taneli zeminler için

$$M_r = E = K_5{\sigma_d}^{k_6}$$

M_r	=	Esneklik *(resilient)* modülü
E	=	Elastisite modülü
θ	=	Toplam *(bulk)* gerilim = $\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$
σ_1	=	Asal gerilim (1)
σ_2	=	Asal gerilim (2)
σ_3	=	Asal gerilim (3)
σ_3	=	Üç eksenli numune üzerindeki sınırlayıcı gerilim
σ_d	=	Sapma *(deviatoric)* gerilimi = $\sigma_1 - \sigma_3$
$K_1, k_2, K_3, k_4, K_5, k_6$	=	Deneysel olarak belirlenen sabitler

2.8.2. TASARIMIN TERSİNE ÇEVRİLMESİ YOLUYLA DEĞERLENDİRME

Bir kaplama tasarlamak için bir tasarım yöntemi seçilmeli, daha sonra kaplamanın dayanacağı zemin ve trafik yükünün büyüklüğü ve yoğunluğu dikkate alınarak her katman ve aşınma yüzeyi için malzemelerin kalınlıkları ve kabul edilebilir özellikleri belirlenmelidir. Değerlendirme için, kaplama zaten mevcut olduğundan sürecin tersine çevrilmesi gerekir. Zeminin karakteri ve kalınlığı ile yüzey kaplama dahil her yapısal katmanın karakteri belirlenmeli ve buna göre izin verilen maksimum büyüklük ve izin verilen uçak yükleme frekansı seçilen tasarım yöntemini tersten kullanarak belirlenebilmelidir. Değerlendirme için seçilen tasarım yönteminin kaplamanın tasarlandığı yöntem olması gerekli değildir. Çeşitli malzemelerin (katmanların) davranışını karakterize eden temel parametreler, seçilen tasarım yönteminin kullandığı parametreler olmalıdır.

TASARIMIN METODU VE TEMELLERİ

2.8.2.1. TASARIM METODUNUN SEÇİMİ

Değerlendirme için tersine çevrilecek tasarım yöntemi öncelikle seçilmelidir. Daha sonra mevcut kaplamanın doğasında bulunan tasarım unsurları seçilen tasarım yöntemine göre değerlendirilmelidir.

a) Her katmanın kalınlığı belirlenmelidir. Bu, inşaat kayıtlarından (as-built) mümkün olabilir veya kalınlığın ölçülmesine izin vermek için sondaj yapılmasını veya araştırma çukurlarının açılmasını gerektirebilir.

b) Zeminin mukavemeti ve karakteri belirlenmelidir. Bu durumda inşaat kayıtları ihtiyaç duyulan bilgiyi doğrudan ya da bilginin seçilen tasarım yöntemi için ihtiyaç duyulan

forma çevrilmesi yoluyla sağlayabilir. Aksi takdirde gerekli bilgilerin saha çalışmalarından elde edilmesi gerekecektir. 2.8.1.9 ilâ 2.8.1.14'e yapılan atıflar, çeşitli tasarım yöntemlerinde zemin davranışının ele alındığı çok çeşitli yolları gösterecektir. Plaka testine veya laboratuvar testleri için zemin malzemesinden numune alınmasına izin vermek için test çukurları gerekli olabilir. Sondaj ile numune alma veya penetrasyon testi gerçekleştirilebilir. Dinamik veya statik yüzey yükü defleksiyonu veya dalga yayılımı testi gerekli olabilir. Değerlendirmede kullanılmak üzere seçilen tasarım yönteminin ayrıntılarından özel rehberlik elde edilmelidir.

c) Zemin ile yüzey arasındaki katmanların mukavemeti ve karakteri belirlenmelidir. Sorunlar alt zemindekilerle hemen hemen aynıdır (bkz. b maddesi) ve rehberlik seçilen tasarım yönteminden gelmelidir.

d) Rijit kaplamaların tasarımına yönelik çoğu prosedür, beton için bir elastisite modülü ve sınırlayıcı eğilme gerilimi gerektirir. Bunlar inşaat kayıtlarında mevcut değilse, kaplamadan çıkarılan numunelerin test edilmesiyle belirlenmelidir (ASTM C 469 — Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression ve ASTM C 683 — Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression). Betonarme veya öngerilmeli beton katmanlar için, seçilen bireysel tasarım yönteminin ayrıntılarına bağlı kalınmalıdır.

e) Bitümlü yüzey kaplama (veya *overlay*) katmanları, seçilen tasarım yöntemine uyacak ve geçerli olabilecek herhangi bir lastik basıncı sınırlamasının belirlenmesine izin verecek şekilde karakterize edilmelidir. İnşaat kayıtları gerekli bilgileri sağlayabilir, aksi takdirde test yapılması gerekecektir. Bitümlü tabaka üzerindeki gerilim-gerinim tepkisinin veya lastik basıncı etkilerinin değerlendirilmesine yardımcı olmak için kaplama sıcaklığı verilerine ihtiyaç duyulabilir.

f) Seçilen tasarım yöntemi veya bölgenin iklimi için don etkilerinin özel olarak değerlendirilmesi gerekir ve değerlendirme üzerindeki etki belirlenir. Bu bağlamda, bölgedeki don derinliği sandık tabanı derinliği kabul edilerek bu derinlikteki (esnek kaplamalar için) CBR veya k (rijit kaplamalar için) deney sonuçlarına göre dizayn yapılması daha doğru bir yaklaşımdır.

g) Kaplamanın tabi olduğu yük tekrarı faktörü, tasarımın önemli bir unsurudur ve hem geçmiş trafik hem de gelecekte beklenen trafik değerlendirmede faktörler olabilir. Trafiğin değerlendirilmesiyle ilgili olarak 2.6'ya bakınız. Bazı tasarım yöntemleri için, sürdürülen trafiğin gelecekteki trafiği yeterince temsil ettiğini ve değerlendirmeyle belirlenen sınırlayıcı yükün bu trafik yoğunluğu için olduğunu dikkate almak yeterlidir. Bu varsayım, uçak kütlesi ile ACR-PCR yönteminin ACR değeri (veya tersi) arasındaki çevirilerin doğasında vardır. Bununla birlikte birçok yöntem, yük limiti değerlendirmesi için gerekli olan sınırlayıcı defleksiyon veya gerinimin seçimi için temel olarak bir yük veya gerilim tekrarı büyüklüğü gerektirir.

Seçilen tasarım yönteminden ve tasarım elemanları için belirlenen miktarlardan, kaplamayı kullanması beklenen herhangi bir uçak için sınırlayıcı yük veya kütle belirlenebilir.

2.8.3. DOĞRUDAN VEYA TAHRİBATSIZ DEĞERLENDİRME

Doğrudan değerlendirme, bir kaplamanın yüklenmesini ve buna göre tepkisinin ölçülmesini (genellikle yük altındaki defleksiyon açısından ve bazen de defleksiyon havuzunun şeklini göstermek için yükten ayrılan noktalarda) ve ölçümlerden beklenen yük destek kapasitesine göre yorumlanmasını içerir. Kavramlar için 2.8.1.6, 2.8.1.7 ve 2.8.1.8'e bakılmalıdır.

STATİK METODLAR

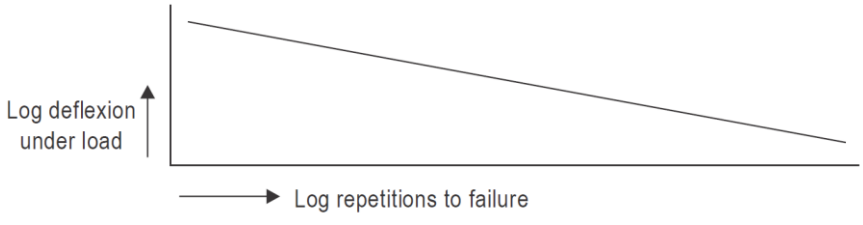
2.8.3.1. STATİK METODLARIN UYGULANMASI

Statik yöntemler, plakaların veya tekerleklerin konumlandırılmasını, yükün uygulanmasını ve defleksiyonların ölçülmesini içerir. Plaka yükleri, tekerleklerin konumuna ve ardından uzağa yuvarlanması sırasında yükün uygulanmasına karşı çalışacak bir reaksiyon gerektirir. Bu doğrudan yöntemler, kaplama performansı ile Şekil 14'te belirtilen türde yüklemeden kaynaklanan defleksiyon arasındaki korelasyona dayanmaktadır. Bu tür korelasyonlar yanlış yorumlanabileceğinden bir uyarı yorumuna ihtiyaç duyulabilir. Yorumlanabileceği gibi belirli sayıda tekrar uygulandıktan sonra yük altında ölçülecek defleksiyonu göstermezler. Kaplamanın deformasyonları, ömrü boyunca erken veya geç ölçüldüğünde (ilk ayarlamanın ardından ve son bozulmadan önce) esas itibarıyla aynıdır. Bu korelasyonlar, kaplamanın çökmesinden önce defleksiyona neden olan yükün kaplamaya uygulanabileceği tekrar sayısını göstermektedir. Korelasyonlar, taşıma gücüne sahip kaplamaların defleksiyonları ölçülerek ve trafik geçmişleri belirlenerek kurulur. Aşağıda açıklanan değerlendirmeye yönelik hızlı defleksiyon yöntemleri, statik yöntemlere iyi bir örnektir.

HIZLI SAPTIRMA METODLARI

2.8.3.2. DEFLEKSİYON İLE TRAFİK YÜKÜ TEKRARI KORELASYONU

Birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar ve gözlemler, bir tekerlek yükü altında bir kaplamanın defleksiyonu ile o tekerlek yükünün trafik uygulamalarının (tekrarlamaları) sayısı arasında güçlü bir genel korelasyon olduğunu göstermiştir; bu durum, kaplamanın ciddi şekilde bozulmasına (failure) neden olacaktır (Şekil 14). Bunlar, kaplama mukavemetini değerlendirmenin basit ve hızlı bir yolunun temelini oluşturur. 1970'lerin başında yapılan çalışma ve gözlemlerden referans bulmak mümkün olabilir; ancak kaplama üzerinde yürütülen gerçek bir uçağın iniş takımı altındaki defleksiyonları ölçme uygulaması, kaplama testlerinde düşen ağırlık deflektometrelerinin (FWD vb.) ortaya çıkmasıyla pratik olarak ortadan kalktığı için, bu yeni çalışmalara ve gözlemlere yapılan atıflar tipik olarak dinamik ölçüm yöntemlerine göre korelasyonları kapsar (2.8.3.8'e bakılmalıdır).



Şekil 14. Yük Altında Kaplamanın Defleksiyonu ile Hasar Tekrarları Arasındaki Korelasyon

2.8.3.3. KORELASYONLARIN ÖRÜNTÜLERİ

Bu ilişkilerin örüntüsü oldukça güçlü olmakla birlikte, belirli noktaların dağılımı dikkate değerdir. Bu nedenle, hızlı kaplama değerlendirmeleri için bu ilişkilerin kullanılmasında ya sınırlayıcı bir eğrinin ihtiyatlılığı ya da noktaların geniş dağılımı ya da bazı kombinasyonların neden olduğu düşük güven kabul edilmelidir. Basit ve nispeten ucuz bir değerlendirme aracı sağlanmış olur. Böyle bir değerlendirmenin prosedürü aşağıdaki gibidir:

a) Seçilen bir kritik kaplama konumunda önemli bir tekerlek yükü altında defleksiyon ölçülür. Tekli veya çoklu tekerlek konfigürasyonları kullanılabilir.

   1) Uçağın tekerleği kritik bölgeye konumlandırılır.

   2) Şekil 15a'da gösterildiği gibi ölçüm için kaplama boyunca noktalar işaretlenir.

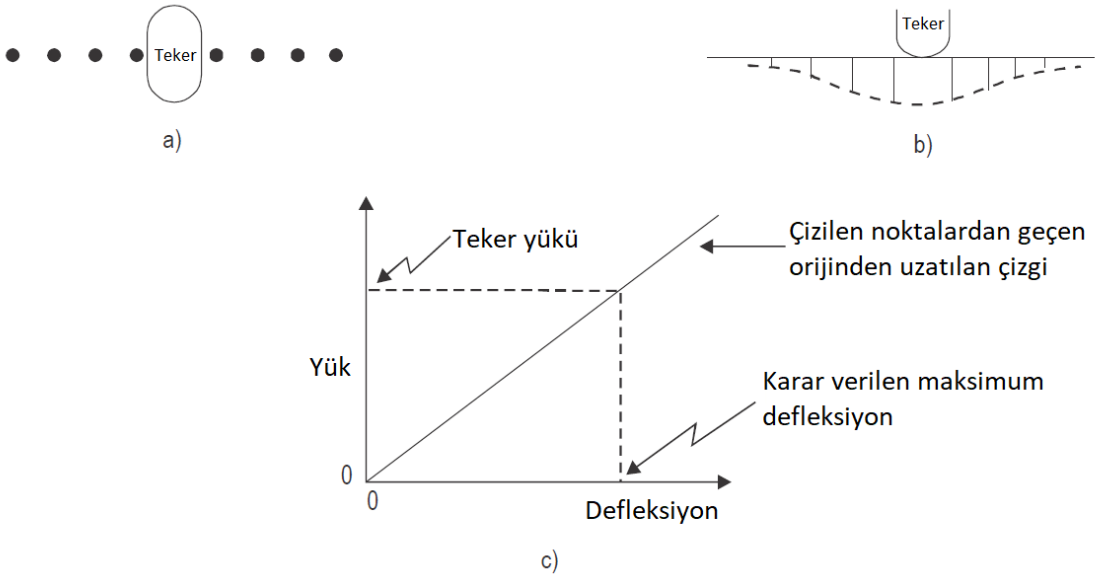
   3) "Görüş hattı" yöntemini kullanarak her noktada mesafe okumaları yapılır.

   4) Uçak uzaklaştırılır ve mesafe okumalarını tekrarlanır.

   5) Şekil 15b'de gösterildiği gibi, mesafe okumalarındaki defleksiyonlar grafikte çizilir.

   6) Lastiğin altındaki maksimum defleksiyonu tahminini elde etmek için noktalar birleştirilir.

b) Şekil 15c'de gösterildiği gibi yüke karşı maksimum defleksiyon grafiği çizilir.



Şekil 15. Yük ve Defleksiyon İlişkisi

c) Kaplamanın taşıma gücünü verebilmek için defleksiyon ile yenilme tekrarları eğrisi yukarıdaki eğri ile birleştirilir

   1) Yenilmeden gerçekleşmeden önce kaplamayı kullanması gereken yük tekrarları belirlenir.

2) Şekil 14'te gösterilen tipte bir korelasyondan tekrarların başarısızlığa doğru sapması belirlenir.

3) Şekil 15'te gösterilen türde yük ile defleksiyon arasındaki belirlenmiş ilişkiden, defleksiyon ölçümleri için kullanılan tekerlek üzerinde izin verilen yükün büyüklüğü cinsinden kaplama taşıma mukavemeti belirlenir.

d) ACR'si bu PCR'den büyük olmayan uçaklar, kaplamayı aşırı yüklemeden kullanabilir. ACR ile ilgili toplu bilgi için ICAO-ACR bilgisayar programına bakılmalıdır.

2.8.3.4. YÜK-DEFLEKSİYON MODELİ

Benzer bir prosedür, bir uçak kanadının kriko noktasının altında çalışan bir kriko ve yükleme plakası veya eşit derecede uygun bir reaksiyon yükü kullanılarak takip edilebilir. Yüke karşı defleksiyonun tam modeli belirlenebilir ve görsel araştırma yöntemleri yerine uzun bir referans çubuğa monte edilen kadranlı (gauge) göstergeler kullanılabilir. Uygun bir erişim açıklığının sağlanmasıyla yükün merkezinin hemen altındaki defleksiyon ölçülebilir. Sonuçlar, tek tekerlek yüküne ilişkin sonuçlarla aynı şekilde değerlendirilebilir.

2.8.3.5. YÜK-DEFLEKSİYON MODELİNDE TAHMİN

Karayolu yük defleksiyonları ölçümleri için kullanılan Benkelman Kiriş yöntemleri gibi yöntemler, yüke karşı sapma modellerini geliştirmek için kullanılabilir. Sonuçlar, yükleri uçağın tek tekerlek yüküne göre tahmin (extrapolation) etmek için Şekil 15'te belirtildiği gibi ele alınır ve Şekil 14'te çizilen ilişkiyle tarif edilebilecek olan tek tekerlek yükü için kaplama taşıma mukavemetinin değerlendirilmesine izin verir. Buradan hafif uçaklara yönelik kaplamalardaki sınırlayıcı uçak kütlesi doğrudan belirlenebilir ve raporlanabilir. Alışılmadık derecede büyük yükleme plakası veya lastik basınçları söz konusuysa, Şekil 15'te belirtilen tipin belirlenmesinde kullanılan tekli yük özellikleri arasında ayarlama yapılması gerekli olabilir. Rapor edilen sınırlayıcı uçak kütlesinin izin verilen veya kritik araç yüklerinin sınırlayıcı kütleyle karşılaştırılması arasında ayarlama yapılması gerekli olabilir. Bu tür ayarlamalar, seçilen herhangi bir kaplama tasarım yöntemindeki prosedürleri takip edebilir. Daha ağır uçaklar için kaplamaların sınırları 2.8.3.3d'de belirtildiği gibi belirlenebilir. Yüksek mukavemetli kaplamalarda alınan küçük yük verilerinden yük defleksiyon ilişkilerinin ekstrapolasyonunun iyi sonuçlar vermediğine dikkat edilmelidir (Şekil 15c). Ne yazık ki, iyi sonuçlar için ekstrapolasyonun sınırları belirlenememiştir.

DİNAMİK METOD

2.8.3.6. DİNAMİK YÜKLEME CİHAZLARI

Bu yöntemler, bir araç veya römork üzerinde taşınmak üzere monte edilen ve kaplamanın üzerine indirilen bir dinamik yükleme cihazını içerir. Cihazlar, ileri geri hareket eden veya dönen kütleler tarafından sabit durumda veya düşen kütle tarafından zayıflatılan bir dizi darbe uygulamak için ters yönde dönen kütlelerden, hidrolik olarak çalıştırılan ileri geri hareket eden kütlelerden veya düşen ağırlıklardan (kütleler) yararlanır. Çoğu, yükü bir yükleme plakası aracılığıyla uygular ancak bazı küçük cihazlarda sert tekerlekler veya yastıklar kullanılır. Tüm yöntemlerde, kaplama yüzeyine veya yükleme plakasına yerleştirildiğinde dikey yer değiştirmeyi (defleksiyon) ölçebilen eylemsiz aletler (sensörler) kullanılır. Dinamik yükleme genellikle yükün yük plakasına aktarıldığı bir yük hücresi tarafından belirlenir. Uygulanan yük

ile ölçülen defleksiyonların karşılaştırılması, test edilen kaplama için yük-defleksiyon ilişkilerini sağlar. Defleksiyonlar her zaman doğrudan yükün altında ölçülür, ancak aynı zamanda yükün merkezinden belirli mesafelerdeki birkaç ek noktada da ölçülür. Cihazların boyutları, 1000 kg'den daha az yükleme uygulayan bazı oldukça gelişmiş, otoyol odaklı ünitelerden FAA tahribatsız test yönteminde tanımlanan büyük ünitelere kadar farklılık göstermektedir. Ters yönde dönen ve ileri geri hareket eden kütle sistemlerinden bazıları dinamik yükleme sıklığını değiştirebildiği gibi, uygulanan yükü de değiştirebilmektedir.

2.8.3.7. STRES DALGALARINDAN HIZ HESAPLAMAK

Dinamik yüklemenin neden olduğu stres dalgalarının bir sensörden diğerine gitme süresini ölçmek ve bu zamandan ve sensörler arasındaki mesafeden hızı hesaplamak mümkündür. Bazı dinamik yöntemler, çeşitli tasarım yöntemlerinde kullanılmak üzere zeminin ve üstteki kaplama katmanlarının mukavemetini veya gerilim-gerinim tepkisini değerlendirmek için bu hız ölçümlerinden yararlanır. Kayma dalgası hızı, v, elastiklik modülü E ile şu ilişkiyle ilişkilidir:

$$v = \sqrt{\frac{1}{2(1+v)}\frac{E}{\rho}}$$

Burada poisson oranının v tatmin edici bir şekilde tahmin edilebilir, zemin veya kaplama katmanının (alt temelden temele) hacimsel kütlesi ρ ölçümle belirlenebilir veya tahmin edilebilir. Bu şekilde belirlenen modül değerleri, teorik tasarım modellerinde doğrudan veya değiştirilerek kullanılır, zemin katsayısı k ve benzeri dayanım indeksi birimlerinde zemin ve diğer katman dayanımlarını CBR cinsinden tahmin etmek için korelasyonlarla birlikte kullanılır. Hız ölçümlerinde kullanılan sensörlerin, defleksiyon havuzunun şeklini belirlemek için kullanıldığında yükten daha uzak mesafelere yerleştirilmesi gerekebilir. Ayrıca, çeşitli kaplama katmanları tercih edilen frekanslarda yanıt verdiğinden, dinamik cihazın frekans değişimine sahip olması gerekir; bunların bulunması ve her katmanın dalga enerjisi yayılma hızının belirlenmesi için tercih edilen frekansta dinamik yük enerjisinin indüklenmesi gerekir.

DİNAMİK METOD ÖLÇÜMLERİNİN UYGULANMASI

2.8.3.8. FWD VE HWD CİHAZLARI

Düşen ağırlık deflektometreleri (FWD) ve ağır deflektometreler (HWD), yüke tepki veren bir kaplama sisteminin alanlarını belirlemek için bir uygulama sağlar. HFWD'lerin kullanımı hızlıdır, nispeten ekonomiktir ve yaygın olarak kullanılabilir hale gelmiştir. Bazılarının doğrudan defleksiyon verilerinden ve nominal kaplama yapısından "PCR" veya başka türde sonuçlar sunacağı unutulmamalıdır. Kullanılan dinamik ekipman ve yöntemlerin çeşitliliği ile çeşitli şekillerde belirlenen merkezi ve ofset pozisyon defleksiyonları ve gerilim dalgası hızları, kaplama değerlendirmesinde çeşitli şekillerde uygulanmaktadır:

a) Kaplamaya tepki olarak yük-defleksiyon ile dinamik yükleme ve kaplama davranışı arasında doğrudan ilişkiler kurulur. Korelasyonlar, davranışın belirlenebileceği kaplamaların dinamik yük testlerinden geliştirilmiştir.

b) Dinamik yöntemlerden doğrudan veya ekstrapolasyonla yapılan ölçümler plaka yükü bilgisi sağlayabilir. Bu, uygun plaka boyutu veya diğer dönüşümlerle çeşitli yöntemlere girdi olarak hizmet edebilir. Doğrudan zeminlerde veya korelasyonlarla diğer katmanlarda kullanıldığında, rijit kaplama analizleri için zemin katsayıları belirlenebilir.

c) Yük aksından belirli ofsetlerle yerleştirilmiş sensörlerden elde edilen defleksiyon havuzu şekli, bazı yöntemlerde kaplama yapısının genel dayanımını ve dolayısıyla yük dağıtım karakterini yansıtmak için kullanılır, ancak yük kapasitesinin değerlendirilmesinde doğrudan kullanılmaz.

d) Dinamik yük altında ölçülen sapma, teorik altyapı modellerinde zeminin efektif elastisite modülünü oluşturmak için kullanılır. Diğer katmanlar için elastik sabitler (modül ve Poisson oranı), varsayım veya test yoluyla belirlenir ve zemin modülü, yük, ölçülen sapma ve kaplama modeli (genellikle elastik katmanlı teori) kullanılarak hesaplanır.

e) Daha yeni gelişmeler elastik katmanlı bilgisayar programlarının kullanımını içermektedir. Uygun bir yük uygulandığında, defleksiyonlar merkezde ve çeşitli ofset konumlarında ölçülür. Daha sonra modellenen kaplamanın tüm katmanları için elastik modüller oluşturmak amacıyla yinelemeli hesaplama araçları kullanılır.

f) Yukarıdaki (d) ve (e) maddelerinde olduğu gibi elastik sabitlere sahip teorik modeller, yükün altındaki katmanın bükülmesindeki gerinimi (strain) veya yükün altındaki zeminin tepesindeki dikey gerilimi (stress) hesaplamak için kullanılır; bu konumlar, esnek kaplamalar için kritik kabul edilir. Rijit bir kaplama plakasının bükülmesindeki gerilme veya şekil değiştirme benzer şekilde hesaplanabilir. Bunlar, kaplama performansı ile belirlenmiş korelasyonlardan elde edilen gerinim (veya gerilim) değerleriyle karşılaştırılır. Bu korelasyonların örnekleri 1970'lerin sonlarından bu yana belgelenmiştir ve son 20 yılın kaplama literatüründe bulunabilir.

g) Gerilim dalgası hızı ölçümleri, tahribatlı numune almadan kaplama katmanı özelliklerini belirlemek için kullanılır. Kaplama katmanlarının elastisite modülleri bu ölçümlerden elde edilir ve doğrudan teorik modellerde kullanılır veya daha büyük gerinimlerde modülleri daha iyi temsil edecek şekilde ayarlanır ve yine modellerde kullanılır. CBR değerleri, CBR ile türetilmiş elastik modüller arasındaki korelasyonlardan, genellikle MPa cinsinden $E = 10xCBR\ (MPa)$ formülünden türetilir. Zemin reaksiyon modülü, k ve buna benzer diğer dayanım değerleri benzer şekilde türetilebilir.

BÖLÜM 4 - KAPLAMA TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİNE İLİŞKİN UYGULAMALAR

Not: Bu bölüm, ACR-PCR kaplama dayanıklılığı raporlama protokolünün uygulanma süresi boyunca, ilgili kurumların kaplama değerlendirmesine ilişkin kılavuzlarını güncellemeleriyle birlikte güncellenecektir.

2.9. AMAÇ

2.9.1. KAPLAMANIN DAYANIMINI SAĞLAYAN FAKTÖRLER

Havalimanı kaplamaları, uçakların uyguladığı yüklere yeterli destek sağlamak ve pervane etkisi veya jet püskürtme ile savrulabilen veya toplanabilen döküntü veya diğer parçacıklardan arındırılmış, sağlam, sabit, pürüzsüz, yıl boyunca, her türlü hava koşuluna uygun bir yüzey üretmek için tasarlanır ve inşa edilir. Bu gereklilikleri yerine getirmek için, kaplamanın kalitesi ve kalınlığı uygulanan yükler altında bozulmamalıdır. Kaplama ayrıca, hasar görmeden, trafiğin aşındırıcı etkisine, olumsuz hava koşullarına ve diğer bozucu etkilere dayanacak yeterli doğal stabiliteye sahip olmalıdır. Bu, mevcut malzeme ve işçiliğin en iyi kombinasyonunu sağlamak için birçok tasarım faktörünün, yapının ve denetimin koordinasyonunu gerektirir.

2.9.2. KAPLAMANIN RAPORLANMASI

Bu bölümün amacı, kaplama tasarımı ve kaplama değerlendirmesi için çeşitli devlet uygulamalarını ve kaplama dayanıklılığının raporlanmasını sağlamaktır.

2.10. FRANSA YÖNTEMLERİ

2.10.1. GENEL

Bu bölümde alıntılanan tüm belgeler ve kılavuzlar Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nde (Direction Générale de l’Aviation Civile/Service Technique de l’Aviation Civile (DGAC/STAC) web sitesinde https://www.stac.aviationcivile.gouv.fr/fr/publications) ve ayrıca diğer kaplama tasarım bilgileri, belgeleri ve yazılımları www.stac.aviation-civile.gouv.fr adresinde mevcuttur.

2.10.2. KAPLAMA TASARIMI

2.10.2.1. CBR VE PCA YÖNTEMLERİ HARİÇ DİĞER YÖNTEMLER

Uluslararası havalimanları kaplama topluluğu arasında, yalnızca deneysel değerlendirmelere dayanan kalınlık tasarım yöntemlerinin sınırlılıklarını gösterdiği konusunda hemfikir olunmuştur. Bu nedenle, Fransa'daki uygulamalar — diğer birçok devlette olduğu gibi — esnek kaplamalar için CBR tasarım prosedüründen ve rijit kaplamalar için PCA yönteminden daha karmaşık ve rasyonel araçlara doğru kaymıştır (Portland Çimento Birliği).

2.10.2.2. TASARIM SÜRECİ

Bu yeni yapısal tasarım araçları, kalınlık, malzeme özellikleri ve katmanlar arasındaki bağlanma koşulları açısından kaplamanın yapı katmanlarının doğru açıklamalarını içerir. Kaplama malzemelerinin içsel mekanik özellikleri, Avrupa veya Fransa'daki standartlara göre hem bitümlü hem de çimento ile işlenmiş karışımlar için kullanılır. Dahası, uçak iniş takımlarının değişkenliği ve evrimi, uçak tekerlek dişlilerinin (geometri, yük, lastik basıncı) tam bir açıklaması yoluyla kaplama tasarım sürecinde ele alınır.

2.10.2.3. ALİZÉ

Bu tür bir metodoloji, Alizé-Airfield Pavement yazılımıyla ilişkili olan "Esnek havalimanı kaplamaları için rasyonel tasarım yöntemi — STAC" teknik kılavuzunda esnek kaplama yapıları için mevcuttur. Bu tür bir kılavuz, rijit kaplamaların ve overlay tasarımları için de geliştirilmektedir. Bu arada, geçiş döneminde, Fransa bağlamına uyarlanmış CBR ve PCA prosedürleri, Havalimanı Kaplaması Yapısal Tasarımı Genelgesi'nde (Instruction sur le dimensionnement des chaussées d'aérodrome et la détermination des charges admissibles — STBA) açıklandığı gibi hala kullanımdadır ve mevcut ICAO ACN-PCN raporlama yönteminin uygulanması için mevcuttur
(https://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/fr/publications/dimensionnement-chaussees).

2.10.3. KAPLAMANIN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.10.3.1. HİZMET İNDEKSİ

Mevcut kaplamaların durumunu değerlendirmek, havalimanı kaplama yöneticilerinin rehabilitasyon programlarını olabildiğince doğru bir şekilde tanımlayabilmeleri için gerekli bir görevdir. Sivil havacılık otoritesi olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (DGAC), havalimanı kaplama durumunu görsel araştırmalara dayalı olarak değerlendirmek için bir metodoloji sunar ve kaplamaın 0 (bozuk) ile 100 (hasar yok) arasında değişen Hizmet Endeksini (SI) ("Indice de service" (IS)) belirlemeye olanak tanır. İki alt endeks, kaplamanın yüzey durumunun yanı sıra yapısal durumunu da ölçmeyi sağlar. Bu endeksler, kaplama yöneticilerine mümkün olan en kısa sürede, yakın gelecekte veya daha sonraki bir zamanda rehabilitasyonu düşünmeleri konusunda rehberlik sağlamak için tanımlanan eşik değerleriyle ilişkilidir. Tam metodoloji, kaplama durumu endeksi yönteminde (méthode indice de service — STBA) açıklanmaktadır.

2.10.3.2. KAPLAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN REHBERLİK

Kaplamaların yapısal değerlendirmesi için ağırlık deflektometresinin (HWD) kullanımı, DGAC ve kaplama yöneticileri tarafından desteklenen bir eğilimdir. Gerçekten de uygun bir analiz aracıyla ilişkilendirilen bu ekipman, yapısal kaplama durumunun doğru bir tanımını verir. "Guide to the evaluation of flexible airfield pavements with an HWD", esnek kaplamaların değerlendirilmesi için rehberlik sağlar. Benzer rehberlik, rijit kaplamalar için geliştirilmektedir.

2.10.4. KAPLAMANIN DAYANIMININ RAPORLANMASI

Not: Bu bölüm, ACR-PCR'nin uygulanmasına uygun olarak ilgili devletler tarafından güncellenecektir.

2.11. BİRLEŞİK KRALLIK YÖNTEMLERİ

2.11.1. KAPLAMANIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

2.11.1.1. TASARIM UÇAĞI

Birleşik Krallık'ta, geçerli olduğu durumlarda bitişik iniş takımı tekerlek düzeneklerinin etkileşiminden kaynaklanan yüklemeyi hesaba katarak, belirli bir uçak tarafından sınırsız operasyonel kullanım için tasarım yapmak genel uygulamadır. Uçak, kaplama için "tasarım uçağı" olarak belirlenir. Kaplamanın destek mukavemeti sınıflandırması, yükleme şiddeti seviyesini tanımlayan tasarım uçağının kaplama sınıflandırma numarasıyla temsil edilir. Birleşik Krallık standartlarına göre daha az şiddetli olarak derecelendirilen diğer tüm uçaklar kaplamanın sınırsız kullanımını görebilir, ancak nihai karar havalimanı yetkilisine aittir.

2.11.1.2. RCC, LCN VE LCG

Şu anda plaka teorisine dayalı bir dizi bilgisayar programı mevcut olsa da çok katmanlı elastik teori ve sonlu eleman analizine dayalı bir dizi bilgisayar programı kaplama tasarımı ve değerlendirmesi için kolayca erişilebilen tablolanmış verilere sahip olmak isteyenler için, Referans Yapı Sınıflandırması (RCC) sistemi, İngiliz Yük Sınıflandırma Numarası (LCN) ve Yük Sınıflandırma Grubu (LCG) sistemlerinden geliştirilmiştir. Kaplamalar, genel olarak rijit veya esnek yapıya bölünerek tanımlanır ve buna göre analiz edilir.

2.11.1.3. RİJİT KAPLAMALAR İÇİN MODEL

Uçağın rijit kaplamalardaki tepkisi için basit bir iki katmanlı model benimsenmiştir. Bir uçağın referans yapısının teorik derinliğini ICAO ACN/PCN raporlama yöntemine eşit bir dizi zemin destek değeri üzerinde belirlemek için, model Westergaard merkez durum teorisi ile analiz edilmiştir. Bağıl sertliğin yarıçapının üç katına eşit bir mesafeye kadar bitişik iniş takımı tekerlek düzeneklerinin etkisi hesaba katılmıştır. Bu, uçağın artan kütlesi, iniş takımı düzeneklerinin karmaşıklığı ve özellikle zayıf zeminlerde bitişik tekerlek düzeneklerinin olası etkileşimi göz önünde bulundurulduğunda yeni tasarım sisteminde önemli kabul edilir.

2.11.1.4. TASARIM VE DEĞERLENDİRME PROBLEMLERİ

Pratik tasarım ve değerlendirme problemlerini çözmek için, yerli yapı malzemelerinin göreceli mukavemetlerine uygun bir dizi eşdeğerlik faktörü, teorik model referans yapı derinlikleri ile gerçek kaplama kalınlığı arasında dönüşüm yapmak amacıyla benimsenmiştir.

2.11.1.5. CBR YÖNTEMİ

Uçakların esnek kaplamalardaki tepkisi, rijit kaplama tasarımı ve değerlendirmesi için benimsenen aynı temel deseni takip eder. Bu durumda, dört kaplama modeli, United States Corps of Engineers'in Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) yönteminin geliştirilmesi kullanılarak analiz edilir. Bu, Boussinesq defleksiyon faktörlerini içerir ve 20 yarıçap mesafesine kadar bitişik iniş takımı tekerlek düzenekleri arasındaki etkileşimi hesaba katar. Pratik tasarım ve değerlendirme sorunları, malzemeleri ve katman kalınlıklarını, uçaklar için referans yapı derinliklerinin değerlendirildiği teorik modele ilişkilendirmek için eşdeğerlik faktörleri kullanılarak çözülür.

2.11.2. KAPLAMANIN DAYANIMININ RAPORLANMASI

2.11.2.1. ICAO ACN/PCN YÖNTEMİ

Kaplamalar için ICAO ACN/PCN raporlama yöntemi Annex 14, Cilt I, 2.6'da açıklanmıştır. Kritik uçak, sınırsız operasyonel kullanım için belirli bir döşemede izin verilen maksimuma en yakın yükleme koşulu şiddetini uygulayan uçak olarak tanımlanır. Kritik uçağın ACN'sini kullanarak, bireysel havalimanı yetkilileri ilgili kaplama için yayınlanacak PCN'ye karar verir.

2.11.2.2. KÜTLE VEYA HAREKET SINIRLAMASI

ICAO ACN/PCN raporlama yöntemi tarafından açıklanmasa da bitişik iniş takımı tekerlek düzenekleri arasındaki etkileşim bir uçağın uyguladığı yükleme seviyesini etkilediğinde, Birleşik Krallık havalimanı yetkilileri, kütle sınırlaması veya izin verilen hareket sayısında bir azalma ile operasyonlara kısıtlamalar getirebilir. Ancak, zemin destek değerlerinin zayıf olduğu durumlar haricinde, güncel operasyonel kullanımda olan uçaklarda bunun gerçekleşmesi pek olası değildir.

2.12. AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ YÖNTEMLERİ

2.12.1. GENEL

Bu bölümde alıntılanan ve havalimanı kaplama tasarımı ve inşasıyla ilgili tüm belgeler ve kılavuzlar FAA web sitesinden http://www.faa.gov/airports/engineering/pavement_design ve havalimanı tasarım yazılımından https://www.faa.gov/airports/engineering/design_software/ edinilebilir.

2.12.2. KAPLAMA TASARIMI

2.12.2.1. FAA AC 150/5320-6

Kaplama tasarım kılavuzu FAA Advisory Circular (AC) 150/5320-6 Havalimanı Kaplama Tasarımı ve Değerlendirmesi'nde sunulmuştur. Tasarım uygulaması esnek kaplama tasarımı için katmanlı elastik teoriyi ve rijit kaplama tasarımı için üç boyutlu sonlu elemanlar teorisini uygular. FAA, iniş takımı yapılandırmalarının ve artan kaplama yük koşullarının havalimanı kaplamaları üzerindeki etkisini ele almak için bu metodolojileri benimsemiştir. Bu prosedürler sağlamdır ve altta yatan tasarım prosedürlerini değiştirmeden gelecekteki kaplama yapılandırmalarını ele alabilir. Yenilme eğrileri, FAA National Airport Pavement Test Facility'de (NAPTF) tam ölçekli kaplama testleriyle kalibre edilmiştir.

2.12.2.2. FAA AC 150/5320-6

Tasarım yöntemleri hesaplama açısından yoğun olduğundan, FAA, kaplama mühendislerinin uygulamalarında yardımcı olmak için FAARFIELD adlı bir bilgisayar programı geliştirmiştir. FAARFIELD, http://www.airporttech.tc.faa.gov/Products/Airport-Pavement-Software-Programs adresinden ücretsiz olarak indirilebilir.

2.12.3. KAPLAMANIN DEĞERLENDİRMESİ

2.12.3.1. DİKKATE ALINACAK DİĞER UNSURLAR

Kaplama değerlendirme kılavuzu FAA AC 150/5320-6 Havalimanı Kaplama Tasarımı ve Değerlendirmesi'nde sunulmuştur. Havalimanı kaplaması değerlendirmeleri, mevcut bir kaplamanın farklı tip, ağırlık veya hacimdeki uçak trafiğini destekleme yeteneğini değerlendirmek için kullanılır. Mevcut köprülerin, menfezlerin, yağmur suyu giderlerinin ve diğer yapıların yük taşıma kapasitesi bu değerlendirmelerde dikkate alınmalıdır. Değerlendirmeler ayrıca havalimanındaki iyileştirmelerin planlanması veya tasarımında kullanılmak üzere mevcut kaplamaların durumunun belirlenmesine yardımcı olabilir.

2.12.3.2. DEĞERLENDİRME PROSEDÜRLERİ

Değerlendirme prosedürleri esasen tasarım prosedürlerinin tersidir. Bu AC, tüm uçak ağırlıkları için kaplamaların değerlendirilmesini kapsar.

2.12.4. KAPLAMANIN DAYANIMININ RAPORLANMASI

2.12.4.1. KILAVUZ

Kaplama dayanıklılığını raporlamaya yönelik kılavuz, FAA AC 150/5335-5'te sunulmaktadır. AC, yalnızca 5700 kg (12500 pound) veya daha fazla taşıma gücüne sahip kaplamalar için geçerli olan kaplama dayanıklılığını raporlamanın standartlaştırılmış yönteminin kullanımı için kılavuz sağlar. Belirli bir kaplama için sayısal PCN değerinin belirlenmesi iki prosedürden birine dayanabilir: "uçak kullanma" yöntemi veya "teknik değerlendirme" yöntemi. Her iki yöntemle ilgili kılavuz sağlanır ve bunlardan biri PCN'yi belirlemek için kullanılabilir, ancak kullanılan metodoloji yayınlanan derecelendirmenin bir parçası olarak raporlanmalıdır. PCN sisteminin yayınlanan derecelendirmesi, Annex 14, Cilt I, 2.6'da açıklanan kodlanmış formatı kullanır.

BÖLÜM 5

Bu bölüm bilerek boş bırakılmıştır. Sonraki güncellemelerde doldurulacaktır.

BÖLÜM 6

Bu bölüm bilerek boş bırakılmıştır. Sonraki güncellemelerde doldurulacaktır.

BÖLÜM 7 - MENFEZ, KÖPRÜ VE DİĞER YAPILAR İÇİN DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

2.13. AMAÇ

Bu bölümün amacı, havalimanı yapılarının tasarımı ve endişeleri için temel bilgi ve rehberlik sağlamaktır. Menfezler ve köprüler gibi havalimanı yapıları genellikle havalimanının öngörülebilir geleceği boyunca dayanacak şekilde tasarlanır. Gelecekteki ağır uçakların iniş takımı düzenlemesiyle ilgili bilgiler varsayımsaldır, ancak gelecekte kullanılması düşünülen uçaklara uyum sağlamak için kaplamaların güçlendirilmesinin sorun olmadan gerçekleştirilebileceği varsayılabilir. Ancak yapıların güçlendirilmesi son derece zor, maliyetli ve zaman alıcı olabilir.

2.14. GENEL

2.14.1. DRENAJ VE BENZERİ ALTYAPI TESİSLERİ

Drenaj veya erişim yapıları genellikle uçakları destekleyen kaplamaların üzerinden geçer. Bu tür tesisler, uçağın uyguladığı doğrudan yüklemeye tabidir ve burada nokta yükleri, örneğin tüm uçak ağırlığının bir güverte açıklığına, iskeleye veya temele uygulanabileceği köprüler, üst geçitler ve yeraltı terminal tesislerinde artabilir. Ancak, daha sıklıkla, yükleme dolaylı olarak kaplamanın altındaki toprak tabakasından menfezlere ve gömülü borulara iletilir. Bu yeraltı yapıları, kaplama dayanıklılığını tasarlarken ve değerlendirirken bağlantılı olarak dikkate alınmalıdır. Yüzey tekerlek yüklerinin aşağı doğru iletilirken oluşturduğu gerilme desenleri, yeraltı yapılarında alt temel yapılarında olduğu gibi aynı değildir. Bunun nedeni yalnızca bu yapıların alt temel seviyesinde olmaması değil, aynı zamanda yapının varlığının desenleri bozmasıdır.

2.14.2. OLASI YENİ YÜKLER

Yeni tesisler tasarlanırken, sadece öngörülen tasarım yükleri için değil, aynı zamanda uçak yüklerindeki artışın gerektirdiği çok maliyetli düzeltici işlemlere ihtiyaç duyulmaması için gelecekteki olası yükler için de boruların, menfezlerin ve köprülü kavşakların yapısal yeterliliğine dikkat edilmelidir.

2.15. TASARIM HUSUSLARI

2.15.1. OLASI YENİ YÜKLER

Birçok yapı için tasarım, uçağın iniş takımı yapılandırmasına büyük ölçüde bağlıdır, bu nedenle tasarım, havalimanının nın ömrü boyunca havalimanını kullanabilecek maksimum brüt ağırlıktaki en büyük uçak için olmalıdır. Hem statik hem de dinamik yükler olmak üzere tüm yükleme koşullarını, ABD'de kullanılan AASHTO LFRD veya Avrupa'da kullanılan Yapısal Eurokodlar (standartlar EN-1990 ila EN-1999) gibi Devlet ve yerel yük ve direnç faktörü tasarım metodolojileri ve programları tarafından kullanılanlara benzer şekilde göz önünde bulundurulmalıdır. Önerilen tasarım parametreleri aşağıdaki paragraflarda verilmiştir.

TEMEL TASARIMI

2.15.2. TEMEL TASARIMI KILAVUZU

Temel tasarımı toprak türü ve derinliğe göre değişecektir. Kabul edilen bir metodolojiden sapma beklenmemelidir; ancak, girişler ve menfezler gibi sığ yapılar için, yoğun yükler, mevcut kullanımdaki yapısal standartlar tarafından sağlananlardan daha ağır ve daha geniş yayılmış temeller gerektirebilir. Menfezler gibi yeraltı/gömülü yapılar için, aşağıdaki kılavuz önerilir:

a) Dolgu derinliği 0,6 m'den (2 ft) az olduğunda, tekerlek yükleri konsantre yükler olarak ele alınacaktır.

b) Dolgu derinliği 0,6 m (2 ft) veya daha fazla olduğunda, tekerlek yükleri, dolgunun derinliğinin 1,75 katına eşit kenarlara sahip bir kare üzerinde eşit olarak dağıtılmış olarak düşünülmelidir. Birkaç konsantrasyondan gelen bu tür alanlar üst üste geldiğinde, toplam yük, tek tek alanların dış sınırları tarafından tanımlanan alan üzerinde eşit olarak dağıtılmalıdır, ancak toplam dağıtım genişliği, destekleyici anonun toplam genişliğini aşmamalıdır.

c) 11400 kg'ı (25000 lbs) aşan maksimum tekerlek yükleri için, gömülü yapının tepesindeki tekerlek yüklerinin dağılımını belirlemek üzere yapısal bir analiz gerçekleştirin. Gömülü yapının tepesinde etki edecek maksimum tekerlek yüklerini, lastik basınçlarını ve dişli yapılandırmasını göz önünde bulundurun. Ayrıntılı bir yapısal analiz gerçekleştirmek yerine yük dağılımları muhafazakâr bir şekilde varsayılabilir.

YÜKLER

2.15.3. STATİK VE DİNAMİK YÜKLER

Tüm yükler statik yükler artı dinamik yükler olarak düşünülmelidir. Doğrudan tekerlek yüklerine maruz kalan yapıların tasarımı ayrıca 0,7 G'ye kadar (kaymayan frenler için) fren yüklerini de öngörmelidir.

DOĞRUDAN YÜKLEME

2.15.4. DOĞRUDAN YÜKLEMEYE MARUZ KALAN ALANLAR

Manhole kapakları, giriş ızgaraları, hizmet tüneli çatıları, köprüler vb. gibi doğrudan ağır uçak yüklemelerine maruz kalan güverteler ve örtüler aşağıdaki yüklemeler için tasarlanmalıdır:

a) 1,72 MPa (250 psi) lastik basıncına sahip 45000 kg (100000 lb) tekerlek yüklerinin uygulandığı manhole kapakları. 1,72 MPa'dan (250 psi) daha yüksek uçak kullanılıyorsa daha yüksek lastik basınçları varsayılmalıdır.

b) En küçük yönde 0,6 m (2 ft) veya daha az açıklıklar için, manhole kapağı tasarımında 1,72 MPa (250 psi) veya varsayılan maksimum lastik basıncının büyük olanı.

c) En küçük yönde 0,6 m (2 ft) veya daha büyük açıklıklar için tasarım, açıklığa uyacak tekerlek sayısına göre yapılacaktır. Öngörülen maksimum tekerlek yüküne göre tasarlanmalıdır.

2.15.5. TRAFİK YÖNLERİ

Hem sıralı hem de çapraz trafik şeritlerini, örneğin çapraz taksi yollarını veya apron taksi rotalarını desteklemek için gereken yapılara özel önem verilmelidir. Yapılar genleşme derzleri gerektiriyorsa, yük aktarımı mümkün olmayabilir.

BÖLÜM 8

Bu bölüm bilerek boş bırakılmıştır. Sonraki güncellemelerde doldurulacaktır.

BÖLÜM 9 - DOĞAL ZEMİN İÇİN YAPISAL KRİTERLER

2.16. GİRİŞ

2.16.1. KAPLANMAMIŞ YÜZEYLER

Bazı durumlarda, bir havalimanının fiziksel özellikleri kaplanmamış olabilir ancak yine de ara sıra bir uçağın geçişini destekleyebilmelidir. Bu durumlarda doğal zemin uçağı idare edecek yeterli taşıma gücüne sahip olmayabilir ve bu nedenle özel hazırlık gerekebilir. Bir uçağın kaplanmamış yüzeye sapması nedeniyle yapısal bir hasar oluşmamasını sağlamak için yeterli güç gereklidir. Kaplanmamış yüzey ayrıca ara sıra alanda faaliyet gösterebilecek herhangi bir kara aracını destekleyebilmelidir.

2.16.2. REHBERİN KAPSAMI

Bu bölümde sağlanan rehberlik, bir havalimanında en sık kaplanmadan bırakılan fiziksel özelliklere yöneliktir. Özellikle, bunlar pist ve taksi yolu banketleri, pist sonu güvenlik alanları (RESA'lar) ve pist banket alanı dışındaki pist şeritleridir. Rehber, kaplanmamış pistlerin kendileri için geçerli değildir, çünkü bir pist için mukavemet gereksinimleri çok daha katıdır.

2.16.3. YÜZEYİN KORUNMASI

Herhangi kaplanmamış bir yüzey için, uçak türbin motorları tarafından yabancı cisim kalıntılarının yutulması veya jet patlaması önemli bir husustur. Yüzeyin korunması ve gevşek malzemeye izin verilmemesi havalimanının sorumluluğundadır. Kaplanmamış yüzey için görsel incelemelerle birlikte bir tür kimyasal işlem veya türf kullanımı gerekebilir ve yabancı cisim kalıntılarının mevcut olmadığından emin olunabilir.

2.16.4. VERİ EKSİKLİĞİNDE MÜHENDİS KARARI

Bu bölümde sağlanan herhangi bir yatak mukavemeti ile ilgili rehberliğin hiçbir şekilde bir tasarım gereksinimi olarak yorumlanmaması gerektiği gerçeğine dikkat çekilir. Bu tür bir rehberlik, belirli bir veri bulunmadığında yalnızca mühendisin yargısını desteklemek içindir.

2.17. TASARIMIN ARKA PLANI

2.17.1. KAPLAMA İÇİN GEREKLİ PARAMETRELER

Kaplanmamış bir alanda tasarım yapmak için birkaç parametrenin bilinmesi gerekir. Havalimanında çalışması beklenen uçak tipinin bilinmesi gerekir, çünkü ana iniş takımı tekerlek düzenlemesinin eşdeğer tek tekerlek yükü ve ana iniş takımı lastiklerinin lastik basıncı kritik öneme sahiptir. Beklenen uçak kapsamlarının ve yukarıda belirtilen uçak parametrelerinin bilinmesi, uçak yüklerini yenilme olmadan desteklemek için gereken doğal zemin CBR’sinin belirlenmesine olanak tanır.

2.17.2. DOĞAL ZEMİN CBR DEĞERİ

Çoğu durumda, doğal zemin CBR'ı, daha büyük uçak tekerlek yüklerini idare etmek için yeterli değildir. Tasarım metodolojisi, uçağı desteklemek için düşük CBR'li doğal zeminin üzerine eklenebilen tek bir yüksek kaliteli granüler kaplama malzemesi tabakası varsayar. Granüler kaplama tabakası için gereken minimum CBR, değeri 20'dir. Bu CBR, esnek kaplama yapımında kullanılan çoğu granüler taban malzemesi için tipiktir ve kolayca bulunabilmelidir. Kaplanmamış alanın mevcut gradasyonunun korunması gerekiyorsa, düşük CBR'li doğal zeminin gerekli kalınlığı kaldırılabilir ve yüksek CBR kaplama tabakası ile değiştirilebilir. En az 60 cm derinliğe kadar doğal zemin CBR'nin doğrulanması önerilir.

2.18. TASARIM DETAYLARI

2.18.1. ÖRTÜ TABAKASI KALINLIĞI

Tasarım metodolojisi, yarı-askeri havalimanları için United States Corps of Engineers Waterways Experiment Station tarafından yapılan önceki çalışmalara dayanmaktadır. Esnek kaplamaların tasarımında kullanılan orijinal CBR denkleminin yeniden formüle edilmesi, kaplanmamış alanda doğal zemini desteklemek için gereken örtü tabakasının kalınlığını belirlemek için kullanılabilir. Denklem şudur:

Emperyal Birimler	Metrik Birimler
(t=inç, A=inç^2)	(t=cm, A=cm^2)
$t_{cover} = (0{,}1275\ x\ \log C + 0{,}087 \sqrt{\frac{P}{(8{,}1\ x\ CBR)} - \frac{A}{\pi}}$	$t_{cover} = (0{,}1275\ x\ \log C + 0{,}087 \sqrt{\frac{P\ x\ 27{,}556}{CBR} - \frac{A}{6{,}4516\ x\ \pi}}$
C = beklenen kapsam	C = beklenen kapsam
P = eşdeğer tek teker yükü, dişli geometrisi ve kalınlığının işlevi (lbs)	P = eşdeğer tek teker yükü, dişli geometrisi ve kalınlığının işlevi (kN)
A = lastik kontak alanı (inç^2)	A = lastik kontak alanı (cm^2)
t_{cover} = örtü kalınlığı (inç)	t_{cover} = örtü kalınlığı (cm)

2.18.2. YENİLME KRİTERİ

Tasarım metodolojisinin muhafazakâr bir şekilde bir uçağın on geçişi olduğu varsayılır. Yenilme kriteri 8 cm'lik (3 inç) izdir, ancak uçağın frenleme etkileri olmadan yuvarlanan yüklere dayanmaktadır. On geçiş seviyesi, uçağın frenleme yüklerini dengelemek için biraz daha güçlü bir örtü tabakasına izin verecek şekilde ayarlanmıştır. Ağır frenleme meydana gelirse, beklenen iz 8 cm'lik yenilme kriterinden daha yüksek olacaktır. Ancak, kaplanmamış bir yüzey, gerekirse bozulmuş yüzeyin gradasyonunun düzeltilmesi ve yeniden sıkıştırılmasıyla kolayca onarılabilir.

2.18.3. UÇAK KATEGORİLERİ

Havalimanlarına kaplanmamış alanların tasarımında geniş teknik rehberlik sağlamak için PCN sistemine benzer bir yöntem benimsenmiştir. PCN sisteminde de kullanılan dört zemin kategorisi kabul edilmiştir, çünkü bunlar dünya çapındaki havalimanlarında beklenen çoğu doğal zemin koşulu için tipiktir. Ek olarak, üç uçak kategorisinin havalimanlarının çoğunda var olan trafiği temsil ettiği varsayılmıştır ve aşağıdaki gibi not edilmiştir:

Grup 1: 13.600 kg'den az tekerlek yüküne sahip bölgesel uçaklar

Grup 2: 13.600 ile 20.410 kg arasında tekerlek yüküne sahip dar gövdeli uçaklar

Grup 3: 22.680 kg'den fazla tekerlek yüküne sahip geniş gövdeli uçaklar

Tablo 11. Zemin Türü ve Uçak Grubuna Göre Gerekli Kaplama Kalınlığı

Uçak Grubu	Zemin türüne göre gerekli kaplama kalınlığı			
	CBR 3	CBR 6	CBR 10	CBR 15
1	10 cm	8 cm	-	-
2	18 cm	13 cm	10 cm	8 cm
3	31 cm	20 cm	15 cm	13 cm

2.18.4. GEREKLİ ÖRTÜ KALINLIKLARI

Tablo 11'de belirtilen örtü kalınlıkları, listelenen zemin tipini korumak için gereken CBR 20 malzeme veya daha yüksek katman kalınlıklarıdır. Dört zemin tipi arasında kalan CBR değerlerine sahip doğal toprak koşulları için, gereken örtü kalınlığına ulaşmak için doğrusal enterpolasyon kullanılır. Erozyona ve yabancı madde döküntüsü (FOD) riskine karşı koruma sağlamak için gereken yerde, örtü tabakasının üstüne ekilmiş üst toprak tabakası yerleştirilebilir.

2.19. HAZIRLANMIŞ DOĞAL ZEMİNLERİN TAŞIMA GÜCÜNE İLİŞKİN REHBERLİK

PİST VE TAKSİYOLU BANKETLERİ

2.19.1. BANKETİN AMACI

Banketin amacı, bir uçağın sapması durumunda uçağı desteklemek için yeterli mukavemet sağlamaktır. Tablo 11'de sağlanan tasarım kılavuzu, kaplamasız bir banketin tasarımı için yeterlidir.

PİST SONU EMNİYET SAHASI (RESA)

2.19.2. RESA

RESA'nın amacı, bir uçağın pistten önce teker koyması veya pistin dışına çıkması durumunda yeterli mukavemet sağlamaktır. Daha iyi bir direnç sağlama ve uçağın yavaşlamasını kolaylaştırma ihtiyacı varsa, daha az mukavemetli granüler malzeme katmanı eklemek bir seçenek olabilir. Ancak, böyle bir granüler katmanın hazırlanması ve bakımı dikkate alınmalıdır.

PİST ŞERİTLERİ

2.19.3. ŞERİT SAHALAR

Bankete kadar uzanan gradasyonlu pist şeridi, bir uçağın pistten ayrılması durumunda uçağa sürtünme sağlamak ve yavaşlamayı kolaylaştırmak için yeterli mukavemete sahip olmalıdır. Üst yüzey 15 cm daha az mukavemetli malzemeden ve altta yatan doğal zemin, uçağı bir geçiş boyunca destekleyecek yeterli mukavemete sahip olabilir, böylece yapısal hasar oluşmaz.

EK 1 - KAPLAMA TAŞIMA MUKAVEMETİNİ ETKİLEYEN UÇAK ÖZELLİKLERİ

2.20. GENEL

2.20.1. TASARIMI ETKİLEYEN UÇAK ÖZELLİKLERİ

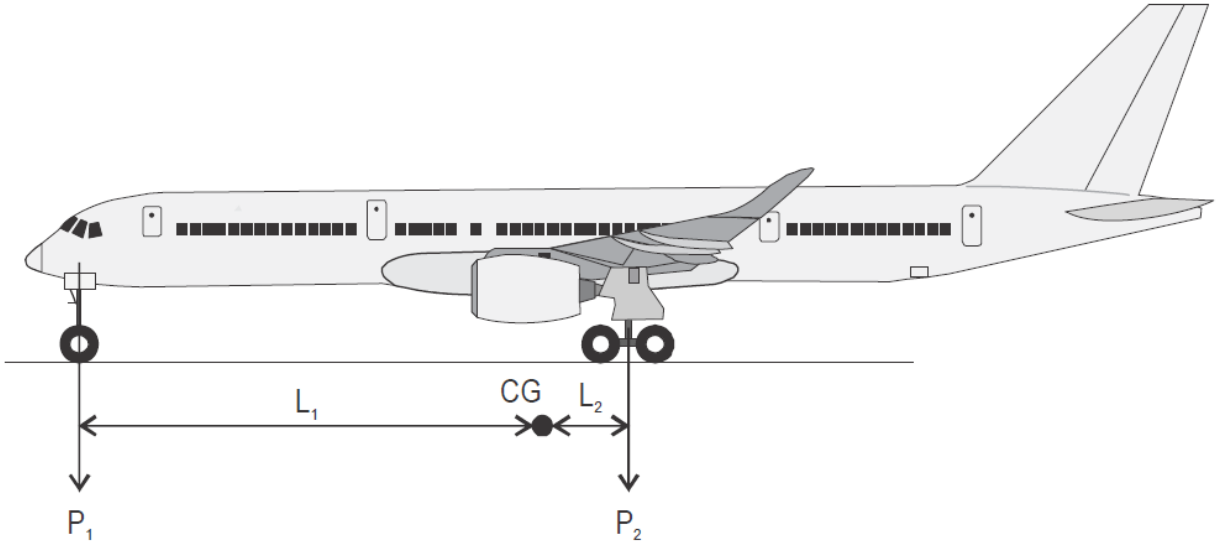
Bu bölüm, kaplama mukavemeti tasarımını etkileyen uçak özelliklerini açıklamaktadır, yani: uçağın ağırlığı; burun tekerleği üzerindeki yük yüzdesi, tekerlek düzeni, ana teker yükü, lastik basıncı ve her lastiğin temas alanı. Tablo 12, yaygın olarak kullanılan hava araçlarının çoğuna ilişkin bu verileri içermektedir. (Tablo metrik birimler halinde hazırlanmıştır. Kilogram Newton'a dönüştürmek için 9,80665 ile çarpılır.) (Rakamlar uçağın maksimum kalkış ağırlığına göredir. Daha düşük çalışma ağırlıkları için “her ayaktaki yük”, “lastik basıncı” ve/veya “temas alanı” için belirtilen rakamlar orantılı olarak azaltılmalıdır.)

2.20.2. UÇAK YÜKLERİ

Uçak yükleri, normalde iki ana bacak ve bir yardımcı ayaktan oluşan iniş takımı aracılığıyla kaplamaya iletilir; ikincisi ya burnun yakınında (şu anda en sık kullanılan düzenleme) ya da kuyruğun yakınında (eski sistemlerde) bulunmaktadır.

2.20.3. STATİK DAĞILIM

Her bir bacağın uyguladığı yükün porsiyonu, üç destek noktasına göre ağırlık merkezinin konumuna bağlı olacaktır. Yükün ortak bir üç tekerlekli iniş takımının farklı ayakları tarafından statik dağılımı, Şekil 16’daki gibi gösterilebilir.



Şekil 16. Yerdeki Uçağın Ağırlık Dağılımı

Burada W uçağın ağırlığıdır; P_1 yardımcı ayak tarafından iletilen yük, P_2 her iki ana ayak tarafından iletilen yük; L_1 ve L_2 sırasıyla ağırlık merkezinden P_1 ve P_2 ’ye simetri düzlemi boyunca ölçülen mesafeyi belirtir.

$$W = P_1 + P_2$$

$$P_1 L_1 = P_2 L_2$$

$$P_2 = P_1 \frac{L_1}{L_2}$$

2.20.4. L1/L2 ORANI

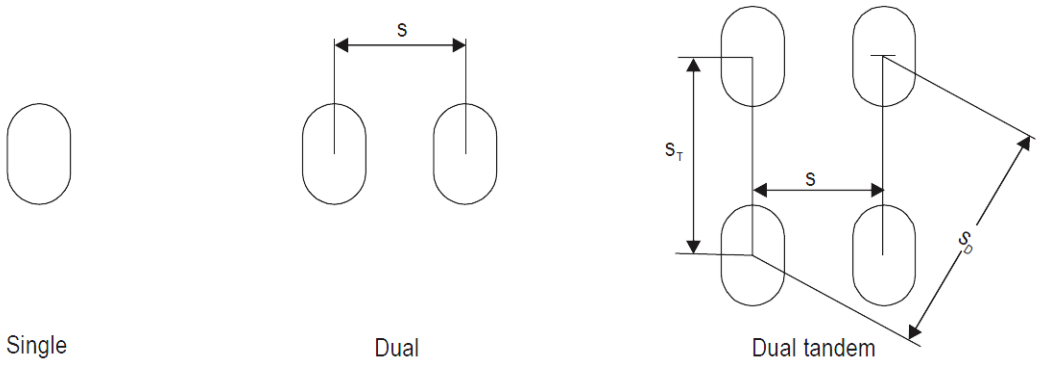
$\frac{L_1}{L_2}$ Oranı genellikle 9 civarındadır (yani yardımcı bacak, uçağın brüt ağırlığının yaklaşık yüzde 10'unu oluşturur). Bu nedenle her ana bacak, bu ağırlığın yaklaşık yüzde 45'ine eşit bir yük getirir. Dingil mesafesi ve iz genişliği dahil edilmemiştir çünkü bu boyutlar, iniş takımının farklı bacakları tarafından uygulanan gerilimlerin etkileşimi ihtimalini ortadan kaldıracak şekildedir.

2.20.5. MUKAVEMET GEREKSİNİMİ

Yukarıdaki değerlendirmelerden, her bir ana ayağın özelliklerinin, kaplama mukavemeti gereksinimlerinin değerlendirilmesi için yeterli bilgi sağladığı görülebilir. Buna göre tablo kendisini bu konuda veri sağlamakla sınırlandırmaktadır.

2.20.6. KAPLAMAYA İLETİLEN YÜK

Her bir ayağın taşıdığı yük, bir veya daha fazla lastik tekerlekli tekerlek vasıtasıyla kaplamaya iletilir. Şekil 17'da gösterilen tekerlek düzenlemeleri, halihazırda hizmette olan sivil uçakların ana ayak iniş takımlarında bulunabilir.



Şekil 17. Tekerlek Düzenlemeleri

2.20.7. TEKERLEK ARALIKLARI

Kaplama tasarımı ve değerlendirme amacıyla aşağıdaki tekerlek aralıkları önemlidir ve bu nedenle tabloda listelenmiştir:

S = Çift tekerleğin temas alanlarının merkezleri arasındaki mesafe
S_T = Tandem tekerleklerin eksenleri arasındaki mesafe
S_D = Çapraz tekerleklerin temas alanlarının merkezleri arasındaki mesafe ve aşağıdaki ifadeyle verilir

$$S_D = \sqrt{(S^2 + S_T^2)}$$

Not: Verilen lastik basınçları iç basınç veya şişirme basınçlarıdır.

2.20.8. ÇALIŞMA AĞIRLIKLARI

Tablodaki rakamların uçağın maksimum kalkış ağırlığına ilişkin olduğunu belirtmek gerekir. Daha düşük çalışma ağırlıkları için "her bacaktaki yük" ve "temas alanı" için verilen rakamlar orantılı olarak azaltılmalıdır.

2.21. KAPLAMALARIN TASARIMI VE DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN UÇAK ÖZELLİKLERİ

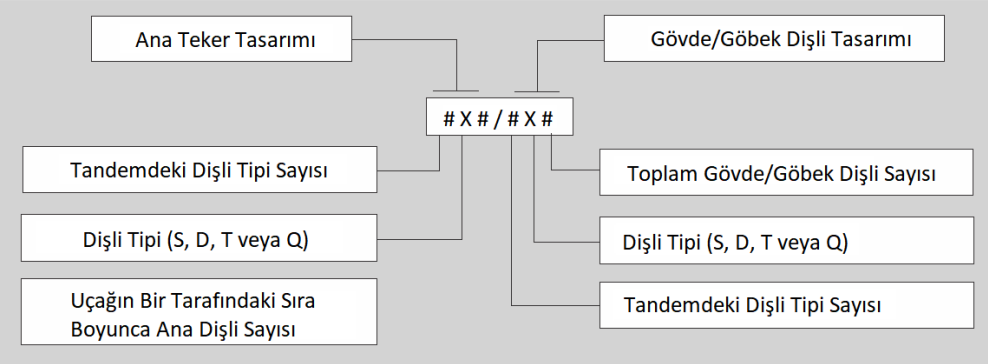
2.21.1. GÜNCEL TİCARİ UÇAK TÜRLERİ

Tablo 12'de listelenen uçaklar, genellikle 70 veya daha fazla yolcu taşıyan veya 40 tonu aşan bir kütleye sahip olan, uçak üreticilerinin en güncel ticari uçak türlerini temsil etmektedir. Bu ağırlık aralığındaki uçaklar, kaplama yüklemesi açısından en zorlu olanlardır. Tablo 12 çoğu durumda bir uçak modelinin en ağır versiyonunu listelemektedir, daha detaylı bilgi uçak üreticilerinin havalimanı planlama dokümanlarındaki uçak özelliklerinde bulunabilir.

2.21.2. TEKERLEK DÜZENİ TERMİNOLOJİSİ

2.21.2.1. UÇAK DİŞLİ GEOMETRİSİ İÇİN TEMEL AD

Adlandırma kuralına göre, kısaltılmış uçak dişlisi tanımlamaları iki değişkeni içerebilir: ana dişli konfigürasyonu ve gövde/göbek dişlileri mevcutsa gövde/göbek dişli konfigürasyonu. Şekil 18 iki ana değişkeni göstermektedir



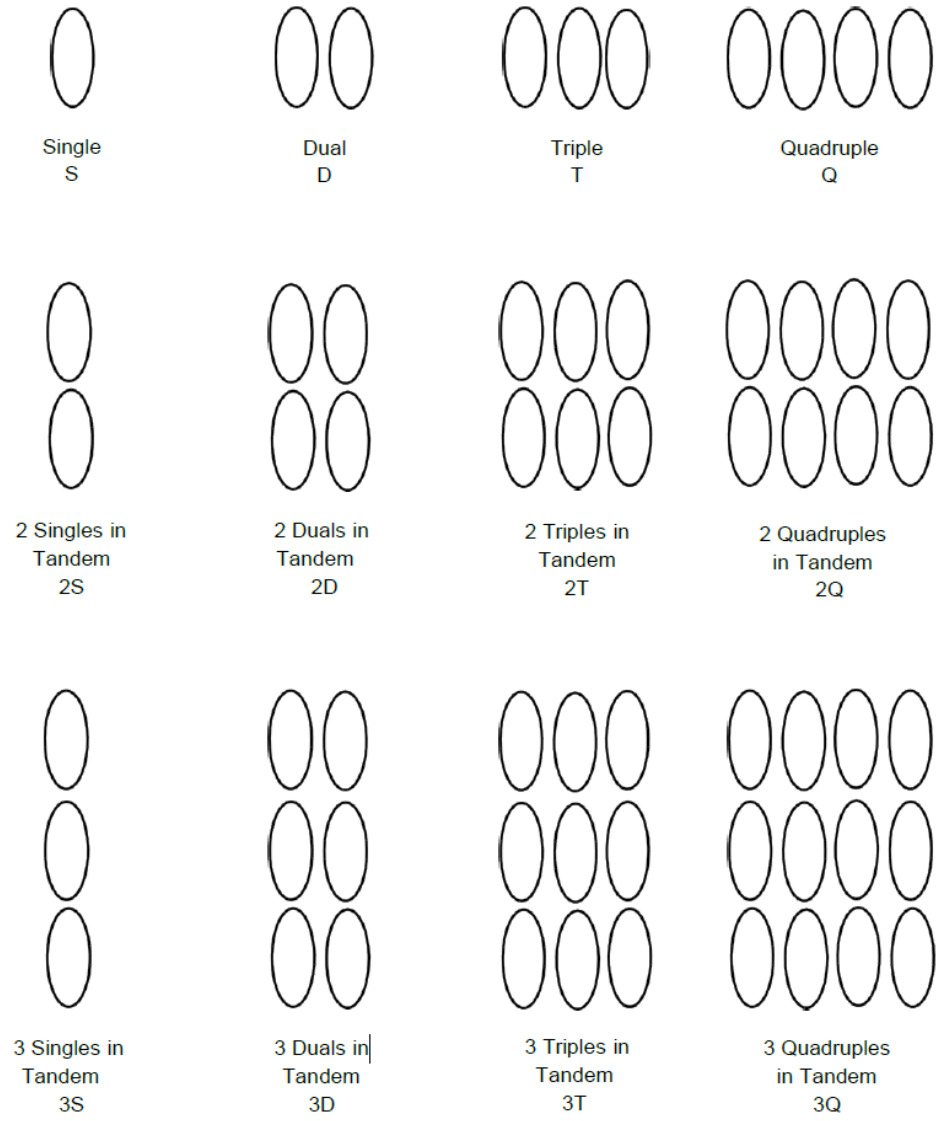
Şekil 18. Dişli Adlandırma Kuralı

2.21.2.2. TEMEL DİŞLİ TİPİ

Bireysel bir iniş desteğinin dişli tipi, belirli bir akstaki (veya aks hattındaki) tekerlek sayısına ve tekerleklerin tandem olarak tekrarlanıp tekrarlanmadığına göre belirlenir. Bununla birlikte, birden fazla payandanın birbirine yakın olduğu ve en iyi şekilde tek bir dişli olarak ele alındığı durumlar da mevcut olabilir (örneğin Antonov AN-124). Gövde/göbek dişlileri mevcut değilse ismin ikinci kısmı atlanır. B747 ve A380 gibi birden fazla dişliye sahip uçaklar için dış dişli çifti ana dişli olarak kabul edilir.

2.21.2.3. TEMEL DİŞLİ KODLARI

Şekil 19'de gösterildiği gibi bu adlandırma kuralı, dişli tanımlama amacıyla aşağıdaki kodları kullanır: tek (S); ikili (D); üçlü (T); ve dörtlü (Q).



Şekil 19. Genel Dişli Konfigürasyonları (Ek Tandem Akslar için Sayısal Değer Artırılır)

2.21.2.4. DİŞLİ TANIMININ ANA DİŞLİ KISMI

Uçak dişli adının ilk kısmı ana dişli adını içerir. Bu bölüm en fazla üç karakterden oluşabilir.

1. İlk karakter, tandem takımların veya tandemdeki tekerleklerin sayısını belirtir (örneğin, "3D" tandemde üç çift vitesi temsil eder). Tandem konfigürasyonu mevcut değilse, baştaki "1" değeri atlanır. Tipik kodlar şunlardır: Tekliyi temsil eden "S"; Tandemde iki çift tekerleği temsil eden "2D"; Tandemde beş adet çift tekerleği temsil eden "5D"; ve art arda iki üçlü tekerleği temsil eden "2T".

2. Dişli tanımının ikinci karakteri dişli kodunu (S, D, T veya Q) gösterir.

3. Dişli tanımının üçüncü karakteri, dişlilerin katlarını gösteren sayısal bir değerdir. Ana dişli için, dişli tanımı, dişlinin uçağın her iki yanında (simetrik) bulunduğunu ve rapor edilen değerin, uçağın bir tarafındaki dişli sayısını gösterdiğini varsayar.

Uçağın her iki yanında bir dişli bulunan uçaklar için 1 değeri kullanılır. Basitlik açısından 1 değeri varsayılır ve ana dişli tanımından çıkarılır. Uçağın her iki tarafında birden fazla ana dişli bulunan ve dişlilerin sıralı olduğu uçaklar, sıralı dişli sayısını gösteren bir değer kullanacaktır.

2.21.2.5. DİŞLİ TANIMININ GÖVDE/GÖBEK DİŞLİ KISMI

Uçak dişli adının ikinci kısmı gövde/göbek dişlileri mevcut olduğunda kullanılır. Gövde/göbek dişlileri mevcutsa, ana dişli tanımının ardından bir eğik çizgi (/) ve ardından gövde/göbek dişli tanımı gelir. Örneğin, B-747 uçağının tandem ana dişlide iki adet çift tekerleği ve tandem gövde/göbek dişlilerinde iki adet çift tekerleğe sahiptir. Bu uçağın tam vites tanımı 2D/2D2'dir. Gövde/göbek dişli tanımı, dişli tipinden (S, D, T veya Q) sonra gelen sayısal değerin mevcut gövde/göbek dişlilerinin toplam sayısını belirtmesi dışında ana dişli tanımına benzer (örneğin 2D1 = bir ikili tandem gövde/göbek dişlisi; 2D2 = iki ikili tandem gövde/göbek dişlisi). Gövde/göbek dişli düzenlemeleri simetrik olamayabileceğinden, dişli kodu mevcut dişlilerin toplam sayısını belirtmeli ve yalnızca bir dişli varsa 1 değeri atlanmamalıdır.

2.21.2.6. BENZERSİZ DİŞLİ KONFİGÜRASYONLARI

Lockheed C-5 Galaxy benzersiz bir dişli tipine sahiptir ve önerilen yöntemi kullanarak isimlendirmek zordur. Bu uçak, yeni adlandırma kuralına göre sınıflandırılmayacak ve doğrudan C5 olarak anılmaya devam edecektir. Boeing C-17, Antonov AN-124 ve Ilyshin IL-76'daki gibi dişli konfigürasyonları da bazı kafa karışıklıklarına neden olabilir. Bu durumlarda iniş desteklerinin sayısını ve payandaların yakınlığını gözlemlemek önemlidir. AN-124 durumunda, D5 veya uçağın her tarafında beş set bulunan çift tekerlek dişlilerini kullanmak yerine çoklu iniş desteklerini tek bir dişli (yani 5D veya art arda beş ikili) olarak ele almak daha avantajlıdır. Tekerleğin yakınlığı nedeniyle, C-17 dişlisine daha uygun bir şekilde 2T adı verilir, çünkü tandemde üçlü tekerleklere sahip gibi görünür. Buna karşılık, IL-76'nın payandalar arasında önemli bir boşluğu vardır ve Q2 olarak tasarlanmalıdır.

2.21.2.7. DİŞLİ GEOMETRİSİ ADLANDIRMA KURALINA ÖRNEKLER

Şekil 19 bireysel ve çoklu tandem konfigürasyonlarındaki genel dişli türlerinin örneklerini sağlar.

Tablo 12. Kaplamaların tasarımı ve değerlendirilmesi için uçak özellikleri

Not 1: Bu tablo metrik birimlerle hazırlanmıştır. Kilogramı newtona dönüştürmek için 9,80665 ile çarpın.

Not 2: Rakamlar uçağın maksimum kalkış ağırlığına atıfta bulunur. Daha düşük operasyonel ağırlıklar için, "her bacaktaki yük", "lastik basıncı" ve/veya "temas alanı" için belirtilen rakamlar orantılı olarak azaltılmalıdır.

					İniş Takımlarının Ana Ayakları				
						Teker Aralığı (cm)			
Uçak Tipi	Tüm Kütle (kg)	Ana Teker Ayağındaki Yük Oranı (%)	Teker Düzeni	Her Ayaktaki Yük (kg)	Lastik Basıncı (MPa)	(S)	(S_T)	(S_D)	Kompleks Teker Yapıları için Ek Bilgi
A300 B2	142900	47,0	2D	67118	1,28	89	140	165,6	
A300 B4	165900	47,0	2D	77921	1,46	93	140	167,7	
A300-600 B4	165900	47,1	2D	78216	1,28	93	140	167,7	
A300-600R B4	172600	47,5	2D	81988	1,34	93	140	167,7	
A300-600R B4F	172600	47,5	2D	81988	1,34	93	140	167,7	
A300-600R F4	171400	47,5	2D	81418	1,34	93	140	167,7	
A310-200	144900	46,6	2D	66243	1,33	93	140	167,7	
A310-200F	142900	46,6	2D	66662	1,33	93	140	167,7	
A310-300	164900	47,2	2D	77873	1,29	93	140	167,7	
A310-300F	164900	47,2	2D	77873	1,29	93	140	167,7	
A318-100	68400	44,5	D	30431	1,24	93			
A319-100	75900	45,8	D	34746	1,38	93			
A319 CJ	76900	45,8	D	35181	1,38	93			
A319neo	75900	45,8	D	34746	1,38	93			
A320-100	68400	47,1	D	32215	1,28	93			
A320-200	78400	46,4	D	36405	1,44	93			
A320neo	79400	46,3	D	36757	1,44	93			

A320-200 (2D)	73900	47,0	2D	34969	1,22	78	101	127,5	
A321-100	89400	47,5	D	42,432	1,46	93			
A321-200	93900	47,6	D	44717	1,50	93			
A321neo	93900	47,6	D	44717	1,50	93			
A330-200	242900	46,3	2D	112515	1,47	140	198	242,4	
A330-200F	233900	47,3	2D	110674	1,42	140	198	242,4	
A330-800neo	242900	46,3	2D	112515	1,47	140	198	242,4	
A330-300	242900	46,9	2D	113896	1,49	140	198	242,4	
A330-900neo	242900	46,9	2D	113896	1,49	140	198	242,4	
A340-200	275900	39,2	2D/D1	108219	1,49	140	198	242,4	
A340-300	277400	39,4	2D/D1	109190	1,49	140	198	242,4	
A340-500	375200	31,9	2D/D1	119675	1,61	140	198	242,4	
A340-500 HGW	381200	31,6	2D/D1	120592	1,61	140	198	242,4	
A340-600	369200	32,2	2D/D1	118930	1,61	140	198	242,4	
A340-600 HGW	381200	31,7	2D/D1	121016	1,61	140	198	242,4	
A350-900	275900	46,9	2D	129326	1,68	173,5	204	267,8	
A350-1000	308900	47,1	3D	145427	15,2	140 F 147 C 140 R	140	313,0	
A380-800 (Wing gear)	577000	18,9	2D	108847	1,50	135	170	217,1	Tam uçak tekerlek düzeni 3D/2D2
A380-800 (Body gear)	577000	28,3	3D	163271	1,50	153 F 155 C 153 R	170	372,8	Tam uçak tekerlek düzeni 3D/2D2
A400M	141000	46,9	3D	66368	0,95	86	157 F 156 R	325,0	
An-12	64000	46,3	2D	29651	0,83	123	49,2	132,5	
An-22	227500	43,6	3D	99076	0,49	115	250	275,2	
An-24	21000	46,6	D	9786	0,49	50			
An-72-100	35150	47,2	2S	16591	0.59		126		
An-74TK-300	37850	46,5	2S	17600	0,69		126		

An-124-100M-150	408000	45,8	5D	186864	1,18	101	171	198,6
An-148-100E	43850	43,8	D	19184	1,13	58		
An-158	43850	44,3	D	19404	1,13	58		
An-225	650000	46,1	7D	299650	1,23	101	171	198,6
B707-320C	152407	46,7	2D	71174	1,24	88	142	167,1
B720B	106594	46,4	2D	49460	1,00	81	124	148,1
B727-100	77110	47,6	D	36704	1,14	86		
B727-200 (Standard)	78471	48,5	D	38058	1,14	86		
B727-200 (Advanced)	95254	46,5	D	44293	1,19	86		
B737-100	50349	45,9	D	23110	1,08	77		
B737-200/200C	58332	46,0	D	26883	1,25	77		
B737-300	63503	45,4	D	28830	1,39	77		
B737-400	68266	46,9	D	32016	1,28	77		
B737-500	61915	46,1	D	28540	1,36	77		
B737-600	66224	45,3	D	30000	1,25	86		
B737-700	77791	45,8	D	35628	1,35	86		
B737-800	79333	46,6	D	37001	1,41	86		
B737-900	79243	46,7	D	37006	1,41	86		
B737-900ER	85366	47,2	D	40293	1,52	86		
B747-SP	318875	21,9	2D/2D2	69834	1,41	110	137	175,7
B747-100/100B	341555	23,1	2D/2D2	78899	1,32	112	147	184,4
B747-200B/300	379204	22,7	2D/2D2	86079	1,31	112	147	184,8
B747-400/400ER	414130	23,4	2D/2D2	96906	1,57	112	147	184,7
B747-8	449056	23,7	2D/2D2	106426	1,52	119	144	186,8
B757-200	116120	45,6	2D	52951	1,26	86	114	142,8

B757-300	124058	46,4	2D	57563	1,38	86	114	142,8
B767-200/200ER	179623	45,4	2D	81549	1,31	114	142	182,1
B767-300/300ER	187334	46,2	2D	86548	1,38	114	142	182,1
B767-400ER	204570	47,0	2D	96148	1,47	116	137	179,5
B777-200/200ER	298564	45,9	3D	136995	1,41	140	145	322,0
B777-200LR	348722	45,9	3D	160063	1,50	140	145,3 F 147 R	324,0
B777-300	300278	47,4	3D	142332	1,48	140	145	322,0
B777-300ER	352442	46,2	3D	162828	1,52	140	145,3 F 147 R	324,0
B787-8	2283838	45,6	2D	104143	1,57	130	146	195,5
B787-9	254692	46,2	2D	117772	1,56	152	151	214
BAe146 Series 200	40600	47,1	D	19123	0,90	71		
CRJ-700	34132	47,0	D	16042	0,90	62		
CRJ-900/900 LR	38555	46,3	D	17851	1,15	62		
CRJ-1000	41867	46,4	D	19426	1,37	69		
Dash 8-400	29347	47,0	D	13793	1,57	50		
DC-9-32	49442	46,2	D	22842	1,07	64		
DC-9-51	55338	47,0	D	26009	1,19	66		
DC-10-10	207745	46,7	2D	97017	1,34	137	163	212,9
DC-10-30	264444	37,5	2D/D1	99167	1,22	137	163	212,9
E170	38790	45,6	D	17688	0,94	71		
E175	40550	46,0	D	18563	0,97	71		
E190	51960	46,1	D	23954	1,08	87		
E195	52450	46,8	D	24547	1,06	87		
Fokker 50	20820	47,8	D	9952	0,59	52		
Fokker 100	44680	47,8	D	21357	0,98	59		

IL-62M	168000	47	2D	78960	1,08	80	165	183,4	
IL-76TD-90BD	196000	46,7	2Q	91352	0,69	S_1=82 S_2=206			Her iki tarafta iki payandanın her birinde dörtlü tekerlekler. Her bir destek için iç/dış tekerleklerin temas alanları merkezleri arasındaki S_1/S_2 mesafeleri
IL-96-400T	271000	31,7	2D/2D1	85907	1,23	110	140	178	Tandem ana dişlide iki çift tekerlek / tandemde iki çift tekerlek
L-100-30	70670	48,4	2S	17102	0,72		154		
L-1011-500	225889	46,2	2D	104361	1,27	132	178	221,6	
MD-11ER	287124	38,8	2D/D1	111404	1,42	137	163	212,9	
MD-83	73028	47,4	D	34615	1,34	71			
MD-90-30	76430	47,0	D	35922	1,33	71			
Tu-134A	49000	47,1	2D	23079	0,88	56	99	113,7	
Tu-154M	100000	42,4	3D	42400	0,98	62	F103 R98	210,3	
Tu -204CE	107500	46,3	2D	49719	1,37	80	127	150,1	
Tu -204-100C	110750	46,3	2D	51277	1,37	80	127	150,1	
Tu -214	110750	46,3	2D	51277	1,37	80	127	150,1	
Yak-42	57500	47,0	2D	27025	0,88	62,2	98	116	

EK 2 - ICAO-ACR BİLGİSAYAR PROGRAMI İÇİN KULLANICI BİLGİLERİ

Ayrıntılı bilgi için Annex 14 Aerodrome Design Manual Part 3 — Pavements, Third Edition, 2022, Appendix 2'ye bakılabilir.

EK 3 - ESNEK ACR İÇİN HASAR MODELİ

2.22. TEMEL HASAR KANUNU

2.22.1. ESNEK ACR PROSEDÜRÜ

Esnek ACR prosedürü, temel hasar yasasıyla ilişkili zemin göçme kriterine dayanır:

$$\log_{10}(C_e) = (-0{,}1638 + 185{,}19\varepsilon)^{-0{,}60586}$$

Burada C_e, belirli bir zemin düşey şekil değiştirmesi ε değeri için zemin hasarına neden olan trafik kapsamının sayısıdır.

2.22.2. TEMEL HASAR TANIMI

Temel hasar D_e şu şekilde tanımlanır:

$$D_e(\varepsilon) = \frac{1}{C_e(\varepsilon)}$$

2.23. ÇOK AKSLI DİŞLİ YÜKLERİ

2.23.1. MODERN İNİŞ TAKIMLARI

Modern iniş takımları genellikle kaplamada karmaşık gerinim profilleri oluşturan, muhtemelen birden fazla gerinim tepe noktası olan ve tepe noktaları arasında sıfıra dönüş olmayan çok dingilli tekerlek grupları içerir. Örnek olarak, Şekil 20'de bir kaplama yapısı için gerinim geçmişi profili açıklanmaktadır (yani iniş takımının altındaki uzunlamasına bir profil boyunca tüm gerinim değerlerinin izi).

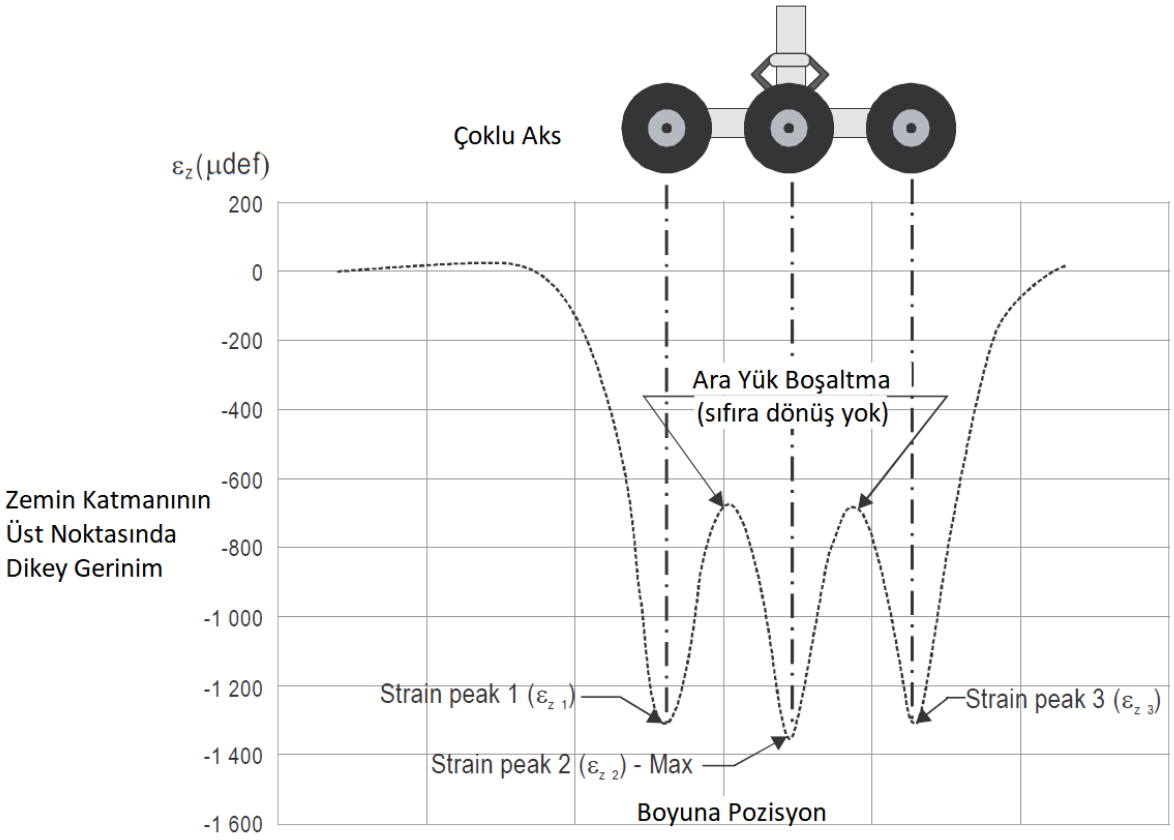
2.23.2. TANDEM ETKİLEŞİMİ

Akslar arasındaki tandem etkileşim nedeniyle, değerlendirme uçağının 36500 geçişi için CDF'yi 1,0'a eşitleyen gerinim genellikle yük döngüleri kavramına dayanan yukarıdaki temel hasar yasası tarafından verilenden farklı olacaktır. Bu nedenle yukarıdaki denklem doğrudan kullanılamaz.

2.24. HASAR KANUNUNUN SÜREKLİ İNTEGRAL FORMU

2.24.1. MINER'S KURALI VE ESP FAKTÖRÜ

Çok dingilli dişli yüklerinin neden olduğu karmaşık gerinim profillerini hesaba katmak için temel hasar yasası, Jean Maurice Balay ve Cyril Fabre (2009) tarafından ortaya atılan Miner Kuralı ve Eşdeğer Tek Tepe (Equivalent Single Peak, ESP) faktörü sayesinde sürekli bir integral forma genişletilmiştir.



Şekil 20. Çok Dingilli Dişli Gerilim Tepkisi Örneği

2.24.2. TEK UÇAK GEÇİŞİ HASARI

Boyuna gerinim profili $\varepsilon(x)$ üreten tek bir uçak geçişi için hasar D_1 daha sonra şu şekilde hesaplanır:

$$D_1 = \int_{x=-\infty}^{x=+\infty} < \frac{dD_e(x)}{dx} > dx = \int_{x=-\infty}^{x=+\infty} < \frac{dD_e(\varepsilon)}{d\varepsilon} >< \frac{d(\varepsilon)}{dx} > dx$$

Burada x, gerinim profili boyunca uzunlamasına konumu ifade eder ve $< z >$, z'nin pozitif kısmıdır.

$$< z >= \begin{cases} 0 & z \leq 0 \\ z & z > 0 \end{cases}$$

2.24.3. BOYUNA KONUM, x

Boyuna konum x bu denklemde açık bir rol oynamaz, bu nedenle monoton olarak artan herhangi bir parametrelendirme (örneğin zaman) aynı sonuca yol açacaktır.

2.24.4. MAKSİMUM GENLİKTE GERİNİM PROFİLİ

Maksimum genliğe ε_{max} sahip tek tepe gerinim profilinin özel durumu için, D_1 temel hasar yasasına $D_1 = D_e\varepsilon_{max}$ indirgenir. Bu nedenle, rastgele bir gerinim profili için, tüm profille aynı hasarı üretecek eşdeğer bir tek tepe gerinim ε_{eq}'ini hesaplamak mümkündür: $D_1 = D_e(\varepsilon_{eq})$.

2.24.5. EŞDEĞER TEK TEPE (ESP)

Bu eşdeğerliğe dayanarak Eşdeğer Tek Tepe (ESP) oranı geçiş sayısı olarak tanımlanır. Geçiş sayısı ise şu şekilde ifade edilir; Maksimum değer ε_{eq} ile tek tepe gerinim profili üreten sanal bir uçağın, maksimum değeri ε_{max} ile tek tepe gerinim profili üreten sanal bir uçağın tek geçişiyle aynı hasarı üretmesi için gerekli olan değerdir.

Not: Tek tepeli bir profil için $\varepsilon_{eq} = \varepsilon_{max}$ ve ESP 1'dir.

$$ESP = \frac{C_e(\varepsilon_{eq})}{C_e(\varepsilon_{max})} = \frac{D_e(\varepsilon_{max})}{D_e(\varepsilon_{eq})} \leq 1$$

2.24.6. N SAYIDA UÇAĞIN HASARI

N sayıda uçağın geçişinin ürettiği toplam hasar D aşağıdaki denklemle verilmektedir.

$$D = NxD_e(\varepsilon_{eq}) = Nx\frac{1}{ESP}xD_e(\varepsilon_{max}) = Nx\frac{1}{ESP}x\frac{1}{C_e(\varepsilon_{max})}$$

2.24.7. P/C ORANINA GÖRE HASAR

Geçiş-Kapsama (P/C) oranının uzunlamasına bileşeni kullanılırsa, D'nin eşdeğer bir ifadesi şöyledir:

$$D = Nx\frac{1}{P/C}x\frac{1}{C_e(\varepsilon_{max})}$$

2.24.8. ESP VE P/C ORANLARI

Dolayısıyla ESP ve P/C oranları işlevsel olarak eşdeğerdir; her ikisi de yanal gezinme olmadığında tandem tekerleklerden kaynaklanan yük tekrarı etkisini temsil eder.

2.24.9. TEMEL HASAR İNTEGRAL FORMU

Temel hasar yasasını D_1'de değiştirerek, integral formu şu şekilde ifade edilebilir:

$$D_1 = bc * \ln(10)\int_{x=-\infty}^{x=+\infty}\left[(a+b\varepsilon)^{c-1} * 10^{(a+b\varepsilon)^c}\right] < \frac{d\varepsilon(x)}{dx} > dx$$

Burada a, b ve c temel hasar yasasının parametreleridir.

a = -0,1638
b = 185,19
c = -0,60586

2.24.10. EŞDEĞER İNTEGRAL FORMU

Yukarıdaki integral formunun şuna eşdeğer olduğu doğrulanabilir:

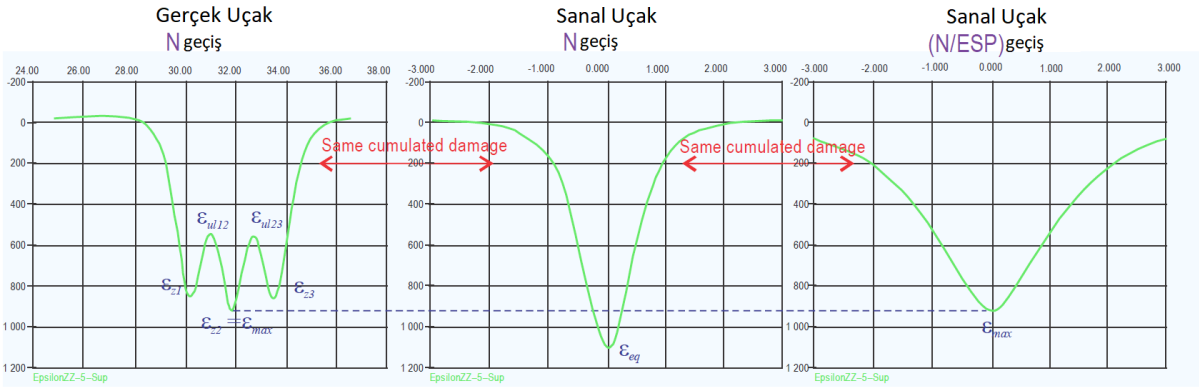
$$D_1 = \sum_{k=1}^{n} s_k D_e(\varepsilon_k)$$

Burada ε_k boyuna profilin gerinim ekstremumlarıdır ve s_k ekstremum tipini karakterize eden bir faktördür.

$$s_k = \begin{cases} 1 & eğer\ \varepsilon_k\ yerel\ minimum\ ise \\ -1 & eğer\ \varepsilon_k\ yerel\ maksimum\ ise \end{cases}$$

2.24.11. ε_{max}, ε_{eq} VE ESP ARASINDAKİ İLİŞKİ

Maksimum değeri ε_{max} olan tek tepeli gerinim profilinin spesifik durumu için, integral formunun temel hasar yasası $D_1 = D_e(\varepsilon_{max})$'ye indirgendiğine dikkat edilmelidir.



$$D = N * \int_{x=-\infty}^{x=+\infty} \frac{dD_e(x)}{dx} dx \qquad = \frac{N}{Cover(\varepsilon_{eq})} \qquad = \frac{N}{ESP} * \frac{1}{Cover(\varepsilon_{max})}$$

Şekil 21. ε_{max}, ε_{eq} ve ESP Arasındaki İlişki

2.25. ESNEK ACR İÇİN HASAR MODELİ

2.25.1. SÜREKLİ İNTEGRAL FORMU

Esnek ACR prosedüründe kaplama hasarının hesaplanması için hasar kanununun sürekli integral formu benimsenmiştir.

2.25.2. PROSEDÜR

Bu prosedür ICAO-ACR bilgisayar programında uygulanmaktadır.

3. KAPLAMALARININ DEĞERLENDİRMESİNDE TAHRİBATSIZ YÖNTEM (FAA)

Bu bölümde “Federal Aviation Administration’ın yayınladığı AC 150/5370-11B — Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements, 2011.” dokümanından yararlanılmıştır.

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

3.1. GENEL

Tahribatsız test yöntemi (NDT), birçok veri toplama ekipmanı ve veri analizi yönteminden yararlanabilir. Çoğu durumda veriler bir kaplamanın yapısal veya işlevsel durumunu değerlendirmek için kullanılabilir.

a) Mevcut kaplamaların yük taşıma kapasitesi değerlendirilir.

b) Kapsamlı bakım ve onarım çalışmaları (restorasyon), fonksiyonel ve yapısal kaplamalar, kısmi yeniden inşa (örneğin pist omurgası) ve komple yeniden inşa gibi yenilemeleri içeren altyapı rehabilitasyon alternatifleri tasarımı için malzeme özellikleri sağlanmalıdır.

c) Bir kaplama sisteminin parçalarını, o bölüm içinde birbirleriyle karşılaştırın. NDT'nin sonuçları hangi segmentlerin en güçlü, hangilerinin en zayıf olduğunu gösterebilir. Bu sonuçlar daha sonra takip testlerine odaklanmak için kullanılabilir.

d) Kaplama durum indeksi (PCI) değerleri, Havalimanı Kaplama Yönetim Sistemindeki *(APMS)* gözlem verisi olarak sağlanmalıdır.

Bu hedeflere ulaşmak için bu AC, çeşitli NDT ekipmanı türlerine genel bir bakış sağlar; NDT'nin mühendise ve yükleniciye en fazla faydayı sağladığı senaryoları belirler; veri toplama için NDT test planlarının nasıl geliştirilmesi gerektiğini açıklar; bir kaplamayı karakterize etmek için NDT verilerinin kullanılmasına yönelik çeşitli yöntemler sunar; ve NDT'den elde edilen sonuçların, FAA politikasına uygun değerlendirme, tasarım ve kaplama yönetimi analizlerine girdi olarak nasıl kullanılması gerektiğini açıklar.

NDT verilerini toplamak ve analiz etmek için kullanılabilecek birçok yazılım programı vardır ve bu AC bunların çoğuna referans verecektir. FAA'nın geri hesaplama programı BAKFAA, FAA web sitesinden indirilebilir ve burada açıklanan sınırlamalara tabi olarak NDT verilerini analiz etmek için kullanılabilir.

3.2. ARKA PLAN

Donanım ve yazılım teknolojisindeki son gelişmeler, NDT ekipmanını, veri toplama ve analiz yazılımını önemli ölçüde geliştirmiştir. Dünya çapında yüzlerce havalimanı kaplamasında NDT çalışması yapılmakla kalmamış, aynı zamanda eyaletler arası otoyolları, eyalet otoyollarını, paralı yolları, ilçe yollarını, şehir caddelerini ve limanları değerlendirmek ve tasarlamak için de yaygın olarak kullanılmıştır. NDT aynı zamanda araştırmacılar tarafından kaplama değerlendirme ve tasarım metodolojilerini geliştirmek için de kullanılıyor.

Federal Karayolu İdaresi (FHWA), ABD genelindeki yüzlerce test bölümü sahasında veri toplamak için NDT ekipmanını kullanmaktadır. FAA ise şu anda havalimanı kaplama değerlendirme ve tasarım yöntemlerini geliştirmek amacıyla Atlantic City, NJ'deki Ulusal Havalimanı Kaplama Test Tesisinde (NAPTF) veri toplamak için NDT ekipmanını kullanmaktadır.

Geleneksel tahribatlı testlerin yerine veya bunlara ek olarak NDT kullanmanın çeşitli avantajları vardır. En önemlisi, testin Hava Trafik Kontrolü ile yakın temas halinde olması koşuluyla, bu 2 ila 3 dakikalık testler sırasında bir pisti, taksi yolunu veya apronu çalışır durumda tutarken çeşitli konumlardan hızlı bir şekilde veri toplama yeteneğidir. NDT olmadan, mevcut bir havalimanı kaplamasındaki çok sayıda karottan, sondajdan ve kazı çukurundan yapısal veriler elde edilmelidir. Bu, havalimanı operasyonları açısından oldukça zarar verici olabilir. Örneğin, zemin reaksiyon modülünün, k, yerinde ölçülmesine yönelik bir plaka yükü testi gerçekleştirmek için, zemin açığa çıkana kadar her kaplama katmanının kaldırılmasıyla 4 ft (1,2 m) x 6 ft (1,8 m) çukurlar hazırlanır. Plaka taşıma testi tamamlandıktan sonra test çukurunun onarımı pahalı olabilir ve test alanının birkaç gün kapalı kalmasına neden olabilir.

Tahribatsız testlerin gerçekleştirilmesi ekonomiktir ve günde 250'ye kadar farklı konumda veri toplanabilir. NDT ekipmanı, hareketli bir tekerleği simüle eden uygulanan dinamik yükten kaplama yüzeyi tepkisini (yani defleksiyonu) ölçer. Uygulanan dinamik yükün büyüklüğü, kritik veya tasarım uçağın tek bir tekerleği üzerindeki yüke benzer olacak şekilde değiştirilebilir. Kaplama sapmaları doğrudan yük plakasının altında ve 12 inç (30 cm) tipik radyal defleksiyonlarda, 60 inç (150 cm) ila 72 inç (180 cm) tipik mesafelere kadar kaydedilir.

NDT ekipmanıyla toplanan defleksiyon verileri, test sırasında kaplamanın mukavemeti hakkında hem niteliksel hem de niceliksel veriler sağlayabilir. Doğrudan yük plakası sensörünün altındaki ham defleksiyon verileri, tüm kaplama yapısının sağlamlığına ilişkin bir gösterge sağlar. Benzer şekilde, en dıştaki sensörden gelen ham defleksiyon verileri, zemin dayanımının bir göstergesini sağlar.

Ek olarak, bir kaplama tesisindeki tüm test noktalarından elde edilen defleksiyon verileriyle defleksiyon veya sağlamlık profili çizimleri oluşturulduğunda, nispeten güçlü ve zayıf alanlar kolaylıkla belirgin hale gelir.

NDT'den elde edilen niceliksel veriler, mühendislerin bir kaplamanın yapısal performansını değerlendirmek veya güçlendirme seçeneklerini araştırmak için katman kalınlıkları ve arayüz bağlama koşulları gibi diğer fiziksel özelliklerle birlikte kullandığı her kaplama ve alt zemin katmanının malzeme özelliklerini içerir. Malzeme özelliği bilgilerinin çoğu, ham NDT verilerini işleyen ve analiz eden yazılım programları kullanılarak elde edilir. Elastisite modülü E ve taban zemini reaksiyon modülü k gibi malzeme özellikleri hesaplandıktan sonra, mühendis mevcut kaplamaların yapısal değerlendirmelerini yapabilir, yapısal iyileştirmeler tasarlayabilir ve alt zemin mukavemeti verilerini kullanarak yeniden yapılanma kaplama kesitlerini geliştirebilir.

3.3. NDT LİMİTLERİ

NDT’nin birçok avantajı olmasına rağmen bazı sınırlamaları da vardır. NDT, bir havalimanı kaplamasının yapısal durumunu değerlendirmek için çok iyi bir metodolojidir; ancak mühendisler kaplamanın işlevsel durumunu değerlendirmek için örneğin görsel durum, düzgünlük ve sürtünme özellikleri gibi başka yöntemler kullanmalıdır. Görme durumu en sık Amerikan Test ve Malzeme Derneği (ASTM) D 5340, Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys, AC 150/5380-6, Guidelines and Procedures for Maintenance of Airport Pavements uyarınca PCI kullanılarak değerlendirilir. NDT bazlı yapısal ve fonksiyonel koşullar bilindikten sonra mühendis genel bir kaplama durumu derecelendirmesi atayabilir.

Yapısal ve işlevsel performans arasındaki ayrım, altyapı rehabilitasyonu gereksinimlerinin geliştirilmesinde önemlidir. Örneğin, bir kaplama çevresel sıkıntı nedeniyle düşük bir PCI'ye sahip olabilir, ancak kaplama yapısal yüklemeyi karşılamak için yeterli kalınlığa sahiptir. Bunun tersi de doğru olabilir; kaplama iyi durumda olabilir ancak önerilen daha ağır uçak yüklemesi nedeniyle yapısal ömrü düşük olabilir.

Buna ek olarak, NDT yapısal kapasite hakkında mükemmel bilgi sağlayabilirken, mühendis şişme ve kabarma potansiyelini belirlemek için zeminin tane boyutu dağılımı gibi kaplama katmanlarının diğer önemli mühendislik özelliklerine de ihtiyaç duyabilir. Yeraltı drenajının değerlendirilmesi ve tasarımı için tane boyutu dağılımı ve geçirgenlik testleri temelin, alt temelin ve zeminin hidrolik kapasitesinin değerlendirilmesine yardımcı olabilir.

Ham NDT verilerinden elde edilen niceliksel sonuçların modele bağlı olduğu da unutulmamalıdır. Sonuçlar, NDT verilerini işleyen ve katman malzemesi özelliklerinin geriye doğru hesaplamasını gerçekleştiren programlar tarafından kullanılan yapısal modellere ve yazılım algoritmalarına bağlıdır.

NDT yazılım analiz araçlarının model bağımlılıkları nedeniyle mühendis, sürekli donatılı beton kaplama, art gerilmeli beton ve öngerilmeli beton gibi seçilen kaplama türlerini değerlendirirken dikkatli olmalıdır. Bu kaplama türleri için yapısal teori ve performans modelleri, Asfalt Çimento Sıcak Karışım Asfalt (HMA), derzli düz Portland Çimento Betonu (PCC), derzli güçlendirilmiş PCC, HMA kaplamalı PCC ve PCC kaplamalı PCC'yi içeren geleneksel kaplamalardan önemli ölçüde farklıdır.

Son olarak yılın farklı zamanlarında yapılan NDT, iklim değişikliklerinden dolayı farklı sonuçlar verebilmektedir. Örneğin, ilkbaharda erime sırasında veya uzun süreli kuru dönemlerden sonra gerçekleştirilen testler, temsili olmayan sonuçlar veya zemin dayanımındaki kaplama hakkında hatalı sonuçlar verebilir.

BÖLÜM 2 - NDT SÜRECİNİN TANIMI

3.4. GENEL

Statik veya dinamik test ekipmanı kullanan NDT'nin, kaplama ve zemin katmanlarının yapısal özellikleri hakkında veri sağlamada yararlı olduğu kanıtlanmıştır. Veriler genellikle kaplama destek koşullarındaki değişkenlik modellerini tespit etmek veya kaplama ve zemin katmanlarının gücünü tahmin etmek için kullanılır. Bu bilgiyle mühendis, rehabilitasyon kaplamalarını ve yeni/yeniden yapılandırılmış kesitleri tasarlayabilir veya APMS'den geliştirilen bir rehabilitasyon seçeneğini optimize edebilir.

Bu rehber, kaplamaya statik veya dinamik bir yük uygulandıktan sonra kaplama yüzeyindeki defleksiyonları ölçen tahribatsız muayene ekipmanına odaklanmaktadır. Dinamik yükler uygulayan NDT ekipmanı, bir yükleme plakası aracılığıyla kaplama yüzeyine titreşimli veya darbeli bir yük uygulayarak yüzey defleksiyonları oluşturur. Titreşimli ekipmanlarda dinamik yük, Road Rater'da olduğu gibi tipik olarak hidrolik olarak veya Dynaflect'te olduğu gibi ters yönde dönen kütleler tarafından oluşturulur. Düşen Ağırlık Deflektometresi (FWD) gibi darbe cihazları için dinamik yük, Şekil 22'de gösterildiği gibi bir dizi lastik yay üzerine serbest düşen kütle tarafından oluşturulur. Darbe yükünün büyüklüğü, bir uçağın ana dişlisindeki tekerlek yüküne benzer olacak şekilde kütlesi ve/veya düşme yüksekliği ayarlanarak değiştirilebilir.

Hem itici hem de titreşimli ekipman için, kaplama tepkisi tipik olarak Şekil 23'te gösterildiği gibi yükleme plakasından radyal olarak yer değiştiren bir dizi sensörle ölçülür. Benkleman Kirişi gibi statik cihazlar için, bir kamyon veya diğer araç yükünden kaynaklanan geri tepme sapması ölçülür. Tipik olarak geri tepme sapması yalnızca yükün bulunduğu yerde ölçülür ve Şekil 23'te gösterilen diğer radyal olarak aralıklı sensörlerde ölçülmez.

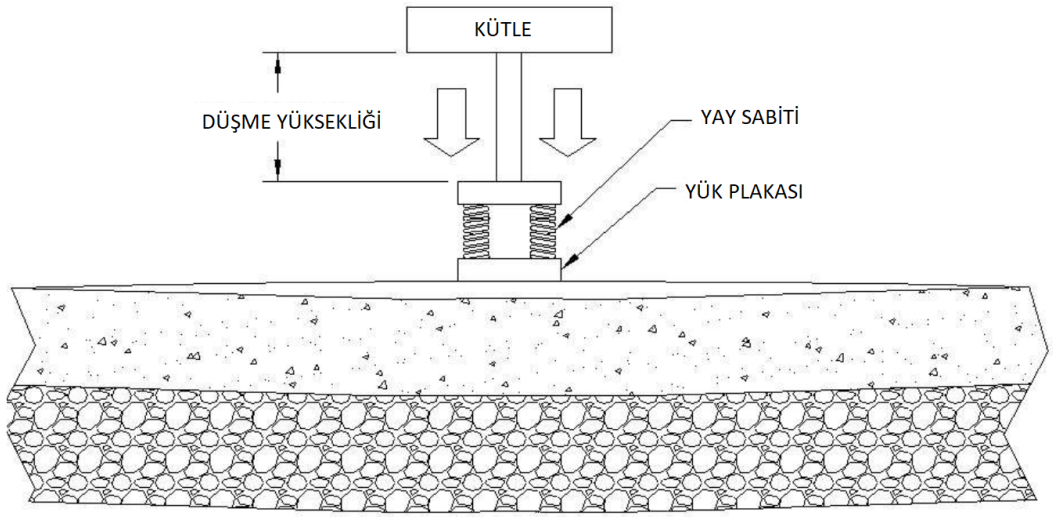
3.5. KAPLAMA SERTLİĞİ VE SENSÖR TEPKİSİ

NDT ekipmanının sahada ölçtüğü yük-tepki verileri, kaplama yapısının mukavemeti hakkında değerli bilgiler sağlar. Yük plakasının altındaki ve en dıştaki sensördeki (sırasıyla Şekil 23'teki D1 ve D7 sensörleri) defleksiyonun ilk incelemesi, kaplama ve zemin sertliğinin bir göstergesidir. Her ne kadar bu bilgi her bir kaplama katmanının mukavemeti hakkında bilgi sağlayamasa da kaplamanın genel mukavemeti ve belirli bir alan (pist, taksi yolu veya apron) içindeki mukavemetin göreceli değişkenliği hakkında hızlı bir değerlendirme sağlar.

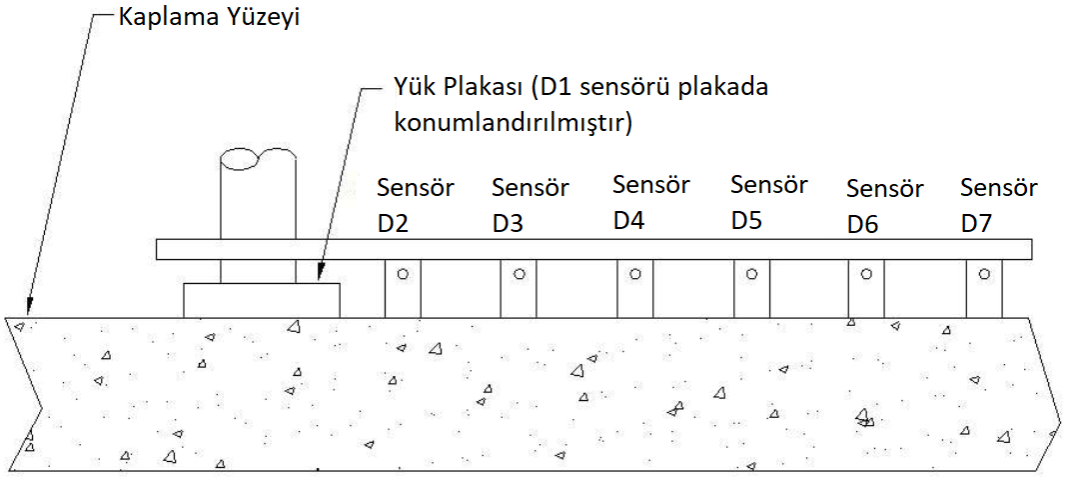
Kaplama sertliği, dinamik kuvvetin yük plakasının merkezindeki kaplama sapmasına bölünmesiyle tanımlanır. Hem darbeli hem de titreşimli cihazlar için sertlik, yükün yük plakası altındaki maksimum defleksiyona bölünmesiyle tanımlanır. Darbe Sertlik Modülü *(ISM)* ve Dinamik Sertlik Modülü *(DSM)*, darbe ve titreşimli *NDT* cihazları için aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$I(D)SM = {}^{L}/_{d_0}$$

$I(D)SM$	=	Darbe ve Dinamik Sertlik Modülü (kips/inç)
L	=	Uygulanan yük (kips)
d_0	=	Yük Plakasının Maksimum Sapması (inç)



Şekil 22. FWD Tarafından Oluşturulan İmpuls Yükü



Şekil 23. Yük Plakasından Radyal Olarak Yerleştirilmiş Sensörler

3.6. DEFLEKSİYON HAVUZU

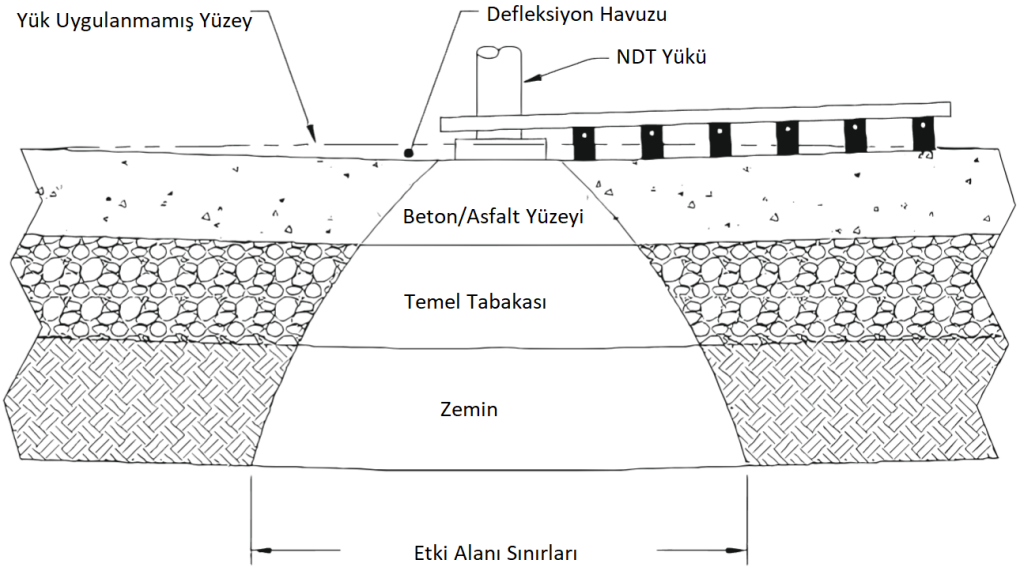
Şekil 22'de gösterildiği gibi kaplama yüzeyine yük uygulandıktan sonra, Şekil 23'te gösterilen sensörler, genellikle defleksiyon havuzu olarak adlandırılan olguyu üreten sapmaları ölçmek için kullanılır. Şekil 24, bir FWD tarafından oluşturulan yük etkisi bölgesini ve defleksiyon havuzunun alanını ölçen sensörlerin göreceli konumunu göstermektedir. Defleksiyon havuzu alanı daha sonra kaplama yapısındaki tek tek katmanlar hakkında, tek bir sensörden gelen sapma verileri kullanılarak elde edilemeyen ek bilgilerin elde edilmesi için kullanılabilir.

Havuzun şekli, kaplamanın uygulanan yüke verdiği tepkiyle belirlenir. Kaplama defleksiyonu, yükün hemen altında en büyüktür ve daha sonra yükten uzaklaştıkça azalır. Genellikle, daha zayıf bir kaplama, aynı yük altında daha güçlü bir kaplamadan daha fazla sapar. Ancak, havuzun şekli tüm bireysel katmanların mukavemetleriyle ilişkilidir.

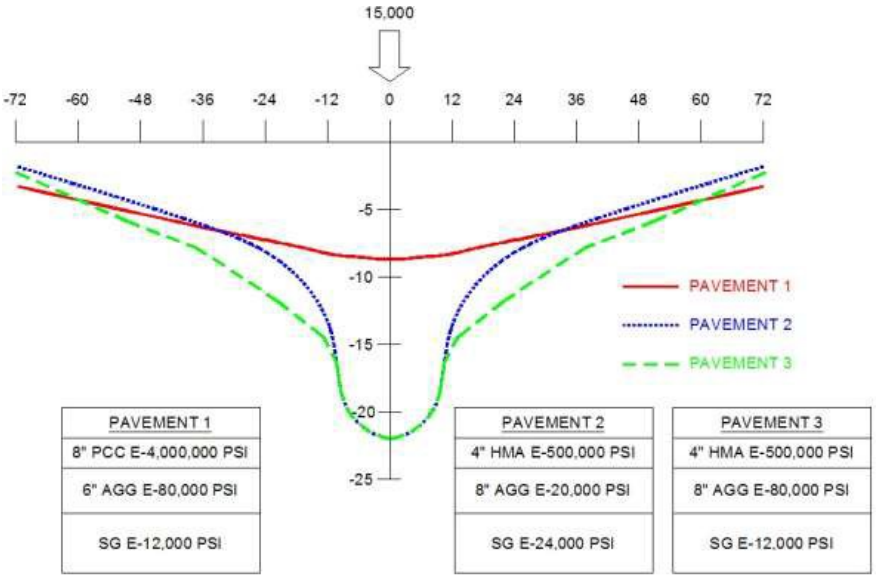
Defleksiyon havuzunu ölçmenin önemini göstermek için, Şekil 25 üç kaplamanın karşılaştırmasını göstermektedir. Birinci kaplama PCC'dir, ikinci ve üçüncü kaplamalar HMA'dır. Beklendiği gibi, PCC uygulanan yükü daha geniş bir alana dağıtır ve diğer iki kaplamadan daha küçük bir maksimum defleksiyona sahiptir. İkinci ve üçüncü kaplamalar aynı

kesite ve yük plakası altında aynı maksimum defleksiyona sahip olsa da, taban ve zemin mukavemetlerindeki farklılıklar nedeniyle aynı yükleme koşulları altında muhtemelen farklı performans göstereceklerdir.

Her katmanın malzeme özelliklerine ek olarak, diğer faktörler de defleksiyon havzalarındaki farklılıklara katkıda bulunabilir. Alttaki rijit veya görünür rijit katmanlar, test sırasında HMA katmanının sıcaklığı, katmanların her birindeki nem içeriği ve PCC levhanın eğilmesi ve kıvrılması, defleksiyon havuzu şekillerini etkileyebilir. Değerlendirme sürecinde önemli bir bileşen, her kaplama katmanının ve zeminin beklenen yapısal performansını tahmin etmek için NDT verilerinin analizidir.



Şekil 24. Defleksiyon Havuzu Şeması



Şekil 25. Üç Kaplamanın Defleksiyon Havuzu Karşılaştırılması

3.7. NDT VERİSİNİN KULLANIMI

Altyapı bozukluklarının nedenlerini belirlemek, altyapı değerlendirmesi yapmak veya bir güçlendirme tasarımı gerçekleştirmek için gereken altyapı özelliklerini elde etmek amacıyla NDT verilerini kullanmanın birçok yolu vardır. Mühendisler NDT verilerini niteliksel ve niceliksel prosedürler kullanarak değerlendirebilirler. Sonraki bölümlerde aşağıdaki gibi kaplama

özelliklerini hesaplamak ve değerlendirmek için kullanılabilecek çeşitli yöntemler sunulmaktadır:

a) ISM, DSM ve normalleştirilmiş defleksiyonlar

b) Kaplama katmanlarının ve zeminin geriye doğru hesaplanmış elastik modülü

c) Geleneksel karakterizasyonlarla korelasyonlar (örneğin, California Taşıma Oranı CBR veya k)

d) Çatlak ve derz yük aktarım verimliliği (LTE)

e) PCC köşelerinde ve bağlantı noktalarında boşluk tespiti

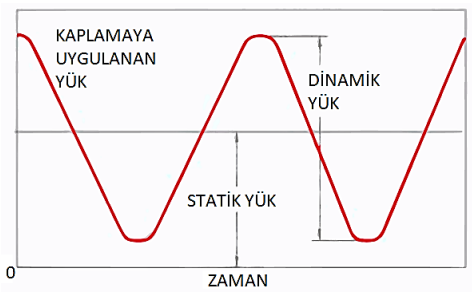
NDT'den türetilen bu kaplama özellikleri daha sonra FAA'nın değerlendirme ve tasarım prosedürlerinde kullanılabilir.

3.7.1. TAHRİBATSIZ TEST EKİPMANLARI

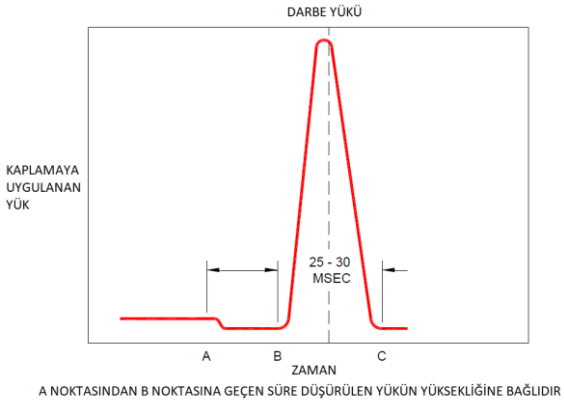
Tahribatsız test ekipmanları hem defleksiyonlu hem de defleksiyonsuz test ekipmanlarını içerir. Havalimanı kaplamalarının tahribatsız testlerine yönelik defleksiyon ölçüm ekipmanları genel olarak statik veya dinamik yükleme cihazları olarak sınıflandırılabilir. Dinamik yükleme ekipmanı, kullanılan zorlama fonksiyonunun türüne, yani titreşimli veya itici cihazlara göre ayrıca sınıflandırılabilir. Defleksiyon testini destekleyebilecek defleksiyonsuz ölçüm ekipmanı, yere nüfuz eden radarı, kızılötesi termografiyi, dinamik koni penetrometresini ve yüzey sürtünmesini, pürüzlülüğü ve yüzey dalgalarını ölçen cihazları içerir.

Titreşim cihazları, Şekil 26'de gösterildiği gibi dinamik bir kuvvet üreteci ile kaplamada kararlı durumda bir titreşim oluşturur. Bu şekilde gösterildiği gibi, yük plakasını kaplamaya yerleştiren küçük bir statik yük vardır. Daha sonra dinamik kuvvet, kaplamanın tepki vermesine (defleksiyona) neden olan önceden hesaplanmış bir frekansta üretilir. Kaplama defleksiyonları tipik olarak hız dönüştürücülerle ölçülür.

FWD veya Ağır Düşen Ağırlık Deflektometresi (HWD) gibi darbe yükü cihazları, Şekil 27'TE gösterildiği gibi bir dizi lastik yayı etkileyen serbest düşen ağırlıkla kaplamaya bir darbe yükü uygular. A'dan B'ye kadar geçen süre bu şekilde FWD ağırlık paketini gerekli düşme yüksekliğine kaldırmak için gereken süredir. Dinamik yükün büyüklüğü ağırlığın kütlesine ve ağırlığın bırakıldığı yüksekliğe bağlıdır.



Şekil 26. Titreşimli NDT için Statik ve Dinamik Kuvvet Bileşenleri



Şekil 27. Darbe Tabanlı NDT Ekipmanı için Maksimum Yüke Ulaşma Süresi

Ortaya çıkan defleksiyonlar tipik olarak hız dönüştürücüler, ivmeölçerler veya doğrusal değişken diferansiyel dönüştürücüler (LVDT) ile ölçülür. En popüler ve yaygın olarak kullanılan NDT ekipmanı, darbeye dayalı kategoriye girmektedir. Bu NDT ekipmanı kategorisi, havalimanı, yol ve liman kaplama testlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

BÖLÜM 3 - TAHRİBATSIZ DENEY EKİPMANLARI

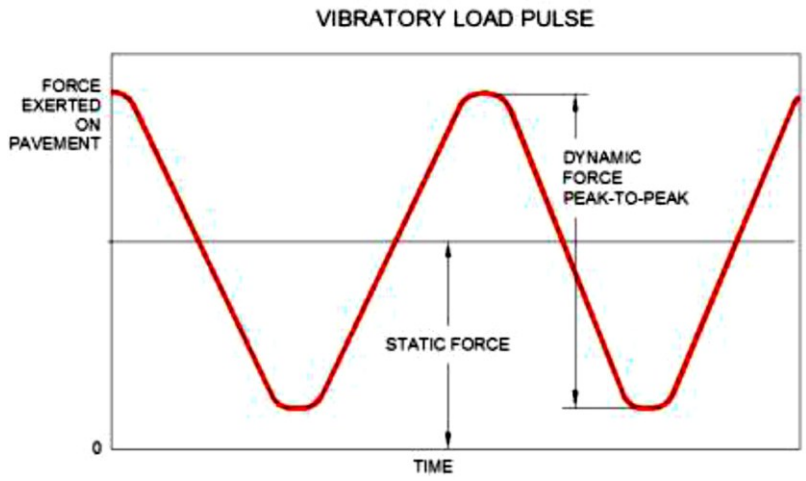
3.8. GENEL

Bu bölüm, bir havalimanı operatörünün veya mühendisinin, bir havalimanı kaplama çalışması için belirli bir NDT cihazını seçerken veya onaylarken dikkate alması gereken önemli konuları ele almaktadır. FAA defleksiyon verilerinin toplanmasına yönelik standartların oluşturulmasını sağlamak istemektedir.

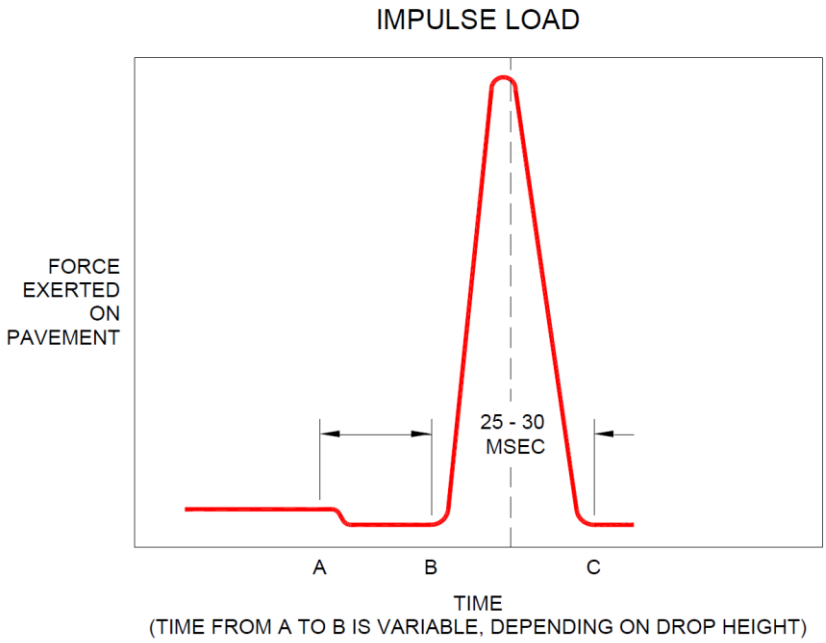
3.9. EKİPMAN KATEGORİLERİ

Tahribatsız test ekipmanları hem defleksiyon hem de defleksiyon olmayan test ekipmanlarını içerir. Havalimanı kaplamalarının tahribatsız testinde defleksiyon ölçüm ekipmanları genel olarak statik veya dinamik yükleme cihazları olarak sınıflandırılabilir. Dinamik yükleme ekipmanları kullanılan kuvvet fonksiyonlarına göre daha detaylı sınıflandırılabilir, yani titreşimli veya darbe cihazları. Defleksiyon testini tamamlayabilen defleksiyon olmayan ölçüm ekipmanları arasında yer altı radarı, kızılötesi termografi, dinamik koni penetrometresi ve yüzey sürtünmesini, pürüzlülüğünü ve yüzey dalgalarını ölçen cihazlar bulunur.

a) Defleksiyon Ölçen Ekipmanlar: Birkaç defleksiyon ölçüm ekipmanı kategorisi vardır: statik, sabit durum (örneğin titreşimli) ve darbe yükü cihazları. Statik bir cihaz, hareketsiz bir yük altında bir noktadaki defleksiyonu ölçer. Statik testler, diğer cihazlara kıyasla yavaş ve emek yoğun testlerdir. Statik bir cihaza örnek olarak Benkleman Kirişi ve diğer plaka taşıma testleri verilebilir. Titreşimli cihazlar, Şekil 28'de gösterildiği gibi, dinamik bir kuvvet üreteci ile kaplamaya sabit durum titreşimi uygular. Bu şekilde gösterildiği gibi, yük plakasını kaplamaya oturtan küçük bir statik yük vardır. Dinamik kuvvet daha sonra kaplamanın tepki vermesine (defleksiyona) neden olan önceden hesaplanmış bir frekansta üretilir. Kaplama defleksiyonları genellikle hız dönüştürücülerle ölçülür. Dynaflect ve Road Rater dahil olmak üzere birkaç sabit durum titreşim cihazı türü vardır. FWD veya Ağır Düşen Ağırlık Deflektometresi (HWD) gibi darbe yükü cihazları, Şekil 29'da gösterildiği gibi, bir dizi kauçuk yay üzerine çarpan serbest düşen ağırlıkla kaplamaya bir darbe yükü uygular. Bu şekildeki A'dan B'ye kadar geçen süre, FWD ağırlık paketini gerekli düşme yüksekliğine kaldırmak için gereken süredir. Dinamik yükün büyüklüğü, ağırlığın kütlesine ve ağırlığın bırakıldığı yüksekliğe bağlıdır.



Şekil 28. Titreşimli NDT için Statik ve Dinamik Kuvvet Bileşenleri



Şekil 29. Darbe Tabanlı NDT Ekipmanları için Tepe Yük Süresi

Ortaya çıkan defleksiyonlar genellikle hız dönüştürücüler, ivme ölçerler veya doğrusal değişken diferansiyel dönüştürücüler (LVDT) ile ölçülür. Tablo 13, günümüzde kullanımda veya üretimde olan çeşitli statik, titreşimli ve darbe yükü NDT ekipmanlarının bir özetini sunar. En popüler ve yaygın olarak kullanılan NDT ekipmanları darbe tabanlı kategoriye girer. Bu NDT ekipmanı kategorisi, havalimanı, yol ve liman kaplama testleri için yaygın olarak kullanılır.

Tablo 13. Tahribatsız Muayene Ölçüm Ekipmanlarının Özeti

Kategori	Ekipman	Üretici	Yük Aralığı, lb (kN)	Yük Aktarımı, inç (cm)	Sensör Sayısı	Sensör Aralığı, inç (cm)
Statik	Benkleman Beam	Soiltest Inc.	Araca göre	Yüklü kamyon veya uçak	1	-
	La Croix Deflectograph	Switzerland	Araca göre	Yüklü kamyon	1	-
	Plate Bearing Test	Çeşitli, ASTM D1196	Araca göre	Yüklü kamyon	1	-
Titreşimli	Dynaflect	Geolog, Inc.	1,000 (5)	15 (240) Çaplı Çelik Teker	4	Değişken, 0 – 48 (0 - 120)
	Road Rater	Fotmdations Mechanic, Inc.	500 - 8,000 (2 - 35)	18 (45) Çaplı Plaka	4 - 7	Değişken, 0 – 48 (0 - 120)
	WES Heavy Vibrator	U.S. Co1ps of Engineers	500 - 30,000 (2 - 130)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	5	Değişken, 0 – 60 (0 - 120)
Darbe	Dynatest FWD	Dynatest Engineering	1,500 - 27,000 (7 - 240)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	7 - 9	Değişken, 0 – 90 (0 - 120)
	Dynatest HWD	Dynatest Engineering	6,000 - 54,000 (27 - 240)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	7 - 9	Değişken, 0 – 96 (0 - 240)
	JILS FWD	Fotmdation Mechanics, Inc.	1,500 - 24,000 (7 - 107)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	7	Değişken 0 – 96 (0 - 240)
	JILS HWD	Fotmdation Mechanics, Inc.	6,000 - 54,000 (27 - 240)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	7	Değişken, 0 - 96 (0 - 240)
	KUAB FWD	KUAB	1,500 -24.000 (7 - 150)	12 -18 (30 - 45) Çaplı Plaka	7	Değişken, 0 -72 0 - 180)
	KUAB HWD	KUAB	6,000 - 54.000 (13 - 294)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	7	Değişken, 0 -72 (0 - 180)
	Carl Bro FWD	Carl Bro Group	1,500 - 34.000 (7 - 150)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	9 - 12	Değişken, 0 – 100 (0 - 250)
	Carl Bro HWD	Carl Bro Group	1,500 - 27.000 (7 - 250)	12 - 18 (30 - 45) Çaplı Plaka	9 - 12	Değişken, 0 – 100 (0 - 250)
	Carl Bro LWD	Carl Bro Group	1,500 - 27.000 (1 - 15)	4 - 8 - 12 (30 - 45) Çaplı Plaka	9 - 12	Değişken, 0 -40 (0 - 100)
Yukarıda belirtilen ekipmanlar yalnızca bilgilendirme amaçlıdır						

b) Defleksiyon Olmayan Ölçüm Ekipmanı: Mühendisin bir kaplama değerlendirmesi yapmasına, bir kaplama tasarımı yapmasına veya bir kaplama yönetim sistemi uygulamasına yardımcı olabilecek birkaç başka tahribatsız test ekipmanı türü mevcuttur. Defleksiyon olmayan ölçüm ekipmanından toplanan veriler genellikle NDT verilerini tamamlar veya kaplama analiz çalışmasında bağımsız bilgi sağlar. NDT ekipmanından gelen defleksiyon verileri öncelikle bir kaplamanın yapısal kapasitesini ve durumunu değerlendirmek için kullanılsa da, aşağıdaki defleksiyon olmayan ölçüm ekipmanı da kullanılabilir:

1) Yeraltı Nüfuzlu Radar (GPR)
   GPR verilerinin en yaygın kullanımları arasında kaplama katman kalınlıklarını ölçmek, büyük boşlukları belirlemek, yapıda aşırı su varlığını tespit etmek, yeraltı tesisatlarını bulmak ve kaplama katmanları arasındaki önemli delaminasyonu araştırmak yer alır.

2) Yüzey Dalgalarının Spektral Analizi (SASW)
   SASW ekipmanı, NDT verilerini destekleyebilecek veriler sağlar. Kaplamaya çok daha yüksek yükler uygulayan NDT ekipmanının aksine, SASW ekipmanı, düşük gerilme seviyeleri içeren Rayleigh dalga ölçümlerinden kaplamaları değerlendiren küçük taşınabilir ünitelerden oluşur. Mühendisler daha sonra bu verileri değerlendirerek kaplama katmanlarının yaklaşık kalınlığını, NDT tarafından hesaplanan elastiklik değerleriyle karşılaştırma için elastiklik katman modülünü ve rijit katmanlara yaklaşık derinliği hesaplayabilirler.

3) Kızılötesi Termografi (IR)
   IR verilerinin en yaygın kullanımlarından biri, asfalt kaplama katmanları arasında delaminasyon olup olmadığını belirlemektir.

4) Sürtünme Özellikleri
   Bir kaplamada yüzey sürtünme testleri yapmak için kullanılabilen ekipman türleri vardır. Test yöntemleri ve havalimanları için çeşitli yaygın sürtünme test cihazı türleri AC 150/5320-12'de ele alınmıştır.

5) Pürüzsüzlük Özellikleri
   Yüzey profili verilerini toplamak ve uçağın taksi, kalkış ve iniş sırasında nasıl tepki verebileceğini belirlemek için kullanılabilen çeşitli ekipman türleri vardır.

6) Dinamik Koni Penetrometresi (DCP)
   DCP, NDT verilerini desteklemek için kullanılabilen başka bir ekipman parçasıdır. Bir HMA veya PCC katmanının kalınlığını doğrulamak için kaplamadan karot alınırsa, DCP temel, alt temel ve zeminin sıkılığını değerlendirmeye yardımcı olabilir. Veriler, çubuğun koni şeklindeki ucunun her bir katmandan geçmesi için gereken inç başına darbe sayısı cinsinden kaydedilir. Bu verilerin çizimleri, katman türlerindeki ve katman mukavemetlerindeki değişiklikler hakkında bilgi sağlar.

3.10. NDT EKİPMANI İÇİN GENEL GEREKSİNİMLER

Bir kaplama çalışmasında defleksiyon ölçüm ekipmanının kullanımı düşünülüyorsa, mühendis önce proje gereksinimlerini değerlendirmelidir. Anlamlı sonuçlar sağlamak için, ekipman yetenekleriyle ilgili birkaç genel gereksinim dikkate alınmalıdır. NDT sonuçlarının kalitesi, bu rehberin sonraki bölümlerinde açıklandığı gibi, test planının kalitesi, test prosedürleri ve veri analiz prosedürleri gibi çeşitli faktörlere bağlı olacaktır.

Genel olarak, NDT değeri, genel havacılık (GA) havalimanlarına kıyasla birincil ulaşım havalimanları için daha büyük olacaktır. Ancak, bir GA havalimanı, 30.000 lb'den (13.500 kg) fazla maksimum brüt kalkış ağırlığına sahip uçakları destekliyorsa veya destekleyecekse veya daha ağır uçakların havalimanını seyrek olarak kullanması bekleniyorsa, NDT kaplamanın değerlendirilmesinde yararlı olabilir. Ayrıca, GA havalimanlarından işletilen iş jetlerinin sayısının artması nedeniyle, NDT bir GA kaplama çalışmasına önemli bir değer katabilir.

NDT testlerinin sıklığına ve türlerine bağlı olarak, 9.000 ft (2.800 m) uzunluğunda ve 150 ft (45 m) genişliğinde tipik bir pistte çalışma normalde 1 ila 2 gün sürer. Yoğun trafik gündüz saatlerinde meydana gelirse, tesisin 6 ila 8 saatlik süreler boyunca kapalı kalabileceği gece saatlerinde NDT'yi gerçekleştirmek daha verimli olabilir.

Mühendis NDT yapmaya karar verirse, çalışma için kullanılacak ekipman türünü dikkatlice değerlendirmelidir. Genel olarak, ekipman kaplamaya, kaplama yüzeyindeki sensörlerle doğru bir şekilde kaydedilebilecek kadar büyük defleksiyonlar ve yükler oluşturan dinamik bir yük aktarabilmelidir. Dinamik yükün gerekli büyüklüğü öncelikle kaplama katmanlarının kalınlığına ve mukavemetine bağlı olacaktır. Defleksiyonlar, kaplamayı kullanacak yapı ve uçak türü için yeterliyse, NDT ekipman sensörleri her sensör konumunda doğru ve tekrarlanabilir defleksiyon ölçümleri sağlamalıdır.

Tekrarlanabilirlik iki nedenden dolayı önemlidir. İlk olarak, kaplama yapısı hakkında daha fazla bilgi edinmek için NDT birden fazla yük seviyesinde gerçekleştirilebilir, örneğin boşluklar olup olmadığı veya zemin yapısının gerilime duyarlı olup olmadığı ve artan yük ile daha sert veya daha yumuşak görünüp görünmediği gibi. Kaplamayı düzgün bir şekilde karakterize etmek için, sensörler defleksiyon verilerini doğru ve tutarlı bir şekilde kaydetmelidir. İkinci olarak, kaplamalar zamanla bozulduğu için, sonraki kaplama değerlendirmesi ve NDT çalışması önemli olabilir. Bozulma oranını ölçmek için, kaplamanın tasarım ömrü boyunca farklı zamanlarda güvenilir defleksiyon verilerine sahip olmak önemlidir.

BÖLÜM 4 - TAHRİBATSIZ MUAYENE EKİPMANLARI İÇİN GEREKLİLİKLER

3.11. GENEL

Bu bölüm, bir havalimanı operatörünün veya mühendisinin bir havalimanı kaplama çalışması için belirli bir NDT cihazını seçerken veya onaylarken dikkate alması gereken temel konuları ele almaktadır. FAA, onaylanmış bir defleksiyon ölçüm ekipmanı listesine sahip değildir ancak defleksiyon verilerinin toplanması için standartların oluşturulmasını sağlamak istemektedir.

3.12. STANDARDİZASYON GEREKLİLİĞİ

Ham defleksiyon verilerinin analizi, kaplamanın mukavemetine ilişkin farklı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, statik, titreşimli *(vibratory)* ve darbeli *(impulse)* NDT kategorilerindeki çeşitli ekipman türleri arasında defleksiyon verilerinin tutarlı ve tekrarlanabilir olmasını sağlamak önemlidir.

NDT verilerinin faydası, test yerleri arasındaki kaplama mukavemetindeki göreceli farklılıkları kaydetme yeteneğidir. Kaplama mukavemetindeki değişiklikler tipik olarak katman kalınlıkları ve mukavemetindeki, kaplama malzemelerinin sıcaklık duyarlılığındaki, mevsimsel etkilerdeki, su tablası yüksekliklerindeki, donma derinliklerindeki ve NDT ekipmanının kendisindeki değişikliklerin sonucudur.

Bu bölüm, ekipman veya test varyansının en aza indirilebilmesi için sapma ölçüm ekipmanının çeşitli bileşenleri için standardizasyon konusunda rehberlik sağlar. Tablo 14, bu rehberde ele alınan ekipman kategorileri için ASTM referansları sağlar. Daha önce açıklandığı gibi, günümüzde kullanılan en yaygın NDT ekipmanı türü darbe yükleme cihazıdır (yani, FWD veya HWD). ASTM D 4694 Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device, bu cihazın elemanlara maruz kalan aletler, kuvvet üreten cihaz (örneğin, düşen ağırlık), yükleme plakası, sapma sensörü, yük hücresi ve veri işleme ve depolama sistemi gibi temel bileşenlerini ele alır.

Tablo 14. Defleksiyon Ölçüm Ekipmanı için ASTM Standartları

ASTM	NDT Test Ekipmanı		
	Statik	Titreşimli	Darbeli
D 1195, Havalimanı ve Karayolu Kaplamalarının Değerlendirilmesinde ve Tasarımında Kullanıma Yönelik Zeminlerin ve Esnek Kaplama Bileşenlerinin Tekrarlı Statik Plaka Yükü Testleri için Standart Test Yöntemi	✓		
D 1196, Havalimanı ve Otoyol Kaplamalarının Değerlendirilmesinde ve Tasarımında Kullanıma Yönelik Zeminlerin ve Esnek Kaplama Bileşenlerinin Tekrarlı Olmayan Statik Plaka Yükü Testleri için Standart Test Yöntemi	✓		
D 4602, Döngüsel Yüklemeli Dinamik Defleksiyon Ekipmanı Kullanılarak Kaplamaların Tahribatsız Muayenesine İlişkin Standart Kılavuz		✓	
D 4694, Düşen Ağırlık Tipi Darbe Yükü Cihazı ile Defleksiyonlar için Standart Test Yöntemi			✓
D 4695, Genel Kaplama Defleksiyon Ölçümleri için Standart Kılavuz	✓	✓	✓

Defleksiyon verilerinin doğru kaydedilmesini sağlamak için ekipmanın kalibrasyonu çok önemlidir. ASTM D 4694, darbeli yükleme cihazı için aşağıdaki kalibrasyon programını önerir.

a) Kuvvet Üreten Cihaz (testten veya diğer bileşen kalibrasyonundan önce). Bu kalibrasyon, ağırlığı en az beş kez düşürerek ve her yüklemedeki göreceli farkı kontrol ederek cihazın ön koşullandırılmasını içerir.

b) Defleksiyon Sensörleri (en az ayda bir kez veya üreticinin belirttiği şekilde). Bu kalibrasyon sırasında, her sensörün defleksiyon ölçümleri, üreticinin belirttiği şekilde sensörlerin hassasiyet sınırları dahilinde aynı defleksiyon ölçümünü üretecek şekilde ayarlanır.

3.13. FAA DUYARLILIK ÇALIŞMASI

NDT cihazının doğru şekilde kalibre edildiğini ve düzgün çalıştığını varsayarak mühendis veya ekipman operatörü, sapma ölçüm ekipmanına yönelik test seçenekleriyle ilgili çeşitli kararlar alacaktır.

a) Yük Plakası Çapı

Pek çok darbeli yükleme ekipmanı üreticisi, 12 inç (30 cm) veya 18 inç (45 cm) çapındaki yükleme plakası seçeneğini sunar. Bir kaplama çalışması için yük plakası boyutunu seçerken aşağıdakiler de dahil olmak üzere dikkate alınması gereken birkaç önemli faktör vardır:

1) En Yaygın Plaka Boyutu
Tüm veriler tek bir plaka boyutu kullanılarak toplanmışsa NDT verilerini değerlendirmek çok daha kolaydır. Çoğu analiz yazılımı hem 12 inç (30 cm) hem de 18 inç (45 cm) plaka boyutları için yazılmıştır.

2) Kaplama Katmanının Sıkıştırılması
Daha büyük bir yük plakası, darbe yükünü daha geniş alanlara dağıtma ve katman sıkıştırma miktarını en aza indirme avantajına sahiptir. Plaka boyutunun önemi yükün büyüklüğüne, yüzey sıcaklığına ve yüzey katmanının bağlı veya bağlı olmayan *(bounded/unbounded)* malzemeden oluşup oluşmadığına bağlıdır. Çoğu NDT çalışması, kaplamanın çok sıcak olmadığı zamanlarda HMA ve PCC yüzeyleri üzerinde yürütüldüğünden, sıkıştırma genellikle önemli bir sorun yaratmaz. Bununla birlikte, eğer NDT bağlanmamış bir granüler temel, alt temel veya zemin üzerinde gerçekleştiriliyorsa, daha büyük plaka daha avantajlı olabilir.

3) Plakanın Kaplama Yüzeyine Oturması
Eğer kaplamanın yüzeyi çok pürüzlü ise, daha büyük olan plaka yüzeye düzgün şekilde oturmayabilir ve darbe yükünün eşit olmayan bir dağılımına neden olabilir. Segmentasyonlu yükleme plakası pürüzlü yüzeyde ölçüm yapmayı kolaylaştırabilir.

4) Özet
12 inçlik (30 cm) yük plakası normalde bağlı yüzey malzemeleri üzerinde test yapılırken kullanılır. Bağlanmamış temel, alt temel veya zemin malzemeleri üzerinde NDT yapılacaksa 18 inçlik (45 cm) bir yük plakası kullanılmalıdır. Üretici daha büyük yük

plakasını sağlamazsa mühendis daha küçük yük plakasını kullanabilir ancak yük plakasından uzaktaki defleksiyon sensörlerine daha fazla güvenmelidir.

b) Sensör Aralığı ve Sayısı

Mevcut sensörlerin sayısı üreticiye ve ekipman modeline bağlıdır. Sonuç olarak sensör aralığı, mevcut sensör sayısına ve sensör çubuğunun uzunluğuna bağlı olacaktır. Çoğu NDT ekipmanı, sensörlerin her kaplama çalışması için yeniden konumlandırılmasına izin vermesine rağmen, NDT çalışmasının kaplama yapısının tipine bakılmaksızın aynı konfigürasyonu kullanarak yürütülmesi önerilir.

Tablo 15, çeşitli kurumlar tarafından kullanılan ortak sensör yapılandırmalarını göstermektedir. Genel olarak, daha fazla sensöre sahip NDT cihazları, statik veya dinamik yüklerin oluşturduğu defleksiyon havuzunu daha doğru bir şekilde ölçebilir. Çoğu kurum, sensör aralıkları arasındaki mesafeyi 12 inçten (30 cm) fazla olmayacak şekilde sınırlamayı tercih eder. Bunun istisnası, altıncı ve yedinci sensörler arasında 24 inç (60 cm) bulunan Strategic Highway Research Program (SHRP) konfigürasyonundaki yedinci sensördür.

Her kaplama katmanının elastik modülünü hesaplamak için defleksiyon verilerini analiz ederken, defleksiyon havuzunun doğru ölçümü özellikle önemlidir. Bununla birlikte, en dıştaki sensördeki defleksiyon büyüklüğünün, sensörler için üreticinin spesifikasyonları dahilinde olmasını sağlamak da çok önemlidir. En dıştaki sensördeki defleksiyonun büyüklüğü öncelikle dinamik yükün büyüklüğüne, kaplama yapısının kalınlığına ve sertliğine *(stiffness)* ve alttaki kaya veya sert tabakanın derinliğine bağlıdır.

Tablo 15. Ortak Sensör Yapılandırmaları

Kurum	Konfigürasyon İsmi	Sensör Yük Plakasının Merkezinden Uzaklığı, inç (cm)						
		Sensör 1	Sensör 2	Sensör 3	Sensör 4	Sensör 5	Sensör 6	Sensör 7
US Air Force	AF 7-Sensor	0	12 (30)	24 (60)	36 (90)	48 (120)	60 (150)	72 (180)
FHWA ve DOT	SHRP 4-Sensor	0	12 (30)	24 (60)	36 (90)	-	-	-
	SHRP 7-Sensor	0	6 (15)	12 (30)	18 (45)	24 (60)	36 (90)	60 (150)

c) Darbe Süresi

Darbe yüklü NDT ekipmanı için kuvvet-darbe *(pulse time)* süresi, dinamik yükteki ilk artıştan sıfıra yakın bir değere dağılıncaya kadar geçen sürenin uzunluğudur. Hem FAA hem de ASTM, çoğu darbe yükleme cihazı için tipik olan 20 ila 60 milisaniye aralığındaki bir darbe süresini kabul etmektedir. Benzer şekilde yükselme süresi, dinamik yükteki ilk artış ile yükün yayılmasına başlamadan önce zirve noktası arasındaki süredir. Darbe yükleme cihazları için tipik yükselme süreleri 10 ila 30 milisaniye aralığındadır.

d) Yük Doğrusallığı

Defleksiyon verilerinin analizi sırasında mühendisler genellikle yapıdaki tüm katmanların doğrusal elastik modda tepki verdiğini varsayarlar. Örneğin bu, NDT cihazından gelen dinamik yükün büyüklüğündeki yüzde 10'luk bir artışın, dinamik yük artışına verilen yanıtta yüzde 10'luk bir artışa yol açacağı anlamına gelir. Çoğu kaplama yapısı ve test koşulu için, geleneksel

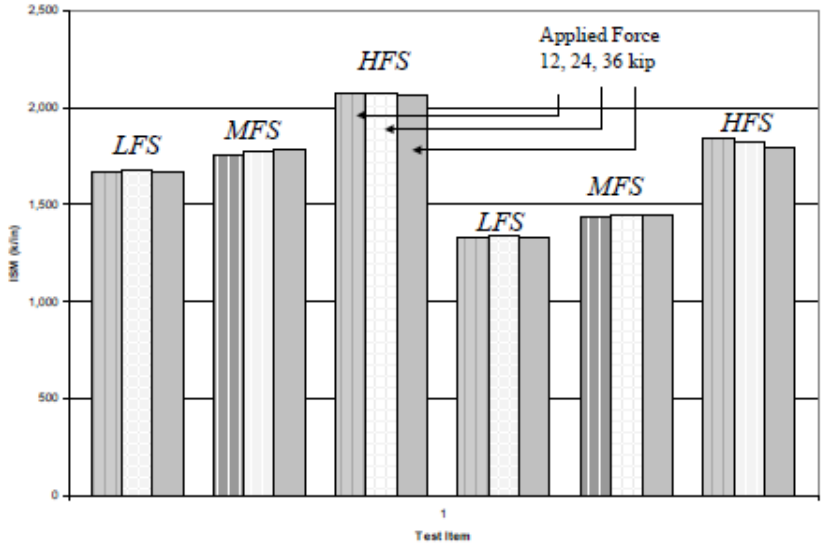
kaplama malzemeleri, testlerin yapıldığı yük aralığı dahilinde doğrusal elastik bir şekilde davranacaktır.

FAA esnek kaplamaların tepkisini incelemek için çeşitli testler yürütmüştür. Test bölümleri agrega üzerinde esnek kaplamayı ve düşük, orta ve yüksek dayanımlı zemin üzerine inşa edilen stabilize temelleri içermektedir. FAA, her test bölümünü 12000 lb (50 kN), 24000 lb (107 kN) ve 36000 lb (160 kN) HWD yüklerini kullanarak test etmiştir.

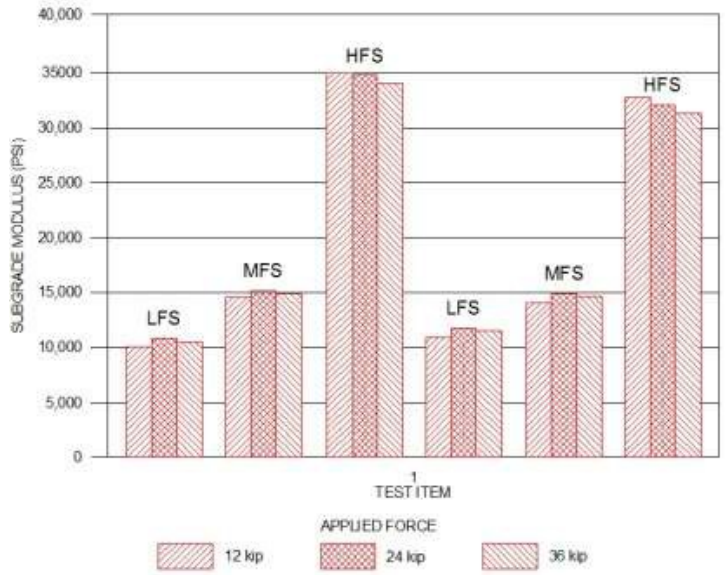
Şekil 30 ve Şekil 31, HMA deney kesitlerinin ISM ve geriye dönük hesaplanan zemin elastik modülü açısından doğrusal davranışını göstermektedir. ISM ve hesaplanan zemin modülü için, hassasiyet çalışmasının sonuçları, ölçülen defleksiyonların sensörlerin belirlenen sınırları dahilinde olması koşuluyla, HWD darbe yükü değiştirildiğinde kaplama tepkisinde çok az fark olduğunu göstermiştir. FAA, Denver Uluslararası Havalimanı'ndaki (DIA) aletli PCC pist testi bölümünde benzer testler yürüttüğünde de doğrusal bir yanıt gözlemlemiştir.

NAPTF ve DIA'daki hassasiyet çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, oluşturulan defleksiyonların tüm defleksiyon sensörlerinin sınırları dahilinde olması koşuluyla darbe yükünün genliği kritik değildir. İzin verilen darbe yükleri aralığını belirleyecek temel faktörler kaplama tabakası kalınlıkları ve malzeme türleridir. Bu nedenle, kaplama çok kalın bir PCC veya HMA ile kaplanmış (overlay) PCC yapısı olmadığı sürece, çoğu FWD cihazı, güvenilir veri toplama için yeterli sapmalar üretebileceklerinden dolayı kabul edilebilir olacaktır.

Genel olarak, ticari hava taşıyıcı uçaklara hizmet veren kaplamalarda darbe yükü 20.000 lb (90 kN) ile 55.000 lb (250 kN) arasında değişmelidir. Daha ince GA kaplamalarda daha hafif yükler kullanılabilir.



Şekil 30. ISM Açısından HWD Kuvvet Doğrusallığının Değerlendirilmesi



Şekil 31. Zemin Elastiklik Modülü Açısından HWD Kuvvet Doğrusallığının Değerlendirilmesi

3.14. FAA POLİTİKASININ ÖZETİ

Bu bölüm, çoğu defleksiyon ölçüm ekipmanı türüyle ilişkili ekipman seçenekleri hakkında rehberlik sağlar. Yük plakası boyutu, sensör sayısı ve aralığı ve darbe yükü büyüklükleri açısından NDT cihazının uygun şekilde yapılandırılması, ekipmanla tutarlı, güvenilir ve yeniden kullanılabilir sapma verilerinin kaydedilebilmesini sağlayacaktır. Sahaya seferber olmadan önce, mühendis bir NDT test planı geliştirmelidir.

BÖLÜM 5 - DENEYİN PLANLAMASI

3.15. GENEL

Bu bölümde deneyin planlanması sahada kaydedilen defleksiyon verilerinin tutarlı, tekrarlanabilir ve güvenilir olması için standardizasyonun önemi anlatılacaktır. Bu gereklilikleri karşılayan veri toplama yöntemleri, aynı kaplama bölümü için gelecekteki defleksiyon verilerinin, kaplamanın tasarım ömrünün çeşitli dönemlerinde ne kadar hızlı bozulabileceğini belirlemek için önceki sonuçlarla karşılaştırılabilmesini sağlamaya yardımcı olacaktır.

3.16. NDT GEREKÇELENDİRİLMESİ

Bir NDT test planı geliştirmeden önce, havalimanı için mevcut durumun defleksiyon verilerinin toplanmasını gerektirip gerektirmediğine karar verilmelidir. PCI prosedürü gibi görsel durum araştırmaları, kaplamanın işlevsel durumuna ilişkin iyi bilgiler sağlar. Ancak görsel bozulma verileri kaplama yapısının yapısal durumuna ilişkin yalnızca dolaylı bir ölçüm sağlayabilir. Burada açıklanan analitik prosedürlerle birleştirilmiş tahribatsız muayene, kaplamanın yapısal performansının doğrudan bir göstergesini sağlayabilir.

Birçok ticari havalimanında, önemli sayıda yıllık kalkışlarda ağır, dar ve geniş gövdeli uçakları içeren filo karışımları bulunur. Yapısal hasar potansiyeli tipik olarak yıllık kalkış sayısına ve 100.000 lb'yi (45.000 kg) aşan uçakların maksimum brüt kalkış ağırlığına (MGTOW) bağlıdır.

Öte yandan, bazı havalimanları, MGTOW'u 60.000 lb'yi (27.000 kg) aşan uçakların rutin çalışmasını desteklemez. Ancak ağır bir uçağın bir veya iki kalkışının kaplama yapısında ciddi hasara yol açabileceği senaryolar vardır. Bu nedenle, kaplamanın ara sıra meydana gelen aşırı yüklenme durumlarına uyum sağlayıp sağlayamayacağının değerlendirilmesi yeteneği, havalimanı işletmeciliğine önemli ölçüde fayda sağlar.

Havalimanı için NDT'yi kaplama çalışmalarına dahil etmeye karar verildikten sonra, gerçekleştirilecek testlerin sayısına ve türlerine karar verilir. Toplam test sayısı öncelikle üç faktöre bağlı olacaktır.

a) Çalışmaya dahil edilecek kaplamaların alanı

b) Kaplamanın tipi

c) Genellikle proje veya ağ düzeyinde araştırma olarak adlandırılan çalışma türü

Proje düzeyindeki araştırmalar, kaplama rehabilitasyonu, rekonstrüksiyon ve yeni inşaat tasarımlarını desteklemek amacıyla yürütülen çalışmaları ifade eder. Ağ düzeyindeki çalışmalar genellikle kaplama yönetim sistemlerinin uygulanmasını ve güncellenmesini desteklemektedir. Tipik olarak yalnızca bir veya iki kaplama tesisini içerebilen proje düzeyindeki bir çalışmada NDT'nin sıklığı daha fazladır. Bu, tüm hava tarafı kaplamalarını, tüm kara tarafı kaplamalarını veya her ikisini içerebilen ağ düzeyindeki bir çalışmanın tersidir.

3.17. NDT TEST HEDEFLERİ

NDT programının amacı, bir projenin veya ağ düzeyinde altyapı çalışmasının hedeflerini destekleyecek defleksiyon verilerini toplamaktır. Veriler, bir havalimanının hava ve kara tarafındaki uçak veya araç trafiği operasyonlarında minimum kesinti ile verimli bir şekilde toplanmalıdır. NDT planı, aşağıdaki gibi kategorize edilebilecek proje ve ağ düzeyindeki hedefleri desteklemelidir:

a) Proje Düzeyi Hedefler

1) Mevcut kaplamaların yük taşıma kapasitesinin değerlendirilmesi.

2) Restorasyon, fonksiyonel ve yapısal kaplamalar, kısmi yeniden yapılanma (örneğin pist omurgası) ve tam yeniden inşayı içeren kaplama rehabilitasyon alternatiflerinin tasarımı için yerinde kaplama katmanlarının malzeme özelliklerinin sağlanması.

b) Ağ Düzeyi Hedefler

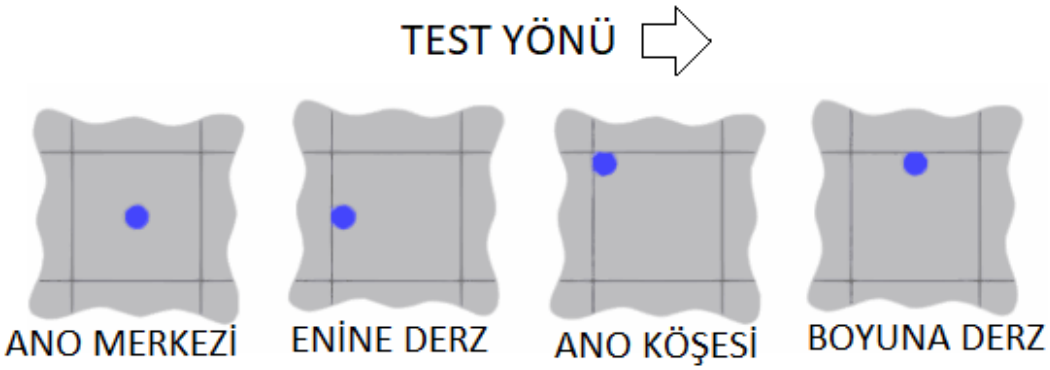
1) Bir APMS veritabanında saklanabilecek ek PCI araştırma verileri toplanması.

2) FAA AC 150/5335-5'e uygun olarak her hava tarafı tesisi için PCR verisi oluşturması.

3.18. NDT DENEY TİPLERİ

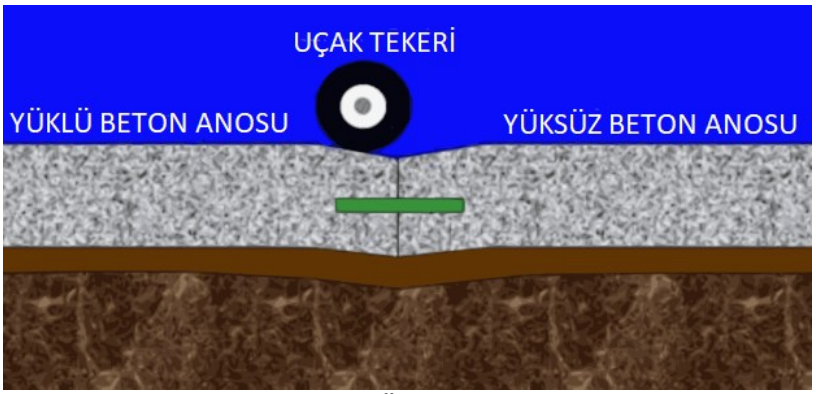
Tüm kaplama türleri için en yaygın test, merkez testidir. Birleştirilmiş PCC ve HMA kaplamalı PCC kaplamaları için bu, PCC anosunun merkezinde yapılan bir testtir. HMA kaplamaları için bu, tekerlek yolunun merkezinde, mevcut olabilecek çatlaklardan uzakta yapılan bir testtir. Merkez testi kaplama ve zemin katmanlarının mukavemetini tahmin etmek için kullanılabilecek bir defleksiyon havuzu oluşturan defleksiyon verilerinin toplanmasına hizmet eder.

PCC ve HMA kaplamalı PCC kaplamaları için, yapıyı karakterize etmeye yardımcı olacak başka türde testler de vardır. Bu testlerin tümü, çoğu PCC kaplamanın bağlantı noktalarına sahip olduğu ve çoğu HMA kaplamalı PCC kaplamanın, PCC bağlantı noktalarından yansıyan yüzey çatlaklarına sahip olduğu gerçeğine odaklanmaktadır. Şekil 32'de gösterildiği gibi derzlerin çeşitli yerlerindeki NDT, kaplamanın uçak yüklerine ve iklim koşullarındaki değişikliklere tepkisi hakkında veri sağlar.



Şekil 32. PCC Döşemesindeki NDT Test Konumları

Boyuna ve enine bağlantılarda yapılan testler, Şekil 33'te gösterildiği gibi, bir uçağın ana dişlisinin ne kadarının yüklü anodan yüksüz anoya aktarıldığını gösterir. Yüksüz anoya yük aktarım miktarı arttıkça, yüklü anodaki bükülme gerilimi de artar kaplama ömrü uzar. Yük transferinin miktarı kaplama sıcaklığı, kayma çubuklarının *(dowel bar)* kullanımı ve PCC yüzey katmanının altında stabilize edilmiş bir malzemesinin kullanılması gibi birçok faktöre bağlıdır.



Şekil 33. PCC Bağlantısı Üzerinden Yük Aktarımı

Şekil 32'da gösterildiği gibi köşe testi, test edilecek diğer bir konumdur. Bu, PCC anosunun altındaki destek kaybının anodaki diğer alanlara göre daha sık meydana geldiği bir alandır. Boşluklar veya destek kaybı genellikle ilk olarak ano köşesinde meydana gelir çünkü PCC anosunda defleksiyonların en büyük olduğu yer burasıdır.

Bu nedenle, beton döşemelerde köşe kırılmaları varsa boşlukların oluşması ihtimali vardır. Bu durumda bölgedeki çatlaksız döşemeler üzerinde köşe döşeme testi yapılması önemli olacaktır. Çoğunlukla beton ara döşeme, birleşim yerleri ve köşe testleri, farklı konumlardaki bağıl sertliği değerlendirmek için aynı ano üzerinde gerçekleştirilir.

3.19. NDT DENEY YERLERİ VE MESAFELENDİRME

NDT türleri seçildikten sonra bir sonraki adım, her bir kaplama için konumu ve test aralığını seçmektir. Çalışma koşullarına ve test türlerine bağlı olarak, NDT operatörü tipik olarak 8 saatlik vardiya başına 150 ila 250 konumdan defleksiyon verisi toplayabilir.

NDT, kaplamanın tahribatlı testlerden (örneğin sondajlar ve karotlar) çok daha iyi kapsanmasını sağlayacak olsa da kapsam, maliyet ve zaman arasında bir denge sağlanmalıdır.

Tablo 16, taksi yolları ve pistlere yönelik testlerin aralığı ve konumu hakkında genel rehberlik sağlamaktadır. Ofset tavsiyeleri, PCC kaplamaları için yaklaşık 18 ft (6 m) varsayılan uzunlamasına derz aralığına dayanmaktadır. Ofset mesafesi, taksi yolu ve pist merkez hattından olan mesafeyi ifade eder. 60 ft (18 m) ve 65 ft (20 m) üçüncü ofset mesafeleri, 125 ft'ten (38 m) daha geniş olan pistler için geçerlidir. Tablo 17 apronlara yönelik testlerin sıklığı ve yeri hakkında genel rehberlik sunmaktadır.

Her tesis için toplam test sayısı bir ızgaraya eşit olarak dağıtılmalıdır. Kapsamlı bir değerlendirme alanı elde etmek için ızgaradaki her bitişik NDT geçişi kademeli olmalıdır. Hava tarafı erişim yollarının, çevre yollarının ve diğer kara tarafı kaplamalarının test edilmesi için, ASTM D 4695 - Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements dökümanında sağlanan tavsiyelere uyulmalıdır. Bu ASTM standardı, ağ seviyesi testini "Seviye I" ve proje seviyesi testini "Seviye II" ve "Seviye III" olarak ifade eder.

Tablo 16. Tipik Pist ve Taksi Yolu Test Yerleri ve Aralıkları

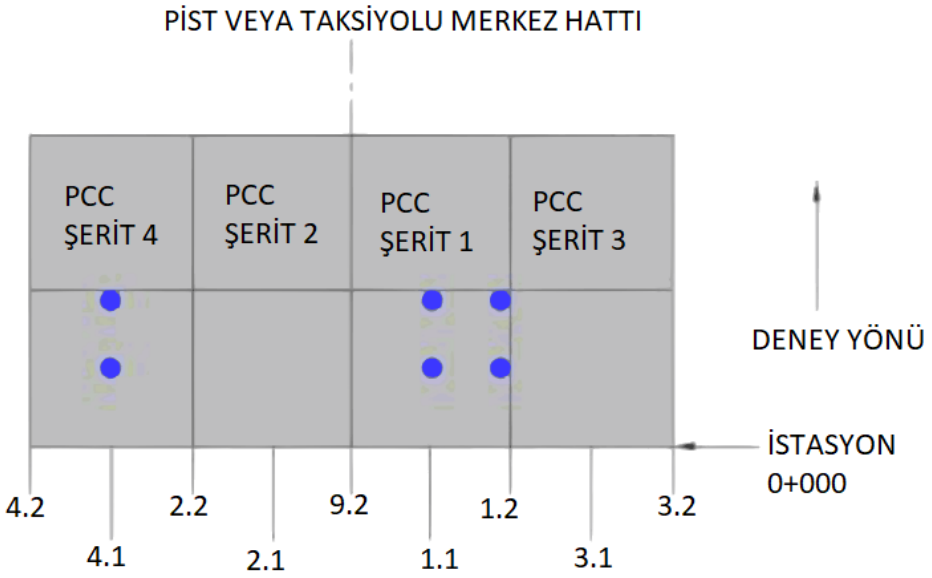
Test Tipi	PCC veya PCC üzerine HMA kaplama				HMA			
	Proje Seviyesi		Ağ Seviyesi		Proje Seviyesi		Ağ Seviyesi	
	Ofset feet (m)	Mesafe feet (m)	Ofset feet (m)	Mesafe feet (m)	Ofset feet (m)	Mesafe feet (m)	Ofset feet (m)	Mesafe feet (m)
Merkez	10 (3) 30 (9) 65 (20)	100 (30) 100 - 200 (30 - 60) 400 (120)	10 (3)	200 - 400 (60 - 120)	200 - 400 (60 - 120)	100 (30) 100 - 200 (30 - 60) 200 - 400 (60 - 120)	10 (3)	200 - 400 (60 - 120)
Enine Derz	10 (3) 30 (9) 65 (20)	100 - 200 (30 - 60) 200 - 400 (60 - 120) 400 (120)	10 (3)	×	×	×	×	×
Boyuna Derz	20 (6) 40 (12) 60 (18)	200 (60) 400 (120) 400 (120)	×	×	×	×	×	×
Köşe	20 (6) 40 (12) 60 (18)	200 (60) 400 (120) 400 (120)	×	×	×	×	×	×
Her merkez hattı uzaklığı için biri sola, biri sağa olmak üzere iki NDT geçişi vardır; bitişik NDT geçişleri arasındaki aralık kademelidir ve kaplama bölümü başına en az iki NDT testi yapılmalıdır.								

Tablo 17. Tipik Apron Test Yerleri ve Sıklığı

Test Tipi	PCC veya PCC üzerine HMA kaplama		HMA ft² (m²)	
	Proje Seviyesi	Ağ Seviyesi	Proje Seviyesi	Ağ Seviyesi
Merkez	Her 10-20 anoda 1 test	Her 30-60 anoda 1 test	Her 1,970 - 4,000 (600 - 1200) 1 test	Her 5,750 – 11,490 (1750 to 3,500) 1 test
Enine Derz	Her 10-40 anoda 1 test	Her 60 anoda 1 test	×	×
Boyuna Derz	Her 20-40 anoda 1 test	Her 60 anoda 1 test	×	×
Köşe	Her 20-40 anoda 1 test	×	×	×

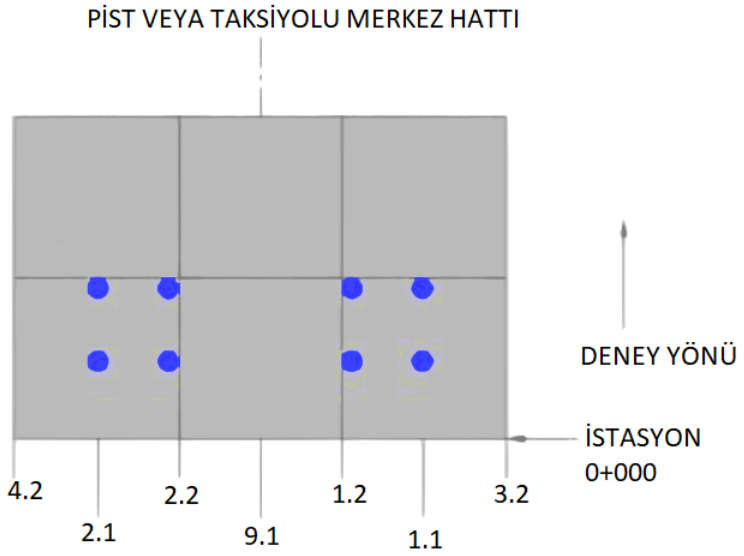
3.20. NDT DENEY YERLERİ KROKİSİ

Kaplama çalışması için test türleri, konumları ve aralıkları belirlendikten sonra bir sonraki adım, Şekil 34, Şekil 35 ve Şekil 36'da gösterilenler gibi bu bilgiyi açıkça gösteren bir taslak hazırlamaktır. Ayrıca test planı, her test tesisi için başlangıç istasyonunu ve seyahat yönünü göstermelidir. Havalimanı çapında bir istasyon planı olmadığında, bir pistin düşük numaralı ucu (örneğin, Pist 16-34'ün 16 tarafı) NDT İstasyonu 0+000 olarak belirlenebilir.



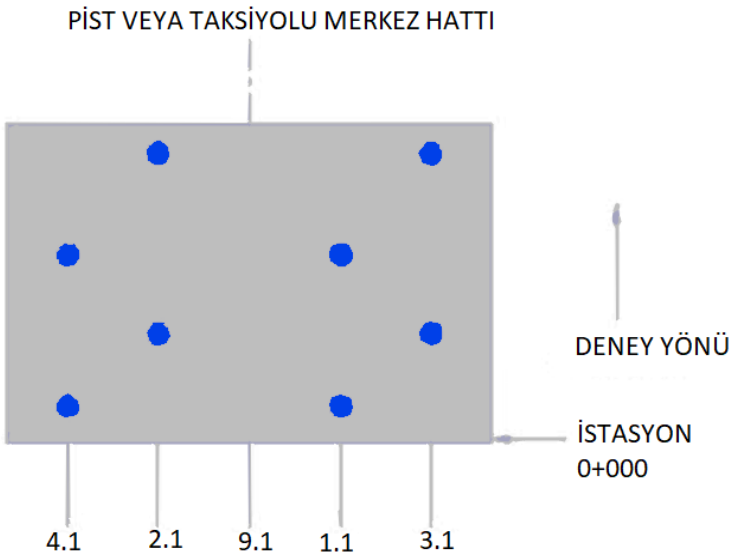
Şekil 34. Merkez Hattı Ano Bağlantısı Üzerinde Olduğunda Örnek Pist veya Taksi Yolu Çizimi

İlk sayının PCC şerit numarasını, ikinci sayının ise şerit içindeki bir konumu (örneğin ano merkezi veya ano bağlantısı boyunca) gösterdiği bilinmelidir.



Şekil 35. Merkez Hattı Ano Bağlantısı Üzerinde Olmadığında Örnek Pist veya Taksi Yolu Çizimi

İlk sayının PCC şerit numarasını, ikinci sayının ise şerit içindeki bir konumu (örneğin ano merkezi veya ano bağlantısı boyunca) gösterdiği bilinmelidir.



Şekil 36. HMA Kaplamaları için Örnek Pist veya Taksi Yolu Taslağı

İlk sayı HMA şerit numarasını, ikinci sayı ise HMA kaplamaları için "merkez" testini göstermektedir.

Şekiller sahada defleksiyon kayıt sürecini standartlaştırmanın yollarını göstermektedir. Örneğin, Şekil 34'teki merkez çizgisi eklemi "9.2" eklemi olarak açıklanmıştır ve Şekil 35'deki merkez çizgisi "Şerit 9" olarak belirtilmiştir.

Şekiller, mühendisin ve NDT ekipman operatörünün sahadaki defleksiyon verilerini verimli bir şekilde elde edebilmesi ve olası hataları veya yanlış anlamaları en aza indirebilmesi için bir NDT taslağının nasıl geliştirileceğine dair bir örnek sunmaktadır. Test şeridi isimlendirmesine ek olarak mühendis, gerçekleştirilecek her test türü için standart tanımlamalar da geliştirmelidir. Her veri tipinin analiz için gruplandırılması gerektiğinden standartlaştırma çok önemlidir. HMA, PCC ve HMA kaplamalı PCC kaplamaları için kullanılabilecek sayısal tanımlamalara veya kodlamaya bir örnek aşağıda verilmiştir.

a) PCC anosu ve HMA'nın merkezi

b) Enine derz

c) Boyuna derz

d) Köşe

e) Enine çatlak

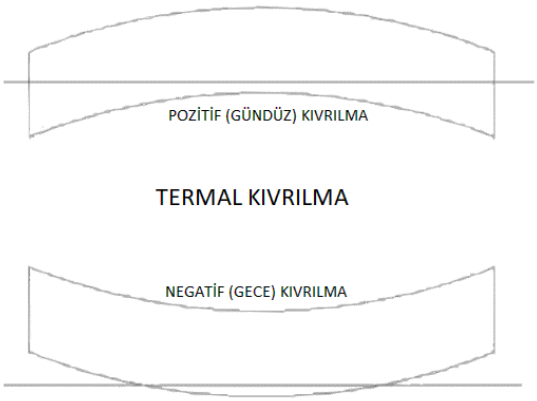
f) Boyuna çatlak

3.21. ÖZEL DURUMLAR

İklim ve havanın NDT sonuçlarını nasıl etkileyeceğini göz önünde bulundurmak önemlidir. Kuzey iklimlerinde don, temel, alt temel veya zemine nüfuz etmişse NDT genellikle kış aylarında yapılmaz. Ayrıca, ilkbahar çözülmesi, kaplamanın kısa bir süre için çok zayıf olabileceği mevsimsel bir dönemi temsil eder. İlkbahar çözülmesi sırasında kaplamanın mukavemetini bilmek faydalı olsa da bu, o yapının yıl boyunca tipik mukavemetini temsil etmez. Bu nedenle, defleksiyon verileri birden fazla kez toplanmayacaksa, mühendis yılın büyük bir bölümünde kaplamanın mukavemetini en iyi şekilde temsil eden bir test dönemi seçmelidir.

Hem HMA hem de PCC kaplamalar için, test amaçlarından biri çatlak boyunca yük aktarım verimliliğini ölçmek olmadığı sürece, NDT çatlakların yakınında yapılmamalıdır. HMA kaplamaları için NDT geçişleri, defleksiyon verilerinin uzunlamasına inşaat derzlerinden en az 1,5 ft (0,5 m) ilâ 3 ft (1 m) uzakta olacak şekilde yapılmalıdır.

PCC kaplamalardaki NDT çalışmaları için bir diğer endişe anonun kıvrılmasıdır. Anonun kıvrılması, anonun üst ve alt kısımları arasındaki sıcaklık farkları nedeniyle anonun köşesi veya merkezi tabandan kalktığında meydana gelir. Şekil 37'de gösterildiği gibi, ano köşeleri gece kıvrılması sırasında tabandan kalkabilirken, anonun ortası ve orta derzleri gündüz kıvrılması sırasında kalkabilir. Kıvrılma miktarı öncelikle derz aralığına, PCC katman kalınlığına, anonun alt ve üst kısımları arasındaki sıcaklık farkına ve tabanın sertliğine bağlıdır.



Şekil 37. PCC Plakasında Sıcaklık Değişikliklerinden Kaynaklanan Termal Kıvrılma

Mühendislerin olası kıvrılmaların farkında olması önemlidir, böylece boşluk analizi yapmaya çalışırken sonuçlardan dolayı hata en aza indirgenmiş olur. Boşluklar veya destek kaybı sıcaklık kıvrılmasından, nem değişiklikleri veya tabanın aşınmasından kaynaklanabilir. Çoğu durumda mühendis, erozyon, konsolidasyon veya genleşen toprak nedeniyle boşluk olup olmadığını belirlemeye çalışır. Bu amaçla mühendisler NDT'yi sıcaklığın gündüz ve gece arasında nispeten sabit olduğu bir zamanda yapmalıdır.

Son olarak, NDT test planlarında çeşitli analiz prosedürlerinin konum başına birden fazla test gerektirdiği dikkate alınmalıdır. Boşluk analizi teknikleri genellikle her konumda en az üç yük seviyesi gerektirir. Benzer şekilde, zeminin stres hassasiyeti konusunda endişeler varsa, farklı yük seviyelerinde birden fazla teste de ihtiyaç duyulacaktır.

BÖLÜM 6 - DENEYİN PLANLAMASI

3.22. TEST PROSEDÜRÜ

NDT ekipmanı, uygun şekilde yapılandırıldıysa ve kapsamlı bir NDT planı geliştirildiyse, ham defleksiyon verilerinin toplanmasındaki son adım, havalimanında test yapılacak sahaya mobilize olmak ve NDT çalışmasını güvenli bir şekilde yürütmektir. Kalite verilerinin NDT planına uygun olarak toplanmasını sağlamak için ekipman operatörünün aşağıda açıklanan çeşitli prosedürleri takip etmesi gerekir.

3.23. EKİPMAN MOBİLİZASYONU

Deney sahasına hareket etmeden önce ekipman operatörü, tüm NDT projelerinde kullanılmak üzere tasarlanmış bir "yola çıkma öncesi kontrol listesi"nden geçmelidir. Aşağıdaki liste, kontrol listesinde görünmesi gereken birkaç önemli öğeyi vurgulamaktadır:

a) Havalimanı yönetimi bilgilendirildi ve tesis kapanışları havalimanı operasyon personeli ile koordine edildi.
b) Uygun uçak güvenliği ve erişim güvenliği izinleri alındı.
c) NDT test planının ve taslağının bir kopyası hazırlandı.
d) Erişim yollarını ve kapılarını gösteren bir havalimanı haritası elde edildi.
e) Havalimanı tanımlayıcılarının ve radyo frekanslarının kontrolü yapıldı.
f) Tüm kaplama ve tesislerin etiketlendiği bir havalimanı yerleşim planı elde edildi.
g) Önemli havalimanı personelinin listesi ve telefon numaraları not edildi.
h) Kaplamanın inşaat geçmişi raporları elde edildi.
i) Tüm kimlik/giriş kartı gereksinimlerinin karşılandığı doğrulandı.
j) Defleksiyon sensörleri doğru şekilde ayarlandı.
k) Ekipmanlar.
    1) İşaretçi ve bayraklar.
    2) Önemli yerleri işaretlemek için sprey boya.
    3) NDT ekipman yedek parçaları.
    4) Telsiz.
    5) Sıcaklık ölçümü için küçük karot/delici cihazlar.
    6) Güvenlik yelekleri.
    7) Gece testleri için ekipman ışıkları.
l) 24 saatlik "çalış-çalışma" kontrolleri.
    1) Uygun hava koşulları takibi.
    2) NDT ekipman kontrolleri.
m) Yükleme hücresi ve tüm sensörlerin kalibrasyon kontrolleri.

Harekete geçtikten sonraki 24 saat içinde operatör/mühendis, yol boyunca ve proje sahasında havanın kabul edilebilir olup olmadığını kontrol etmelidir. Ayrıca operatör/mühendis, test planına uygun olarak öngörülen yükleri kullanarak testler yapmalıdır. Tahribatsız muayene cihazı, sıklıkla bakım ve onarım gerektiren yüksek teknoloji ürünü bir ekipmandır. İş sahasına çıkmadan önce mekanik sorunları tespit edip onarmak gerekebilir.

3.24. BAŞLANGIÇ OPERASYONLARI

Veri toplamanın başlatılması için ekipman hazırlığı, Havalimanı Operasyon Alanına *(Airport Operations Area, AOA)* erişim öncesinde gerçekleştirilmelidir. Ekipman operatörü kontrol listesini geliştirmeli ve her NDT projesi için yeniden kullanmalıdır. Aşağıdaki kontrol listesi, AOA'ya girmeden önce ele alınması gereken bazı maddeleri içerir:

a) Test programını doğrulamak için hava trafik kontrolüyle temasa geçildi mi?
b) Gerekiyorsa *follow-me* veya ilgili personel ile temasa geçildi mi?
c) Rozetler/kimlik kartları vb. düzgün bir şekilde görüntüleniyor mu?
d) Gerekli malzemeler kolayca temin edilebilir mi?
e) Telsizler çalışıyor mu?
f) NDT planının, haritaların ve iletişim telefon numaralarının kopyaları elinizde mevcut mu?
g) NDT ekipmanının doğru çalıştığından emin olmak için test edildi mi?

Bu işlemleri AOA'ya girmeden önce gerçekleştirmenin birçok avantajı vardır. En önemlisi, NDT ekipmanı, AOA'da izin verildiği anda defleksiyon verilerini toplamaya hazır olacaktır. Ayrıca hava trafik kontrolüne, hava tarafında operasyon yapmak ve uçak trafik operasyonlarının izin verdiği ölçüde hızlı, güvenli ve verimli bir şekilde veri toplamak için hazırlıkların yapıldığını da gösterir. Son olarak, eğer iş gece yapılıyorsa ve küçük bir bakım veya onarım işi gerekliyse, AOA'nın dışında daha iyi aydınlatma koşulları mevcut olabilir.

3.25. VERİ TOPLAMA

Defleksiyon verileri çeşitli operasyonel senaryolara göre toplanabilir. NDT operatörü küçük, kontrolsüz bir havalimanında veya büyük bir ticari merkez *(hub)* havalimanında çalışıyor olabilir. Büyük ticari havalimanlarının çoğu, NDT operatörünün refakat etmesini gerektirir ve ana pist gibi çok yoğun tesislerin kapatılması için Havacılara Bildiri (NOTAM) yayınlayabilir. Küçük havalimanları, NDT operatörünün trafiğin yavaş olduğu dönemlerde "yol verme" esasına göre defleksiyon verilerini toplamasına olanak tanıyabilir. Operatör her koşulda güvenli ve verimli bir şekilde çalışmaya hazır olmalıdır.

a) Endüstri Standartları: Tablo 14'teki referanslar, saha test prosedürleri hakkında rehberlik sağlar. Bu belgelerde ele alınan temel saha test sorunları arasında sensör doğruluğu ve tekrarlanabilirliği, zaman ve test konumlarının kaydedilmesi ve kaplama sıcaklığının ölçülmesi yer alır.

b) Yönlendirme Fotoğrafları: Bir kaplama tesisinde teste başlamadan önce, operatör İstasyon 0+00'daki test şeridi (PCC) ve geçiş (HMA) konumlarını sprey boyayla boyamalıdır. Her şerit ve geçiş, NDT test planında belirtilen merkez çizgisi ofsetlerinde veya ızgara konumlarında olmalıdır. Ofsetlerin ayarlanması veya planın diğer unsurlarının değiştirilmesi gerekiyorsa, NDT operatörü değişiklikleri ve değişikliklerin nedenlerini dikkatlice not etmelidir. İstasyon 0+00 ve test şeritleri işaretlendikten sonra, operatör işaretleri ve tipik yüzey sıkıntıları dahil kaplama tesisinin genel görünümünü fotoğraflamalı veya videoya çekmelidir.

c) Kaplama Sıcaklığını Kaydedin ve İzleyin: Bir kaplamanın yük altındaki tepkisi genellikle sıcaklığa bağlıdır. Bu, özellikle elastiklik modülünün sıcaklık değiştikçe önemli ölçüde değişebileceği HMA kaplamaları için geçerlidir. Ayrıca, PCC kaplamaındaki

dübellenmemiş bir bağlantı boyunca yük transferi de sıcaklıktaki bir değişiklikle önemli ölçüde değişebilir.

- Bir HMA veya PCC yüzey katmanının orta derinlik sıcaklığını izlemek için iyi bir yer İstasyon 0+00'dır. Bir termometreyi barındıracak kadar büyük bir delik operatör tarafından delinebilir ve her iki saatte bir veya gerektiğinde sıcaklıkları kaydetmek için yağla doldurulabilir. Bu yer, operatörün bir sonraki şeritte veya geçişte NDT'ye başlamadan önce sıcaklık deliğini kolayca bulabilmesi için sprey boya ile işaretlenmelidir. Hava ve kaplama yüzey sıcaklıkları da saatlik olarak kaydedilmelidir.

d) Giriş Kuvvetinin Seçimi: NDT test planı, titreşimli veya darbeli ekipman için dinamik yükün büyüklüğünü tahmin etmelidir. Ancak, operatörün yapması gereken ilk kontrollerden biri, daha önce tartışıldığı gibi, önceden seçilmiş yüklerin sensörlerin üretici tarafından belirtilen sınırları içinde defleksiyonlar ürettiğinden emin olmaktır. Her bir konumda farklı kuvvet seviyelerinde birden fazla test yürütülüyorsa, operatör tüm yük seviyelerinin sensör sınırları içinde defleksiyon ürettiğinden emin olmalıdır.

- NDT operatörü, kaplama tipleri ve kalınlıkları önemli ölçüde değişirse, veri toplama çalışması boyunca yük seviyelerini ayarlamak zorunda kalabilir. Kaplama yapılarındaki beklenen değişiklik göz önüne alındığında, operatör kalın kaplamalar için yeterince büyük, ancak ince yapılar için çok büyük olmayan defleksiyonlar üretecek ara yük seviyelerini seçmelidir. Defleksiyon aralığı sensör doğruluğu sınırları içindeyse, test işlemleri daha verimli olacak ve NDT cihazının ve işletim yazılımının yeniden yapılandırılmasıyla oluşabilecek olası hatalar en aza indirilecektir. Ek olarak, büyük ticari havalimanlarındaki NDT çalışmaları, hava trafik kontrol direktiflerine uyum sağlamak için belirli bir tesiste testin tamamlanmasından önce bir kaplama tesisinden diğerine hareket etmeyi gerektirebilir. Bu durumda ara yük seviyesi yapılandırması özellikle faydalı olacaktır.

e) Defleksiyon Ölçümlerinin Kaydedilmesi: Uygun giriş kuvveti seviyeleri belirlendikten sonra, operatör NDT test planına uygun olarak defleksiyon verilerini toplamaya başlayabilir. Test verilerini kaydetmek için kullanılan NDT işletim yazılımı, operatörün giriş kuvveti ve defleksiyon sapmalarına ek olarak aşağıdaki bilgileri kaydetmesine olanak sağlamalıdır:

1) Yapılandırma kurulumu (örneğin, sensör aralığı, yük plakası boyutu ve proje açıklaması).
2) Hava, kaplama yüzeyi ve yüzey katmanı orta derinlik sıcaklıkları.
3) Bir test konumundaki kaplama durumu hakkında isteğe bağlı yorumlar.
4) Daha önce tartışıldığı ve Şekil 34-Şekil 36'da gösterildiği gibi test konumu.
a) İstasyon (çoğu yazılımla otomatik olarak kaydedilir).
b) Şerit (PCC) veya geçiş (HMA) numarası (örneğin, 1.X).
c) Her PCC şeridindeki konum (örneğin, merkez veya bağlantı için X.1 veya X.2).
d) Her PCC anosundaki konum (örneğin, enine derz için 2)

- Ekipman işletim yazılımı bu bilgilerin kaydedilmesine izin veriyorsa ve kapsamlı bir test planı geliştirildiyse, veriler kapsamlı bir sonuç değerlendirmesine izin verecek şekilde verimli bir şekilde işlenebilir. Veri analizi yazılımı mevcutsa, NDT operatörü bir kaplama tesisi için tüm defleksiyon verilerini tek bir dosyaya kaydetmelidir. NDT operatörü, mühendisin dosyada hangi verilerin olduğunu hızlı bir şekilde anlamasını sağlayan bir

dosya adlandırma sistemi kullanmalıdır, örneğin Pist 12-30 için "RW12_30". NDT ekipmanı gün boyunca kapatılmadan önce, operatör dizüstü bilgisayarda tüm NDT veri dosyalarını yedeklemelidir.

f) Defleksiyon Verilerinin İzlenmesi: NDT operatörünün verileri sürekli olarak izlemesi çok önemlidir. Bir çekme aracı üzerindeki aynalara ek olarak, çoğu NDT cihazı çekme aracında bir monitör ve operatörün yük plakasının yakınındaki kaplama yüzeyini iyi bir şekilde görmesini sağlayan yük plakasını çevreleyen kameralarla donatılmıştır. Ekipman bir test pozisyonuna taşınırken, yüzey alanı temiz ve döküntülerden arınmış olduğundan emin olmak için kontrol edilmelidir. Temiz bir test konumu, yük plakasının düzgün bir şekilde oturmasını ve güvenilir defleksiyon verilerinin kaydedilmesini sağlar.

- Defleksiyon verileri şüpheli görünüyorsa, operatör test dizisini aynı konumda tekrar çalıştırmalıdır. Tipik defleksiyon anomalileri arasında yük plakasından azalmayan defleksiyonlar ve o test şeridindeki önceki testlere kıyasla yüksek D1 sensörü (yük plakası) defleksiyonu bulunur. Bu anomaliler kaplama yapısındaki anomaliler nedeniyle oluşabilir veya bir ekipman sorununa işaret edebilir. Her iki durumda da NDT operatörü testi en az bir kez tekrarlamalıdır.

- Test şeridi ve kaplama tesisi boyunca testler devam ederken, kaplama yapımındaki farklılıklar NDT test planının değiştirilmesini gerektirebilir. Örneğin, bir HMA kaplama şeridinin genişliği değişebilir ve uzunlamasına inşaat derzinin 3 ft (1 m) yakınında olmamak için merkez çizgisinden planlanan ofset mesafesinin değiştirilmesi gerekebilir. Bu değişiklikler NDT plan taslağına eklenmeli ve değişikliklerin neden gerekli olduğu ve değişikliğin hangi şerit ve istasyon konumunda yapıldığına dair bilgiler içermelidir.

3.26. ÖZEL TEST DURUMLARI

Aşağıdaki senaryolarda, doğru defleksiyon verilerini güvenli bir şekilde toplamak için test zamanı ve konumlarının değiştirilmesi gerekebilir.

a) Yüksek veya Düşük Sıcaklıklar

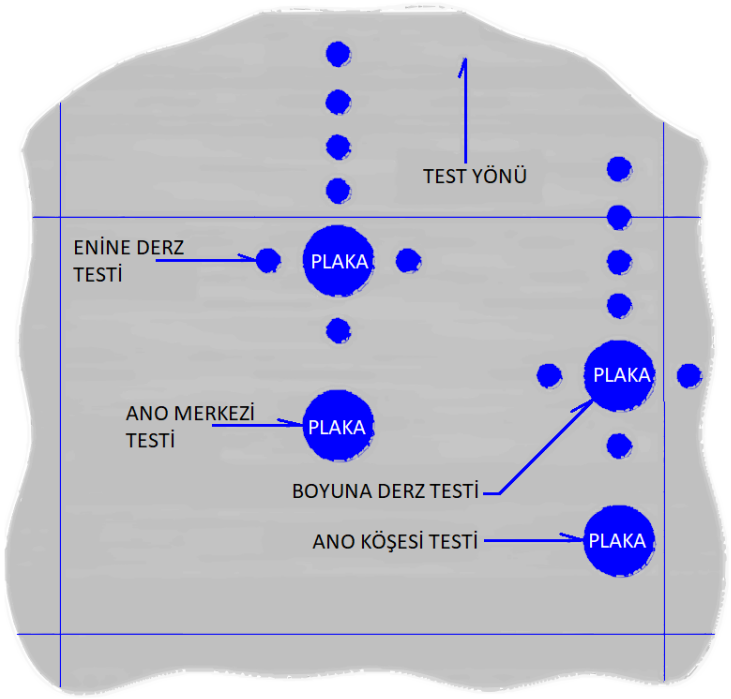
Birçok NDT cihazı, ortam hava sıcaklığı çok yüksek veya çok düşük olduğunda düzgün çalışmayacaktır. Sıcaklık çok düşükse, birçok üretici ekipmana, özellikle de hidrolik olarak çalıştırılan cihazlara uygulanan baskı nedeniyle NDT yapılmasını önermez. Benzer şekilde, sıcaklık çok yüksekse HMA yüzey katmanı aşırı derecede sıkışabilir ve bu da düşük kaliteli verilerin kaydedilmesine yol açabilir. Bu senaryolar için testlerin daha ılıman sıcaklıklarla karşılaşılıncaya kadar ertelenmesi gerekir.

b) Yüksek Hacimli Trafik

Testin gün içinde yapılması gerekiyorsa, trafik kontrol prosedürleri genellikle Bakanlık ve ilgili kurumlar tarafından kullanılanlara benzer şekilde kullanılmalıdır. Alternatif olarak test, trafik seviyelerinin kabul edilebilir bir seviyeye düştüğü gece geç saatlerde yapılmalıdır.

c) PCC Testinde Sensör Konfigürasyonları

NDT planı, PCC anolarının merkezde, köşede, enine birleşim yerinde ve boyuna birleşim noktalarında testlerin yapılmasını gerektirebilir. Çatlaklar alttaki bağlantılardan yüzeye yansıdığında, HMA kaplamalı PCC için bu testlerin bu konumlarda da gerçekleştirilmesi gerekebilir. Üreticinin NDT cihazları ve işletim yazılımı, Şekil 38'de gösterildiği gibi, yük plakasının her iki yanına ve arkasına ek sensörlerin takılmasına izin verebilir.



Şekil 38. Köşe ve Birleşim Testleri için Ek Sensörlerin Konumu

Şekil 38'de gösterildiği gibi, PCC şeridi boyunca ano merkezi ve enine derz defleksiyonlarını toplamak için hiçbir ek sensöre gerek yoktur. Bununla birlikte, yük plakasının arkasındaki ilave sensör, bağlantının her iki tarafındaki yük plakası ile enine derz yükünün aktarılmasına olanak sağlayacaktır. Uçak veya araç trafiğinin büyük ölçüde tek yönlü olması durumunda bu önemli olabilir.

PCC kaplamada NDT operatörü, yük plakasının enine ve boyuna derzlerin 6 inç (15 cm) yakınında olmasını sağlayacak şekilde köşe testleri yapmalıdır. Ek bir yan sensör, operatörün NDT ekipmanını verimli bir şekilde ileri doğru hareket ettirmesine ve uzunlamasına bağlantı boyunca yük aktarımını test etmesine olanak tanır. NDT cihazında yükleme plakasının etrafına düzgün şekilde konumlandırılmış kameralar bu manevrayı çok daha kolay hale getirir.

3.27. VERİLERİN YERİNDE İNCELENMESİ

Her günün testinin sonunda operatör, verilerin uygun şekilde kaydedildiğinden emin olmak için NDT veri dosyalarını incelemelidir. Bu aynı zamanda test olaylarını deney verileri ve operatör/mühendis henüz arazideyken dosyaya herhangi bir ek yorum eklemek için de iyi bir zamandır. Operatör iş sahasından ayrılmadan önce tüm dosyaları incelemelidir. Test verilerinde önemli hatalar veya anormallikler varsa sahadan ayrılmadan önce ek testler yapılmalıdır. Bu, NDT ekipmanı sahayı terk edene kadar bu hataların fark edilmemesi durumunda yeniden harekete geçme ihtiyacını ortadan kaldırır.

Defleksiyon verilerinin yerinde ön analizinin son derece değerli olabileceğini belirtmek gerekir. Her bir kaplama tesisi için ham defleksiyon verilerinin ve ISM değerlerinin istasyona göre grafiği, analiz sonuçlarının güvenilirliğini artıracak ek test noktalarının bulunduğu şüpheli alanları ortaya çıkartabilir.

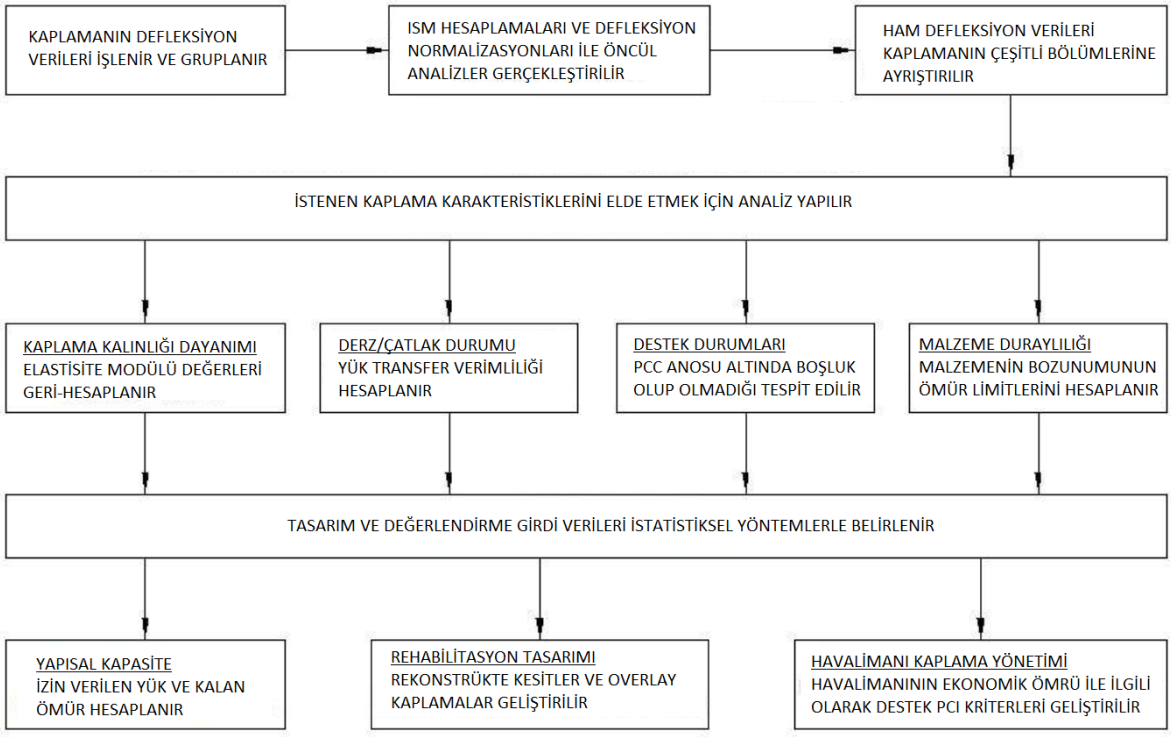
BÖLÜM 7 – DEFLEKSİYON VERİSİ ANALİZİ

3.28. GENEL

Bu bölümde, altyapı çalışmasındaki bir sonraki adımı, yani proje düzeyinde veya ağ düzeyindeki çalışmayı tamamlamak için gerekli olan altyapının yapısal özelliklerini elde etmek amacıyla defleksiyon verilerinin analiz edilmesini sunmaktadır. Bu bölümde HMA, PCC veya HMA kaplamalı PCC kaplama için istenen kaplama özelliklerini elde etmek amacıyla kullanılabilecek çeşitli analiz prosedürleri tanıtılmaktadır.

3.29. SÜRECE GENEL BAKIŞ

Şekil 39, NDT veri analizi sürecine genel bir bakış sunmaktadır. Burada mevcut kaplama yapısının özelliklerini değerlendirmek için defleksiyon verilerinin analizine odaklanmaktadır.



Şekil 39. NDT Veri Analizi ve Tasarım Akış Şeması

Mevcut bir kaplama yapısının yapısal durumunu değerlendirmek için kullanılan çeşitli özellikler vardır. Defleksiyon verilerinin en yaygın kullanımı, yapının bir bütün olarak ve yapı içindeki her bir katmanın mukavemetini ölçmektir. Çoğu PCC kaplaması genleşme, büzülme ve inşaat derzleri kullanılarak inşa edildiğinden, beton kaplamaların durumunu değerlendirmek için çeşitli ek özellikler kullanılır. PCC'deki bu süreksizlikler, bağlantının bozulması ve bitişik anoya daha az yük aktarması için neden oluşturur, ano köşelerinde anonun altında boşluklar yaratabilecek daha yüksek defleksiyonlara yol açar ve bağlantı noktalarında PCC malzeme duraylılığını sorunlarını hızlandırabilecek aşırı nem/su birikmesine sebep olur.

a) FAA Yazılım Araçları: Tablo 18, defleksiyon verilerini analiz etmek, yapısal bir değerlendirme yapmak, bir rehabilitasyon tasarımı gerçekleştirmek veya yeni bir kaplama kesiti geliştirmek için kullanılabilen yazılım araçlarını göstermektedir. Tablo 18'de gösterilen araçlar, bunları doğru bir şekilde kullanmak için çeşitli düzeylerde kaplama mühendisliği uzmanlığı gerektirecektir. Bu araçları kullanmadan önce, teorik

temellerini anlamak önemlidir. Çoğu yazılıma FAA web sitesi www.faa.gov adresinden erişilebilir.

Tablo 18. Kaplama Analizi, Değerlendirmesi ve Tasarımı için FAA Yazılım Araçları

NDT Veri Analizi		Değerlendirme[1]		Tasarım		
Aksiyon	BAKFAA	FEAFAA	COMFAA	FAARFIELD	F806FAA	R805FAA
HMA Modülü geri hesaplaması	●					
PCC Modülü geri hesaplaması	●					
APC[2] modülü geri hesaplaması	●					
Yük transferi hesabı		●				
Boşluk analizi		●				
İzin verilebilir yük hesabı		●	●	●	●	●
Kaplamanın kalan ömrünün hesabı		●	●	●		
PCN hesabı			●			
HMA overlay tasarımı				●	●	
PCC overlay tasarımı				●		●
Yeni HMA kesiti hesabı				●	●	
Yeni PCC kesiti hesabı				●		●

[1]Bu değerlendirme araçları tasarım kontrolleri için kullanılabilir ancak onaylı FAA tasarım programları değildir
[2]APC, asfalt overlay olan PCC kaplamadır

b) FAA Yazılım Araçları Hakkında Arka Plan: Tablo 18'de gösterilen tasarım araçlarının çoğu, statik malzeme özelliği özelliklerini kullanan yapısal modellere dayanmaktadır. Titreşimli ve darbeli NDT cihazları, kaplamanın bu dinamik yüklere verdiği tepkiyi ölçen dinamik yükler üretir.

- Bu nedenle, seçili malzeme özellikleri için Tablo 18'deki programları kullanmadan önce ayarlamalar gerekebilir. Bu ayarlamalar bu bölüm boyunca ele alınmıştır.

- Mühendislerin FAA yazılım araçları konusunda çeşitli seçenekleri olmasına rağmen, bir çalışma için aynı teorik temele sahip programları seçmelidirler. Başka bir deyişle, kullanılan geri hesaplama yöntemleri, yapısal değerlendirme ve tasarım için kullanılacak ileri hesaplama prosedürüyle tutarlı olmalıdır. Tablo 19'da gösterildiği gibi, FAA yazılımı CBR, elastik katman veya Winkler temellerine dayanmaktadır. CBR'ye dayalı hiçbir NDT veri analizi aracı olmadığından, mühendis bir NDT veri analizi gerçekleştirmek için elastik katman teorisini veya Winkler temelini kullanmalıdır. Mühendis çalışma için elastik katman teorisini kullanmak isterse, NDT veri analizi,

kaplama değerlendirmesi ve kaplama tasarımı için elastik katman tabanlı programlar kullanılmalıdır. Aynısı Winkler temeline dayalı çalışmalar için de geçerli olacaktır. CBR tabanlı çalışmalar için, mühendis NDT veri analizi için BAKFAA gibi elastik bir katman programı kullanmalı ve ardından elastik modül değerlerini CBR değerlerine dönüştürmelidir.

- Tasarım teorisi ve dolayısıyla kaplama performansını analiz etmek için kullanılması gereken yazılım aracı temel olarak kaplama türüne dayanır. HMA veya esnek kaplamalar, CBR veya elastik tabaka teorisi kullanılarak analiz edilir ve tasarlanır. PCC veya rijit kaplamalar, rutin olarak Winkler temeli ve Westergaard teorisi, katmanlı elastik teori veya sonlu eleman analizi kullanılarak değerlendirilir. Kompozit kaplamalar veya HMA kaplamalı PCC, HMA kaplaması ince ise normalde Winkler temeli kullanılarak analiz edilir. Ancak, HMA kaplaması PCC'nin kalınlığına göre çok kalınsa, elastik tabaka analizi daha uygun olabilir.

Tablo 19. FAA Yazılım Araçlarının Teorik Temeli

FAA Aracı	Yapısal Teori			
	CBR	Elastik Katman	Winkler Temeli	
			Westergaard	Sonlu Elemanlar
BAKFAA		●		
FEAFAA				●
COMFAA	●		●	
FAARFIELD		●		
F806FAA	●			
R805FAA			●	

3.30. HAM DEFLEKSİYON VERİSİ İŞLEMESİ

Bir tesis içindeki kaplama bölümlerinin sınır limitleri, bir kaplama yönetim sisteminde veya inşaat geçmişinin gözden geçirilmesi yoluyla önceden tanımlanmış olabilir. Bir kaplama yönetim sisteminde bir bölüm, uçak trafik seviyeleri, kaplama yaşı veya kaplama kesiti nedeniyle düzgün performans göstermesi beklenen kaplama alanı olarak tanımlanır. Defleksiyon verileri, bir kaplama tesisindeki tüm bölümlerin sınırlarını tanımlamak veya hassaslaştırmak için kullanılabilir.

Defleksiyon verileri, kaplamaya ait veriler olarak tek bir elektronik dosyada toplanabilir. Bu dosya, PCC merkezi, ano eklemi ve ano köşe testleri gibi çeşitli türlerde defleksiyon verileri içerebilir. Merkez defleksiyon verileri dosyadan çıkarılmalı ve tesis içindeki kaplama bölümü sınırlarını belirlemek için gözden geçirilmelidir.

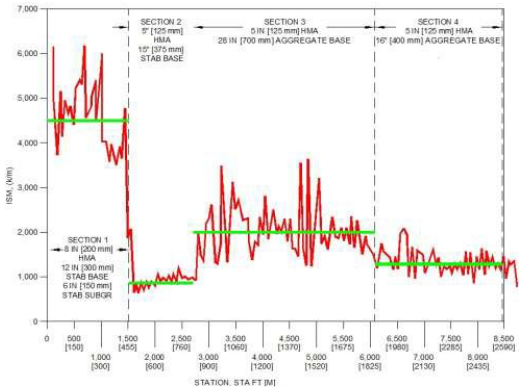
Merkez defleksiyon verilerinin bir ön analizi, bir apronun, taksi yolunun veya pistin uzunluğu boyunca normalleştirilmiş defleksiyonların veya ISM'nin grafiğinin çizilmesi yoluyla rutin olarak gerçekleştirilir. ISM veya DSM hesaplanır. Ham defleksiyon verileri, defleksiyonların standart bir yüke ayarlanmasıyla normalleştirilir. Örneğin, sapmalar 31500 lb

(140 kN), 36000 lb (160 kN) ve 42500 lb (190 kN) darbe yükü seviyelerinde kaydedilmiş olmasına rağmen, sapmaları 40000 lb (18000 kg) kritik uçak tekerlek yüküne göre normalleştirmek istenebilir. Bu yük seviyelerinde kaydedilen her defleksiyonun, 40000 lb (180 kN) yük seviyesinde normalize edilmiş üç defleksiyon verisi elde etmek için aşağıdaki şekilde ayarlanması gerekir:

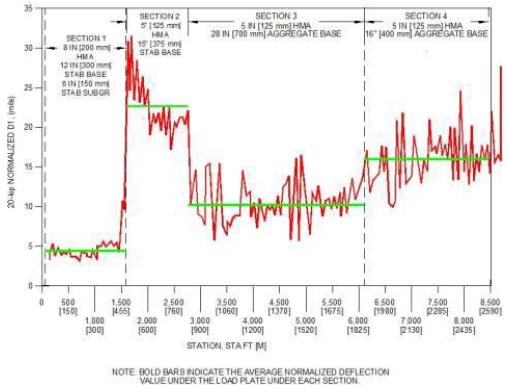
$$d_{0n} = \left(\frac{L_{norm}}{L_{applied}}\right) d_0 \qquad [1]$$

d_{0n}	=	Normalize edilmiş defleksiyon
L_{norm}	=	Normalize edilmiş yük
$L_{applied}$	=	Uygulanan yük
d_0	=	Seçili sensör lokasyonunda ölçülen defleksiyon

Normalize edilmiş defleksiyonların veya ISM değerlerinin profil çizimlerini incelerken, mühendis değişkenlik kalıpları aramalıdır. Yük plakası altındaki normalize edilmiş sapmalar ve ISM değerleri, her NDT test konumunda tüm kaplama yapısının (yani yol katmanları ve zemin) genel mukavemeti hakkında bir gösterge sağlar. Belirli bir darbe yükü için (örneğin, 40.000 lb (180 kN)), artan ISM değerleri veya azalan normalize edilmiş defleksiyonlar, artan kaplama mukavemetini gösterir. ISM ve normalize edilmiş defleksiyonların örnek profil çizimleri sırasıyla Şekil 40 ve Şekil 41'de gösterilmiştir.



Şekil 40. Kaplama Kesimi Kırıklarını Belirlemek için ISM Grafiği



Şekil 41. Kaplama Kesit Kırıklarını Belirlemek için Kullanılan Normalleştirilmiş Defleksiyon Grafiği

Şekil 40, ISM profil çizimlerinin bu kaplama tesisindeki dört farklı kaplama bölümünü tanımlamak için nasıl kullanıldığını göstermektedir. Bu şekilden, 1. bölümün tüm dört bölümün en güçlüsü olduğu açıktır çünkü ortalama ISM değeri diğer tüm bölümlerden önemli ölçüde

daha yüksektir. 2, 3 ve 4. bölümler için ortalama ISM değerleri benzer olsa da 3. bölümde ISM değişkenliği çok daha yüksektir.

Benzer şekilde, 2. bölüm, HMA tabakası 5 inçten (13 cm) daha ince olduğu veya stabilize edilmiş zemin çok zayıf olabileceği için bölümlerin en zayıfı olabilir. Profil çizimleri, katman kalınlığı ve mukavemeti hakkında ek bilgi sağlayacak karot alma ve delme çalışmaları için yerleri belirleyebilir.

Şekil 41, normalize edilmiş defleksiyon profili çizimlerinin belirli bir tesisteki kaplama bölümlerinin sınırlarını belirlemek için de kullanılabileceğini göstermektedir. Bu profil çizimlerinin gösterdiği gibi, daha güçlü kaplama bölümleri daha düşük normalize edilmiş defleksiyonlara sahiptir. Mühendis, bölüm sınırlarını belirlemek için normalize edilmiş defleksiyonları veya ISM değerlerini kullanabilir. ISM değerleri daha sık kullanılır ve kuvvetten bağımsız bilgi sağlar.

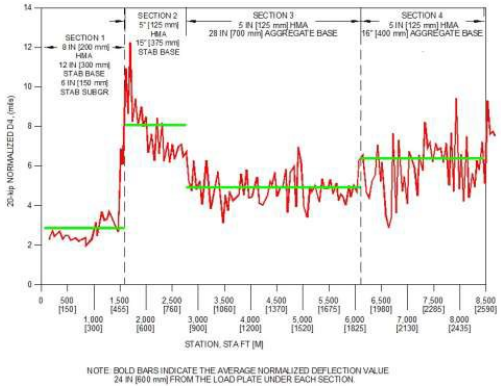
Defleksyion verileri ayrıca bir kaplama tesisi boyunca zemin mukavemetindeki değişimleri belirlemek için de kullanılabilir. Yük plakasının merkezinden önceden hesaplanmış bir mesafede bulunan bir sensör, zemin mukavemeti hakkında iyi bir tahmin sağlayabilir. The American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) 1993 tasarım prosedürleri, sensörün zemin mukavemetini yansıtmak için yük plakasından olması gereken mesafeye ilişkin rehberlik sağlar (örneğin, zemin-kaplama arayüzündeki gerilim soğanının dışında).

HMA ve PCC'nin tipik modül değerleri ve üç zemin mukavemeti için Tablo 20, sensörün zemin mukavemetini yansıtmak için 12 inç (30 cm) çapındaki bir yük plakasından olması gereken yaklaşık mesafeyi gösterir. Tablo 20'yi bir kılavuz olarak kullanarak, mühendis tabloda gösterilen değere en yakın olan sensörü seçmelidir; bu, NDT cihazındaki en dıştaki sensör olmayabilir. Çoğu NDT cihazı 72 inç (180 cm) ötesindeki defleksiyonları kaydetmediğinden, bu tablo en dıştaki sensörün kalın PCC kaplamalar için zemin dayanıklılığı hakkında iyi bir gösterge sağlamayabileceğini göstermektedir.

Şekil 42, yük plakasının merkezinden 24 inç (60 cm) uzaklıkta ölçülen defleksiyonların, kaplama tesisi boyunca zemin mukavemetlerini karşılaştırmak için kullanılabileceğini göstermektedir. Tablo 20, dört bölümün tamamı için, yük plakasından 24 inç (60 cm) uzaklıktaki NDT sensörünün kabul edilebilir olduğunu ve zemin mukavemeti hakkında iyi bir gösterge sağlaması gerektiğini göstermektedir. Şekil 42, dört bölümün tamamı için zemin mukavemetlerinin önemli ölçüde farklı olduğunu göstermektedir.

Tablo 20. 12 İnç (30 cm) Çaplı Yük Plakasından Gerekli Sensör Mesafesi (inç)

Yüzey Tipi	Yüzey Tabakası Kalınlığı inç (cm)	Zemin CBR Değeri		
		4 (Zayıf)	12 (Orta)	20 (Yüksek)
HMA	4 (10)	15	12	9
	8 (20)	30	24	18
PCC	12 (30)	84	60	48
	20 (50)	144	108	84



Şekil 42. Kaplama Kesitlerini Belirlemek için Kullanılan Normalleştirilmiş Zemin Sapma Grafiği

Kaplama bölümlerinin sınır limitleri bir kaplama tesisinde iyileştirildikten veya tanımlandıktan sonra, her bölümün ham defleksiyon verileri analiz için veri dosyasından ayrılmalıdır.

Defleksiyon testi verileri kaplama bölümüne göre ayrıldıktan sonra, verilerin NDT test tipine göre daha da alt bölümlere ayrılması gerekir. Bu bölümde açıklanan analiz çalışmasını yürütmek için aşağıdaki türde defleksiyon verisi toplama gerekli olacaktır:

a) Merkez Defleksiyon (Defleksiyon Havuzu) Verileri: Kaplama katmanının sağlamlığı ve malzeme dayanıklılığı.

b) Derz ve Çatlak Defleksiyon Verileri: Bağlantı durumu ve malzeme dayanıklılığı.

c) PCC Ano Köşesi Defleksiyon Verileri: Destek koşulları ve malzeme dayanıklılığı.

3.31. GERİ-HESAPLAMA ANALİZİ

Kaplama katmanlarının mukavemetini hesaplamak için esnek kaplamalardan ve rijit merkez NDT testlerinden elde edilen defleksiyon havuzu verileri kullanılabilir. Bu analizi gerçekleştirmek için kullanılan sürece geri-hesaplama *(back-calculation)* denir çünkü normalde geleneksel kaplama tasarımının tersi gerçekleştirilir. Varsayılan katman mukavemetlerine dayalı olarak her bir kaplama katmanının kalınlığını belirlemek yerine, geri-hesaplama tipik olarak varsayılan üniform katman kalınlıklarına dayalı olarak kaplama katmanı mukavemetlerinin çözülmesini içerir. Bu bölümün geri kalanı boyunca tabaka mukavemeti, Young elastisite modülü veya basitçe elastik modül cinsinden bahsedilecektir.

NDT ekipmanı iki genel kategoriye ayrılır: statik yükler ve dinamik yükler. Dinamik yükler titreşimli ve darbeli yük NDT cihazlarını içerir. Hem statik hem de dinamik yükler için kaplama, uygulanan yüklere doğrusal veya doğrusal olmayan şekilde yanıt verebilir.

Tablo 22, geri-hesaplama çalışması sırasında ortaya çıkabilecek olası senaryoları göstermektedir. Ayrıca bu tablo, titreşim ve darbe bazlı NDT cihazları tarafından dinamik olarak yüklenen kaplamaların teorik modellenmesi için sonlu eleman bazlı araçların gerekli olduğunu göstermektedir. Ancak rutin saha çalışmaları için FAA, asfalt endüstrisinde çalışan tüm kurum ve danışmanlar tarafından yaygın olarak kullanılan yazılım araçlarını desteklemektedir. Buna Tablo 22'de statik-doğrusal kategoriye giren araçlar da dahildir.

Tablo 21. Alan Tabanlı Sabitler

Alan Yöntemi	Sabit			
	A	B	C	D
SHRP 4-sensör 0 - 36 inç (0 - 90 cm)	36	1812.279	-2.559	4.387
SHRP 7-sensör 0 - 60 inç (0 - 150 cm)	60	289.078	-0.698	2.566
SHRP 5 dış sensör 12 - 60 inç (30 - 150 cm)	48	158.408	-0.476	2.22
Hava Kuvvetleri 6 dış sensör 12 - 72 inç (30 - 180 cm)	60	301.8	-0.622	2.501

Statik-doğrusal kategoriye giren geri-hesaplama analizi çalışması genellikle iki prosedür kullanılarak gerçekleştirilir. İlk kategori, mühendisin, bir veya daha fazla sensörden gelen katman kalınlıklarını ve defleksiyonları kullanarak her katmanın elastik modülünü doğrudan hesaplayan kapalı form prosedürlerini kullanmasına olanak tanır. İkinci kategori, en az dört sensörden gelen katman kalınlıklarını ve defleksiyonları kullanarak elastik modülü çözmek için yinelemeli mekanik bir süreç kullanır.

Bir analiz yapmadan önce mühendis, kaplama ve geri-hesaplama bölümü ile ayrılmış olan defleksiyon testlerini gözden geçirmelidir. Analizde kullanılacak yazılım aracından bağımsız olarak, doğrusal elastik teori, NDT yük plakasından uzaklık arttıkça kaplama defleksiyonlarının azalmasını gerektirir. Ek olarak, tipik NDT sensörü konfigürasyonları için, yük plakasından en dıştaki sensöre doğru defleksiyonların kademeli olarak azalması gerekir.

Defleksiyon havuzu anormallikleri, yük plakasının yakınında bir çatlağın varlığı, çalışmayan bir sensör, sensör ve NDT ekipmanı konfigürasyon hatası, sensörlerin uygun şekilde kalibre edilmemiş olması, boşluklar, destek kaybı, PCC levhasının sıcaklık kıvrılması veya nem bükülmesi dahil olmak üzere çeşitli nedenlerle ortaya çıkabilir. Mühendis, defleksiyon verilerini incelemeli ve aşağıdaki anormallikleri içeren verileri kaldırmalıdır.

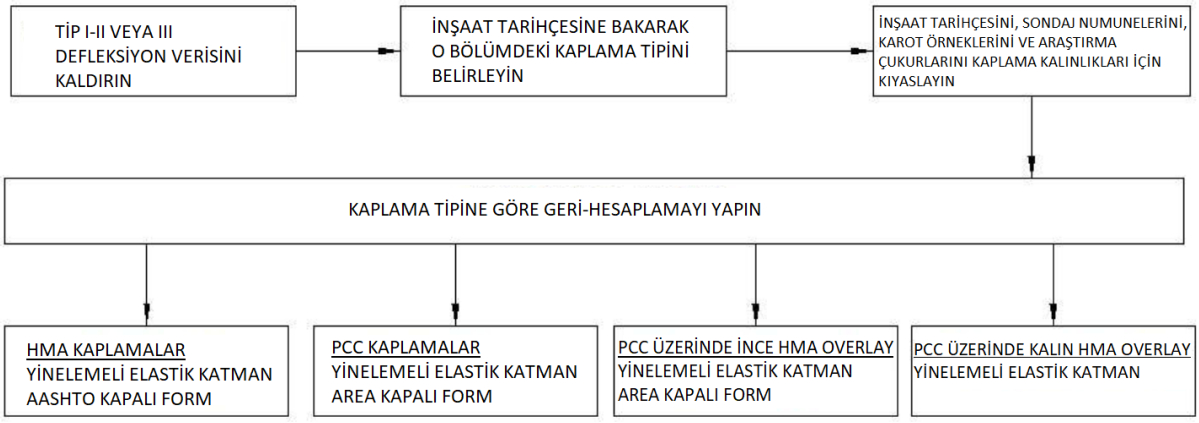
Tip I Defleksiyon Havuzu : Bu senaryoda, bir veya daha fazla dış sensördeki defleksiyonlar yük plakası altındaki defleksiyondan daha büyüktür. Bu tür bir anormallik geri-hesaplama analizi sırasında en büyük hataya sebep olur.

Tip II Defleksiyon Havuzu : Daha az belirgin olan başka bir anormallik ise, iki bitişik sensör arasındaki defleksiyonun alışılmadık derecede hızlı bir azalma göstermesidir. Elastik katman teorisi yük plakasına olan mesafe arttıkça defleksiyonların azalmasını gerektirirken azalma miktarı kademeli ve tüm sensörler arasında nispeten tutarlı olmalıdır.

Tip III Defleksiyon Havuzu : Tip I'e benzer şekilde, en dıştaki bitişik iki sensörün defleksiyonunun yük plakasına en yakın olan sensördeki defleksiyondan daha büyük olması durumudur.

Şekil 43, defleksiyon verilerinin hazırlanması ve analiz aracı seçim süreçlerini özetlemektedir. Esnek kaplamalara yönelik AASHTO kapalı form prosedürü, kamyon ve diğer araç trafiğinin ağırlıklı yükleme türü olduğu kara tarafı kaplamaları ve hava tarafı erişim yolları için uygundur ve analiz, AASHTO Tasarım Kılavuzuna dayanacaktır. PCC kaplama analizi için,

HMA *overlay* kalınlığı 4 inçten (10 cm) azsa ve PCC katman kalınlığı 10 inçten (25 cm) azsa ince olarak kabul edilir. HMA kaplamasının kalınlığı 6 inçten (15 cm) az ve PCC katmanının kalınlığı 10 inçten (25 cm) fazlaysa yine ince olarak kabul edilir.



Şekil 43. Veri Hazırlama ve Geri-Hesaplama Yöntemi Seçimi Süreci

a) Kapalı Formlu Geri Hesaplama Algoritmaları

Bu algoritmalar sonuçların iki spesifik tasarım metodolojisi için kullanılacağı durumlarda yaygın olarak kullanılır. İlk metodoloji, laboratuvar testleri ile hesaplanan zeminin esneklik *(resilient)* modülüne (M) dayanan HMA kaplamaları için 1993 AASHTO Tasarım Kılavuzuna dayanmaktadır. Yaygın olarak AREA tabanlı metodoloji olarak adlandırılan ikinci algoritma, tasarım prosedürü zemin reaksiyon modülü k değerine dayandığında öncelikle PCC veya HMA kaplamalı PCC kaplamaları için kullanılır. Aşağıdaki denklem zemin için M değerinin, NDT ekipmanının uygun sensöründen gelen defleksiyonların kullanılarak hesaplanabileceğini göstermektedir. Bu kapsamda Tablo 20'de sunulan yönergelere göre yük plakasının merkezinden 24 inç (60 cm) uzakta olmalıdır.

$$M_r = \left(\frac{0{,}24P}{d_r r}\right) \qquad [2]$$

M_r = Esneklik (resilient) modülü (psi)
P = Uygulanan yük (pounds)
d_r = Uygulanan yükten r mesafesinde ölçülen defleksiyon (inç)
r = Ölçülen defleksiyondan radyal mesafe (inç)

Tablo 22. Her Yük Senaryosu için Gerekli Geri-Hesaplama Yazılım Aracı Türü

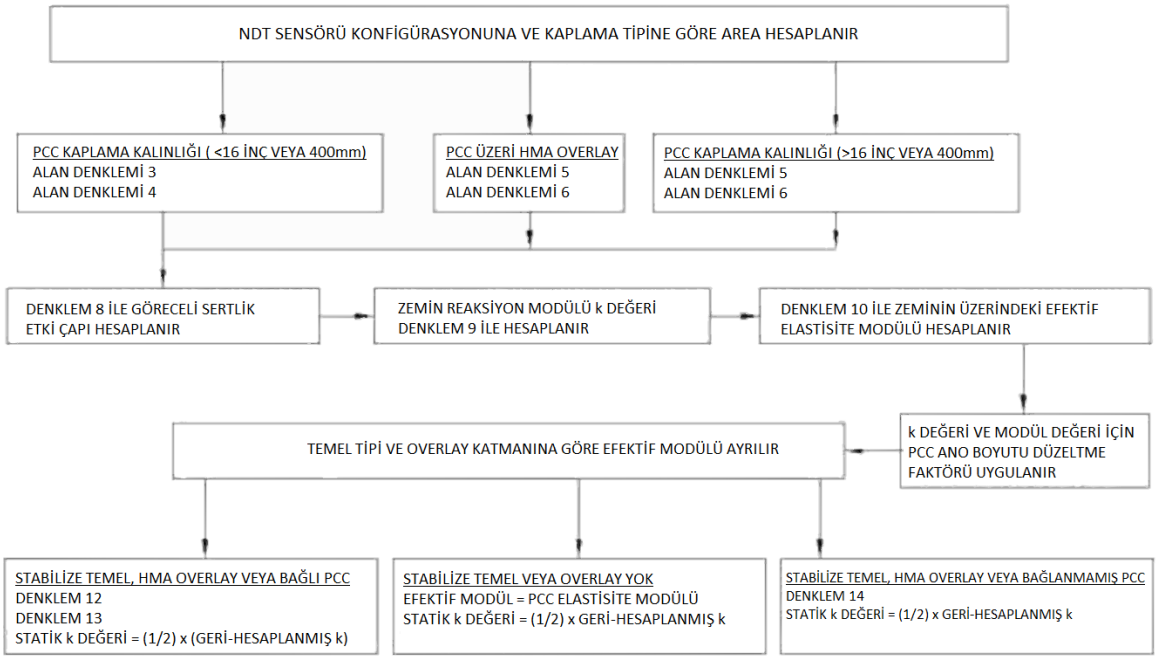
Malzeme Davranışı	Uygulanan Yük Tipi	
	Statik	Dinamik
Doğrusal	Kapalı form ve yineleme-temelli araçlar	Sonlu Elemanlar Araçları
Doğrusal Olmayan	Yineleme-temelli araçlar	Sonlu Elemanlar Araçları
Dinamik yükler, titreşimli ve darbeli yük NDT ekipmanı tarafından oluşturulanları içerir		

Şekil 42'de gösterilen dört kaplama bölümü için, yukarıdaki denklemde ortalama 12 inç (60 cm) sensör defleksiyonları kullanılmış olsaydı, zemin için dinamik esneklik modülü değerleri aşağıdaki gibi olurdu: bölüm 1, 72.150 psi (497 MPa); bölüm 2, 26.780 psi (185 MPa); bölüm 3, 43.650 psi (301 MPa); ve bölüm 4, 33.170 psi (229 MPa). Bu sensör konumu için dört ortalama defleksiyon 2,76, 7,48, 4,57 ve 6,02 mildir.

Beklendiği gibi, 1. bölümün zemin dayanıklılığı en yüksek seviyededir çünkü stabilize edilmiştir. Bu zemin modülü değerleri, 1993 AASHTO Tasarım Kılavuzu'nda tartışıldığı gibi, bu tasarım prosedürlerine uygun olarak bir HMA kaplama tasarımı veya değerlendirmesi yapılmadan önce bir düzeltme faktörü (tipik olarak 0,33) kullanılarak laboratuvar esneklik modülü değerlerine ayarlanmalıdır.

Yaygın olarak kullanılan bir diğer kapalı form geri hesaplama prosedürü, AREA tabanlı metodolojidir. 1993 AASHTO Tasarım Kılavuzunda da kullanılan bu metodoloji, tasarım aracı zemin modülünü k kullandığında ağırlıklı olarak PCC ve HMA kaplamalı PCC kaplamaları için kullanılır. AREA, defleksiyon havuzunu oluşturan NDT defleksiyonları kullanılarak hesaplanır.

Şekil 44, geri-hesaplama analizinde AREA bazlı bir prosedür kullanıldığında reaksiyonun elastik modülünü ve zemin modülünü k hesaplamak için gerekli adımları gösterir. AREA Denklemleri [5] ve [6], HMA kaplamasında veya çok kalın PCC kaplamalarında meydana gelen sıkışmayı hesaba katmak için kullanılır. Bu denklemler, sıkıştırmanın meydana geldiği yük plakası altındaki defleksiyonu içermemektedir.



Şekil 44. ALAN Yöntemi Kullanılarak Kapalı Form Geri-Hesaplama Akış Şeması

Aşağıdaki AREA denklemleri dört ve yedi sensörlü SHRP ve ABD Hava Kuvvetleri konfigürasyonlarına dayanmaktadır. Denklem 3 ve 4, defleksiyon havuzu ALANI'nı hesaplamak için NDT cihazındaki tüm sensörlerden gelen defleksiyonları kullanır. Denklem 5, SHRP'nin yedi sensörlü konfigürasyonun dıştaki beş sensörünü kullanır. Benzer şekilde Denklem 6, Hava Kuvvetlerinin yedi sensörlü konfigürasyonundan dıştaki altı sensörü kullanır.

$$AREA_{4Sensor} = \left[6 + 12\left(\frac{d_{12}}{d_0}\right) + 12\left(\frac{d_{24}}{d_0}\right) + 6\left(\frac{d_{36}}{d_0}\right)\right] \quad [3]$$

$$AREA_{7Sensor} = \left[4 + 6\left(\frac{d_8}{d_0}\right) + 5\left(\frac{d_{12}}{d_0}\right) + 6\left(\frac{d_{18}}{d_0}\right) + 9\left(\frac{d_{24}}{d_0}\right) + 18\left(\frac{d_{36}}{d_0}\right) + 12\left(\frac{d_{36}}{d_0}\right)\right] \quad [4]$$

$$AREA_{5Dış} = \left[3 + 6\left(\frac{d_8}{d_{12}}\right) + 9\left(\frac{d_{24}}{d_{12}}\right) + 18\left(\frac{d_{36}}{d_{12}}\right) + 12\left(\frac{d_{60}}{d_{12}}\right)\right] \quad [5]$$

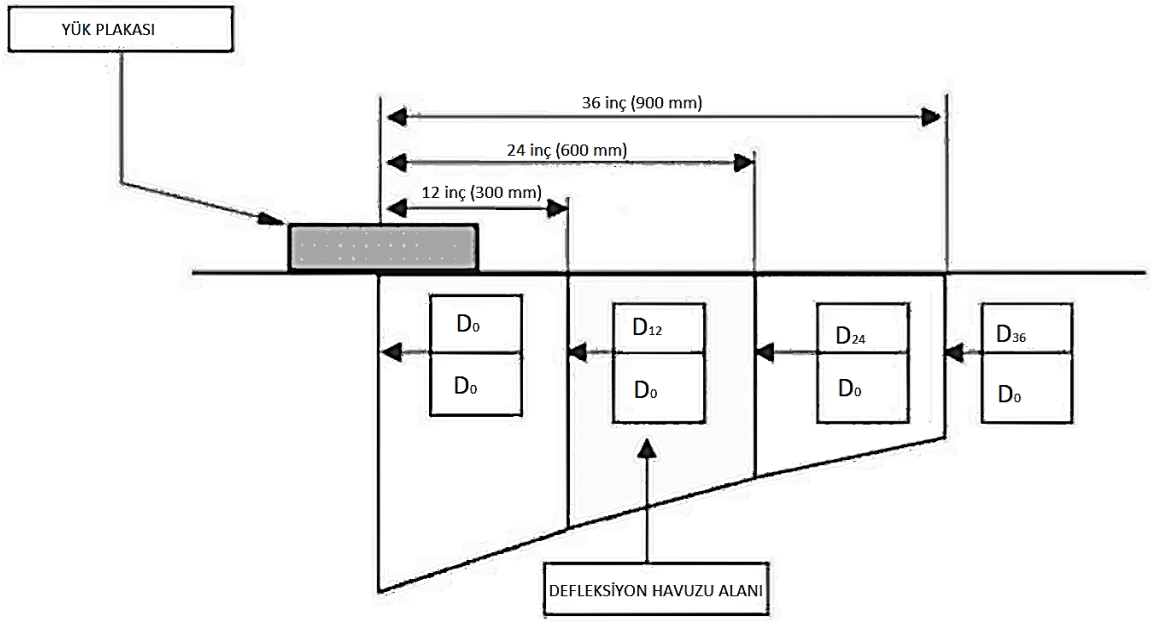
$$AREA_{6Dış} = \left[6 + 12\left(\frac{d_{24}}{d_{12}}\right) + 12\left(\frac{d_{36}}{d_{12}}\right) + 12\left(\frac{d_{48}}{d_{12}}\right) + 12\left(\frac{d_{60}}{d_{12}}\right) + 6\left(\frac{d_{72}}{d_{12}}\right)\right] \quad [6]$$

$AREA$ = HRP dört sensör, SHRP yedi sensör, SHRP dış beş sensör ve Air Force dış altı sensör için inç cinsinden ALAN

d_0 = Yük plakasının merkezinde mil cinsinden maksimum defleksiyon

d_i = Yük plakası merkezinden mil cinsinden 8, 12, 18, 24, 26, 48, 60 ve 72 inç (20, 30, 45, 60, 90, 120, 150 ve 180 cm) defleksiyonları

Şekil 45'teki denklemler, SHRP dört sensörlü konfigürasyon için ALAN'ın nasıl hesaplandığını göstermektedir.



Şekil 45. SHRP Dört Sensörlü Yapılandırma için Defleksiyon Havuzu Alanı

$$AREA_{(in)} = \left[6 + 12\left(\frac{d_{12}}{d_0}\right) + 12\left(\frac{d_{24}}{d_0}\right) + 6\left(\frac{d_{36}}{d_0}\right)\right]$$

Aynı prensipler herhangi bir rastgele sensör konfigürasyonu için ALAN'ı hesaplamak için kullanılabilir. Doğru ALAN hesaplamaları yapıldıktan sonra, Denklem 7'de tanımlandığı gibi bağıl sertlik yarıçapı, k değerini ve efektif PCC modülünü hesaplamak için kullanılabilir.

$$\lambda_k = \sqrt[4]{\frac{E_{PCC} h_{PCC}}{12(1-\mu^2)k}} \quad [7]$$

λ_k = Winkler temelinde bağıl sertlik yarıçapı, inç
E_{PCC} = Zeminin üzerindeki bağlı katmanların efektif elastik modülü, psi
h_{PCC} = Zeminin üzerindeki tüm rijit katmanların toplam kalınlığı, inç
μ = Poisson oranı
k = Zemin reaksiyon modülü, psi/inç

Denklem 3 ila 6 ile hesaplanan alanlar ile Denklem 8'de gösterilen genel forma dönüşen bağıl rijitide yarıçapı λ_k arasında benzersiz bir ilişki vardır.

$$\lambda_k = \left[\frac{\ln\left(\frac{A - AREA}{B}\right)}{C}\right]^D \quad [8]$$

λ_k = Winkler temelinde bağıl sertlik yarıçapı, inç
$AREA$ = Denklem 3 ila 6 ile hesaplanan ALAN
A, B, C, D = Tablo 21'da gösterilen ALAN-bazlı sabitler
μ = Poisson oranı
k = Zemin reaksiyon modülü, psi/inç

Göreceli sertlik yarıçapı hesaplandıktan sonra, zemin k değeri ve efektif modül, iki bağımsız denklem kullanılarak k değeri veya modülün eş zamanlı çözülmesiyle hesaplanabilir. Birincisi, bağıl sertlik yarıçapı için Denklem 7'dir ve ikincisi, uygulanan yükün hemen altında anonun merkezindeki defleksiyon için Westergaard denklemidir. Ancak Westergaard denklemi, defleksiyonların doğrudan yük plakasının altındaki defleksiyonlara normalleştirilmediği dış ALAN senaryoları için geçerli olmadığından, k değerini ve efektif modülü hesaplamak için aşağıdaki denklemler kullanılır:

$$k = \left(\frac{P d_r^*}{d_r \lambda_k^2}\right) \quad [9]$$

k = Zemin reaksiyon modülü, psi/inç
P = Uygulanan NDT yükü, lb
λ_k = Winkler temelinde bağıl sertlik yarıçapı, inç
d_r^* = Radyal mesafenin, r, boyutsuz defleksiyon katsayısı
d_r = Radyal mesafe r'de ölçülen defleksiyon, inç

$$E = \left(\frac{12(1-\mu^2) P \lambda_k^2 d_r^*}{d_r h^3}\right) \quad [10]$$

E = Elastisite modülü, psi
μ = PCC'nin Poisson oranı
P = Uygulanan NDT yükü, lb
λ_k = Winkler temelinde bağıl sertlik yarıçapı, inç
d_r^* = Radyal mesafenin, r, boyutsuz defleksiyon katsayısı
d_r = Radyal mesafe r'de ölçülen defleksiyon, inç
h = Zeminin üzerindeki tüm bağlı katmanların kalınlığı, inç

Boyutsuz defleksiyon katsayısı d_r^* aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$d_r^* = xe^{(-ye^{(-z\lambda k)})} \quad [11]$$

d_r^* = Radyal mesafenin, r, boyutsuz defleksiyon katsayısı
λ_k = Winkler temelinde bağıl sertlik yarıçapı, inç
x, y, z = Tablo 23'deki sabitler

Şekil 44'te gösterildiği gibi, AREA bazlı geri hesaplama yöntemindeki bir sonraki adım, sonlu ano boyutunun etkisini hesaba katacak şekilde k değerini ve etkin modülü ayarlamaktır. Westergaard'ın analizlerinin doğasında bulunan sonsuz ano varsayımını hesaba katmak için ano boyutu düzeltmeleri gerekli olabilir.

Mühendis bunun gerekli olduğuna inanıyorsa, ano boyutu ayarlama prosedürleri "*FHWA Report RD-00-086 - Back-calculation of Layer Parameters for LTPP Test Sections, Volume I: Slab on Elastic Solid and Slab on Dense-Liquid Foundation Analysis of Rigid Pavements*" veya *"AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993"* dökümanlarında bulunabilir.

PCC yapısı stabilize bir temel, HMA kaplaması veya PCC kaplaması içermiyorsa, geriye doğru hesaplanan dinamik efektif modül, PCC esneklik modülüdür. Bununla birlikte, geri hesaplanan dinamik k değeri, k değeri kullanan geleneksel FAA değerlendirme ve tasarım programlarının temeli olan statik bir k değeri elde edecek şekilde ayarlanmalıdır.

Ulusal Karayolu Ortak Araştırma Programı (NCHRP) Raporu 372, statik k değerinin dinamik k değerinin yarısına eşit olduğunu kabul eder. Statik k değeri, AASHTO T222'de anlatıldığı gibi plaka testlerinin yapılmasıyla elde edilecek değerdir.

PCC yapısı stabilize edilmiş bir temel, ince HMA kaplaması veya PCC kaplaması içeriyorsa, geri hesaplanan dinamik efektif modül, iki modül değerini hesaplamak için kullanılabilir. Olası modül senaryoları şu şekildedir: bağlı veya bağlanmamış PCC kaplaması ve PCC katmanı, ince HMA kaplaması ve PCC katmanı, PCC katmanı ve zayıf beton veya çimentoyla iyileştirilmiş temel veya PCC katmanı ve HMA ile stabilize temel.

Geri hesaplama sırasında çoğu mühendis, vakaların yüzde 95'inden fazlasında, darbe yüklü NDT cihazlarının düşen ağırlığından kaynaklanan yüksek sürtünme kuvvetleri nedeniyle iki katmanın birbirine bağlı görüneceğini varsaymalıdır. Bu, karot alma sonuçlarının katmanlar arasındaki katmansızlaşmayı *(delamination)* gösterdiği, katmanlar arasına bağ kırıcıların yerleştirildiği (iki katman polietilen kaplama dahil) ve HMA ayırma katmanlarının oluşturulduğu (örneğin, PCC üzerinde geleneksel bağlanmamış PCC kaplaması) senaryoları

içerir. Birleştirilmiş katman senaryosu için öncelikle nötr eksen aşağıda gösterildiği gibi hesaplanmalıdır.

$$x = \frac{\left[\frac{h_1^2}{2} + \beta h_2 (h_1 + \frac{h_2}{2})\right]}{h_1 + \beta h_2} \quad [12]$$

x = Nötr aksa olan derinlik, inç
h_i = Üst katmanın kalınlığı, inç
β = E_2 / E_1 (E_1değeri mühendis tarafından tahmin edilir)

E_2 = Üst katmanın elastisite modülü, psi
E_1 = Alt katmanın elastisite modülü, psi

Nötr eksenin derinliğini tahmin etmeden önce mühendis, Denklem 12'de gösterildiği gibi alt katmanın elastisite modülünün üst katmana oranını tahmin etmelidir. Tipik oran değerleri veya Beta β değerleri HMA, PCC ve stabilize baz karışım tasarımlarına bağlı olarak aşağıdaki gibi olacaktır:

- HMA kaplamalı PCC = 10,
- PCC kaplamalı PCC = 1,4
- Zayıfbeton bazlı PCC = 0,40
- Çimentoyla iyileştirilmiş temel olan PCC = 0,25
- Asfaltla iyileştirilmiş temel olan PCC = 0,10

Nötr eksene olan derinliğin tahmin edilmesi ve hesaplanmasının ardından, üst tabaka için elastik modül ve daha sonra, β için varsayılan değer kullanılarak alt tabaka için, Denklem 13 kullanılarak bağlanmış bir koşul için hesaplanabilir.

$$E_1 = \frac{[E_e(h_1 + h_2)^3]}{\left[h_1^3 + \beta h_2^3 + 12h_1(x - \frac{h_1}{2})^2 + 12\beta h_2\left(h_1 - x + \frac{h_2}{2}\right)^2\right]} \quad [13]$$

E_e = Denklem 10'da geri-hesaplanan efektif modül, psi

İki katman arasındaki durum bilinmiyorsa mühendis, analizi hem bağlı olmayan hem de bağlı bir durum için çalıştırmak isteyebilir. Yukarıdan β, E_e, h_1 ve h_2 kullanılarak, üst ve alt katmanlar için elastisite modül değerleri, Denklem 14 kullanılarak bağlanmamış bir durum için hesaplanabilir.

$$E_2 = \frac{[E_e(h_1 + h_2)^3]}{\left[\frac{h_1^3}{\beta} + h_2^3\right]} \quad [14]$$

Tablo 23. D için sabitler, (Denklem 11)

Yük Plakasından Radyal Mesafe, inç (cm)	Sabit		
	X	Y	Z
0	0.12450	0.14707	0.07565
12 (30)	0.12188	0.79432	0.04074

Sonlu ano boyutu etkileri düzeltildikten sonra, ayarlanmış dinamik k ve etkili modül değerleri sırasıyla 702 psi/inç ve 2.541.877 psi'dir (17526 MPa). Şekil 43'te gösterildiği gibi, statik k değeri ayarlanmış dinamik k değerinin yarısı veya 351 psi/inç olarak hesaplanır. Bu, FAA tasarım ve değerlendirme programlarında kullanılması gereken k değeridir.

Tablo 24. Kaplama Malzemeleri için Tipik Modül Değerleri ve Aralıkları

Malzeme	Düşük Değer, psi (MPa)	Tipik Değer, psi (MPa)	Yüksek Değer, psi (MPa)
Asfalt	70.000 (500)	500.000 (3.500)	2.000.000 (14.000)
Portland Çimento Betonu	1.000.000 (7.000)	5.000.000 (35.000)	9.000.000 (60.000)
Zayıf Beton	1.000.000 (7.000)	2.000.000 (14.000)	3.000.000 (20.000)
Asfaltla İyileştirilmiş Temel	100.000 (700)	500.000 (3.500)	1.500.000 (10.000)
Çimentoyla İyileştirilmiş Temel (CTB)	200.000 (1.400)	750.000 (5.000)	2.000.000 (14.000)
Granüle Temel	10.000 (70)	30.000 (200)	50.000 (350)
Granüle Alttemel veya Toprak	5.000 (30)	15.000 (100)	30.000 (200)
Stabilize Toprak	10.000 (70)	50.000 (350)	200.000 (1.400)
Kohezyonlu Toprak	3.000 (20)	7.000 (50)	25.000 (170)

PCC ve CTB katmanlarının etkin elastik modülü, bireysel katman modülü değerlerini hesaplamak için kullanılabilir. CTB'nin PCC elastik modülüne oranının, β, 0,25 olduğu ve iki katmanın bağlı olduğu varsayılırsa, PCC yüzeyinden nötr eksene olan derinlik, Denklem 12'den hesaplandığı gibi 9,07 inçtir (230 mm). Denklem 13'ün bağlı bir arayüz koşulu için kullanılması, PCC ve CTB katmanları için sırasıyla 5.064.615 psi (34919 MPa) ve 1.266.154 psi (8730 MPa) elastik modül değerleriyle sonuçlanır.

Bağlanmamış bir PCC ve CTB arayüz koşulu için, Denklem 13, PCC ve CTB katmanları için sırasıyla 9.878.110 psi (68107 MPa) ve 2.469.528 psi (17027 MPa) elastik modül değerlerini hesaplamak için kullanılır. PCC ve CTB katmanlarının durumu ve yaşı hakkındaki bilgiye dayanarak, bağlanmış arayüz koşulu, bu test konumunda kaydedilenlerden daha makul sonuçlar verir.

Bu örnekte kullanılan ve Şekil 43'te gösterilen prosedürler, bir kaplama bölümündeki tüm merkez ano test konumları için elastik modül ve k değerlerini geri hesaplamak için kullanılmalıdır. AREA yöntemi hesaplamaları için yöntemler ve denklemler, hesaplama sürecini basit bir çaba haline getirmek için bir elektronik tablo programına dahil edilebilir.

b) Yinelemeli Elastik Katman Geri Hesaplaması

Daha önce sunulan kapalı form prosedürlerinden farklı olarak bu metodoloji, elastik katman teorisine ve zemin de dahil olmak üzere kaplama yapısındaki tüm katmanların modül değerlerini hesaplamak için yoğun hesaplamalı bir sürece dayanmaktadır. Bu metodoloji, Şekil 43'te belirtildiği gibi, değerlendirme ve tasarım aracı olarak FAARFIELD kullanıldığında HMA kaplamaları, HMA kaplamalı PCC kaplamaları ve PCC kaplamaları için en uygun yöntemdir.

Beton elastisite modülünün ve zemin k değerinin plaka teorisine dayalı olarak geri hesaplanmasına yönelik alternatif bir yöntem de rijit kaplama için kullanılabilir. "En İyi Uyum" olarak adlandırılan bu yöntem, *FHWA Report RD-00-086 - Back-calculation of Layer Parameters for LTPP Test Sections, Volume I: Slab on Elastic Solid and Slab on Dense-Liquid Foundation Analysis of Rigid Pavements* dökümanında açıklanmaktadır. En İyi Uyum yöntemi, katmanlı elastik geri hesaplama yöntemlerine benzer şekilde, her sensörde hesaplanan ve ölçülen defleksiyonlar arasında mümkün olan en iyi uyumu sağlayan, bağıl sertlik yarıçapı λ ve zemin reaksiyon modülü k'nin bir kombinasyonunu çözer.

Ancak ayrıntılı Uzun Vadeli Kaplama Performansı (LTPP) çalışmaları, elastik katman geri-hesaplama prosedürlerinin PCC kaplama bölümleri için her zaman iyi çalışmayabileceğini göstermektedir. Bu nedenle, geri hesaplama çalışmasında bu metodolojiye dayalı araçlar kullanılırsa, sonuçların makul ve tipik modül değerleriyle tutarlı olduğundan emin olmak için sonuçlar dikkatle incelenmelidir.

Kapalı formlu geri-hesaplamada olduğu gibi, elastik katman metodolojisi, defleksiyon havuzu verilerine, katman kalınlıklarına ve kaplamaların bileşimine dayalı olarak katman modüllerini hesaplamak için kullanılır. Bu, her bir malzeme türü için başlangıçtaki katman elastik modülleri (*seed values*) kümesinin ve makul bir modül aralığının tahmin edilmesiyle elde edilir. Tipik kaplama malzemeleri için modül ve Poisson oranı değerleri Tablo 25 ve Tablo 26'da gösterilmektedir.

Tablo 25. Kaplama Malzemeleri için Tipik Poisson Oranları

Malzeme	Düşük Değer	Yüksek Değer
Asfalt veya Asfaltla İyileştirilmiş Temel	0,25	0,40
Portland Çimento Betonu	0,10	0,20
Zayıf Beton veya Çimentoyla İyileştirilmiş Temel	0,15	0,25
Granüle Temel, Alttemel veya Toprak	0,20	0,40
Stabilize Toprak	0,15	0,30
Kohezyonlu Toprak	0,30	0,45

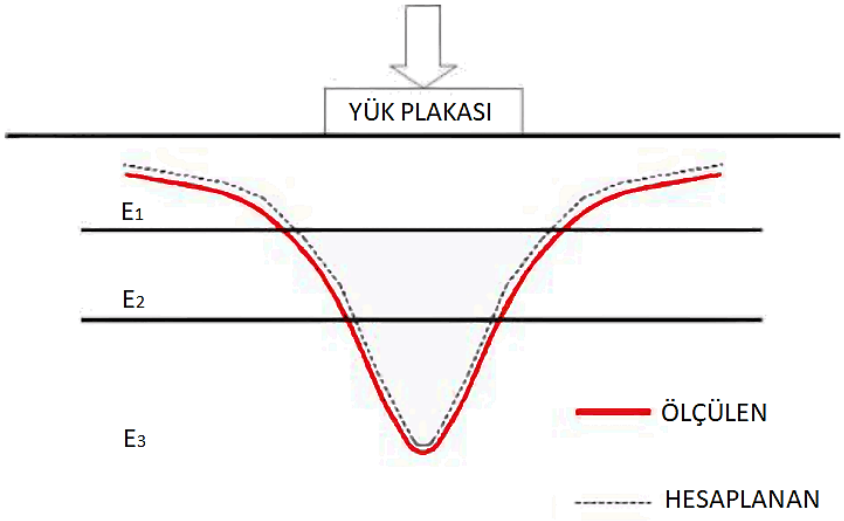
Tablo 26. Lineer Analiz Geri Hesaplama Programları

Program	Geliştirici	Hesaplama Rutini	Rijit Analiz	Katman Arayüz Analizi	Maksimum Katman Sayısı	Yakınsama Rutini
BAKFAA	FAA	LEAF	✓	Değişken	10	Karekök ortalama *(rms)*
BISDEF	U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station	BISAR	✓	Değişken	Defleksiyon sayısı aşılamaz. Üç bilinmeyenli denklemler için en iyi sonucu verir	Mutlak hatanın karelerinin toplamı
CHEVDEF	U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station	CHEVRON	✓	Sabit (Kaba)	Defleksiyon sayısı aşılamaz. Üç bilinmeyenli denklemler için en iyi sonucu verir	Mutlak hatanın karelerinin toplamı
ELSDEF	Texas Agricultural and Mechanical University - U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station	ELSYM5	✓	Sabit (Kaba)	Defleksiyon sayısı aşılamaz. Üç bilinmeyenli denklemler için en iyi sonucu verir	Mutlak hatanın karelerinin toplamı
MODULUS	Texas Transportation Institute	WESLEA	✓ Değişken	Sabit	Dört bilinmeyene kadar, ek olarak bir rijit katman	Göreceli kare hatasının toplamı
WESDEF	U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station	WESLEA	✓	Değişken	Beş katmana kadar	Mutlak hatanın karelerinin toplamı
MICHBAK	Michigan State	CHEVRON	✓	Sabit	Dört bilinmeyene kadar, ek olarak bir rijit katman	Göreceli kare hatasının toplamı

Tüm programlar geri-hesaplama sırasında çok katmanlı elastik teoriyi kullanır. MODULUS dışındaki tüm programlar yinelemeli bir geri hesaplama yöntemi kullanır; MODULUS bir veritabanı formatı kullanır. Tüm programlar için *seed* modülleri gereklidir. MICHBAK dışındaki tüm programlar için kabul edilebilir modül değerleri aralığı gereklidir. Tüm programlar kullanıcının bir katmanın modül değerini sabitlemesine olanak tanır. Tüm programlar bir hata yakınsama fonksiyonu içerir.

Her katman için bir dizi modül değeri atandıktan sonra, ölçülen ve hesaplanan defleksiyonlar arasında en iyi eşleşmeyi elde etmek için yinelemeli bir süreç kullanılır. Hesaplama işlemi, ilk olarak, belirtilen izin verilen aralık dahilindeki her katmanın genellikle *"seed"* değeri olarak adlandırılan başlangıç modülünün tahmin edilmesiyle başlatılır. Bu başlangıç değerinin seçimi, test sırasındaki malzeme tipine ve çevre koşullarına bağlıdır. İlk defleksiyon havuzu daha sonra NDT cihaz yükü kullanılarak hesaplanır.

Daha sonra ilk defleksiyon havuzu Şekil 46'de gösterildiği gibi, ölçülen defleksiyon havuzu ile karşılaştırılır. Defleksiyonlar önemli ölçüde farklıysa, "seed" modülü değerleri, modül değerleri aralığı ve/veya kaplama kalınlıkları ayarlanır. İşlem, tahmin edilen modüllerden geri-hesaplanan defleksiyonlar, ölçülen NDT defleksiyonları ile kabul edilebilir bir hata seviyesinde birleşene kadar tekrarlanır.



Şekil 46. Ölçülen ve Hesaplanan Defleksiyon Havuzlarının Karşılaştırılması

Kabul edilebilir bir hata seviyesine başarıyla yakınsama elde etmek çeşitli faktörlere bağlıdır. Hata seviyelerini ve geri-hesaplama sonuçlarını incelerken, geri-hesaplama sürecinde tek bir çözümün elde edilemeyeceğinin anlaşılması önemlidir. Bunun yerine, birçok uygun çözümden biri, geri hesaplama düzeneğinde mevcut olan veya tanımlanmış olan kısıtlamalar kümesine dayalı olarak elde edilir. Uygun bir çözüm için elde edilen hatanın büyüklüğü ve katman modülü değerleri birçok faktöre bağlıdır.

Hatanın büyüklüğü ve elastik katman teorisi kullanılarak yinelemeli geri hesaplama yoluyla elde edilen sonuçlar, aşağıdakiler de dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenir:

Tablo 27. Hatanın Büyüklüğünü Etkileyen Faktörler

Katman sayısı	Geri hesaplama analizinde katman sayısı arttıkça hata seviyesi artabilir ve mümkün olmayan bir çözümle sonuçlanabilir.
Katman Kalınlıkları	Analizde katmanın kalınlığı azaldıkça hata düzeyi artabilir. Ek olarak, bir katmanın tahmini kalınlığı gerçek kalınlıktan önemli ölçüde farklıysa hata seviyeleri de artabilir.
Katman Arayüzü Durumu	Çok katmanlı bir analizde herhangi iki katman arasındaki bağın gücü, sonuçları ve hata seviyelerini de etkileyecektir.
HMA Katman Sıcaklığı	Asfalt tabakası sıcaklıktaki değişikliklere karşı çok hassastır. Sıcak ve güneşli bir yaz gününde hava sıcaklığı önemli ölçüde değiştiğinde HMA modülü de önemli ölçüde değişecektir. Bu, hata seviyelerine ve analiz sonuçlarına yansıtılabilir.
Katman *"seed"* Değerleri	Her katman için seçilen başlangıç modül değerinin sonuçlar üzerinde etkisi olabilir. Hatanın büyüklüğü, geri hesaplama yazılım programı tarafından kullanılan yineleme algoritmasına bağlı olacaktır.
Bitişik Katman Modülü Oranları	Bir kaplama yapısında iki bitişik katman arasındaki tahmini modül önemli ölçüde farklı olduğunda daha büyük hatalar meydana gelebilir. Örneğin 15 inç (38 cm) PCC üzerindeki 4 inç (10 cm) kalınlığındaki HMA kaplamanın analizinden elde edilen hata ve sonuçlar oldukça yüksek olabilir.
Alttaki Sert Katman	Benzer şekilde, nispeten sert bir katman kaplama yüzeyinden 3 m (10 ft) uzaktaysa ve geri-hesaplama aracı genellikle "ana kayaya kadar derinlik" olarak adlandırılan bu katmanı dikkate almazsa hata düzeyi oldukça büyük olabilir. Ancak bu katmanın ana kaya olması şart değildir, üzerindeki bağlanmamış katmanlardan çok daha sert bir katman olabilir.
Kaplama Çatlakları	Elastik katman teorisi, altyapıda herhangi bir katmanda süreksizliğin olmadığını varsayar. Bu nedenle, eğer NDT yük plakası herhangi bir türden bir çatlağın yakınındaysa veya HMA kaplamalı PCC kaplamanın altındaki bir derzdeyse büyük hatalar meydana gelebilir.
Sensör Hataları	NDT sensörleri kalibre edilmemişse veya ölçülen sapmalar sensör spesifikasyon sınırlarının dışındaysa hata düzeyi de artabilir.
NDT Yük Plakası	Yük plakası kaplama yüzeyi ile düzgün temas halinde değilse hata seviyesi artabilir.
Darbe Sürei *(pulse time)*	Darbe yüklü NDT cihazları için uygulanan yükün darbe süresi de sonuçları etkileyebilir.

Frekans Süresi	Titreşimli NDT cihazları için yük frekansı da sonuçları etkileyebilir.
Mevsimsel Etkiler	Su tablası seviyesi yıl boyunca değişebilir. Ek olarak, kuzey iklimleri için don nüfuzu ve bahar çözülmeleri hata seviyelerini ve analiz sonuçlarını etkileyebilir.
Malzeme Özelliği Değişkenliği	Kaplamalar, kalınlığı ve özellikleri kaplamanın enine veya boyuna profili boyunca değişebilen bir zemin veya dolgu malzemesi üzerine inşa edilir. Alt zeminler doğrusal olmayabilir, homojen olmayabilir veya anizotropik olabilir. Zemin özellikleri nispeten kısa bir mesafede önemli ölçüde değişebilir

Geri-hesaplama hatasını ve sonuçlarını etkileyebilecek önemli faktörlerin uzun listesi, geri hesaplamanın neden yüksek derecede beceri ve deneyim gerektiren zahmetli bir süreç olduğunu göstermektedir. Hata seviyesini ve sonuçları etkileyen pek çok faktör olduğundan ve tek bir benzersiz çözüm olmadığından, yinelemeli elastik katman geri hesaplaması mühendislik muhakemesi gerektirir. Şekil 47, havalimanı kaplama değerlendirmesi, tasarımı ve yönetimi için güvenilir girdiler sağlayacak makul modül değerlerinin elde edilmesi için elastik katman geri hesaplamasının nasıl yapılabileceğini göstermektedir.

ASTM D 5858 - Standard Guide for Calculating In-Situ Equivalent Elastic Moduli of Pavement Materials using Layered Elastic Theory ve LTPP'nin *Design Pamphlet for the Back-Calculation of Pavement Layer Moduli in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structure* dökümanları ilk geri-hesaplama analizinin nasıl oluşturulacağı ve ardından uygulanabilir ve makul bir çözüm elde etmek için gereken ayarlamaların nasıl yapılacağı konusunda rehberlik sağlar. Makul katman modüllerinin geriye doğru hesaplanması birçok faktöre bağlı olmasına rağmen, aşağıdaki öneriler her kaplama bölümü için defleksiyon verilerinin değerlendirilmesinde başarı elde edilme olasılığını artırabilir.

1) Dinamik Konik Penetrometresi (DCP): Kaplama çalışması için karotlar elde edilecekse, çekirdek karotları ve bağlanmamış tabanlar boyunca ve zeminin 18 inç (45 cm) içinde DCP testleri yapılır. DCP verilerini değerlendirilir ve her katman için CBR ve elastik modül değerlerini tahmin edilir.

2) Katman Kalınlıkları Doğrulanır: Kalınlıkların makul olduğundan emin olmak için inşaat geçmişi, karotları, sondajları ve DCP testleri kontrol edilir. Kalınlığı 75 mm'den (3 inç) az olan ince katmanları ortadan kaldırılır veya diğer katmanlarla birleştirilir. ASTM D 5858 ve LTPP geri hesaplama kılavuzu, yük alanın çapının dörtte birinden daha az olan kalınlıkları ince olarak tanımlar. 12 inçlik (30 cm) en yaygın yükleme plakası boyutu için bu, 3 inçlik (8 cm) bir kalınlık olacaktır.

3) Katman Sayısını Optimize Edilir: Görünen sıkı *(stiff)* katman hariç, geri-hesaplama analizindeki katman sayısı beş veya daha az tutulur; üç katman ideal sayıdır. ASTM D 5858 ve LTPP belgelerinde belirtildiği gibi minimum defleksiyon sayısı (örneğin sensörler) analizdeki katman sayısından az olmamalıdır. Bu nedenle SHRP dört sensör konfigürasyonu için analize dörtten fazla katman dahil edilmemelidir.

4) Sorunlu Katmanlar Birleştirilir: İki bitişik bağlanmamış granüler katman için, birleştirilmiş kalınlıkları kullanarak bu katmanları tek bir eşdeğer katman halinde birleştirilerek analiz yapılabilir. PCC, granüler bir temel veya alt temel içeren HMA kaplı PCC için analizden granüle katman çıkartılır. ("kompozit" zemin katmanını kullanılır). PCC kaplamalarındaki ince HMA katmanları için HMA katmanını geri-hesaplamadan çıkartılabilir.

5) Sıkı Katmanın Derinliği Doğrulanır: Bu derinliğin analiz sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olabilir. Bu etkinin büyüklüğü, analizde kullanılan yazılıma bağlı olarak değişecektir. İlk sonuçların makul olmaması halinde, kayanın veya alttaki sıkı katmanın derinliğinin türünü ve değişkenliğini doğrulamak için ilgili kurumlardan alınan ek jeoteknik veriler incelenir.

6) Her Defleksiyon Havuzu Analiz Edilir: Her sensör için defleksiyon değerlerinin ortalamasını alarak temsili bir defleksiyon havuzu hesaplamak yerine, her havuz için geri-hesaplama yapılmalıdır. Temsili bir defleksiyon havuzunun kullanılması, mühendisin bir kaplama bölümü içindeki lokalize zayıf katmanları gözden kaçırmasına neden olabilir.

7) Zemin Katmanları Bölünür: Su tablası 3 m (10 ft) dahilindeyse, zemini iki katmana bölerek hata seviyeleri azaltılabilir: biri su tablasının üstünde, diğeri onun altında olacak şekilde ayarlanır. Bu bölünmenin temel nedeni, doygun durumdaki zemin modülünün doygun olmayan duruma göre önemli ölçüde daha düşük olabilmesidir.

8) Dış Sensörler Kullanılır: Yük plakasının altındaki defleksiyonu kullanmayarak daha iyi sonuçların elde edilebileceği senaryolar vardır. NDT sıcak bir günde gerçekleştirilmişse HMA katmanında önemli bir sıkışma meydana gelebilir. Sıcak bir günde HMA kaplamalı PCC'yi test ederken sıkıştırma miktarı daha da fazla olabilir. Bu senaryolarda dış sensörlerin kullanılması geri-hesaplama sırasındaki hata seviyesini azaltabilir.

Önceki tartışma, tutarlı ve makul geri-hesaplama sonuçlarını sağlaması gereken prosedürlere ilişkin yönergeler sağlar. Yüksek hızlı bilgisayarlar, mühendislerin modül değerlerini daha verimli bir şekilde çözmek için yazılımlar kullanmalarına olanak tanımıştır.

Tablo 28. Non-Lineer Analiz Geri Hesaplama Programları

Program	Geliştirici	Hesaplama Rutini	Rijit Analiz	Katman Arayüz Analizi	Maksimum Katman Sayısı	Yakınsama Rutini
BOUSDEF	Zhou, et al. Al Oregon State University	Odemark-Boussinesq	✓	Sabit (Kaba)	Beş, üç bilinmeyen için en iyi sonuç	Yüzde hataların toplamı
ELMOD ELCON	P. Ullidtz, Dynatest	Odemark-Boussinesq	✓ Değişken	Sabit (Kaba)	Dört katmana kadar, rijit tabaka hariç	Beş sensörde bağıl hata
EMOD	PCS/LAW	CHEVRON	Değişken	Sabit (Kaba)	Üç	Göreceli kare hatasının toplamı
EVERCALC	J. Mahoney et. al.	CHEVRON	✓	Sabit (Kaba)	Üç, rijit tabaka hariç	Mutlak hatanın toplamı
FREDDI	W. Uddin	BASINPT	✓ Değişken	Sabit (Kaba)	?	?
ISSEM4	R. Stubstad	ELSYM5	×	Sabit (Kaba)	Dört	Bağıl sapma hataları
MOD-COMP3	L. Irwin, Szebenyi	CHEVRON	✓	Sabit (Kaba)	Onbeş katmana kadar, maksimum beş bilinmeyen katman	Sensörlerde bağıl sapma hatası
PADAL	S.F. Brown et. al.	?	?	Sabit	?	Göreceli kare hatasının toplamı
RoSy DESIGN	Carl Bro Group	Odemark-Boussinesq	×	Sabit (Kaba)	Dört katmana kadar	Altı sensörde bağıl hata

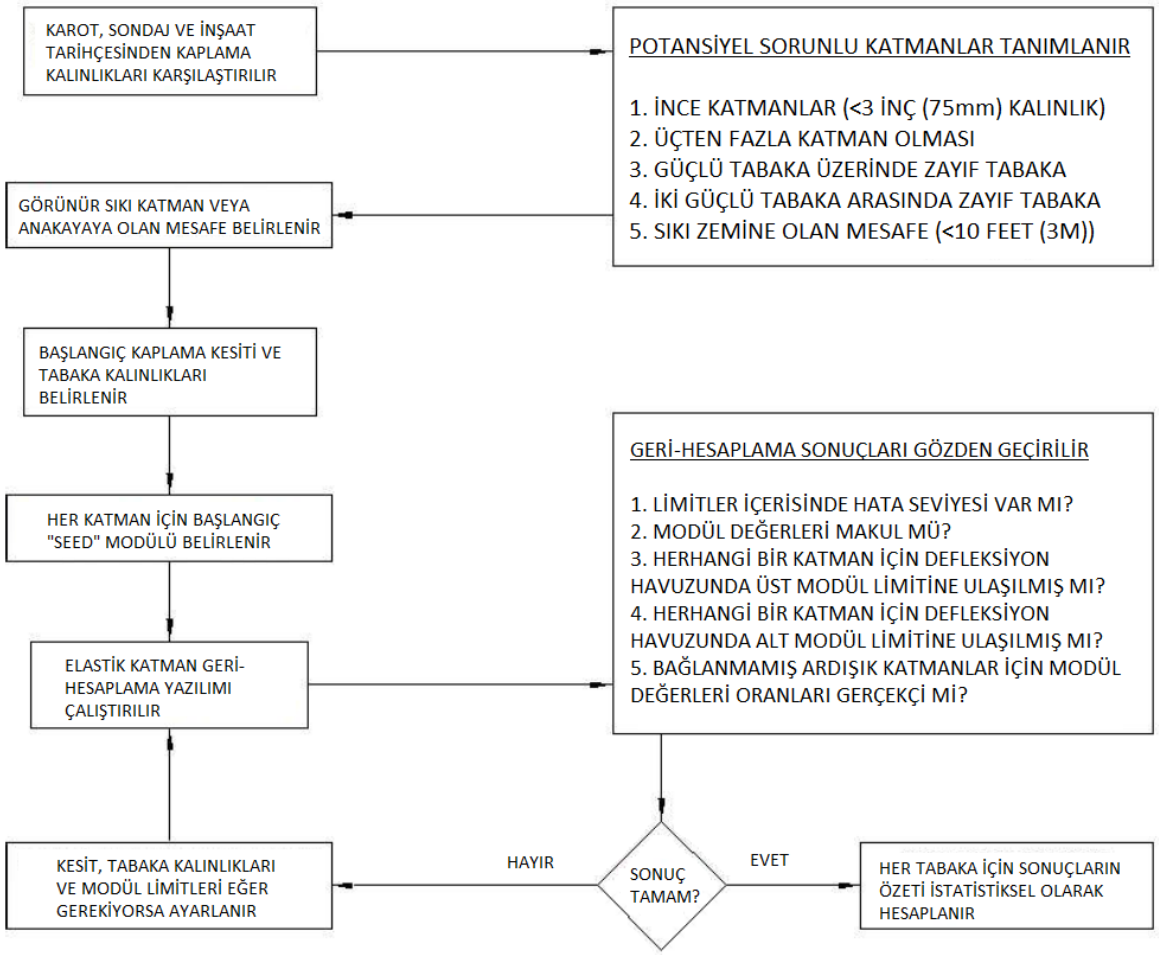
BOUSDEF ve ELMOD/ELCON dışındaki tüm programlar, geri-hesaplama sırasında çok katmanlı elastik teoriyi kullanır; BOUDEF ve ELMOD/ELCON, Odemark-Boussinesq'i kullanır. Tüm programlar yinelemeli bir geri-hesaplama yöntemi kullanır. ELMOD/ELCON, EMOD ve PADA için doğrusal olmayan analiz zeminle sınırlıdır. ELMOD/ELCON ve FREDDI dışındaki tüm programlar için "seed" modülleri gereklidir. ELMOD/ELCON hariç, kabul edilebilir modül değerleri aralığı gereklidir. FREDDI ve PADA için bu durum hakkında bilgi yoktur. Tüm programlar kullanıcıların hata yakınsama işlevini düzeltmesine olanak tanır FREDDI ve PADA için bu durum hakkında bilgi yoktur.

Hangi programların daha iyi sonuçlar üretebileceğini belirlemek için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Ancak elastik katman geri-hesaplaması benzersiz bir çözüm üretmediğinden ve elde edilen sonuçlar üzerinde deneyimin önemli bir etkisi olduğundan, geçmiş çalışmalarda kullanılan değerlendirme kriterleri araştırma ekibinin geri-hesaplama deneyiminden etkilenmektedir.

Örneğin, WESDEF ve MODULUS programları, FHWA'nın LTPP araştırma programındaki test verilerinin analizinde yaygın olarak kullanılmış ve WESDEF, askeri havalimanı kaplamalarının değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmıştır.

Bir geri-hesaplama programı seçerken çeşitli faktörler dikkate alınmalıdır. Mühendis, yazılım belgelerinin kalitesini veya yardım özelliklerini, teknik desteği, satın alma veya kiralama maliyetlerini, ürünün tescilli yapısını, kullanıcı dostu arayüze sahip olmasını ve bir kurum veya firma için önemli olabilecek diğer faktörleri değerlendirmelidir.

FAA, havalimanı ile ilgili kurumlara ve mühendislerine yardımcı olmak için, FAA web sitesinden indirerek ücretsiz olarak erişebileceği "BAKFAA" başlıklı bir geri-hesaplama programı geliştirmiştir.



Şekil 47. Elastik Katman Tabanlı Analiz için Geri Hesaplama Prosedürleri

Tablo 29. Kaplamalarda Derz Performans Derecelendirmeleri

LTE_{Δ}, %	Bağıl Sertliğin Yarıçapı, λ_k	
	20 inç (50 cm)	130 inç (330 cm)
90 - 100	Kabul edilebilir	Kabul edilebilir
70 - 90	Kabul edilebilir	Orta
50 - 70	Orta	Kötü
< 50	Kötü	Kötü

Geri hesaplama sırasındaki diğer bir endişe, çok sert bir katmanın doğrudan üstünde veya altında yumuşak bir katmanın bulunmasıdır. Kaplama çalışmasının bir parçası olarak karotlar alınırsa, karot lokasyonlarındaki geri-hesaplama sonuçlarına daha yüksek düzeyde güven kazandırmak için NDT testlerinin doğrudan karot lokasyonları üzerinde yapılması çok faydalı olabilir. Karot kalınlıkları ve NDT sonuçları kullanılarak, sonuçları kaplama tesisinin geri kalanına ait NDT sonuçlarıyla karşılaştırmak için geri hesaplama çalışmaları yapılabilir.

Şu ana kadarki tartışma, kaplamadaki her katman için elastik modül değerlerinin geriye doğru hesaplanmasına odaklanmıştır. Kaplama değerlendirmesinde veya tasarım çalışmasında her katmanın mukavemetini bilmek önemli olsa da, PCC kaplamaları genellikle rijit kaplamalar için önemli olan özelliklerin ek testlere tabi tutulmasını ve değerlendirilmesini gerektirir. Bu özellikler arasında bağlantı ve çatlak koşulları, destek koşulları ve malzeme dayanıklılığı yer alır.

3.32. PCC DERZ ANALİZİ

PCC derzlerinin veya çatlaklarının analizi önemlidir çünkü bir PCC anosundan bitişik anoya aktarılan yük miktarı, kaplamanın yapısal kapasitesini önemli ölçüde etkileyebilir.

NDT testleri, toplam ana dişli ağırlığının yüzde kaçının yüklü anodan yüksüz anoya aktarıldığını tahmin etmek için bağlantı ve çatlaklarda gerçekleştirilir. Yüksüz anoya aktarılan yük miktarı arttıkça yüklü anodaki eğilme gerilmeleri azalır ve kaplama ömrü uzar.

Yük transferinin miktarı, dişli konfigürasyonu, lastik temas alanı, kaplama sıcaklığı, *dowel-bar* çubuklarının kullanımı ve PCC yüzey katmanının altında stabilize edilmiş bir tabanın kullanılması gibi birçok faktöre bağlıdır.

Defleksiyon yükü aktarım verimliliği (LTE_{Δ}) en sık Denklem 15'te gösterildiği gibi tanımlanır. LTE_{Δ} , derz yansıma çatlağında HMA kaplı PCC için hesaplanıyorsa, HMA katmanının sıkıştırılması, yük aktarımının hatalı değerlendirilmesine neden olabilir.

Bu senaryo için mühendis, NDT cihazının ikinci ve üçüncü sensörlerini kullanarak NDT testlerinin yapılmasını isteyebilir ve daha sonra bu sensörleri LTE_{Δ} hesaplamasında kullanabilir.

$$LTE_{\Delta} = \left(\frac{\Delta_{yüksüz_ano}}{\Delta_{yüklü_ano}}\right) 100\% \quad [15]$$

LTE_{Δ} = Yük transfer verimliliği defleksiyonu, yüzde
$\Delta_{yüksüz_ano}$ = Yükleme plakasının olduğu anodaki yük defleksiyonu, mil
$\Delta_{yüklü_ano}$ = Bitişik anodaki defleksiyon, mil

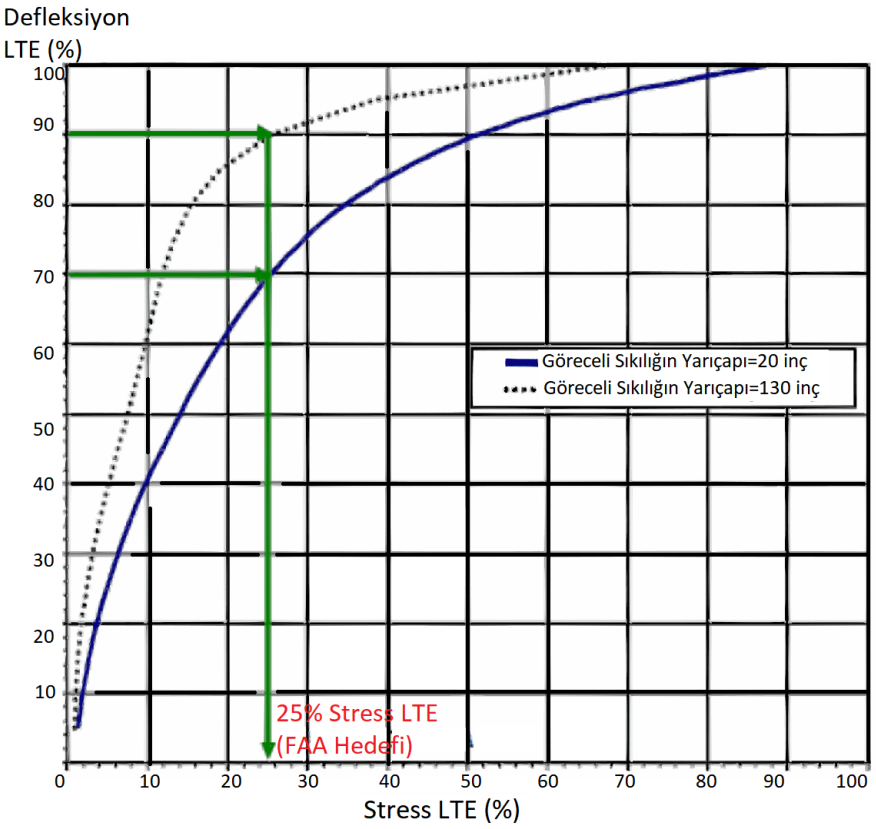
LTE_{Δ} değerleri hesaplandıktan sonra, yük aktarımının kaplama bölümünün yapısal kapasitesini nasıl etkileyeceğini anlamak için bunların gerilim yükü aktarım verimliliği (LTE_{σ}) ile ilişkilendirilmesi gerekir. Bu değerlendirmenin gerekliliği *FAA AC 150/5320-6*'daki tasarım ve değerlendirme prosedürleri, yük aktarımı miktarının bir PCC anosundaki serbest kenar bükülme gerilimini yüzde 25 oranında azaltmaya yeterli olduğu varsayımından kaynaklanmaktadır. LTE_{Δ}ve LTE_{σ} arasındaki ilişki doğrusal olmadığından, stres yükü aktarım verimliliğinin yüzde 25 olup olmadığını hesaplamak için ek analiz çalışması yapılması gerekmektedir. Denklem 16 LTE_{σ}'nın nasıl tanımlandığını göstermektedir.

$$LTE_{\sigma} = \left(\frac{\sigma_{yüksüz_ano}}{\sigma_{yüklü_ano}}\right) 100\% \quad [16]$$

LTE_{σ} = Yük transfer verimliliği gerilimi, yüzde
$\sigma_{yüksüz_ano}$ = Yüklü anodaki gerilim, psi
$\sigma_{yüklü_ano}$ = Bitişik anodaki gerilim, psi

Şekil 48, 12 inçlik (30 cm) bir yük plakası için LTE_{Δ} ve LTE_{σ} arasındaki bir ilişkiyi göstermektedir. 12 inç ve 18 inç (30 cm ve 45 cm) yük plakaları için diğer ilişkiler FAA Report DOT/FAA/PM-83/22 - Investigation of the FAA Overlay Design Procedures for Rigid Pavements dökümanında bulunabilir. Bu verimlilikler arasındaki ilişki, yük temas yarıçapının anonun bağıl sertlik yarıçapına oranına ($^{a}/_{\lambda_k}$) bağlıdır. 6 inç (15 cm) yük plakası yarıçapı için, λ_k, NDT defleksiyon verilerinin analizinde yükleme sırasında değişen tek değişkendir.

Şekil 48'de gösterilen iki eğri, havalimanı kaplamaları için beklenen λ_k değerleri aralığı için bir sınır sağlar. Bu şekilde, yüzde 70'lik bir LTE_{Δ}, λ_k 20 inç (50 cm) olduğunda yüzde 25'lik bir LTE_{Δ}'ye yol açar. Yüzde 25'lik bir LTE_{σ}, FAA tasarım ve değerlendirme prosedürlerinde kullanılan değerdir. Benzer şekilde, yüzde 90'lık bir LTE_{Δ}, λ_k 130 inç (300 cm) olduğunda yüzde 25'lik bir LTE_{Δ} değerine yol açar.



Şekil 48. 12 inç (30 cm) Çaplı Yük Plakası için Defleksiyon ve Gerilim LTE İlişkisi

Şekil 48 ve yüzde 25'lik hedef LTE_{σ}'yi kullanan Tablo 30 (bu tablo ile ilgili olarak FAA AC No: 150/5370-11B dokümanı sayfa 40 ve 41'e bakılmalıdır) üç LTE_{Δ} aralığı için genel öneriler sunmaktadır. Şekil 48'deki 20 inç ve 130 inç (50 cm ve 330 cm) λ_k değerlerinin yorumlanması yoluyla mühendis, kaplamanın yük aktarım verimliliğine ilişkin performans derecesini hesaplayabilir.

Tablo 30. ISM Değerlerinin İstatistiksel Özeti

Kısım	Ortalama (k/inç)	Standart Sapma (k/inç)	C_v (yüzde)	Ortalama-1 Standart Sapma (k/inç)
1	4505	1016	22,6	3489
2	896	126	14,2	770
3	2010	560	27,7	1450
4	1290	280	21,7	1010

Bu bölümün önceki kısımlarında, bir kaplama tesisinin uzunluğu boyunca ISM çizimlerinin kullanımı, bunların kaplama bölümlerinin sınırlarını belirlemek için nasıl kullanılabileceğini göstermek için kullanılmıştır. LTE_σ değerleri aynı zamanda birleştirilmiş PCC veya HMA kaplamalı PCC için de çizilirse, ortak performanstaki farklılıklar da belirgin hale gelebilir. Performanstaki değişiklikler, bağlantı tipiyle (örneğin, *dowel-bar*lı veya *dowel-bar*sız) veya *dowel-bar*sız kaplamalar için agrega kenetlenmesindeki bozulmayla ilişkili olabilir. Ayrıca performanstaki değişiklikler PCC kapsamında stabilize temeller tarafından sağlanan yük transfer miktarının bir göstergesi olabilir.

3.33. PCC BOŞLUK ANALİZİ

Derz yük transferine ek olarak PCC kaplamanın bir diğer önemli özelliği ano destek koşullarıdır. PCC geri-hesaplaması sırasında yapılan varsayımlardan biri anonun tamamının temel ile tam temas halinde olmasıdır. Köşe kırılmaları, derz fayları ve ano çatlakları gibi yüzey bozukluklarının varlığı, kaplama bölümünde destek kaybının olabileceğini gösterir. Derz durum analizinde olduğu gibi, boşluk analizinin odak noktası bağlantı noktalarının veya ano köşelerinin yakınındadır.

Destek kaybı üç nedenden biriyle mevcut olabilir. Temelde, alt temelde veya zeminde erozyon meydana gelmiş olabilir. Stabilize edilmiş katmanın tasarımında temel kriterler takip edilmediği sürece, stabilize edilmiş bir temel veya alt temelin aşınabileceğinin bilinmesi önemlidir.

Erozyonun yanı sıra PCC tabakasının altında da oturma meydana gelmiş olabilir. Oturmaların en sık nedeni inşaat sırasında yetersiz sıkıştırmadır. Son olarak, sıcaklık kıvrılması veya nem bükülmesi nedeniyle destek kaybı meydana gelebilir. Bir PCC anosundaki bükülme miktarı yıl boyunca nispeten sabittir, ancak kıvrılma miktarı PCC katman kalınlığı, taban tipi ve sıcaklıktaki değişiklik gibi temel faktörlere bağlı olarak gün boyunca önemli ölçüde değişebilir.

Ano köşelerinde ve birleşim noktalarında boşluk analizi yapılmalıdır.

NAPTF'deki araştırma sonuçları, orta derzlerde boşlukların varlığının LTE_Δ analiz sonuçlarını etkileyebileceğini göstermektedir. Tipik olarak, bir bağlantının her iki tarafındaki defleksiyonların toplamı, anonun kıvrılması veya bükülmesi arttıkça orantılı olarak artar.

Bu nedenle, sıcak bir günde veya iki farklı mevsimde iki farklı zamanda defleksiyon ölçümleri yapılıyorsa, herhangi bir kıvrılma veya bükülme olmadığında defleksiyonların toplamı sabit kalmalıdır. NDT, LTE_Δ'ye ölçmek için yalnızca bir kez yürütülürse, boşluk tespit grafikleri, boşlukların LTE_Δ hesaplamasının sonuçlarını etkilemediğinden emin olmak için kullanılamaz.

Her ne kadar NDT beton anolar altında boşlukların var olduğuna dair iyi bir gösterge sağlasa da boşlukların varlığını doğrulamak için karot alma, GPR veya kızılötesi termografi gibi diğer yöntemler kullanılmalıdır.

3.34. PCC DAYANIKLILIK ANALİZİ

Bu bölümde sunulan geri-hesaplama analizi prosedürleri, PCC katmanının homojen olduğunu varsaymaktadır. Ayrıca, geri-hesaplama sonuçları merkezi ano defleksiyonlarına ve anonun iç kısımdaki durumuna dayanmaktadır. Ancak PCC kaplamaları, zayıf karışım tasarımları, kötü inşaat, reaktif ve dayanıksız agregalar, nemli iklimler ve yüksek sayıda donma-çözülme döngüsü nedeniyle dayanıklılık sorunları yaşayabilir. Genel olarak, dayanıklılık sorunları PCC derzlerinde ve ano köşelerinde en şiddetlidir çünkü bu yerlerde nem seviyeleri maksimumdur.

NDT defleksiyon verileri, dayanıklılıkla ilgili sorunların ciddiyetinin değerlendirilmesinde çok yararlı olabilir çünkü yüzey koşulları, PCC yüzeyinin birkaç inç altındaki durumun iyi bir göstergesi olmayabilir. Bu durum özellikle dayanıklılık sorunları olan bir PCC kaplamanın HMA ile kaplanması durumunda geçerlidir.

Çoğunlukla, HMA ve PCC arayüzünde daha fazla nem mevcut olduğundan, bir HMA kaplaması inşa edildikten sonra dayanıklılık sorunlarının ciddiyeti artar.

Dayanıklılık sorununun kapsamı, anonun merkezinden elde edilen ISM'nin (veya DSM'nin) değerlendirilmesi ve bunun enine veya boyuna birleşim yerindeki veya ano köşesindeki ISM (veya DSM) ile karşılaştırılması yoluyla değerlendirilebilir.

Mükemmel bir ano için ISM_{oran} bire eşit olmayacaktır çünkü ano defleksiyonları ano köşesinde en yüksek, ano merkezinde ise en düşüktür. Derz yük aktarımı veya destek kaybı analizi yapılmışsa, aynı ham defleksiyon verileri ISM_{oran} değerini hesaplamak için kullanılabilir.

$$ISM_{oran} = \left(\frac{ISM_{ano_merkezi}}{ISM_{ano_köşesi}}\right) K\ veya\ K \left(\frac{ISM_{ano_merkezi}}{ISM_{ano_derz}}\right) \quad [17]$$

ISM_{oran} = Darbe sertliği modülü oranı
$ISM_{ano_{merkezi}}$ = Darbe sertliği modülü, ano merkezi, pound/inç
$ISM_{ano_köşesi}$ = Darbe sertliği modülü, ano köşesi, pound/inç
ISM_{ano_derz} = Darbe sertliği modülü, ano derzi, pound/inç

3'ten büyük bir ISM_{oran} değeri, ano köşesinde veya birleşim yerinde PCC dayanıklılığının zayıf olduğunu gösterebilir. 3 ile 1,5 arasında ise dayanıklılığı şüphelidir. Son olarak oran 1,5'tan azsa PCC muhtemelen iyi durumda demektir. Bu aralıklar PCC iç kısmındaki dayanıklılığın mükemmel olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım, PCC katmanının geri-hesaplama analizinden elde edilen modül değerleri incelenerek doğrulanabilir.

Şüpheli konumlardaki karotlar incelenmeli ve dayanıklılık sıkıntısının ciddiyetini değerlendirmek için gerektiğinde ek laboratuvar testleri (örneğin, petrografik analiz, betonda indirekt değerlendirme için split çekme deneyi b.) yapılmalıdır.

HMA kaplamalı PCC kaplamaları için ISM_{oran} değerinin kullanılması, NDT sırasında meydana gelen "HMA sıkıştırma" etkisini ortadan kaldırma avantajına sahiptir. HMA katmanının PCC anosu boyunca aynı kalınlıkta olduğu ve durumunun (örneğin, sertlik ve büzülme çatlaklarının boyutu) ano boyunca nispeten sabit olduğu varsayılırsa, ano merkezinde, köşe ve derzlerde yaklaşık olarak aynı miktarda HMA sıkışması olmalıdır, Net etki, ISM_{oran} değerinin öncelikle PCC katmanının dayanıklılığını yansıtmasıdır.

3.35. ÖZET

Bu bölüm, kaplama katmanı modül değerlerini ve zemin mukavemetlerini hesaplamak, PCC derzi yük transfer verimliliğini değerlendirmek, PCC boşluk analizlerini yürütmek ve PCC malzeme dayanıklılığını değerlendirmek için çeşitli prosedürlerin geliştirilmesine odaklanmıştır. Mühendis, bu bölümden elde edilen sonuçların kaplama değerlendirmesi ve tasarımında kullanılabilmesi için her katman özelliği için istatistiksel bir özet geliştirmelidir.

BÖLÜM 8 – NDT TABANLI DEĞERLENDİRME VE TASARIM GİRDİLERİ

3.36. GENEL

Altyapı değerlendirmesi ve tasarımı için girdi olarak gerekli olan özellikler arasında katman elastik modülleri, CBR değerleri, zemin elastik modülleri ve k değerleri yer alır. Bu bölüm, *FAA AC 150/5320-6* ve *FAA AC 150/5335-5*'e uygun olarak yapısal değerlendirme ve tasarım için bu NDT tabanlı girdilerin nasıl kullanılacağına dair rehberlik sağlar.

Değerlendirme ve tasarım girdilerinin geliştirilmesi iki adımlı bir yaklaşım gerektirir. İlk olarak mühendis, her kaplama özelliği için hangi girdi değerlerinin kullanılması gerektiğine karar vermek için istatistiksel bir yaklaşım kullanmalıdır. Ham defleksiyon verileri, bir tesis içindeki her kaplama bölümünün sınırlarını belirlemek için inşaat geçmişi, karotlar ve sondajlarla birlikte değerlendirildi. Her bölümde genellikle çok sayıda NDT test yeri bulunduğundan, değerlendirme ve tasarım için temsili bir değer seçilmelidir.

İkinci adım, mühendisin FAA değerlendirme ve tasarım programlarına uygun kaplama özelliklerini kullanmasını gerektirir. *FAA AC 150/5320-6*, esnek (örneğin HMA) kaplamalar için CBR ve rijit (örneğin PCC) kaplamalar için zemin reaksiyon modülü k gibi geleneksel FAA girdilerini gerektirir. *FAA AC 150/5320-6*, yapıdaki tüm katmanlar için girdi olarak elastik modül değerleri gerektirir. Daha güvenilir değerlendirme ve tasarım sonuçları elde etmek için yapısal teorinin hem "geriye" hem de "ileriye" analizler için aynı olması gerekir.

3.37. İSTATİSTİKSEL OLARAK TÜRETİLMİŞ GİRDİLER

Mühendisin NDT tabanlı giriş değerlerini seçerken tanıması gereken iki hata veya varyasyon kaynağı vardır. Birinci kaynak, NDT cihazlarındaki hatalardan kaynaklanan sistematik hatadır. Bir NDT cihazındaki sistematik hata kaynakları arasında sensörler, mikroişlemciler ve operasyonel yazılım yer alır. İkinci hata kaynağı ise rastgele hatadır. Kaplama sapma ölçümleri ve karakterizasyonu için rastgele hata kaynakları aşağıdaki gibi kategorize edilebilir:

a) Çevresel Gürültü

NDT cihazları tarafından kaydedilen defleksiyon verileri, hava sıcaklığı, güneş radyasyonu, kaplama yüzeyindeki yağış türleri ve miktarları, yüzey altı donması ve su tablası yüksekliğindeki dalgalanmalar nedeniyle değişecektir. Birçok kaplama malzemesinin özellikleri çevre koşullarındaki değişikliklere göre değişir. Bu durum değişiklikleri, NDT cihazı ile test edildiğinde kaplamanın genel defleksiyon tepkisini etkiler.

b) Zamana Bağlı Gürültü

Bir kaplamanın kaydedilen NDT defleksiyon ve malzeme özellikleri, kaplamanın tasarım ömründeki bir nokta için geçerlidir. Kaplama katmanı özellikleri, malzemeler yaşlandıkça ve uçak ve araç yükü uygulamalarının sayısı ve büyüklüğü arttıkça değişecektir. HMA katmanlarında soyulma ve oksidasyon, PCC katmanlarında alkali-silika reaktivitesi ve dayanıklılık çatlaması (D-çatlakları), PCC katmanlarında eğilme mukavemeti ve elastik modül

değişiklikleri ve *dowel-bar* çubuklarının veya çelik takviyenin korozyonundan dolayı değişiklikler meydana gelebilir.

c) As-Built Gürültü

Mühendis bir tesis içindeki her bir kaplama bölümünün sınırlarını doğru bir şekilde tanımlayabilse bile, bir bölüm içinde önemli farklılıklar olabilir. Bir kaplama kesitinin yapımıyla ilişkili doğal değişkenlik vardır. *"As-built"* değişkenliğin kaynakları arasında belirtilen katman kalınlıklarından, HMA iş karışımı formülünden, HMA sıkıştırma yoğunluklarından, PCC bükülme mukavemetlerinden, PCC hava boşluklarından, agrega kaynaklarından ve kürleme bileşiklerinin uygulama oranlarından sapmalar yer alır.

NDT ekipmanının düzenli olarak bakımının ve kalibrasyonunun yapılması sağlanarak sistematik hata en aza indirilebilir. Çevresel gürültüyle ilişkili rastgele değişkenlik, yönergelere uyularak ve defleksiyon verilerinin bütünlüğünü tehlikeye atabilecek koşullar sırasında veri toplanması riskine atılmadan en aza indirilebilir. Zamana bağlı ve yapım aşamasındaki gürültü ile ilişkili rastgele değişkenlik, defleksiyon verilerinin toplanıp analiz edilmesinin temel nedenlerinden biridir. Kaplama ve zemin özelliklerinin doğru karakterizasyonu, kaplama değerlendirmesi ve tasarımı için güvenilir girdiler sağlayacaktır.

İstatistikler, kaplama mühendisliğinde değerlendirme ve tasarım girdilerini geliştirmek için kullanılır. Genel olarak veri noktalarının sayısı (örneğin, defleksiyon testi konumları) arttıkça hesaplanan ortalama ve standart sapma değerlerinin gerçek değerlere yakın olduğuna dair güven artar. Kaplama özelliklerinin çoğu için tüm değerlerin normal dağıldığı varsayılır.

Değerlendirme ve tasarım için girdi değerlerinin seçiminde yararlı olan diğer bir istatistiksel parametre standart sapmadır.

$$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} \qquad [18]$$

s = Kaplama karakteristiğinin standart sapması (yani ISM)
x = Bir NDT test konumundan hesaplanan değer (yani ISM)
$\bar{x}$ = Tüm değerlerin ortalaması
n = Bir kaplama bölümündeki numune değerlerinin (yani test konumlarının) sayısı

Giriş değerlerinin seçiminin kullanışlı olan diğer bir ayarlanabilir parametresi, her yerde bulunan C_v değeridir. Bu değerin dağılımı aşağıdaki formülde gösterilen şekilde standart sapmanın ortalamaya bölümüdür. Sahada özellikleri koruma özellikleri C_v değerleri önemli ölçüde farklılık gösterir. NDT bazlı kaplama özellikleri için yüzde 20'den daha düşük bir C_v değeri normalde kabul edilebilir. Bununla birlikte, zamana bağlı ve üretim aşamasındaki değişkenliğin birkaç önemli kaynağı varsa, C_v değerlerinin yüzde 20 ila 50 arasında olması veya daha yüksek olması olağan dışı bir durum değildir.

$$C_v = \left(\frac{S}{\bar{x}}\right) 100\% \qquad [19]$$

C_v = Yüzde olarak varyasyon katsayısı

Bir değerlendirme veya tasarım girdi değerinin seçiminde mühendis aynı anda ortalamayı, standart sapmayı ve değişim katsayısını dikkate almalıdır. Birçok değerlendirme ve tasarım prosedürü, analizde ortalama değerin kullanılmasını tavsiye eder. Tablo 31, Şekil 40'taki dört kaplama bölümünün her birindeki tüm ISM verileri için istatistiksel analizin sonuçlarını göstermektedir (bu konuyla ile ilgili olarak FAA AC No: 150/5370-11B dokümanı sayfa 40 ve 41'e bakılmalıdır).

Tablo 31. FAA AC Değerlendirme ve Tasarım Girdileri Gereklilikleri

Gerekli Analiz Girdileri	Analiz Tipi	Genel Girdi Kaynakları	AC 150/5320-6		
			FAARFIELD	F806FAA	R805FAA
HMA veya PCC yüzey katmanı elastik modülleri	FE, RE, OF, OR	NDT modülü, laboratuvar testleri	●		
	FD, RD	Laboratuvar karışım dizaynı	●		
Stabilize temel/alt temel katmanı elastik modülleri	FE, RE, OF, OR	NDT modülü, DCP, laboratuvar testleri	●		
	FD, RD	Laboratuvar karışım dizaynı	●		
Granüler temel/alt temel katmanı elastik modülleri	FE, RE, OF, OR	NDT modülü, laboratuvar testleri	●		
	FD, RD	Laboratuvar karışım dizaynı	●		
Zemin elastik modülü	Tüm tipler	NDT modülü, DCP, laboratuvar testleri, arazi testleri	●		
Zemin modülü k	RE, RD, OR	NDT modülü, arazi testleri			●
Bağlanmamış katman ve zemin CBR	Tüm tipler	NDT modülü, DCP, laboratuvar testleri, arazi testleri		●	
Temel/alttemel eşdeğerlik faktörleri	FE, FD,OF	NDT modulus düzeltmesi *(FAA AC 150/5320-6)*		●	
PCC kopma modülü	RE, OR	NDT modülü korelasyonu, laboratuvar karışımı dizaynı, laboratuvar split çekme testi	●		●
	RD	Laboratuvar karışım dizaynı	●		●
PCC C_b, C_r overlay faktörleri	OR	NDT sonuçları *(FAA AC 150/5320-6)*			●
PCC SCI overlay faktörü	OR	NDT sonuçları, PCI sonuçları *(ASTM D 5340)*	●		
Mevcut katman kalınlıkları	FE, RE, OF, OR	Karot, DCP, GPR	●	●	●
Katman arayüz bağlama durumları	FE, FD, RD	Her zaman bağlı kabul edilir *(FAA AC 150/5320-6)*	●		
	RE, OR	Tanımlama için *(FAA AC 150/5320-6)*	●		●
	OF	Rijit bağlanmamış ve esnek bağlanmış *(FAA AC 150/5320-6)*	●		
Uçak modelleri, ağırlıkları ve yıllık operasyonları	Tüm tipler	Havalimanı kayıtları, master planları, saha gözlemleri	●	●	●
Dizayn ömrü	FD, RD, OF, OR	20 yıl veya onaylanırsa 1-50 yıl *(FAA AC 150/5320-6)*	●	●	●
Hedeflenen kalan ömür	FE, RE	Uçak ağırlığı sınırlaması ile havalimanı sahibi tarafından belirtildiği üzere	●	●	●
FE ve RE sırasıyla esnek ve tijit değerlendirmelerdir. FD ve RD sırasıyla esnek ve rijit tasarımlardır. OF esnek kaplama üzerindeki kaplamalardır. OR rijit üzerindeki kaplamalardır. Geçmiş kayıtların incelenmesi her zaman ilk bilgi kaynağı olmalıdır. Don hususları ve şişen zeminler için *(FAA AC 150/5320-6)* dökümanına bakılmalıdır.					

Daha ihtiyatlı bir değerlendirme veya tasarım yaklaşımı için, *FAA AC 150/5320-6* genel olarak ortalama eksi bir standart sapmanın değerlendirme ve tasarım girdilerini oluşturmak için kullanılabileceğini önermektedir. Değişim katsayısı büyükse, ortalama eksi bir standart sapmayı hesaplamak için aykırı değerlerin çıkarılması gerekir. Aykırı değerler kaldırılmazsa bu yaklaşım, normal dağılıma sahip bir popülasyon için tüm kesit değerlerinin yüzde 85'inden daha az olan bir kaplama karakteristik değerinin (örneğin, ISM veya elastik modül) kullanılmasına yol açar. Aykırı değerler kaldırılırsa ve ortalama eksi bir standart sapmanın kullanılması makul olmayan düşük girdi değerlerine yol açmaya devam ederse, mühendis mevcut kaplama bölümünü iki veya daha fazla alt bölüme ayırmayı düşünmelidir.

3.38. FAA ANALİZ PROGRAMLARINDA NDT SONUÇLARININ KULLANIMI

Tablo 32'de gösterildiği gibi, NDT analiz sonuçları mühendise FAARFIELD programını ve *AC 150/5320-6*'da gerekli olduğu gibi CBR ve k-değeri bazlı tasarımları kullanmak için gereken 15 girişten 10'u için değer seçmede yardımcı olabilir. NDT tarafından geliştirilen elastik modül değerleri, makul sonuçların sağlanması için FAARFIELD programı ile gerektiği şekilde izin verilen aralıklara tabi altyapı tasarım bölümü ile değişken (modül değeri) katmanlarda kullanılabilir.

Tablo 32. FAARFIELD için İzin Verilen Modül Değerleri

Katman Tipi	FAA Tanımlı Katman	Rijit Kaplama	Esnek Kaplama
Yüzey	P-501 PCC	4,000,000 (30,000)	X
	P-401 HMA	X	200,000 (1,400)
Stabilize Temel ve Alttemel	P-401 HMA	400,000 (3,000)	
	Değişken stabilize (esnek)	150,000 to 400,000 (1,000 to 3,000)	
	Değişken stabilize (rijit)	250,000 to 700,000 (1,700 to 5,000)	
	P-306 econocrete	700,000 (5,000)	
	P-304 cement treated base	500,000 (3,500)	X
	P-301 soil cement	250,000 (1,700)	
Granüle Temel ve Alttemel	P-209 crushed aggregate	75,000 (500)	
	P-154 uncrushed aggregate	40,000 (300)	
Zemin	Subgrade	1,000 to 50,000 (7 to 350)	
Tanımsız	User-defined layer	1,000 to 4,000,000 (7 to 30,000)	

a) Geri Hesaplanmış HMA ve PCC Yüzey Modüllerinin Kullanımı

FAA AC 150/5320-6'da bahsedilen rijit kaplama analizi için, kaplama değerlendirme ve kaplama tasarımlarında mevcut PCC katmanı için kopma modülü M_r gereklidir. Mevcut bir PCC üzerindeki bağlı PCC kaplamalarının tasarımı ve mevcut bir PCC kaplamasının değerlendirilmesi için, analizlerde mevcut PCC kopma modülü kullanılmalıdır. FAARFIELD'de (AC 150/5320-6) izin verilen M_r aralıkları sırasıyla 650 ila 800 psi (4 - 5,5 MPa) ve 500 ila 900 psi'dir (3 - 6 MPa). Geri-hesaplanan PCC elastik modülü, Denklem 20'de gösterildiği gibi kopma modülünü tahmin etmek için kullanılabilir.

Denklem 20'den elde edilen sonuçlar, Denklem 21'de ve *AC 150/5320-6*'da gösterilen çekme gerilme dayanımı *(splitting tensile strength)* korelasyonu kullanılarak elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmalıdır.

$$M_r = 43{,}5\left(\frac{E_{PCC}}{10^6}\right) + 488{,}5 \quad [20]$$

$$M_r = 1{,}02(f_t' + 200psi) \quad [21]$$

M_r = PCC kopma modülü, psi
E_{PCC} = Ortalama geri-hesaplanmış PCC elastik modülü değeri, psi
f_t' = Çekme gerilme dayanımı, psi

1) Tablo 33'te gösterildiği gibi, P-401 ve P-501 yüzey katmanı modülleri FAARFIELD'de sabitlenmiştir. İzin verilen uçak yüklerinin değerlendirilmesi, kalan yapısal ömrün hesaplanması ve kaplama tasarımları için aşağıdaki genel varsayımlar yapılabilir. Geri hesaplanan HMA ve PCC modülleri Tablo 33'te gösterilen sabit modül değerlerinden büyükse tasarım daha muhafazakâr olacaktır. Benzer şekilde, eğer geri-hesaplanan modüller sabit modüllerden küçükse, kaplama tasarımı daha az muhafazakâr olacaktır.

Tablo 33. Temel ve Alt Temel Modülü ve Eşdeğerlik Faktörü Girişleri

Katman Tipi	Geri-Hesaplanmış Modül Değeri, psi (MPa)	AC 150/5320-6 Girdi Modülü (FAARFIELD), psi (MPa)	AC 150/5320-6 Eşdeğerlik Faktörü
Esnek kaplama için stabilize temel ve alttemel	> 400,000 (3,000)	400,000 (3,000)	1,6
	150,000 - 400,000 (1,000 - 3,000)	Geri-hesaplanmış değer	Geri-hesaplanan değeri kullanarak 1,2 ilâ 1,6 arası seçilir
	< 150,000 (1,000)	150,000 (1034)	1,2
Rijit kaplama için çimento ile iyileştirilmiş temel ve alttemel	> 700,000 (4826)	700,000 (4826)	1,6
	250,000 - 700,000 (1,700 - 5,000)	Geri-hesaplanmış değer	X
	< 250,000 (1,700)	250,000 (1,700)	X
Granüle temel ve alttemel	> 40,000 (300)	P-209 tabakası kullanılır	1,0
	≤ 40,000 (300)	P-154 tabakası kullanılır	1,0

2) AC 150/5320-6 Tasarım nomograflarının, F806FAA esnek tasarım programının ve R805FAA rijit tasarım programının kullanımı bir HMA modül değeri gerektirmez ve PCC

modül değeri 4000000 psi (27579 MPa) olarak sabitlenmiştir. Yukarıda bahsedildiği gibi, rijit kaplama değerlendirmeleri ve kaplama tasarımları, geriye doğru hesaplanan PCC modülü değerine bağlı olarak az çok muhafazakâr olacaktır.

b) Geri Hesaplanan Zemin Elastik Modüllerinin Kullanımı

1) FAARFIELD'de kullanılabilecek zemin modülü değerlerinin izin verilen aralığı Tablo 33'te gösterilmektedir. İzin verilen 1000 ila 50000 psi (7 ilâ 350 MPa) aralığı, çoğu zemin toprağı tipinin karakteristiğidir. Hem esnek hem de rijit kaplamalar için istatistiksel olarak seçilen modül değeri doğrudan FAARFIELD'a girilebilir. Bununla birlikte, birçok zemin toprağı strese duyarlı olduğundan ve belirgin rijit katmanlar geri hesaplama sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebileceğinden, mühendisin, saha DCP ve CBR testleri, laboratuvar CBR testleri ve zemin sınıflandırmasıyla tutarlı olduğundan emin olmak için istatistiksel olarak seçilen modülü dikkatlice incelemesi gerekir. CBR ve geri-hesaplanan zemin modülü değerleri, E ve CBR arasında en sık kullanılan korelasyonlardan biri olan Denklem 22 kullanılarak karşılaştırılabilir.

$$E_{zemin} = 1500CBR \quad [22]$$

CBR = Kaliforniya taşıma oranı, yüzde
E_{zemin} = Geri-hesaplanmış zemin elastisite modülü, psi

2) Esnek kaplama değerlendirmesi ve *overlay* tasarımları için analiz zemin CBR değeri kullanılarak gerçekleştirilir. Denklem 22, geri-hesaplanan zemin modülünü kullanarak CBR'yi tahmin etmek için kullanılabilir. Rijit değerlendirme ve kaplama tasarımları için analiz, zemin k değeri kullanılarak gerçekleştirilir. k değeri, Denklem 23 kullanılarak geri-hesaplanan elastik modülden tahmin edilebilir.

$$E_{zemin} = 26k^{1,284} \quad [23]$$

k = Zemin reaksiyon modülü, psi/inç
E_{zemin} = Geri-hesaplanmış zemin elastisite modülü, psi

c) Geri Hesaplanan Zemin k-Değerinin Kullanımı

1) Esnek kaplama değerlendirmesi ve *overlay* tasarımları için analiz zemin CBR değeri veya elastik modül kullanılarak gerçekleştirilir. Rijit kaplama değerlendirmesi ve *overlay* tasarımları için istatistiksel olarak seçilen k değeri doğrudan FAARFIELD'e girilebilir. FAARFIELD'a girilebilecek statik zemin modülü değerlerinin izin verilen aralığı 17 ila 362 psi/inç'tir. Ancak 50 psi/inç'ten düşük bir k değeri kullanılmamalıdır. Geri-hesaplanan 50 psi/inç'ten düşük k değerleri, bu bölümün ilerleyen kısımlarında ele alınan destek kaybı gibi başka sorunların mevcut olduğunu gösterebilir.

2) Esnek kaplama değerlendirmesi ve *overlay* tasarımları için analiz, zemin CBR değeri kullanılarak gerçekleştirilir. Denklem 22 ve 23, kapalı formda geri-hesaplanan zemin k değerinden zemin CBR'sini tahmin etmek için kullanılabilir. Rijit değerlendirme ve kaplama tasarımları için analiz, doğrudan kapalı form NDT geri hesaplama çalışmasından elde edilen statik zemin k değeri kullanılarak gerçekleştirilir.

d) Diğer Girdiler

Tablo 32'de gösterildiği gibi, 11'den 15'e kadar kalan girdi öğeleri NDT analiz sonuçlarından elde edilmez. Katman kalınlıkları ve arayüzey bağlanma koşulları karotlardan, sondajlardan, GPR ve DCP analiz sonuçlarından elde edilebilir. Uçak trafik verileri çok önemlidir. En kritik iki veya üç uçak için en önemli özellik, operasyonel brüt kalkış ağırlığı ve yıllık kalkış sayısıdır. FAA tarafından onaylanmadıkça tasarım ömrü genellikle 20 yıldır. Geriye kalan yapısal ömür analizi için, operasyonel ihtiyaçları karşılamak üzere kaplamanın ömrünü uzatmak amacıyla izin verilen brüt kalkış ağırlığının sınırlandırılması gerekebilir.

3.39. PCC DESTEK KAYBI

Onaylamanın ardından NDT analiz sonuçları PCC bölümünde geniş boşlukların mevcut olduğunu gösteriyorsa mühendisin üç seçeneği vardır. Önerilen seçenek, değerlendirme ve tasarımın, desteğin izolasyon işlemleriyle yeniden sağlanacağını varsayarak yürütülmesidir. Bu durumda analizde istatistiksel olarak seçilmiş, geri-hesaplanmış k değerleri kullanılabilir.

İkinci seçenek ise ano köşesinde veya derz noktalarında destek kaybının neden olduğu PCC eğilme gerilimindeki artışı hesaplamak için sonlu elemanlar analizi yapmaktır.

Üçüncü seçenek ve en az tercih edilen seçenek, donmaya karşı koruma için *FAA AC 150/5320*-6'da kullanılan yaklaşıma benzer şekilde, azaltılmış bir k değeri kullanarak bir analiz yürütmektir. Hem donma hem de destek kaybı senaryoları için zemin desteği, NDT analizinden elde edilen değerden daha düşük bir k değerine düşürülür.

Donmaya dayalı azaltılmış zemin mukavemetleri için k değeri, *FAA AC 150/5320*-6'da tartışıldığı gibi donma grubuna bağlı olarak 25 ila 50 arasında değişir. Tablo 34'te boşluk analizi sonuçlarına dayalı olarak azaltılmış k değeri için öneriler sunulmaktadır.

Tablo 34. Destek Kaybı Koşulları için Önerilen Azaltılmış Değerler

Boşluk Derinliği < 3 mil olan anoların Yüzdesi	İstatistiksel Olarak Seçilmiş Geri Hesaplanmış K-Değeri (Statik)		
	k < 100	100 ≤ k < 300	k ≥ 300
0 ≤ % < 10	50	75	100
10 ≤ % < 25	40	60	80
25 ≤ % 100	25	40	55

3.40. ÖZET

Mühendis, *FAA AC 150/5320*-6'da açıklanan FAA analiz prosedürleri için girdileri seçmek amacıyla prosedürler kullanılarak elde edilen NDT sonuçlarını kullanabilir. Mühendis NDT defleksiyon verilerini analiz etmişse, NDT sonuçları FAA'nın değerlendirme ve tasarım programlarının çoğunda doğrudan kullanılabilir. Aksi takdirde, bu bölümde tartışıldığı gibi, değerlendirme ve tasarım girdilerini tahmin etmek için çeşitli korelasyonların kullanılması gerekir. Her iki durumda da NDT tabanlı değerlendirme ve tasarım girdilerinin kullanılması analizin güvenilirliğini artırabilir çünkü kaplama yapısının ve zeminin yerinde özellikleri değerlendirme ve tasarım için kullanılır.

4. KAPLAMA MUKAVEMETİ RAPORLAMASININ STANDARTLAŞTIRILMIŞ YÖNTEMİ (FAA)

Bu bölümde “Federal Aviation Administration’ın yayınladığı AC 150/5335-5D — Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCR, 2022.” dokümanından yararlanılmıştır.

BÖLÜM 1 - GİRİŞ

4.1. GENEL

Uluslararası Sivil Havacılık Sözleşmesi'nin Annex 14'ünün 15. Değişikliği, Havaalimanları, üye devletlerin tüm kamu kullanımına açık havalimanı kaplamalarının dayanıklılıkları hakkında kendi Havacılık Bilgi Yayınında bilgi yayınlamasını gerektirir. FAA bunu, kamu kullanımına açık havalimanlarının Havalimanı Ana Kaydı'nda (Airport Master Record, AMR) ICAO standartlarına uygun olarak kaplama dayanıklılığı bilgilerini bildirmesini sağlayarak uygular. AMR şu anda Havalimanı Veri ve Bilgi Portalı'nda (Airport Data and Information Portal, ADIP) güncellenmektedir. Bu bilgiler Ulusal Hava Sahası Sistem Kaynakları (National Airspace System Resources, NASR) veritabanında ve Tablo Eklerinde (eski adıyla Havalimanı/Tesis Rehberi) yayınlanmaktadır.

4.2. STANDARTLAŞTIRILMIŞ BİR YÖNTEMİN GELİŞTİRİLMESİ

ICAO, 2009 yılında kaplamaların dayanıklılığını raporlamanın uluslararası yönteminin güncellenmesini araştırmak üzere bir Çalışma Grubu kurdu. Çalışma grubu, Uçak Sınıflandırma Derecesi - Kaplama Sınıflandırma Derecesi (ACR-PCR) yöntemini geliştirdi ve ICAO, Annex 14'ün 15. Değişikliği ile bu yöntemi benimsedi. Bu yöntemi kullanarak, tek bir uçağın farklı yollar üzerindeki etkisini tek bir benzersiz sayı olan Uçak Sınıflandırma Derecesi (ACR) ile ifade etmek mümkündür. ACR, uçağın ağırlığına ve yapılandırmasına (ör. lastik basıncı, dişli geometrisi, vb.), kaplama türüne ve zemin dayanıklılığına göre değişir. Tersine, bir kaplamanın yük taşıma kapasitesi, belirli bir uçak veya kaplama yapısı hakkında ayrıntılı bilgi belirtilmeden tek bir benzersiz sayı olan Kaplama Sınıflandırma Derecesi (PCR) ile ifade edilebilir.

4.2.1. ACR TANIMI

ACR, belirli bir konfigürasyondaki bir uçağın, belirli bir standart zemin mukavemeti için bir kaplama yapısı üzerindeki göreceli etkisini ifade eden bir sayıdır.

4.2.2. PCR Tanımı

PCR, kısıtlanmamış operasyonlar için bir kaplamanın yük taşıma kapasitesini ifade eden bir sayıdır.

4.2.3. SİSTEM METODOLOJİSİ

ACR-PCR sistemi, belirli bir PCR değerine sahip bir kaplamanın, kaplama PCR değerine eşit veya daha düşük bir ACR değerine sahip bir uçağı destekleyebileceği şekilde yapılandırılmıştır. Bu, ACR ve PCR değerlerinin aynı teknik temel kullanılarak hesaplanması nedeniyle mümkündür.

4.3. UYGULAMA

Standartlaştırılmış kaplama dayanıklılığını bildirme yönteminin kullanımı yalnızca 12.500 pound (5.700 kg) veya daha fazla taşıma dayanıklılığına sahip kamuya açık havalimanlarındaki kaplama dayanıklılıkları için geçerlidir. 12.500 pound'dan (5.700 kg) daha az olan kaplama dayanıklılıklarını bildirme yöntemi yalnızca barındırılabilen uçağın brüt ağırlığını ve dişli yapılandırmasını bildirmektir.

4.4. ACR-PCR SİSTEMİNİN SINIRLAMALARI

ACR-PCR sistemi yalnızca havalimanı operatörlerinin uçakların kabul edilebilir operasyonlarını değerlendirmek için kullanabilecekleri bir yöntem olarak tasarlanmıştır. Bir kaplamanın tasarımı veya kaplamanın değerlendirme prosedürü olarak tasarlanmamıştır ve bir kaplama yapısını tasarlamak veya değerlendirmek için kullanılan metodolojiyi kısıtlamaz.

Önceki ICAO kaplama dayanıklılığı raporlaması ACN-PCN ile yeni ICAO ACR-PCR sistemi arasında matematiksel bir korelasyon yoktur.

BÖLÜM 2 –UÇAK SINIFLANDIRMA DERECESİNİN BELİRLENMESİ

4.5. ACR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

Uçak üreticisi ACR değerinin resmi hesaplamasını sağlar. ACR'nin hesaplanması, maksimum arka ağırlık merkezi, maksimum park ağırlığı, tekerlek aralığı ve lastik basıncı gibi uçağın operasyonel özelliklerine ilişkin ayrıntılı bilgi gerektirir.

4.6. ZEMİN SINIFI

ACR-PCR yöntemi, rijit ve esnek kaplamalar için dört standart zemin mukavemeti seviyesini benimser. Bu standart kategoriler, Tablo 35'da gösterildiği gibi bir dizi zemin koşullarını temsil etmek için kullanılır.

Tablo 35. ACR Hesaplaması için Standart Zemin Koşulları

Zemin Dayanım Kategorisi	Zemin Destek Elastisite Modülü, psi (MPa)	Temsili Elastisite Modülü, psi (MPa)	Kod
Yüksek	29008 (200)	E ≥ 21756 (≥150)	A
Orta	17405 (120)	21756 > E ≥ 14504 (150 > E ≥ 100)	B
Düşük	11603 (80)	14504 > E ≥ 8702 (100 > E ≥ 150)	C
Çok Düşük	7252 (50)	E < 8702 (<60)	D

4.7. OPERASYONEL FREKANS

Operasyonel frekans, kaplamadaki bir noktada tam yük uygulamasını temsil eden kapsamlar *(coverage)* cinsinden tanımlanır. Uçaklar nadiren tamamen düz bir yolda veya tam olarak aynı yol boyunca seyahat eder. Yol, uçağın gezinmesini hesaba katmak için istatistiksel olarak normal bir dağılımla modellenmiştir. Uçaktan tam yük uygulamasını almak için kaplama üzerindeki belirli bir noktaya kadar kaplama boyunca birkaç yolculuk veya geçiş gerekebilir. Bir uçağın belirli bir kaplama üzerinde yapabileceği geçiş *(pass)* sayısını gözlemlemek kolaydır ancak kapsama sayısı, her uçak için belirlenmiş bir geçiş-kapsama *(pass-to-coverage)* oranına dayalı olarak matematiksel olarak türetilmelidir.

4.8. RİJİT VE ESNEK ACR

Rijit ve esnek kaplamalar için uçak iniş takımı destek gereksinimleri, her bir zemin destek kategorisi için elastik katman yöntemiyle belirlenir.

4.9. ACR HESAPLAMA

Her bir kaplama kesiti türü için tanımlanan parametreler kullanılarak, iniş takımı/kaplama etkileşimini tanımlamak üzere matematiksel olarak türetilmiş bir tek tekerlek yükü hesaplanır. Türetilen tek tekerlek yükü, kaplama yapısına eşit stres anlamına gelir ve karşılaştırma amacıyla kaplama kalınlığının belirlenmesi ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu, belirli bir uçak iniş takımı için elde edilen kalınlığın, 218 psi (1,5 MPa) standart lastik basıncında tek bir tekerlek yükü için elde edilen kalınlığa eşitlenmesiyle elde edilir. ACR, türetilmiş tek tekerlek yükünün iki katı olarak tanımlanır (yüzlerce kilogram olarak ifade edilir)

4.10. ACR DEĞERİNİ BELİRLEMEDE ETKİLİ DEĞİŞKENLER

Uçaklar çeşitli ağırlık ve ağırlık merkezi kombinasyonlarında çalıştırılabildiğinden, ICAO, ACR değerlerini belirlemek için standart çalışma koşullarını benimsemiştir. Uçak üreticileri maksimum ağırlık ve ağırlık merkezi bilgilerini Havalimanı Planlaması için Uçak Karakteristikleri (ACAP) kılavuzlarında yayınlar. ACR, maksimum ACR değerini oluşturan ağırlık ve ağırlık merkezi kombinasyonuna göre belirlenir. Lastik basınçlarının, belirtilen koşullar için üretici tarafından tavsiye edilen değerler olduğu varsayılmaktadır.

4.10.1. ESNEK KAPLAMALAR

Esnek kaplama için ACR hesaplamasını standartlaştırmak amacıyla, türetilen tek tekerlek yükü, uçağın 36500 geçişi için hesaplanan toplam kalınlığa t göre 218 psi (1,50 Mpa) sabit basınçta hesaplanır.

4.10.2. RİJİT KAPLAMALAR

Rijit kaplamalar için ACR hesaplamasını standartlaştırmak amacıyla standart bir gerilim $\sigma = 399\, psi$ (2,75 Mpa) olarak öngörülmüştür. Tasarım için kullanılan çalışma geriliminin, kaplama mukavemeti raporlaması için kullanılan standart gerilimle hiçbir ilişkisi olmadığı unutulmamalıdır.

BÖLÜM 3 - ACR-PCR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

4.11. MATEMATİKSEL MODELLER

ACR-PCR yönteminde kullanılan tek matematiksel model Katmanlı Elastik Analizdir (LEA). LEA modeli ister esnek ister rijit olsun, altyapının bir yığın halinde düzenlenmiş homojen, elastik, izotropik katmanlarla temsil edilebileceğini varsayar. Sistemdeki her bir katman i bir elastik modül E_i , Poisson oranı ν_i ve düzgün katman kalınlığı t_i ile karakterize edilir. Katmanların sonsuz yatay uzantıya sahip olduğu varsayılır ve en alt katman veya zemin katmanının dikey olarak sonsuza kadar uzandığı varsayılır (yani zemin elastik bir yarı uzay olarak modellenir). Modelin doğrusal elastik yapısından dolayı, karmaşık, çok tekerlekli bir uçak dişli yükü için birleşik gerilim ve gerinim *(stress-strain)* tepkilerini elde etmek üzere bireysel tekerlek yükleri toplanabilir. LEA modelinin kullanımı dünya çapındaki kaplama tasarım yöntemleriyle korelasyona izin verir.

4.12. ICAO-ACR VE FAARFIELD YAZILIMLARI

ACR-PCR sisteminin kullanımını kolaylaştırmak için FAA, ICAO tarafından belirtilen prosedürleri ve koşulları kullanarak ACR değerlerini hesaplayan ve PCR değerlerini belirlemek için kullanılabilen bir yazılım uygulaması olan ICAO-ACR yazılımını geliştirmiştir. Uygulama FAARFIELD tasarımı programına dahil edilmiştir.

4.13. FAARFIELD YAZILIMI

4.13.1. DAHİLİ UÇAK KÜTÜPHANESİ

FAARFIELD halihazırda kullanımda olan çoğu büyük ticari ve askeri uçağı kapsayan dahili bir uçak kütüphanesini içerir. Dahili kütüphane, doğrudan uçak üreticileri tarafından sağlanan veya Uçak ACAP Kılavuzlarından alınan uçak bilgilerine dayanmaktadır. Dahili kütüphanedeki hava araçlarının varsayılan özellikleri, ACR'nin hesaplanmasına yönelik ICAO standart koşullarını temsil eder. Bu özellikler, her uçağın maksimum kış pozisyonundaki ağırlık merkezini içerir. Dahili kütüphane uçağının özelliklerinde yapılan değişiklikler, dahili kütüphane uçağı harici bir kütüphaneye eklenmedikçe kalıcı değildir.

4.14. HARİCİ UÇAK KÜTÜPHANESİ

4.14.1. KÜTÜPHANE

FAARFIELD hava aracının özelliklerinin değiştirilebildiği ve istenildiği gibi ilave uçak eklenebildiği harici bir hava aracı kütüphanesine olanak sağlar. İşlevler, kullanıcıların bir uçağın özelliklerini değiştirmesine ve değiştirilen uçağı harici kütüphaneye kaydetmesine olanak tanır. FAARFIELD programında, harici kütüphanedeki hava aracı parametrelerinin uygulanabilir olup olmamasına dair bir önlem bulunmamaktadır. Tüm verilerin doğru olduğundan emin olmak kullanıcı sorumluluğundadır.

4.14.2. DAHİLİ KÜTÜPHANEDEN HARİCİ KÜTÜPHANEYE AKTARIM

Bir uçağı dahili kütüphaneden harici kütüphaneye kaydederken, FAARFIELD programı brüt yüke, maksimum arka ağırlık merkezine ve lastik basıncına dayalı olarak lastik temas alanını hesaplayacaktır. Bu değer harici kütüphaneye kaydedilir ve kaplama kalınlığı modunda geçiş-kapsama (P/C) oranının hesaplanması için kullanılır. Lastiğin temas alanı sabit olduğundan P/C oranı da kaplama kalınlığı modunda sabittir. Bu sabit P/C oranı, kaplama kalınlığının belirlenmesi ve eşdeğer uçak operasyonları için geçişlerin kaplamalara dönüştürülmesi amacıyla kullanılır.

4.15. ACR DEĞERİ NASIL BELİRLENİR

ICAO Aerodrome Design Manual, Part 3, Pavements, Third Edition Appendix 2'de, Uçak Sınıflandırma Derecesinin (ACR) belirlenmesine yönelik prosedürler sağlanmaktadır. (bkz. 2.1.3)

4.15.1. ACR'Yİ HESAPLAMAK İÇİN ICAO-ACR PROGRAMINI KULLANMA

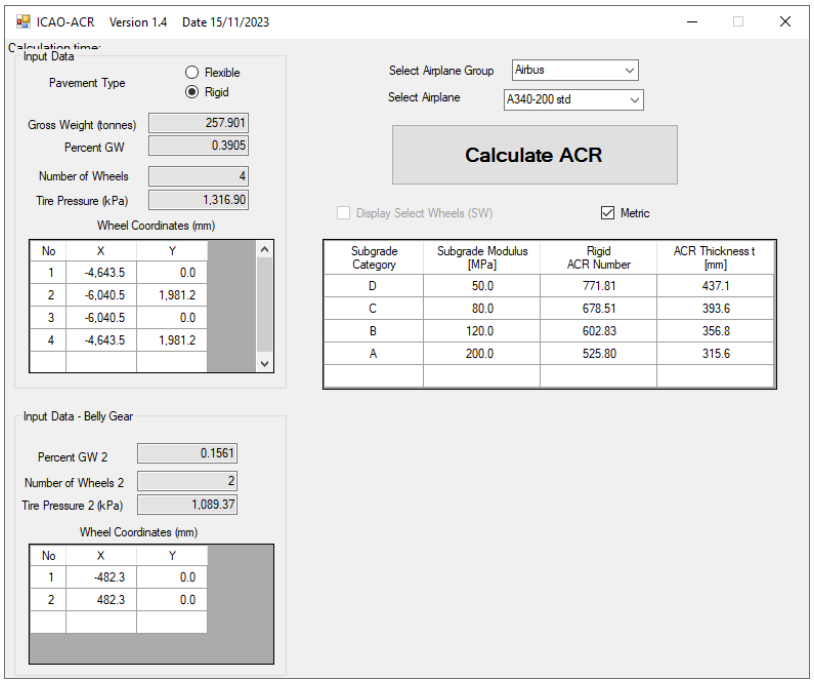
ACR değerlerini hesaplamak için ICAO-ACR programını kullanmak görsel olarak etkileşimli ve sezgiseldir;

1) Kullanıcı;

   a) Kaplama tipini ensek veya rijit olarak seçer.

   b) Uçak Grubu ve Uçak (gerekirse ağırlığın ve GW yüzdesinin ayarlanması) seçer.

2) ACR hesaplanır.



Şekil 49. ICAO-ACR Yazılımının Ekran Görüntüsü

BÖLÜM 4 – PCR DEĞERİNİN BELİRLENMESİ

4.16. PCR KONSEPTİ

Bir kaplamanın mukavemeti, kaplamanın sınırlandırılmamış olarak kabul edebileceği uçağın yük oranı cinsinden rapor edilir. PCR tanımındaki sınırlandırılmamış *(unrestricted)* işlemler ifadesi sınırsız işlemler *(unlimited)* anlamına gelmemektedir. Kısıtlanmamış, PCR'nin uçak ACR'si ile ilişkisini ifade eder ve PCR'nin ACR'den büyük veya ona eşit olması durumunda bir uçağın ağırlık sınırlaması olmadan çalışmasına izin verilebilir. Sınırsız operasyon terimi kaplama ömrünü hesaba katmaz. Raporlanacak PCR, kaplama mukavemetinin analiz edilen mevcut ve gelecekteki trafik için yeterli olmasını sağlayacak şekilde olmalıdır ve trafik önemli ölçüde değişirse yeniden değerlendirilmelidir. Trafikte önemli bir değişiklik, yeni bir uçak tipinin tanıtılmasıyla veya orijinal PCR analizinde hesaba katılmayan mevcut uçak trafik seviyelerindeki artışla gösterilebilir.

4.17. PCR DEĞERİNİN NÜMERİK OLARAK BELİRLENMESİ

Belirli bir kaplama için sayısal PCR değerinin belirlenmesi iki prosedürden birine dayanabilir: “Uçak kullanma yöntemi” veya “Teknik değerlendirme yöntemi”. ICAO prosedürleri üye devletlerin PCR değerlerinin nasıl belirleneceğini belirlemesine izin verir. Bir PCR belirlemek için her iki prosedür de kullanılabilir ancak kullanılan metodoloji, yayınlanan derecelendirmenin bir parçası olarak rapor edilmelidir.

4.18. PCR DEĞERİNİN UÇAK KULLANMA METODU İLE BELİRLENMESİ

Uçak Kullanma Yöntemi, halihazırda kaplamayı kullanmasına izin verilen tüm uçakların ACR değerlerinin belirlendiği ve en büyük ACR değerinin PCR olarak raporlandığı bir prosedürdür. Bu yöntemin uygulanması kolaydır ve kaplama yapısı hakkında ayrıntılı bilgi gerektirmez. Uçak Yönteminin Kullanılması esasına göre PCR raporlanırken zemin destek kategorisi kritik bir girdi değildir. Bilgi mevcut olmadığında önerilen zemin destek kategorisi Kategori B olmalıdır. Uçak Yönteminin Kullanılması örneği için *FAA AC 150/5335-5D Appendix B paragraf B.1’*e bakınız.

4.18.1. UÇAK KULLANMA YÖNTEMİNİN VARSAYIMLARI

Uçak Kullanma Yönteminin altında yatan bir varsayım, kaplama yapısının trafik karışımındaki tüm uçakları barındıracak yapısal kapasiteye sahip olduğu ve her uçağın ağırlık kısıtlaması olmadan kaplama yapısı üzerinde çalışabildiğidir. ACR/PCR'yi belirlemek için kullanılan metodoloji, havalimanı boyut gereksinimlerini belirlemek için kullanılan kritik tasarım uçağını dikkate almaz.

4.18.2. Uçak Kullanma Yönteminin Yanlışlıkları.

Bu yöntemin doğruluğu, geçmiş uçak trafiğinin kayıtlarının olmasına bağlıdır. PCR'yi belirlemek için kaplamayı çok seyrek kullanan aşırı hasar veren bir uçak kullanılırsa, kaplama kapasitesinin önemli ölçüde fazla tahmin edilmesiyle sonuçlanabilir. Aynı şekilde, kaplama kapasitesinin önemli ölçüde az tahmin edilmesi, kabul edilebilir trafiğin çalışmasını engelleyerek kaplamanın ekonomik olmayan şekilde kullanılmasına yol açabilir. Bir uçağın normal trafiğin bir parçası olarak kabul edilmesinden önce operasyon sıklığı için asgari sınırlar olmamasına rağmen, raporlama kuruluşu kaplama kapasitesini fazla veya az belirtmekten kaçınmak için rasyonel bir yaklaşım kullanmalıdır. 250 adet/yıl kalkışlık bir tasarım dönemi

asgari sıklığına dayalı tutarlı bir yöntem kullanılmalıdır. Yukarıda listelenen endişeler nedeniyle Uçak Kullanma Yönteminin uzun vadede kullanılması önerilmemektedir.

4.19. PCR DEĞERİNİN TEKNİK DEĞERLENDİRME METODU İLE BELİRLENMESİ

4.19.1. KAPLAMANIN MUKAVEMETİ

Bir kaplama bölümünün mukavemeti, uçak trafik kompozisyonuna ve kaplama yapısının türü ve zemin destek koşulları ile operasyon sayısına bağlı olarak değişecektir. Teknik değerlendirme yöntemi, makul kaplama mukavemetini belirlemek için bu ve diğer sahaya özgü değişkenleri ele almaya çalışır. Genel anlamda, belirli bir kaplama yapısı ve belirli bir uçak için, kaplama yüklemesinin yoğunluğu arttıkça (uçak ağırlığındaki artış) izin verilen operasyon sayısı (trafik) azalacaktır. Farklı kesitlere sahip iki kaplama yapısının benzer dayanıklılık göstermesi tamamen mümkündür. Ancak izin verilen uçak operasyonları oldukça farklı olacaktır. Bu tutarsızlık, havalimanı operatörü tarafından kabul edilmelidir ve ACR-PCR sistemi dışında uygulanan operasyonel sınırlamalar gerektirebilir. Bir kaplama derecelendirmesinin belirlenmesinde yer alan tüm faktörler önemlidir ve bu nedenle kaplama derecelendirmeleri mutlak terimlerle değil, temsili bir değerin tahminleri olarak görülmelidir. Başarılı bir altyapı değerlendirmesi, tüm değişkenlerin altyapı üzerindeki etkilerini dikkate alan bir altyapı dayanıklılık derecesi atayan değerlendirmedir.

4.19.2. DEĞERLENDİRMENİN DOĞRULUĞU

Teknik değerlendirmenin doğruluğu, Uçak Kullanma prosedürüyle üretilenden daha iyidir ancak ek bilgi gerektirir. Kaplama değerlendirmesi, yerinde incelemeler, yük taşıma testleri ve mühendislik kararlarının bir kombinasyonunu gerektirebilir. Kaplama mukavemeti derecelendirmesini nihai mukavemet veya ani hasar kriterleri açısından düşünmek yaygındır. Ancak, ani yapısal bozulma nedeniyle kaplamalar nadiren hizmet dışı bırakılır. Bir kaplamanın kullanılabilirliğindeki azalma genellikle yüzey pürüzlülüğündeki artışlara veya tekerlek izi veya çatlama gibi lokal bozulmalara atfedilir. Bir kaplama yapısının yeterliliğinin belirlenmesinde yalnızca kaplama yüklerinin büyüklüğü dikkate alınmamalı, aynı zamanda trafiğin birikmiş etkisinin kaplamanın amaçlanan ömrü üzerindeki etkisi de dikkate alınmalıdır. Teknik bir PCR belirlemek için aşağıdakiler hakkında bilgi gerekir:

1) Uçak trafik bileşimi ve sıklığı,

2) Kaplama yapısının her katmanının kalınlığı, malzeme türü ve mukavemeti

3) Zeminin elastik modülü

PCR'nin belirlenmesine yönelik teknik değerlendirme örnekleri için *FAA AC 150/5335-5D Appendix B paragraf B.2*'ye bakınız.

4.19.3. TEKNİK DEĞERLENDİRME (T) PCR İÇİN ÖNERİLEN PROSEDÜR

Bu prosedür için 2.1.4.5 başlığı ile *FAA AC 150/5320-6 - Airport Pavement Design and Evaluation* ve *FAA AC 150/5380-7 - Airport Pavement Management Program* dökümanlarına bakınız.

4.19.4. PCR'NİN SINIRLAMALARI

PCR değeri kaplama tasarımı için veya değerlendirmenin yerine kullanılmamalıdır. Kaplama tasarımı ve değerlendirmesi, ayrıntılı analizler gerektiren karmaşık mühendislik sorunlarıdır. Tek bir sayıya indirgenemezler. PCR derecelendirme sistemi, kaplama kapasitesini karşılaştırmak için sürekli bir ölçek kullanır; burada daha yüksek değerler, daha büyük yük kapasitesine sahip kaplamaları temsil eder.

4.20. PCR RAPORLAMA

Bir PCR değeri ve kodlanmış girişler belirlendikten sonra değer Havalimanı Ana Kaydına *(Master Record)* bildirilir. AMR'yi güncellemek için Havalimanı Veri ve Bilgi Portalı (ADIP) kullanılır. PCR verileri, Havacılık Veri Ekibi tarafından Harita Ekleri ve Havacılık Bilgi Yayını (AIP) gibi havacılık yayınları aracılığıyla dağıtılacaktır. Daha sonra bir uçağın ACR'si, kaplama mukavemetinin o kaplamada çalışan uçağa herhangi bir ağırlık veya lastik basıncı kısıtlaması getirip getirmediğini belirlemek için yayınlanmış PCR değerleri ile karşılaştırılabilir.

4.20.1. SAYISAL PCR DEĞERİ

PCR sayısal değeri, 218 psi (1,5 MPa) lastik basıncında standart tek tekerlek yükü açısından bir kaplamanın yük taşıma kapasitesini gösterir. PCR değeri tam sayılarla bildirilmeli ve kesirli kısımlar en yakın tam sayıya yuvarlanmalıdır. Çeşitli mukavemetlere sahip kaplamalar için, kaplamanın en zayıf segmenti için kontrol edici PCR sayısal değeri normalde kaplamanın mukavemeti olarak bildirilmelidir. En zayıf segment pistin en çok kullanılan kısmında değilse mühendislik yargısı gerekebilir, o zaman PCR'yi belirlemek için başka bir temsili segment daha uygun olabilir.

4.20.2. KAPLAMA TİPİ

PCR değerlerini raporlama amacıyla, kaplama tiplerinin esnek veya rijit yapılar olarak işlev gördüğü düşünülmektedir. Tablo 4-1, PCR raporlama amaçları için kaplama kodlarını listeler.

Tablo 36. PCR Raporlaması İçin Kaplama Kodları

Kaplama Tipi	Kaplama Kodu
Esnek	F
Rijit	R

4.20.2.1. ESNEK KAPLAMA

Esnek kaplamalar, yükleri eğilme eylemi yerine taşıma yoluyla destekler. Yükleri yüzeyden alttaki katmanlara kademeli olarak dağıtmak üzere tasarlanmış, seçilmiş malzemelerden oluşan birkaç katmandan oluşurlar. Tasarım, her bir ardışık katmana iletilen yükün katmanın yük taşıma kapasitesini aşmamasını sağlar.

4.20.2.2. RİJİT KAPLAMA

Rijit kaplamalar, kaplama yüklerini desteklemek için doğası gereği çok sert veya katı olan tek bir yapısal katman kullanır. Yapısal katmanın sertliği ve ortaya çıkan kiriş hareketi, rijit kaplamanın yükleri zeminin geniş bir alanına dağıtmasını sağlar. Sert bir yapının yük taşıma kapasitesi, alttaki katmanlardan gelen tekdüze desteğe dayanan yapısal katmanın gücüne büyük ölçüde bağlıdır.

4.20.2.3. KOMPOZİT KAPLAMA

Çeşitli kaplama türü ve stabilize katman kombinasyonları, rijit veya esnek arasında sınıflandırılabilen karmaşık kaplamalarla sonuçlanabilir. Bir kaplama bölümü hem rijit hem de esnek kaplamaları temsil eden birden fazla yapısal elemandan oluşabilir. Kompozit kaplamalar, çoğunlukla kaplama yapısının ömrünün çeşitli aşamalarında uygulanan kaplama yüzey kaplamalarının sonucudur. Bir kaplama kompozit yapıdaysa, kaplama türü, kaplamanın yapısal davranışını en doğru şekilde yansıtan tür olarak bildirilmelidir. FAARFIELD, esnek ile overlay yapılmış rijit bir kaplamayı, kaplama kalınlığı rijit kalınlıkla eşleşene kadar rijit bir kaplama olarak kabul edecektir. Kaplamanın kompozit yapıda olduğunu belirten bir not eklemek ve aşınma yüzeyinin ne olduğunu belirtmek iyi bir uygulamadır.

4.20.3. ZEMİN MUKAVEMET KATEGORİSİ

Daha önce tartışıldığı gibi, ACR veya PCR değerlerini hesaplamak ve raporlamak için belirlenen dört standart zemin mukavemeti vardır. Tablo 35, rijit ve esnek kaplamalar için değerleri listeler.

4.20.4. İZİN VERİLEN LASTİK BASINCI

Tablo 37, ACR-PCR sistemi tarafından belirlenen izin verilen lastik basıncı kategorilerini listeler. Lastik basıncı kodları, sert veya esnek kaplama bölümlerine eşit şekilde uygulanır; ancak izin verilen lastik basıncının uygulanması, sert ve esnek kaplamalar için önemli ölçüde farklılık gösterir.

Tablo 37. PCR Raporlaması için Lastik Basıncı Kodları

Kategori	Kod	Lastik Basıncı Aralığı
Sınırsız	W	Limitsiz
Yüksek	X	Limit 254 psi (1,75 MPa)
Orta	Y	Limit 181 psi (1,25 MPa)
Düşük	Z	Limit 73 psi (0,50 MPa)

4.20.4.1. RİJİT KAPLAMALARDA LASTİK BASINÇLARI

Uçak lastik basıncının beton yüzeyli kaplamalarda çok az etkisi olacaktır. Rijit kaplamalar, ticari uçaklar tarafından şu anda kullanılanlardan daha yüksek lastik basınçlarına dayanacak kadar güçlüdür ve genellikle W koduyla derecelendirilebilir.

4.20.4.2. ESNEK KAPLAMALARDA LASTİK BASINÇLARI

Asfalt karışımının kalitesine ve iklim koşullarına bağlı olarak asfalt betonda (asfalt) lastik basınçları kısıtlanabilir. Asfalt tabakasındaki lastik basıncı etkileri, karışımın kesme veya yoğunlaşmaya karşı dayanıklılığıyla ilgilidir. Kötü inşa edilmiş bir asfalt kaplama, yük altında konsolidasyon nedeniyle tekerlek izlerine maruz kalabilir. Lastik basıncı etkilerine karşı koymadaki temel endişe, düşük kaliteli karışımların dayanıklılığı veya kesme direncidir. FAA P-401 maddesine uygun, düzgün bir şekilde hazırlanmış ve yerleştirilmiş bir karışım, 218 psi'yi (1,5 Mpa) aşan önemli lastik basıncına dayanabilir. P-401, Asfalt Karışımlı Kaplama maddesi, AC 150/5370-10'un güncel sürümünde sağlanmıştır. Daha düşük kaliteli malzemeler ve inşaat standartları kullanan karışımlar, 100 psi (0,7 MPa) veya daha düşük lastik basınçları altında sıkıntı gösterebilir. Bu etkiler asfalt tabaka kalınlığından bağımsız olsa da 4 ila 5 inç (10,2 ila 12,7 cm) iyi yerleştirilmiş asfaltlı kaplamalar genellikle X veya W koduyla derecelendirilebilirken, daha düşük kaliteli asfalttan yapılmış daha ince kaplamalar Y kodunun üstünde derecelendirilmemelidir.

4.20.5. PCR'Yİ BELİRLEMEK İÇİN KULLANILAN YÖNTEM

PCR sistemi iki kaplama değerlendirme yöntemini tanır. Değerlendirme teknik bir çalışmanın sonuçlarını temsil ediyorsa, değerlendirme yöntemi T olarak kodlanmalıdır. Değerlendirme "Uçak Kullanımı" deneyimine dayanıyorsa, değerlendirme yöntemi U olarak kodlanmalıdır. Teknik değerlendirme, PCR'nin belirlenmesinde bir tür teknik çalışma ve hesaplamanın yer aldığı anlamına gelir. Uçak Değerlendirmesi Kullanımı, PCR'nin tesisi şu anda kullanan ve kaplama sıkıntısına neden olmayan uçaklar arasında en yüksek ACR'yi seçerek belirlendiği anlamına gelir.

4.20.6. ÖRNEK PCR RAPORLAMASI

Bir PCR koduna örnek olarak 800/R/B/W/T verilebilir:

- 800 PCR sayısal değerini ifade eder,
- R rijit kaplama anlamına gelir,
- B orta mukavemetli zemin anlamına gelir,
- W yüksek izin verilen lastik basıncını ifade eder ve
- T teknik bir değerlendirmeyle elde edilen bir PCR değerini ifade eder.

EK A - EŞDEĞER TRAFİK

4.21. EŞDEĞER TRAFİK

4.21.1. CDF

Kümülatif hasar faktörü (CDF) prosedürünü temel alan ayrıntılı bir yöntem, bir havalimanı için trafik karışımındaki birden fazla uçağın birleşik etkisinin hesaplanmasına olanak tanır. Bu birleşik trafik, kritik bir uçağın eşdeğer trafiğinde bir araya getirilir. ACR'yi hesaplamak için kullanılan prosedür aynı anda yalnızca bir uçağa izin verdiği için bu gereklidir. Trafik karışımındaki tüm uçakların eşdeğer bir kritik uçakta birleştirilmesiyle, tüm trafiğin etkilerini içeren bir PCR'nin hesaplanması mümkün hale gelir. ACR/PCR'yi belirlemek için kullanılan metodoloji, havalimanının boyutsal gerekliliklerini belirlemek için kullanılan kritik tasarımlı uçağı dikkate almamaktadır.

4.21.2. DEĞERLENDİRME

Bu bölümde açıklandığı gibi eşdeğer trafiğin değerlendirilmesi yalnızca teknik yöntem kullanılarak PCR'nin belirlenmesi sürecinde gereklidir ve Uçak Kullanma Yöntemi kullanıldığında göz ardı edilebilir.

4.21.3. TRAFİK BİLGİSİ

Teknik olarak türetilmiş bir PCR'ye ulaşmak için, kaplama yapısını oluşturacak olan trafik karışımındaki her bir uçağın izin verilen maksimum brüt ağırlığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu da kaplama kesitinin ve uçak yükleme özelliklerinin ayrıntılı olarak incelenmesini gerektirir. Sonuç olarak, bu ekte sunulan bilgiler ilk bakışta PCR belirlemesinden ziyade kaplama tasarımına uygulanıyor gibi görünmektedir. Ancak bir mühendis elindeki bu bilgiyle sağlam bir teknik temele sahip bir PCR'ye ulaşabilecektir.

4.22. EŞDEĞER TRAFİK TERMİNOLOJİSİ

Teknik değerlendirme yöntemine dayalı bir PCR belirlemek için uçak trafiği ve kaplama yüklemesinde kullanılan ortak terimlerin tanımlanması gerekmektedir. Varış, kalkış, geçiş, kapsam, yük tekrarı, operasyon ve trafik döngüsü terimleri, bir kaplama üzerinde çalışan uçak trafiğinin etkisini belirlerken sıklıkla farklı kuruluşlar tarafından birbirinin yerine kullanılır. Kaplama stresi dikkate alınırken hangi uçak hareketlerinin sayılması gerektiğinin ve kaplama tasarımı ve değerlendirme süreci ile ilgili olarak çeşitli hareket terimlerinin nasıl uygulanacağının belirlenmesi önemlidir.

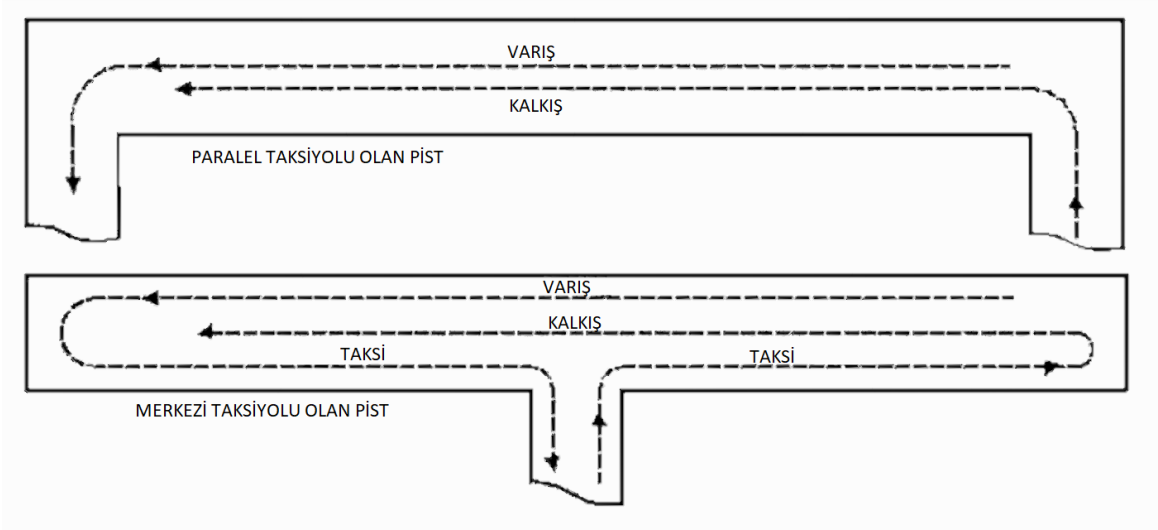
4.22.1. VARIŞ (LANDING) VE KALKIŞ (TAKEOFF)

Tipik olarak, uçaklar kalkışta kullanılandan daha az miktarda yakıtla havalimanına varır. Sonuç olarak, uçuş sırasında kullanılan yakıt ve kanatlardaki kaldırma kuvvetinin bir sonucu olarak uçağın ağırlığının daha düşük olması nedeniyle, pist kaplaması üzerindeki tekerleklerin stres yükü, iniş sırasında kalkışa göre daha azdır. Bu, konma darbesinde dahi geçerlidir, çünkü kanatlarda hâlâ kaldırma kuvveti vardır ve bu da dinamik dikey kuvveti azaltır. Bu nedenle, FAA kaplama tasarım prosedürü yalnızca kalkışları dikkate alır ve varış trafik sayımını göz ardı eder. Bununla birlikte, eğer uçağa havalimanında ek yakıt verilmezse, iniş ağırlığı büyük ölçüde kalkış ağırlığıyla aynı olacaktır (yolcu sayısı ve kargodaki değişiklikler hariç) ve iniş operasyonu

kaplamanın gerilim yükleme döngüleri için kalkış olarak sayılmalıdır. Bu ikinci senaryoda, her trafik sayımı *(takeoff)* için kaplama üzerinde tek bir yük yerine iki eşit yük gerilimi vardır. Yük gerilimlerini sayma yöntemine bakılmaksızın, bir trafik döngüsü, aşağıdaki metinde tanımın daha da iyileştirilmesine tabi olarak, aynı uçağın bir kalkışı ve bir inişi olarak tanımlanır.

4.22.2. GEÇİŞ (PASS)

Geçiş, uçağın pist kaplaması üzerinde tek seferlik hareketidir. Yükleme büyüklüğüne ve taksi yollarının konumuna bağlı olarak bu, bir varış, bir kalkış, bir taksi operasyonu veya üçü birden olabilir. Şekil 50, paralel taksi yollarına veya merkezi taksi yollarına sahip pistler için tipik trafik düzenlerini göstermektedir. Paralel bir taksi yolu, taksi hareketinin bir parçası olarak pistin hiç kullanılmamasını veya çok az bir kısmının kullanılmasını gerektirir. Merkezi bir taksi yolu, taksi hareketi sırasında pistin büyük bir kısmının kullanılmasını gerektirir.



Şekil 50. Trafik Yükü Dağıtım Modelleri

4.22.2.1. PARALEL TAKSİYOLU SENARYOSU

Şekil 50'de yukarıda gösterilen paralel taksi yolu durumunda iki olası yükleme durumu ortaya çıkabilir. Bu durumların her ikisi de yolcu sayısının ve kargo yükünün tüm iniş ve kalkış döngüsü boyunca yaklaşık olarak aynı olduğunu varsaymaktadır.

1. Uçağın havalimanında yakıt alması durumunda, iniş stres yükü azaltılmış bir seviyede dikkate alındığından bir trafik döngüsü yalnızca bir geçişten oluşur, bu da kesirli bir eşdeğerliktir. Bu koşul için yalnızca kalkış geçişi sayılır ve geçişlerin trafik döngülerine oranı *(Pass-to-Traffic Cycle, P/TC)* 1'dir.

2. Uçağın havalimanında yakıt temin edememesi durumunda hem iniş hem de kalkış geçişleri sayılmalıdır ve bir trafik döngüsü eşit yük stresine sahip iki geçişten oluşur. Bu durumda P/TC oranı 2'dir.

4.22.2.2. MERKEZİ TAKSİYOLU SENARYOSU

Şekil 50'de aşağıda gösterilen merkezi taksi yolu konfigürasyonu için, meydana gelebilecek iki olası yükleme durumu da mevcuttur. Paralel taksi yolu koşulunda yapıldığı gibi, bu durumların her ikisi de iniş ve kalkış döngüsünün tamamı için faydalı yükün yaklaşık olarak aynı olduğunu varsaymaktadır.

1. Uçağın havalimanında yakıt alması durumunda, maksimum yük stresinde iki geçişten oluşan bir trafik döngüsüne neden oldukları için hem kalkış hem de kalkışa taksi geçişleri sayılmalıdır. Bu durumda iniş geçişi göz ardı edilebilir. Bu operasyonların bazıları sırasında pistin yalnızca bir kısmının kullanıldığı kabul edilmektedir, ancak her geçişte pistin tamamının kaplandığını varsaymak ihtiyatlı bir yaklaşım olacaktır. Bu durum için P/TC oranı 2'dir.

2. Uçağın havalimanında yakıt temin edememesi durumunda taksi geçişi ile birlikte hem iniş hem de kalkış geçişleri sayılmalıdır ve bir trafik döngüsü eşit büyüklükte yüklerde üç geçişten oluşur. Bu durumda P/TC oranı 3'tür.

4.22.2.3. BASİTLEŞTİRİLMİŞ YAKLAŞIM

Basitleştirilmiş ancak daha az ihtiyatlı bir yaklaşım, tüm durumlar için 1'lik bir P/TC oranının kullanılması olacaktır. Bir iniş ve kalkış, pistin yalnızca üçte birlik kısmına tam yük uyguladığından (rüzgâr yönünde herhangi bir değişiklik olmaması için zıt uçlar), bu daha az ihtiyatlı yaklaşım hem iniş hem de kalkış için bir geçişi saymak için kullanılabilir. Ancak FAA, havalimanı değerlendirmelerinin ihtiyatlı bir yaklaşımla yapılmasını, yani geçişlerden herhangi birinin pistin tamamını kapsadığını varsaymayı önermektedir.

4.22.2.4. P/TC ORANI

Tablo 38 standart P/TC oranı tartışmasını özetlemektedir.

Tablo 38. Standart P/TC Oranı Özeti

Piste Çıkış Taksiyolu	P/TC Havalimanında Yakıt Yüklemesi Yapılmış (Çıkış brüt ağırlığının varış brüt ağırlığından fazla olması)	P/TC Havalimanında Yakıt Yüklemesi Yapılmamış (Çıkış brüt ağırlığı ile varış brüt ağırlının eşit olması)
Paralel	1	2
Merkezi	2	3

Standart P/TC oranları 1, 2 ve 3 tam sayılarıdır. Yazılıma girilebilecek değer aralığı 0,001 ile 10,0 arasındadır. Bu özellik, toplam trafiğin bir kısmının farklı pistleri veya diğer kaplamaları kullanabildiği durumlarda esneklik sağlar. Örneğin, 0,5'lik bir P/TC oranı, her bir uçağın kapsama alanını 0,5 ile çarpar ve bu da kaplamanın PCR değerini artırır.

4.22.3. KAPSAM (COVERAGE)

4.22.3.1. P/C

Bir uçak bir pist boyunca hareket ederken, nadiren tamamen düz bir çizgide veya daha önce olduğu gibi tam olarak aynı tekerlek yolu üzerinde hareket eder. İstatistiksel olarak normal bir dağılımla pistte dolaşacaktır. Bir kapsam, pistin bir birim alanı uçağın ana donanımının bir tekeri tarafından geçildiğinde meydana gelir. Gezinme nedeniyle, uçağın piste her çıkışında bu birim alan tekerlek tarafından kapsanamayabilir. Kaplama üzerinde bir defada birim alanı istatistiksel olarak kapsamak için gereken geçiş sayısı, geçiş/kapsama *(Pass-to-Coverage, P/C)* oranıyla ifade edilir.

4.22.3.2. KAPSAMA ALANI VE P/C

Kapsama alanı ve P/C oranı terimleri hem esnek hem de rijit kaplamalara yaygın olarak uygulansa da P/C oranı esnek kaplamalara uygulandığında rijit kaplamaların aksine biraz farklı bir anlama sahiptir. Bunun nedeni, esnek ve rijit kaplamaların çeşitli dişli konfigürasyonlarına tepki vermesinin dikkate alınmasıdır. İkili tandem (2D) ve üçlü ikili tandem (3D) gibi tandem tekerleklere sahip dişli konfigürasyonları için oranlar esnek ve rijit kaplamalar için farklıdır ve her iki kaplama türü için aynı terimin kullanılması kafa karıştırıcı olabilir.

4.22.3.3. FAARFIELD VE P/C

Uçak geçişleri gözlem yoluyla belirlenebilir yani sayılabilir, ancak kapsamlar FAARFIELD programı tarafından kullanılır. P/C oranı, geçişleri programda kullanılmak üzere kapsamalara dönüştürmek için gereklidir. Bu oran, farklı tekerlek sayısı, ana dişli konfigürasyonları, lastik temas alanları ve dişli üzerindeki yük nedeniyle her uçak için farklıdır. Neyse ki herhangi bir uçağın P/C oranı FAARFIELD programı tarafından otomatik olarak belirlenir ve yazılımı kullanan mühendisin yalnızca geçişlerle ilgilenmesi gerekir.

4.22.4. OPERASYON

Bu terimin anlamı, kaplama tasarımında veya değerlendirilmesinde kullanıldığında belirsizdir. Bu, tam yükle kalkış veya minimum yükle iniş anlamına gelebilir. Daha kesin kalkış veya iniş koşullarının kullanılması tercih edilir.

EK B - PCR BELİRLEME ÖRNEKLERİ

Konuyla ilgili örnekler için, FAA AC 150/5335-5D dökümanında APPENDIX B'ye bakılabilir.

EK C - ACR-PCR SİSTEMİ İLE KAPLAMANIN AŞIRI YÜK DEĞERLENDİRMESİ

4.23. ICAO'NUN KAPLAMALAR AŞIRI YÜK DEĞERLENDİRME KILAVUZU

4.23.1. AŞIRI YÜKLEMENİN ÖNGÖRÜLMESİ

Bir kaplamanın ömrü boyunca, mevcut veya gelecekteki trafiğin kaplamaya, atanan kaplama derecesinin aşılacağı şekilde yükleme yapması mümkündür. ICAO, mevcut PCR'ye sabit bir yüzde uygulayarak, küçük kaplamaların aşırı yüklenmesini hesaba katmak için basitleştirilmiş bir yöntem sunmaktadır.

4.23.2. AŞIRI YÜK OPERASYONLARI İÇİN PROSEDÜR

Aşırı yük operasyonları için ICAO prosedürü, bildirilen PCR'yi aşan ACR'lere sahip küçük veya sınırlı trafiğe dayanmaktadır. Tanımlanan PCR'den daha büyük yükler, kaplama ömrünü kısaltırken, daha küçük yükler ömrü daha düşük bir oranda tüketecektir. Büyük aşırı yüklemeler hariç, kaplamalar aniden veya felaketle sonuçlanacak şekilde bozulmaz. Sonuç olarak, ara sıra küçük aşırı yüklemeler, kaplama ömrü beklentisinde yalnızca sınırlı bir kayıp ve kaplama bozulmasında nispeten küçük bir hızlanma ile kabul edilebilir.

4.23.3. DEĞERLENDİRME YÖNERGESİ

Aşırı yükleri değerlendirirken aşağıdaki yönergeler önerilir:

1. Esnek veya rijit kaplamalar için, bildirilen PCR'nin %10'unu aşmayan bir ACR'ye sahip uçakların ara sıra yaptığı trafik kaplamaya olumsuz etki etmemelidir. Örneğin, PCR=600 olan bir kaplama, ACR=660 olan sınırlı sayıda uçak trafiğini destekleyebilir.

2. Yıllık aşırı yük trafiği sayısı, toplam yıllık uçak trafiğinin yaklaşık %5'ini geçmemelidir. %5'i temsil eden bir dizi operasyonu seçmek için kesin bir kılavuz yoktur.

3. Aşırı yüklere normalde yapısal bozulma belirtileri gösteren kaplamalarda, donma penetrasyonundan sonra çözülme dönemlerinde veya kaplamanın veya zemininin su tarafından zayıflatılabileceği durumlarda izin verilmemelidir.

4. Aşırı yük operasyonları yürütüldüğünde, havalimanı sahibi kaplama durumunu düzenli olarak denetlemelidir. Havalimanı sahibi periyodik olarak aşırı yük operasyonları için kriterleri gözden geçirmelidir. Aşırı yüklerin aşırı tekrarlanması, kaplama ömründe önemli bir azalmaya neden olabilir veya bir kaplamanın büyük bir onarıma ihtiyaç duyacağı zaman hızlanabilir.

4.23.4. KAPLAMA ÖMRÜNÜN İZLENMESİ

Bu kriterler, havalimanı sahibinin kaplama üzerindeki bu aşırı yükleme operasyonlarının kaplama ömrü azalması veya artan bakım gereksinimleri açısından etkisini izlemek için kullanabileceği tutarlı, tekrarlanabilir bir süreç sağlar. Bu, bu etkileri açıkça gösterecek ve yetkililere hem ekonomik hem de kaplama ömrü açısından etkiyi belirleme yeteneği verecek hem esnek hem de rijit kaplama için aşırı yükleme payları yapma yöntemlerini ele alır.

4.24. AŞIRI YÜK KILAVUZU

4.24.1. KILAVUZUN GEÇERLİLİĞİ

Bu ekteki aşırı yük değerlendirme kılavuzu, esas olarak teknik yöntemle belirlenen PCR değerlerine sahip esnek ve rijit kaplamalar için geçerlidir. Uçak Yöntemi Kullanılarak belirlenen derecelendirmelere sahip kaplamalar, çok sık kaplama inceleme prosedürleri izlendiği takdirde aşırı yük kılavuzlarını kullanabilir.

4.24.2. VARSAYIMLAR

Kaplama aşırı yükleri için ayarlamalar, trafik karışımındaki uçakların bazılarının PCR'yi aşan ACR'lere sahip olduğu varsayımıyla başlar. Teknik bir analiz gerçekleştirildiyse, aşırı yüklenmenin incelenmesi için gerekli verilerin çoğu zaten mevcuttur.

4.24.3. CDF>1 DURUMLARI

Toplam CDF>1 olduğunda önerilen PCR, trafik karışımı için yeterli değildir. Havalimanlarının, hangi kaplama mukavemeti derecesini yayınlayacaklarını değerlendirirken üç seçeneği vardır:

1. PCR'nin teknik değerlendirme yönteminden türetildiği gibi kalmasına izin verin, ancak trafik karışımında yayınlanan PCR'yi aşan ACR'lerle veya PCR'yi aşmayacak şekilde azaltılmış ağırlıkla çalışmasına izin verilebilecek bazı uçaklar olduğuna dair yerel bilgiyi koruyun.

2. Daha yüksek ACR'lere sahip uçaklara uyum sağlamak için bir katman ekleyerek veya yeniden inşa ederek artırılmış bir PCR sağlayın.

3. PCR'yi en yüksek ACR'ye sahip uçağınkine yükseltin, ancak olası ciddi bakımın beklenmesi gerektiğini kabul edin. Bu, yeniden inşa veya kaplama projeleri için daha erken ve artan maliyetlerle sonuçlanacaktır. Bu, özünde PCR derecesini kullanım derecesine değiştirmek ve potansiyel olarak kalan kaplama ömrünü azaltmaktır.

EK D - BELİRLİ HAVALİMANI PİST VERİ UNSURLARINDAKİ DEĞİŞİKLİKLERİN BİLDİRİLMESİ

4.25. İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK

Uçak ağırlığı verileri, değerlendirilen kaplama için hesaplanan PCR'ye dayalı olarak *FAA AC 150/5335-5D* dökümanı kullanılarak kullanılarak raporlanır.

4.25.1. VERİ KAYNAĞI

Pist ağırlık taşıma kapasitesi verileri, havalimanı işletmecisi veya ilgili kurum tarafından girilebilir. Bilgiler, Havalimanı Ana Kaydı (AMR) kullanılarak Hava Trafiği Havacılık Bilgi Hizmetlerine elektronik olarak gönderilir. Mevcut durumda veri tabanı, tek tekerlekli iniş takımı (S), çift tekerlekli iniş takımı (D), çift tandem iniş takımı (2D) ve çoklu çift tandem iniş takımı (2D/2D2) için brüt uçak ağırlığı verilerini kabul etmektedir. Diğer tüm dişli türleri yalnızca PCR ile rapor edilebilir. Bildirilen PCR beş öğenin tümünü içermelidir (573/F/C/W/T vb).

4.25.2. İZİN VERİLEN BRÜT AĞIRLIĞIN RAPORLANMASI

Söz konusu pisti kullanabilecek her bir dişli konfigürasyonu için izin verilen brüt uçak ağırlığı, Havalimanı Ana Kayıtlarında yayınlanmaktadır. Ayrıca havalimanındaki her Pist için bir PCR numarası da yayınlanmalıdır. Raporlanacak PCR “numarasının” beş öğeden oluşan PCR dizisinin tamamı olduğuna dikkat edilmelidir: PCR numarası, kaplama türü, zemin kategorisi, lastik basıncı ve hesaplama yöntemi. FAARFIELD bilgisayar programı, PCR hesaplama prosedürünün bir parçası olarak Pist Ağırlık Taşıma Kapasitesi Verilerinin raporlanması için PCR bazlı maksimum brüt ağırlıkları hesaplar. Alternatif olarak veya yalnızca PCR biliniyorsa, Pist Ağırlığı Taşıma Kapasitesi Verilerinin raporlanması için PCR bazlı maksimum brüt ağırlıkların bir listesi geliştirilmiştir ve bu AC'nin Ek E'sinde yer almaktadır. Yerel deneyimin daha düşük bir ağırlık bildirdiği düşünülebilir ancak daha yüksek ağırlıklar önerilmez.

4.26. KAPLAMA SINIFLANDIRMA DERECESİ (PCR)

4.26.1. VERİ KAYNAĞI

Kaplama Sınıflandırma Derecelendirmesi (PCR) verilerinin kaynağı havalimanı operatörüdür.

4.26.2. PCR RAPORLAMA

Genel olarak Havalimanı Ana Kaydı'nda (AMR) yayınlanan havalimanı pist veri unsurlarının amaçları doğrultusunda, PCR, kaplama üzerinde düzenli olarak çalışan tüm uçak trafiğine dayalı olarak bir kaplamanın yük taşıma kapasitesini ifade eden bir sayıdır.

4.27. UÇAĞIN BRÜT AĞIRLIK VERİSİNİN ATANMASI

4.27.1. BRÜT AĞIRLIĞIN ATANMASI

Tablo 39 ve Tablo 40, uçağın izin verilen brüt ağırlığını atamak için kullanılan süreci özetlemekte ve izin verilen uçak brüt ağırlığını atamak için kullanılan esnek ve rijit ACR'leri göstermektedir. İzin verilen brüt ağırlık, lastik basıncı ve tekerlek aralığı aralıklarıyla birlikte FAA Yönergesi 5300.7, "Uçak İniş Takımı Konfigürasyonları için Standart Adlandırma Kuralı dökümanında yayınlanan uçak dişli konfigürasyonunu temel alır. Bu standart uçaklara yönelik ACR, Pist Ağırlığı Taşıma Kapasitesi için önerilen maksimum brüt ağırlığı verir.

4.27.2. MAKSİMUM BRÜT AĞIRLIK LİSTESİ

Tablo 39 ve Tablo 40'teki veriler, Pist Ağırlık Taşıma Kapasitesi Verileri için maksimum brüt ağırlıkların bir listesini geliştirmek amacıyla kullanılmıştır. Bu listeler *(FAA AC 150/5335-5D Appendix E)* esnek ve rijit kaplama için bilinen PCR değerlerini dört dişli türü için izin verilen maksimum brüt ağırlıklarla ilişkilendirir: S, D, 2D ve 2D/2D2.

4.27.3. GENEL DİŞLİ TİPLERİ, AĞIRLIK VE LASTİK BASINÇLARI

Tablo 41, Tablo 42, Tablo 43, Tablo 44'te listelenen uçaklar genel dişli tiplerini ve tipik ağırlık ve lastik basınç aralıklarını temsil etmektedir. Operasyonal ACR değeri rapor edilen PCR değerinden daha az olmasına rağmen, işletmedeki bir uçağın brüt ağırlığının, Tablo 39 ve Tablo 40'ta belirlendiği şekilde izin verilen brüt ağırlığı aştığı durumlar olacaktır. Tablolardaki değerler, uçak üreticisi tarafından belirlenen ACR ile ilgili brüt ağırlıklar kadar kesin değildir. Raporlanan PCR, tablolardaki verilerin temelini oluşturur ve kalkış veya iniş yapan uçakların ACR değerleri biliniyor ise Tablo 41, Tablo 42, Tablo 43 ve Tablo 44 brüt ağırlık verileri yerine rapor edilen PCR değerine güvenmelidir.

4.27.4. PCR DEĞERİNİN OKUNMASI

Zemin kategorisi için uygun tabloya girilir ve PCR numarasına kadar okunur. Daha sonra binlerce pound olarak listelenen izin verilen ağırlık değerlerini bulmak için okumaya devam edilir. PCR değerinden bağımsız olarak aşağıdaki brüt ağırlık değerlerinin her dişli kategorisi için izin verilen maksimum değerler olarak kabul edildiğini unutulmamalıdır.

Dişli Tipi	Brüt Ağırlık $(1000\ x\ pound)$
S	120
D	250
2D	550
2D/2D2	1220

Tablo 39 ve Tablo 40'ı oluşturmak için kullanılan prosedürler FAARFIELD'da uygulanmıştır ve PCR hesaplaması çalıştırıldığında otomatik olarak yürütülür. Belirli bir durumda Tablo 41, Tablo 42, Tablo 43 ve Tablo 44'teki değerler ile FAARFIELD tarafından verilenler arasında küçük tutarsızlıklar olabilir. Tutarsızlık durumunda FAARFIELD değerleri öncelikli olmalıdır.

Tablo 39. İzin Verilen Brüt Ağırlığı Belirlemek İçin Kullanılan Esnek ACR Verileri

No	Uçak İsmi	Brüt Ağırlık, lbs	Ana Tekerdeki Brüt Ağırlık, %	Lastik Basıncı, psi	Esnek ACR			
					A	B	C	D
1	S-7.Sstd	7500	95,00	52,5	18,9	20,4	22,8	26,6
2	S-15std	15000	95,00	60,0	29,9	41,9	49,6	54,9
3	S-30std	30000	95,00	75,0	70,2	95,0	105,9	113,8
4	S-45std	45000	95,00	90,0	125,9	153,9	166,4	175,2
5	S-60std	60000	95,00	105,0	188,2	216,8	229,6	238,5
6	S-75std	75000	95,00	120,0	255,2	282,6	294,7	303,0
7	S-90std	90000	95,00	135,0	325,4	350,3	361,1	368,5
8	S-105std	105000	95,00	150,0	398,0	4 19,4	428,3	434,9
9	S-120std	120000	95,00	165,0	472,3	489,5	496,4	502,2
10	0-37.5	37500	95,00	65,0	34,7	57,6	71,5	88,2
11	0-50	50000	95,00	80,0	63,0	89,2	108,0	131,9
12	0-75	75000	95,00	110,0	128,4	160,5	189,4	230,9
13	0-100	100000	95,00	140,0	197,4	231,4	272,1	320,9
14	0-125	125000	95,00	150,0	252,9	294,9	340,7	395,7
15	0-150	150000	95,00	160,0	307,0	346,9	396,8	455,6
16	0-175	175000	95,00	180,0	375,2	419	471,3	539,6
17	0-200	200000	95,00	200,0	442,9	491,7	544,3	622,3
18	0-225	225000	95,00	220,0	511,7	562,0	616,3	701,5
19	0-250	250000	95,00	240,0	580,9	630,0	690,9	778,6
20	20-100	100000	95,00	120,0	89,2	106,7	124,4	158,0
21	20-150	150000	95,00	140,0	153,6	187,6	232,1	301,0
22	20-200	200000	95,00	160,0	223,3	277,9	355,7	447,6
23	20-250	250000	95,00	170,0	284,7	353,5	454,8	577,5
24	20-300	300000	95,00	190,0	346,6	425,9	549,7	708,6
25	20-350	350000	95,00	190,0	4 12,1	509,5	655,7	843,6
26	20-400	400000	95,00	200,0	478,0	588,9	759,1	975,3
27	20-450	450000	95,00	210,0	533,3	635,7	802,4	1061,7
28	20-500	500000	95,00	220,0	588,0	678,2	833,0	1118,4
29	20-550	550000	95,00	230,0	641,0	706,5	844,3	1118,2
30	201202-40	640000	95,00	210,0	351,5	368,6	401,6	490,5
31	201202-50	800000	95,00	220,0	449,3	480,8	550,4	727,7
32	201202-60	960000	95,00	230,0	553,4	610,1	721,9	1028,9
33	201202-70	1120000	95,00	240,0	663,9	758,3	935,2	1395,2
34	30-40	480000	95,00	210,0	355,7	367 02	395,9	509,0
35	30-50	600000	95,00	220,0	451,8	474,8	541,5	785,3
36	30-60	720000	95,00	230,0	553,1	596,3	729,5	1130,1
37	30-70	840000	95,00	240,0	659,4	783,7	979,8	1537,0
38	20/302-40	800000	95,00	210,0	349,3	356,0	371,5	421,8
39	20/302-50	1000000	95,00	220,0	442,5	455,0	487,6	599,4
40	20/302-60	1200000	95,00	230,0	539,4	561,1	619,6	847,7
41	20/302-70	1400000	95,00	240,0	639,9	677,6	772,9	1187,0

Tablo 40. İzin Verilen Brüt Ağırlığı Belirlemek İçin Kullanılan Rijit ACR Verileri

No	Uçak İsmi	Brüt Ağırlık, lbs	Ana Tekerdeki Brüt Ağırlık, %	Lastik Basıncı, psi	Esnek ACR			
					A	B	C	D
1	S-7.Sstd	7500	95,00	52,5	12,7	13,6	14,4	16,6
2	S-15std	15000	95,00	60,0	28,4	33,6	37,1	40,4
3	S-30std	30000	95,00	75,0	74,6	82,6	87,7	92,6
4	S-45std	45000	95,00	90,0	128,7	138,3	144,4	150,3
5	S-60std	60000	95,00	105,0	189,0	199,3	205,9	212,0
6	S-75std	75000	95,00	120,0	254,0	264,3	270,8	277,3
7	S-90std	90000	95,00	135,0	323,0	332,6	338,8	344,8
8	S-105std	105000	95,00	150,0	394,8	403,4	409,0	4 14,7
9	S-120std	120000	95,00	165,0	469,3	476,5	481,2	485,7
10	D-37.5	37500	95,00	65,0	57,0	69,5	78,2	86,8
11	D-50	50000	95,00	80,0	96,4	110,9	120,6	130,2
12	D-75	75000	95,00	110,0	185,5	201,9	212,7	223,3
13	D-100	100000	95,00	140,0	276,6	294,1	305,5	317,0
14	D-125	125000	95,00	150,0	351,6	372	385,8	399,8
15	D-150	150000	95,00	160,0	420,3	444,0	460,0	476,3
16	D-175	175000	95,00	180,0	509,0	533,7	550,5	567,8
17	D-200	200000	95,00	200,0	598,4	623,9	640,9	659,4
18	D-225	225000	95,00	220,0	688,3	713,8	731,6	750,7
19	D-250	250000	95,00	240,0	785,8	811,4	829,2	848,4
20	2D-100	100000	95,00	120,0	98,4	110,7	126,0	147,6
21	2D-150	150000	95,00	140,0	177,6	210,8	240,9	274,3
22	2D-200	200000	95,00	160,0	274,9	325,9	365,7	407,8
23	2D-250	250000	95,00	170,0	361,6	426,7	475,6	526,7
24	2D-300	300000	95,00	190,0	449,7	527,5	585,4	645,7
25	2D-350	350000	95,00	190,0	547,0	637,3	703,1	771,3
26	2D-400	400000	95,00	200,0	641,6	744,0	817,9	894,7
27	2D-450	450000	95,00	210,0	711,0	823,9	906,6	993,1
28	2D-500	500000	95,00	220,0	767,6	889,5	981,2	1077,5
29	2D-550	550000	95,00	230,0	803,9	930,8	1030,3	1137,4
30	2D/2D2-40	640000	95,00	210,0	379,0	437,3	490,7	553,8
31	2D/2D2-50	800000	95,00	220,0	524,6	610,9	681,8	760,9
32	2D/2D2-60	960000	95,00	230,0	692,8	804,3	890,0	982,4
33	2D/2D2-70	1120000	95,00	240,0	880,3	1013,5	1112,3	1215,4

EK E - PCR BELİRLEMESİNE DAYALI HAVALİMANI ANA KAYIT RAPORLAMASI İÇİN MAKSİMUM UÇAK BRÜT AĞIRLIK TABLOLARI

Tablo 41. Zemin Sınıf A

PCR (A)	ESNEK PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$				RİJİT PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$			
	S	D	2D	2D/2D2	S	D	2D	2D/2D2
20	-	-	-	-	11	-	-	-
30	15	-	-	-	16	-	-	-
40	19	40	-	-	19	-	-	-
50	22	44	-	-	22	-	-	-
60	26	49	-	-	25	38	-	-
70	30	53	-	-	29	42	-	-
80	33	56	-	-	31	45	-	-
90	35	60	101	-	34	48	-	-
100	38	64	108	-	37	51	101	-
110	41	68	116	-	40	54	107	-
120	43	72	124	-	43	57	114	-
130	46	76	132	-	45	59	120	-
140	48	79	139	-	48	62	126	-
150	51	83	147	-	50	65	133	-
160	53	86	155	-	53	68	139	-
170	56	90	162	-	55	71	145	-
180	58	94	169	-	58	73	151	-
190	60	97	176	-	60	76	156	-
200	63	101	183	-	63	79	162	-
220	67	110	198	-	67	84	172	-
250	74	124	222	-	74	93	187	-
280	80	138	246	-	81	101	203	-
300	85	147	262	-	85	108	214	-
350	95	166	303	-	96	124	243	-
400	105	184	341	719	106	143	271	663
450	115	203	379	801	116	158	300	718
470	120	210	394	832	120	164	310	740
500	120	221	420	878	120	172	325	773
550	120	239	465	955	120	186	352	824
580	120	250	493	999	120	195	367	853
600	120	250	511	1027	120	200	378	871
650	120	250	550	1100	120	214	406	919
700	120	250	550	1120	120	228	442	966
750	120	250	550	1120	120	241	484	1009
780	120	250	550	1120	120	248	517	1034
800	120	250	550	1120	120	250	545	1051
850	120	250	550	1120	120	250	550	1094
880	120	250	550	1120	120	250	550	1120

Tablo 42. Zemin Sınıf B

PCR (B)	ESNEK PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$				RİJİT PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$			
	S	D	2D	2D/2D2	S	D	2D	2D/2D2
20	-	-	-	-	10	-	-	-
30	11	-	-	-	14	-	-	-
40	14	-	-	-	17	-	-	-
50	17	-	-	-	20	-	-	-
60	20	38	-	-	23	-	-	-
70	23	42	-	-	26	38	-	-
80	26	46	-	-	29	41	-	-
90	29	50	-	-	32	44	-	-
100	31	54	-	-	35	47	-	-
110	34	57	102	-	37	50	100	-
120	36	61	108	-	40	53	105	-
130	39	64	114	-	43	55	110	-
140	41	68	120	-	45	58	115	-
150	44	71	127	-	48	61	120	-
160	46	75	132	-	50	63	125	-
170	49	78	139	-	53	66	130	-
180	51	82	145	-	55	69	135	-
190	54	85	151	-	57	72	140	-
200	56	89	157	-	60	74	145	-
220	61	96	168	-	65	80	154	-
250	68	107	185	-	72	88	167	-
280	74	119	201	-	78	96	180	-
300	79	127	215	-	83	102	189	-
350	90	151	248	-	94	118	212	-
400	101	168	282	685	104	135	237	-
450	112	186	314	756	115	152	262	652
470	116	193	326	785	119	157	271	670
490	120	199	338	811	120	163	281	689
500	120	203	344	824	120	166	286	698
550	120	221	375	886	120	180	310	744
580	120	232	394	923	120	188	324	772
600	120	239	412	948	120	193	333	790
630	120	250	444	981	120	202	347	816
650	120	250	467	1003	120	207	356	832
670	120	250	490	1025	120	213	365	849
700	120	250	539	1057	120	221	379	874
880	120	250	550	1120	120	250	550	1120
750	120	250	550	1111	120	234	404	915
800	120	250	550	1120	120	247	435	956
810	120	250	550	1120	120	250	441	964
850	120	250	550	1120	120	250	470	995
900	120	250	550	1120	120	250	513	1033
930	120	250	550	1120	120	250	549	1056
950	120	250	550	1120	120	250	550	1071
1000	120	250	550	1120	120	250	550	1110
1010	120	250	550	1120	120	250	550	1117

Tablo 43. Zemin Sınıf C

PCR (C)	ESNEK PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$				RİJİT PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$			
	S	D	2D	2D/2D2	S	D	2D	2D/2D2
20	-	-	-	-	9	-	-	-
30	10	-	-	-	13	-	-	-
40	12	-	-	-	16	-	-	-
50	15	-	-	-	19	-	-	-
60	18	-	-	-	22	-	-	-
70	20	-	-	-	25	-	-	-
80	23	40	-	-	28	38	-	-
90	26	44	-	-	31	41	-	-
100	28	47	-	-	33	44	-	-
110	31	51	-	-	36	47	-	-
120	33	54	-	-	39	50	-	-
130	36	57	103	-	41	53	102	-
140	38	60	107	-	44	55	106	-
150	41	63	112	-	46	58	110	-
160	43	66	117	-	49	61	115	-
170	46	69	121	-	51	63	119	-
180	48	72	126	-	54	66	123	-
190	51	75	130	-	56	69	128	-
200	53	78	135	-	59	72	132	-
220	58	84	144	-	63	77	141	-
250	65	93	157	-	70	85	154	-
280	72	103	169	-	77	93	166	-
300	77	110	177	-	81	99	174	-
350	87	129	198	-	92	114	194	-
400	99	151	222	638	103	130	216	-
450	110	168	248	692	114	147	238	-
470	114	175	258	714	118	153	247	-
480	116	178	263	724	120	156	252	-
490	119	181	269	735	120	158	257	639
500	120	184	274	746	120	161	261	648
550	120	202	300	800	120	175	284	690
580	120	212	314	828	120	183	298	715
600	120	219	324	846	120	189	306	732
630	120	230	338	874	120	197	319	757
650	120	236	347	893	120	203	327	773
670	120	243	357	912	120	208	336	790
690	120	250	367	930	120	214	344	806
700	120	250	371	940	120	216	349	814
750	120	250	396	981	120	230	370	852
800	120	250	447	1019	120	243	392	891
830	120	250	495	1041	120	250	407	914
840	120	250	531	1049	120	250	412	922
850	120	250	550	1056	120	250	418	929
900	120	250	550	1094	120	250	446	967
930	120	250	550	1116	120	250	466	989
950	120	250	550	1120	120	250	479	1003
1000	120	250	550	1120	120	250	519	1039
1030	120	250	550	1120	120	250	550	1061
1050	120	250	550	1120	120	250	550	1075
1100	120	250	550	1120	120	250	550	1111
1110	120	250	550	1120	120	250	550	1118

Tablo 44. Zemin Sınıf D

PCR (D)	ESNEK PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$				RİJİT PCR İÇİN İZİN VERİLEBİLİR BRÜT AĞIRLIK $(1000\ x\ pound)$			
	S	D	2D	2D/2D2	S	D	2D	2D/2D2
20	-	-	-	-	9	-	-	-
30	8	-	-	-	12	-	-	-
40	11	-	-	-	15	-	-	-
50	14	-	-	-	18	-	-	-
60	16	-	-	-	21	-	-	-
70	19	-	-	-	24	-	-	-
80	21	-	-	-	26	-	-	-
90	24	38	-	-	29	38	-	-
100	26	41	-	-	32	41	-	-
110	29	44	-	-	35	44	-	-
120	32	47	-	-	37	47	-	-
130	34	49	-	-	40	50	-	-
140	36	52	-	-	42	53	-	-
150	39	55	-	-	45	55	101	-
160	41	57	101	-	47	58	105	-
170	44	60	104	-	50	61	109	-
180	46	62	108	-	52	63	113	-
190	49	65	111	-	55	66	117	-
200	51	67	115	-	57	69	121	-
220	56	72	122	-	62	74	129	-
250	63	80	132	-	69	82	140	-
280	70	89	143	-	76	90	152	-
300	74	94	150	-	80	95	160	-
350	86	110	167	-	91	110	178	-
400	97	127	184	-	102	125	197	-
450	108	148	201	-	112	141	218	-
470	113	154	209	-	117	148	226	-
490	117	160	216	640	120	154	235	-
500	120	163	220	646	120	156	239	-
550	120	178	239	680	120	170	260	637
580	120	187	251	700	120	178	272	660
600	120	193	259	714	120	184	281	676
630	120	202	270	734	120	192	293	699
650	120	209	278	748	120	197	302	714
670	120	215	285	761	120	203	310	730
690	120	221	293	775	120	208	318	745
700	120	225	297	781	120	211	322	753
750	120	241	315	812	120	225	342	792
770	120	247	323	822	120	230	349	807
800	120	250	334	838	120	238	362	828
830	120	250	345	854	120	245	374	850
840	120	250	349	860	120	248	378	857
850	120	250	352	865	120	250	382	864
900	120	250	371	892	120	250	403	900
930	120	250	382	907	120	250	418	922
950	120	250	390	918	120	250	428	937
1000	120	250	414	945	120	250	454	972
1050	120	250	443	969	120	250	484	1006
1100	120	250	483	991	120	250	519	1041
1120	120	250	500	1000	120	250	535	1054
1150	120	250	550	1012	120	250	550	1075
1200	120	250	550	1034	120	250	550	1109
1250	120	250	550	1057	120	250	550	1120
1300	120	250	550	1078	120	250	550	1120
1350	120	250	550	1100	120	250	550	1120
1390	120	250	550	1118	120	250	550	1120

Araziden elde edilen verileri kullanarak PRIMAX yazılımı ile elde edilen PCR değerlerinin sonuçlandırılması için, sayısal verilerinin derlenmesi, toplanması, özetlenmesi ve analiz edilmesi için betimsel istatistikte yaygın kullanımı olan “persentil” (percentile, k-th percentile, percentile score) yöntemi kullanılmıştır. Raporda verilen PCR değerleri 75-95 persentil aralığa düşen sonuçlardır.

EKLER

EK 1 - ACR TABLOSU

(ICAO-ACR 1.4)

Tablo 45. ACR Tablosu

ACR										
Uçak Grubu ↓		Lastik Basıncı (kPa)	Esnek Kaplamalar				Rijit Kaplamalar			
Jenerik			Yüksek (A)	Orta (B)	Düşük (C)	Çok Düşük (D)	Yüksek (A)	Orta (B)	Düşük (C)	Çok Düşük (D)
1	SWL-2	206.84	10.08	10.87	11.54	12.26	6.22	6.63	6.98	7.39
2	SWL-5	310.26	20.64	23.09	30.07	35.76	13.40	14.84	18.74	22.27
3	SWL-10	344.74	29.40	50.15	63.38	72.86	32.46	41.68	47.37	52.69
4	SWL-50	1241.06	428.57	438.74	443.20	446.53	425.40	429.61	432.39	435.19
5	S-3	344.74	9.83	10.18	10.46	10.75	6.82	7.04	7.23	7.44
6	S-5	344.74	14.24	15.06	15.70	16.95	9.55	10.04	10.44	10.91
7	S-10	344.74	21.58	23.84	30.30	35.09	14.31	16.77	19.81	22.77
8	S-12.5	344.74	24.05	29.37	38.03	43.76	16.72	22.39	26.10	29.61
9	S-15	344.74	26.06	35.76	45.57	52.33	21.29	28.04	32.35	36.39
10	S-20	517.11	46.93	63.98	71.24	76.43	48.70	54.04	57.57	61.04
11	S-25	689.48	77.42	90.16	95.82	99.88	75.36	80.09	83.14	86.18
12	S-30	517.11	70.20	95.01	105.94	113.86	74.56	82.58	87.69	92.62
13	S-30 HTP	861.84	106.11	115.72	120.02	123.10	102.84	106.77	109.28	111.76
14	S-35 HTP	861.84	123.53	134.78	139.83	143.38	120.21	124.79	127.70	130.54
15	S-40 HTP	861.84	140.88	153.79	159.60	163.60	137.59	142.83	146.05	149.33
16	S-45	620.53	125.94	153.90	166.46	175.21	128.66	138.32	144.42	150.30
17	S-50	655.00	146.09	174.52	187.31	196.11	148.14	158.15	164.42	170.45
18	S-60	723.95	188.26	216.89	229.64	238.48	189.00	199.33	205.85	212.03
19	S-75	827.37	255.21	282.65	294.69	302.98	254.00	264.30	270.77	277.28
20	D-15	379.21	20.23	22.55	30.51	41.10	18.70	24.23	28.31	32.40
21	D-20	448.16	25.99	32.78	44.74	57.83	32.65	39.28	43.94	48.59
22	D-25	517.11	31.45	42.51	51.48	64.36	42.76	50.38	55.73	61.18
23	D-30	586.05	39.97	56.08	66.93	84.65	59.74	68.08	73.82	79.55
24	D-35	620.53	50.86	69.15	85.14	105.69	75.94	85.10	91.26	97.37
25	D-40	620.53	59.60	81.58	103.45	126.44	90.72	100.96	107.74	114.40
26	D-50	551.58	62.98	89.17	107.99	131.86	96.36	110.86	120.59	130.17
27	D-75	758.42	128.43	160.49	189.35	230.86	185.46	201.88	212.74	223.29
28	D-100	965.27	197.36	231.41	272.09	320.93	276.60	294.06	305.52	317.00
29	D-150	1103.16	306.99	346.93	396.76	455.59	420.25	443.99	460.04	476.25

30	D-200	1378.95	442.95	491.65	544.30	622.30	598.39	623.85	640.94	659.37
31	2D-100	827.37	89.18	106.71	124.41	158.00	98.44	110.71	126.03	147.62
32	2D-150	965.27	153.59	187.56	232.10	301.03	177.59	210.84	240.89	274.34
33	2D-200	1103.16	223.28	277.89	355.71	447.56	274.91	325.91	365.70	407.77
34	2D-300	1241.06	346.61	425.88	549.70	708.57	449.75	527.52	585.41	645.67
35	2D-400	1378.95	478.05	588.86	759.09	975.33	641.64	744.03	817.88	894.67
ACR										
Uçak Grubu ↓		**Lastik Basıncı (kPa)**	**Esnek Kaplamalar**				**Rijit Kaplamalar**			
			Yüksek (A)	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**	**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**
Airbus										
36	A220-100	1303.11	277.16	295.13	318.27	353.03	354.45	373.67	387.46	402.17
37	A220-300	1468.58	321.10	339.15	367.22	406.06	415.37	434.20	447.74	461.92
38	A300-B2	1280.01	338.45	375.42	440.19	583.45	401.75	474.61	534.29	599.47
39	A300-B2K	1280.01	336.44	369.59	430.35	562.57	394.18	465.82	525.25	590.66
40	A300-B4/C4 Std Bogie	1490.03	413.32	456.74	545.91	738.28	514.92	600.02	666.66	738.49
41	A300-B4/C4 LGA Bogie	1159.97	379.15	423.61	498.58	660.02	443.20	529.56	601.10	678.90
42	A300-600 Std Bogie	1340.00	424.34	481.56	584.45	803.21	537.43	633.09	706.22	783.26
43	A300-600 LGA Bogie	1340.00	419.59	462.57	545.55	725.64	502.60	591.09	663.16	741.88
44	A310-200	1330.00	337.29	368.15	426.56	555.12	394.72	464.20	522.20	586.33
45	A310-300	1290.01	338.80	371.99	433.43	566.89	397.73	469.65	529.22	594.76
46	A318-100 std	1020.01	224.58	246.29	264.99	297.06	281.11	302.61	317.96	333.81
47	A318-100 opt	1241.06	291.69	312.61	337.09	376.22	372.89	394.27	409.79	425.92
48	A319-100 std	1192.79	280.91	302.46	326.11	364.78	358.45	380.30	395.86	412.29
49	A319-100 opt	1247.95	299.81	321.57	347.70	387.85	384.63	406.57	422.14	438.81
50	A319neo	1310.00	340.01	364.86	397.78	443.06	441.96	464.99	481.20	498.23
51	A320-200 std	1378.95	345.11	367.78	399.55	444.04	447.64	469.54	485.06	501.45
52	A320-200 opt	1441.00	368.05	391.52	426.07	474.18	479.66	501.67	517.07	533.58
53	A320-200 WV000 Bogie	1441.00	175.31	181.22	194.90	231.75	186.47	213.71	240.09	272.18
54	A320neo	1220.37	315.23	340.56	371.37	414.63	408.27	431.80	448.39	465.61
55	A321-100 std	1358.27	399.29	431.31	474.77	535.07	527.56	552.41	570.22	588.60
56	A321-100 opt	1392.74	412.72	445.44	490.18	553.00	546.14	571.09	588.38	606.94
57	A321-200 std	1461.69	439.82	475.00	521.35	589.26	583.62	608.39	625.38	643.84
58	A321-200 opt	1500.30	462.05	500.38	548.37	620.60	614.90	639.79	656.72	675.35

59	A321neo	1503.06	481.23	523.84	574.12	650.82	642.70	667.86	685.47	704.21
60	A321XLR	1620.27	510.49	553.50	604.58	684.99	681.98	705.71	722.45	740.60
61	A330-200 WV020	1420.32	557.40	582.77	636.76	779.73	602.27	692.00	776.80	877.83
62	A330-200 WV022	1420.32	564.61	590.99	647.04	794.84	612.28	704.38	790.73	893.44
63	A330-200 WV057	1420.32	563.62	589.86	645.63	792.77	610.91	702.69	788.83	891.31
64	A330-200 WV058	1420.32	563.50	589.72	645.45	792.51	610.73	702.48	788.59	891.05
65	A330-200F WV000	1420.32	563.62	589.86	645.63	792.77	610.91	702.69	788.83	891.31
66	A330-200F WV001	1420.32	548.73	572.93	624.50	761.72	590.33	677.22	760.11	859.00
67	A330-300 WV020	1420.32	562.25	588.3	643.67	789.87	608.99	700.33	786.17	888.34
68	A330-300 WV022	1447.90	572.82	598.81	655.85	806.59	623.70	716.78	803.61	906.87
69	A330-300 WV054	1447.90	571.66	597.48	654.19	804.14	622.07	714.78	801.36	904.37
70	A330-700 Beluga XL	1447.90	558.26	582.24	635.16	776.20	603.45	691.83	775.57	875.57
71	A330-800 WV800	1468.58	578.54	604.20	661.89	814.59	631.70	725.36	812.72	916.02
72	A330-800 WV820	1558.22	618.10	645.23	710.02	881.93	687.85	789.08	880.86	988.64
73	A330-900 WV900	1489.27	588.46	614.46	674.04	831.60	645.71	741.32	829.65	934.22
74	A330-900 WV920	1558.22	618.10	645.23	710.02	881.93	687.85	789.08	880.86	988.64
75	A340-200 std	1316.90	500.22	523.62	568.29	675.68	525.80	602.83	678.51	771.81
76	A340-200 opt	1319.66	506.73	530.80	577.17	688.71	534.40	613.56	690.70	785.35
77	A340-300 std	1420.32	556.99	581.91	637.85	773.42	602.38	692.14	776.95	878.00
78	A340-300 opt	1420.32	555.52	580.24	635.73	770.31	600.34	689.62	774.12	874.81
79	A340-500 WV000	1609.93	620.96	644.92	709.73	868.25	693.99	793.44	884.04	990.64
80	A340-500 WV001	1609.93	627.91	652.98	719.83	883.12	703.89	805.69	897.74	1005.49
81	A340-500 WV003	1609.93	631.39	657.01	724.89	890.58	708.97	811.84	904.60	1013.08
82	A340-500 WV101	1613.37	1556.74	1785.10	2214.47	2792.89	714.71	818.57	912.29	1021.16
83	A340-500 WV102	1613.37	821.91	916.02	1089.52	1465.15	694.81	794.27	884.85	991.43
84	A340-600 WV000	1613.37	620.85	644.60	709.21	867.33	693.71	793.03	883.47	989.93
85	A340-600 WV001	1609.93	625.79	650.49	716.70	878.48	700.76	801.92	893.52	1000.90
86	A340-600 WV101	1613.37	854.55	958.73	1150.13	1556.85	732.24	840.00	935.61	1046.91
87	A340-600 WV103	1613.37	816.88	909.46	1080.26	1451.16	693.71	793.03	883.47	989.93
88	A350-900	1661.64	681.02	693.30	743.13	885.32	729.39	825.38	917.88	1031.46
89	A350-1000	1516.85	515.29	556.26	675.10	1046.52	676.11	863.76	1017.32	1180.62
90	A380-800 WV000	1503.06	550.39	577.79	640.37	906.59	640.93	815.21	976.09	1159.31
91	A380-800 WV001	1503.06	550.85	578.56	641.58	902.71	635.13	802.02	966.03	1151.62
92	A380-800 WV002	1503.06	559.57	588.54	655.07	938.09	657.46	837.64	1002.34	1187.84

93	A380-800 WV006	1503.06	561.69	591.03	661.22	912.86	651.48	829.42	994.35	1183.20
94	A380-800 WV007	1399.64	470.66	491.45	536.36	671.55	516.20	624.81	756.18	915.92

ACR										
Uçak Grubu ↓		**Lastik Basıncı (kPa)**	**Esnek Kaplamalar**				**Rijit Kaplamalar**			
Boeing			**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**	**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**
95	B717-200 HGW	1130.74	252.91	288.27	328.53	380.15	347.41	365.82	378.34	391.28
96	B727-200 Advanced Basic	1020.42	369.13	428.15	484.28	561.21	509.36	541.35	563.00	584.66
97	B727-200 Advanced Option	1192.79	436.04	496.43	557.39	642.20	596.68	626.59	646.44	667.32
98	B737-100	1082.48	211.57	232.82	252.69	289.59	275.51	294.03	306.88	319.97
99	B737-200 Advanced QC	1254.85	261.09	283.09	310.52	352.14	344.56	362.83	375.68	389.22
100	B737-200	1089.37	224.43	247.56	269.79	310.03	294.65	313.90	327.35	340.90
101	B737-300	1385.85	291.38	313.43	345.59	388.72	386.26	403.80	416.30	429.17
102	B737-400	1275.53	318.59	349.85	393.44	446.78	429.13	449.84	464.26	478.69
103	B737-500	1337.58	279.51	301.37	331.55	373.74	369.82	387.65	400.21	413.37
104	B737-600	1254.85	291.42	314.78	343.28	384.20	379.56	400.38	415.11	430.39
105	B737-700	1358.27	320.98	345.13	376.06	421.24	420.42	440.83	455.34	470.33
106	B737-800	1406.53	377.23	409.98	447.93	507.06	501.66	523.75	539.32	555.75
107	B737-900	1406.53	377.32	410.09	448.05	507.20	501.78	523.89	539.46	555.89
108	B737-900 ER	1516.85	422.88	459.94	502.49	571.28	565.35	587.22	602.36	618.80
109	B737 BBJ	1406.53	369.61	400.83	437.73	494.77	490.51	512.34	527.63	543.77
110	B737 BBJ2	1406.53	377.14	409.88	447.81	506.92	501.53	523.62	539.19	555.61
111	B737-7 MAX	1406.53	383.04	416.98	455.71	516.44	510.15	532.29	548.23	564.65
112	B737-8/8-200/BBJ MAX 8	1461.69	399.43	434.15	473.64	537.53	532.59	554.36	570.13	586.34
113	B737-9 MAX	1585.79	442.99	481.21	525.91	597.77	592.75	614.26	628.99	645.24
114	B747-100B/300B	1585.79	405.55	426.21	474.89	596.48	469.85	541.94	604.55	675.37
115	B747-200/300	1310.00	431.31	469.78	542.89	724.06	513.17	607.56	684.38	768.47
116	B747-400	1378.95	473.80	518.34	607.10	832.93	581.61	685.56	767.25	855.49
117	B747-400ER	1585.79	515.42	559.06	655.07	906.84	646.26	750.36	832.15	920.83
118	B747-8	1523.74	560.86	616.65	735.41	1057.81	721.82	841.57	933.00	1030.52
119	B747-8F	1523.74	558.91	614.13	731.78	1051.38	718.41	837.68	928.79	1025.85
120	B747-SP	1413.43	354.65	376.91	421.01	527.01	405.19	473.59	532.49	599.02
121	B757-200	1261.74	262.30	289.40	336.46	447.65	313.41	372.85	420.82	472.69

122	B757-300	1344.48	289.24	319.91	377.65	507.48	356.83	421.64	472.60	527.03
123	B767-200	1310.00	372.68	400.40	449.20	572.10	421.39	497.00	561.52	634.42
124	B767-200 ER	1310.00	407.44	442.45	507.91	664.04	476.03	563.45	635.81	714.84
125	B767-300	1378.95	392.80	420.10	470.63	603.55	449.13	527.00	593.59	668.25
126	B767-300 ER	1378.95	439.90	477.22	551.12	727.87	524.14	617.73	693.71	775.97
127	B767-300 ER/Freighter	1378.95	439.90	477.22	551.12	727.87	524.14	617.73	693.71	775.97
128	B767-400 ER	1482.37	503.27	554.01	661.77	884.85	636.43	745.07	828.09	917.49
129	B777-200	1254.85	384.01	407.44	454.41	630.21	420.56	540.86	659.28	795.71
130	B777-200 ER	1413.43	470.85	502.67	586.96	880.81	574.88	741.69	885.15	1042.54
131	B777-200 LR	1503.06	562.38	611.69	757.72	1181.80	756.25	969.98	1139.14	1317.38
132	B777-300	1482.37	496.60	530.64	626.91	954.13	623.38	800.49	949.22	1110.56
133	B777-300 ER	1523.74	576.69	629.20	786.97	1232.00	786.51	1006.30	1178.14	1359.58
134	B777F	1503.06	568.01	619.04	770.61	1204.64	768.64	985.60	1156.39	1336.07
135	B777-9	1544.43	590.97	647.19	817.05	1282.49	817.37	1043.00	1217.92	1401.45
136	B787-8	1572.00	550.31	592.21	689.35	908.10	674.34	785.11	872.94	969.10
137	B787-9	1578.90	618.64	657.52	751.61	972.64	738.00	858.24	956.59	1065.46
138	B787-10	1544.43	620.76	662.16	759.43	985.31	742.17	865.15	965.35	1075.68

ACR

Uçak Grubu ↓		**Lastik Basıncı (kPa)**	**Esnek Kaplamalar**				**Rijit Kaplamalar**			
McDonnell Douglas			**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**	**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**
139	DC3	310.26	27.74	52.11	69.75	82.50	32.40	45.14	52.49	59.18
140	DC8-63/73	1351.37	414.81	478.58	597.24	809.51	532.75	623.79	692.20	765.45
141	DC9-32	1068.69	215.35	245.60	279.08	326.05	295.05	312.33	324.11	335.71
142	DC9-51	1185.90	255.74	288.88	327.44	378.09	349.71	367.16	379.21	391.66
143	DC/MD-10-10/10F	1344.48	484.90	514.10	571.03	721.01	538.45	631.38	712.55	805.59
144	DC/MD-10-30/30F/40	1220.37	481.09	517.55	582.33	739.68	562.69	636.53	723.81	821.85
145	MD-11	1420.32	568.68	608.59	694.33	900.46	667.72	783.84	879.09	985.13
146	MD-83	1344.48	360.47	409.13	461.63	529.60	493.41	513.01	526.52	540.38
147	MD-90-30 ER	1330.69	375.17	429.17	485.68	556.80	514.93	535.24	549.15	563.42

ACR

Uçak Grubu ↓	**Lastik Basıncı (kPa)**	**Esnek Kaplamalar**				**Rijit Kaplamalar**			
Other Large Jet		**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**	**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**

148	An-124	1337.58	398.18	427.65	491.77	719.95	465.43	669.51	874.20	1115.58
149	An-225	1116.95	412.05	458.59	553.72	877.89	505.31	793.61	1095.47	1462.26
150	COMAC C919	1303.11	335.36	359.82	391.99	436.62	435.32	458.14	474.44	491.31
151	COMAC C919 ER	1572.00	378.63	398.93	432.04	479.16	492.48	512.61	527.09	542.81
152	Fokker-F-100	1075.58	209.97	240.11	280.24	327.85	290.76	306.71	317.39	328.13
153	Fokker-F-28-1000/2000	661.90	97.65	124.50	142.88	172.86	138.89	155.47	166.64	177.60
154	F-28-3000/4000/6000	723.95	118.40	146.96	170.10	205.48	168.22	185.35	196.83	208.14
155	IL-62	1082.48	376.90	441.49	537.12	715.51	446.61	530.31	600.41	676.36
156	IL-76T	530.00	118.15	187.09	251.08	346.23	244.23	278.09	307.39	351.99
157	IL-86	880.00	281.69	314.37	346.28	417.93	282.59	342.09	401.02	472.41
158	L-100-20	720.00	256.60	296.70	319.33	346.74	278.99	310.48	334.64	361.13
159	L-1011	1241.06	524.96	566.60	643.08	821.88	588.58	696.52	789.99	895.11
160	TU-134A	830.00	91.27	107.81	123.66	159.49	97.85	116.76	136.90	161.37

ACR

Uçak Grubu ↓		**Lastik Basıncı (kPa)**	**Esnek Kaplamalar**				**Rijit Kaplamalar**			
Regional/Commuter			**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**	**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**
161	ATR 42-500	830.00	73.69	89.59	108.14	130.01	103.50	111.66	117.16	122.64
162	ATR 72-500	840.00	94.77	115.61	135.39	163.24	132.95	143.41	150.44	157.30
163	BAe 146-300/300QC/300QT	965.27	179.35	205.61	229.31	268.41	242.58	260.04	272.06	284.19
164	BeechJet-400/400A	620.53	46.29	56.77	61.23	64.37	45.16	48.66	51.01	53.32
165	Bombardier CL-604/605	999.74	99.11	119.05	142.80	164.30	137.92	145.84	151.14	156.44
166	Cessna Citation II/Bravo C550/551	896.32	54.19	58.72	60.69	62.09	51.92	53.73	54.90	56.11
167	Cessna Citation V	896.32	59.65	64.57	66.73	68.25	57.21	59.20	60.50	61.89
168	Cessna Citation VI/VII	1158.32	52.56	63.57	75.70	84.09	70.60	73.72	75.86	78.12
169	Cessna Citation X	1303.11	82.75	98.49	115.59	129.13	112.96	117.28	120.25	123.28
170	CRJ100/200	1103.16	94.98	107.47	118.92	142.02	127.69	135.34	140.61	145.97
171	CRJ100ER/200ER	1192.79	105.67	118.80	131.11	157.26	142.70	150.21	155.30	160.65
172	CRJ100LR/200LR	1234.16	111.50	125.15	139.19	165.85	151.00	158.41	163.45	168.78
173	CRJ700	979.06	138.60	156.43	171.28	197.93	182.66	196.32	205.75	215.40
174	CRJ900	1116.95	172.19	191.64	209.42	245.20	230.02	243.89	253.36	263.20
175	CRJ1000	1330.69	199.70	217.49	237.02	275.47	266.80	279.34	287.84	296.91
176	Dassault Falcon 50/50EX	1434.11	88.25	97.25	113.36	132.35	119.78	124.21	127.44	130.74

177	Dassault Falcon 900B/C	999.74	95.22	118.05	140.81	159.24	132.53	139.80	144.66	149.52
178	Dassault Falcon 2000	1358.27	77.35	85.24	97.90	115.67	104.31	108.79	111.94	115.19
179	DHC-7	1572.00	97.58	104.98	113.39	135.22	130.10	135.00	138.42	142.21
180	EMB-170 STD	868.74	141.29	161.64	177.06	203.11	182.91	199.50	211.06	222.68
181	EMB-175 STD	937.69	153.22	172.55	188.06	215.55	198.36	214.57	225.86	237.32
182	EMB-190 STD	1013.53	200.46	220.33	238.06	266.12	252.05	271.23	285.07	299.62
183	EMB-195 STD	1061.79	208.82	227.75	245.58	273.95	262.81	281.91	295.26	309.25
184	ERJ-135	923.90	78.26	89.83	100.78	117.37	103.77	112.03	117.77	123.61
185	ERJ-140	1054.90	92.77	104.74	116.57	136.81	123.79	131.89	137.48	143.17
186	ERJ-145 ER	999.74	88.45	100.69	112.46	131.94	118.03	126.36	132.09	137.90
187	ERJ-145 EP	1020.42	91.04	103.42	115.38	135.62	121.65	129.95	135.67	141.48
188	ERJ-145 XR	1206.58	112.57	126.03	139.48	165.85	151.77	159.67	165.07	170.66
189	Fokker F27	1061.79	86.57	97.51	108.11	126.76	114.96	122.50	127.73	133.04
190	Fokker 50	590.00	62.20	83.26	97.14	116.11	88.72	101.58	110.38	119.15
191	Gulfstream-G-II	1103.16	147.06	183.19	214.71	237.19	204.22	213.14	219.10	224.98
192	Gulfstream-G-III	1206.58	163.17	202.89	234.45	256.24	224.92	233.28	238.84	244.53
193	Gulfstream-G-IV	1275.53	179.93	225.91	256.53	277.56	246.62	254.70	260.16	265.75
194	Gulfstream G-V/G500/G550	1296.21	215.00	253.44	295.79	325.98	292.26	302.63	309.52	316.57
195	Hawker-800/800XP	930.79	53.43	62.77	73.26	88.30	72.57	77.91	81.59	85.41
196	Learjet 35/36/35A/36A	1179.00	36.52	40.33	44.13	52.07	47.26	50.06	52.10	54.29
197	Q100/Dash 8 Series 100	903.21	63.19	73.37	81.60	96.37	83.49	90.44	95.24	100.16
198	Q200/Dash 8 Series 200	634.32	52.44	69.03	80.61	97.39	74.05	83.66	90.22	96.79
199	Q300/Dash 8 Series 300	696.37	68.19	87.36	101.15	125.19	96.90	107.32	114.34	121.32
200	Q400/Dash 8 Series 400	1565.11	143.89	154.70	170.63	199.25	192.88	200.01	205.10	210.32
201	Saab 340B	379.21	27.72	42.39	60.91	80.57	42.81	53.70	60.98	68.07
202	Shorts 330-200	544.69	57.37	75.00	82.67	88.20	58.52	64.33	68.09	71.76
203	Shorts 360	537.79	66.98	88.17	97.49	104.24	69.40	76.37	80.84	85.23

ACR

Uçak Grubu ↓		**Lastik Basıncı (kPa)**	**Esnek Kaplamalar**				**Rijit Kaplamalar**			
			Yüksek (A)	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**	**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**
General Aviation										
204	Beechcraft Baron 55	386.11	15.80	16.66	17.34	19.28	10.82	11.36	11.80	12.31

205	Beechcraft Bonanza F33A	275.79	10.01	10.52	10.93	11.37	6.57	6.86	7.11	7.39
206	Beechcraft King Air 300	634.32	23.91	25.51	30.32	37.09	26.01	29.51	32.20	35.06
207	Beechcraft King Air 350	634.32	25.24	27.83	33.14	40.62	28.59	32.40	35.29	38.30
208	Beechcraft King Air B100	358.53	16.29	17.77	19.07	26.09	13.02	14.28	16.97	20.55
209	Beechcraft King Air B200	675.69	22.29	23.49	26.72	32.03	23.23	26.11	28.39	30.87
210	Beechcraft King Air C90	399.90	23.28	25.46	31.59	35.43	16.30	19.61	22.00	24.40
211	Cessna 172 Skyhawk	344.74	8.68	8.94	9.15	9.37	6.10	6.28	6.43	6.60
212	Cessna 182 Skylane	344.74	10.11	10.48	10.78	11.08	6.99	7.22	7.42	7.65
213	Cessna 206 Stationair	358.53	11.46	11.92	12.29	12.68	7.89	8.19	8.44	8.72
214	Cessna 208B Grand Caravan EX	517.11	25.09	27.45	31.23	33.69	19.96	22.08	23.66	25.33
215	Cessna 414/414A Chancellor	427.47	18.11	19.12	19.96	22.83	12.63	13.27	13.79	15.02
216	Cessna C210 Centurion	344.74	12.40	12.99	13.46	13.95	8.40	8.77	9.07	9.42
217	Cessna C441 Conquest II	655.00	30.89	35.13	37.82	39.66	27.92	29.78	31.14	32.51
218	Cessna Citation M2 C525	675.69	32.71	37.66	40.31	42.13	30.29	32.20	33.58	34.98
219	Learjet 45/55B	1385.85	46.74	50.92	56.98	67.49	61.74	64.51	66.55	68.76
220	PA-23-250 Aztec	317.16	14.08	14.99	15.71	17.19	9.28	9.81	10.24	10.75
221	PA-28R-200 Cherokee Arrow	344.74	8.52	8.77	8.98	9.19	6.01	6.18	6.32	6.48
222	PA-31-325 Navajo C/R	455.05	19.31	20.36	21.87	24.45	13.65	14.33	15.35	16.77
223	PA-32-300 Cherokee Six	344.74	10.81	11.24	11.59	11.95	7.42	7.69	7.92	8.18
224	PA-32R-301 Saratoga	262.00	10.21	10.77	11.25	11.74	6.60	6.93	7.20	7.51
225	PA-34-220T Seneca II/ III/ IV/V	379.21	13.90	14.60	15.08	15.75	9.55	9.97	10.31	10.71
226	PA-46-350P Malibu Mirage	379.21	12.89	13.44	13.88	14.34	8.91	9.26	9.56	9.89

ACR

Uçak Grubu ↓		**Lastik Basıncı (kPa)**	**Esnek Kaplamalar**				**Rijit Kaplamalar**			
Military			**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**	**Yüksek (A)**	**Orta (B)**	**Düşük (C)**	**Çok Düşük (D)**
227	A400M LH	917.00	197.11	219.20	243.45	299.10	193.83	234.07	301.33	384.96
228	A400M LN1	917.00	192.32	213.44	236.26	287.24	188.58	224.21	288.27	369.42
229	A400M TLL1	917.00	183.44	202.84	223.17	266.92	179.00	206.83	264.83	341.21
230	A400M TLL2	917.00	161.52	177.06	191.95	222.83	155.99	169.83	211.25	274.12
231	B-52	1611.30	634.88	717.09	841.46	1033.57	846.05	873.42	892.44	912.91

232	C-17A	730.84	376.74	450.48	549.90	742.91	506.77	573.62	654.67	772.34
233	C-123	951.48	181.55	212.94	226.95	236.67	183.81	194.89	201.88	208.62
234	C-130	689.48	252.67	291.60	313.60	340.32	274.26	305.07	328.68	354.58
235	C-130-57	723.95	252.58	292.48	315.91	345.13	279.06	311.06	335.42	361.47
236	C-130-70	723.95	253.25	290.11	308.89	329.30	262.79	289.84	311.01	335.51
237	F-15C	2344.22	319.61	308.13	302.87	299.54	329.12	323.35	319.61	315.90
238	F-16C	1482.37	181.46	181.45	181.35	181.42	181.65	181.71	181.78	181.94
239	F/A-18C	1034.21	213.59	224.61	229.40	232.65	210.26	215.02	217.87	220.76
240	KC-10	1220.37	500.74	541.69	613.72	788.12	565.92	674.26	765.93	868.24
241	P-3C	1310.00	319.36	361.62	414.72	475.99	436.67	454.30	466.44	478.49
242	Sabreliner T-39	1275.53	50.98	57.32	65.90	78.23	68.52	71.72	73.98	76.36

EK 2 - LİNEER ELASTİK TEORİ (LEA)

ACN/PCN sistemi ile son kaplama tasarım yöntemleri arasında bir tutarsızlık vardır. Mevcut ACN-PCN sistemi genellikle doğru bir şekilde performans göstermediği için güncelliğini yitirmiştir. ACN/PCN sistemini LEA kaplama tasarım yöntemleriyle ACR-PCR'ye uyumlu hale getirmek için acil bir ihtiyaç ortaya çıkmıştır. Yenilenen ACR-PCR yöntemi mevcut sistemin sınırlamalarını aşabilir ve alandaki en güncel evrimlerin tam olarak değerlendirilmesine olanak tanıyabilir. Ayrıca, mevcut aşırı muhafazakâr CBR tabanlı sistemin aksine, çalışma ağırlıklarını ve frekanslarını optimize ederek havayollarına ve nihayetinde tüm hava taşımacılığı topluluğuna fayda sağlayacaktır.

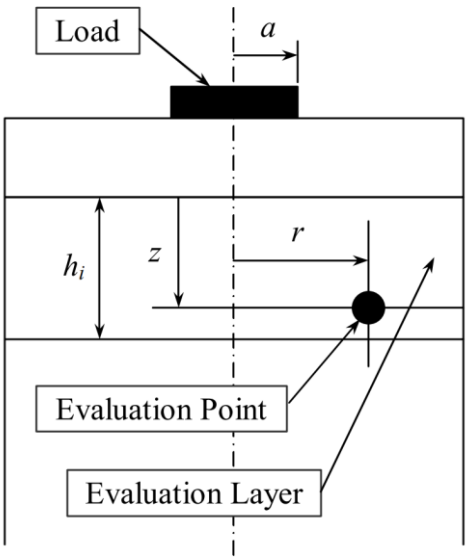
Ampirik yöntem kaplamanın gerçek mekanik tepkisini dikkate almaz; mekanik-ampirik yöntem benimsenmiştir ve kaplamanın uçak yüklerine mekanik (gerilim-şekil değiştirme) tepkisini ve kaplama performansını dikkate almaktadır. Kaplama tasarım uygulaması ile derecelendirme sistemi arasında daha doğru bir korelasyon gereklidir. CBR tasarım prosedürü, kaplama tasarımı için Lineer Elastik Analiz (LEA) ile değiştirilir. Modern ve karmaşık iniş takımı yapılandırmalarının ve iyileştirilmiş mekanik özelliklerin etkisi, tek tekerleklerin eşdeğerliğinden, tüm tekerlekler için standart malzemeden ve kaplama tepkisi hesaplaması için açıkça dikkate alınan gerçekçi kaplama malzemesinden geliştirilmiştir.

ACR/PCR, CBR tasarım prosedürünü LEA ile değiştirerek ACN/PCN sistemini iyileştirir. Rijit kaplamalar için zemin reaksiyon modülü (k değeri) ve esnek kaplamalar için zeminin üstündeki CBR, benzersiz bir toprak karakterizasyon yöntemi (Elastikiyet modülü, E) ile değiştirilir ve her zaman dört kategoriye ayrılır (Yüksek, orta, düşük ve ultra düşük).

LEA, "CDF" kavramını kullanarak, bir trafik karışımını oluşturan her uçağın toplam trafiğin ürettiği maksimum hasara katkısının bilinmesini sağlar. Mevcut bir trafik karışımına karıştırıldığında aşırı yük uçağının nasıl davrandığından tam olarak yararlanmak, kaplamanın aşırı yük kriterlerini kolaylaştıracaktır. Yeni ACR hala DSWL'ye ilişkindir ancak hesaplaması hem esnek hem de rijit kaplamalar için LEA üzerinden yapılır.

LEA, Federal Havacılık İdaresi (FAA) havalimanı kaplama tasarımı ve analiz uygulama bilgisayar programlarında bir bileşen olarak kullanılmak üzere geliştirilmiş katmanlı elastik analiz bilgisayar programıdır. Başlangıçta LEDFAA 1.2'de kullanılan JULEA'nın yerini alması amaçlanan LEAF, Gauss-Laguerre entegrasyonuyla JULEA ile aynı genel yapıya sahiptir, ancak integral denklemlerde orijinin daha genelleştirilmiş bir dönüşümünü sunar ve çoklu uçak karışımları için kaplamanın tepkilerinin daha verimli hesaplanması için iç döngüleri düzenler.

Herhangi bir katmanlı elastik programın temel hesaplama elemanı, Şekil 51'te gösterildiği gibi, yüzeye dairesel yük uygulanan idealize edilmiş çok katmanlı yarım uzaya dayanır. LEAF'teki alt katman sonsuz derinliktedir ve yüzeydeki yük düzgün basınç dağılımına sahiptir. Eksen sistemi, yarıçapı r, derinliği z ve yatay düzlemdeki açısı θ olan ve sonsuz bir diskte veya sonsuz bir yarım uzayda herhangi bir noktayı tanımlayan eksenel simetriktir.



Şekil 51. Adlandırma ve Koordinatlar

a = Lastik Temas Yarıçapı

r = Değerlendirme Noktası Yarıçapı

z = Değerlendirme Katmanının Tepesinden Derinlik

q = Lastik Temas Basıncı

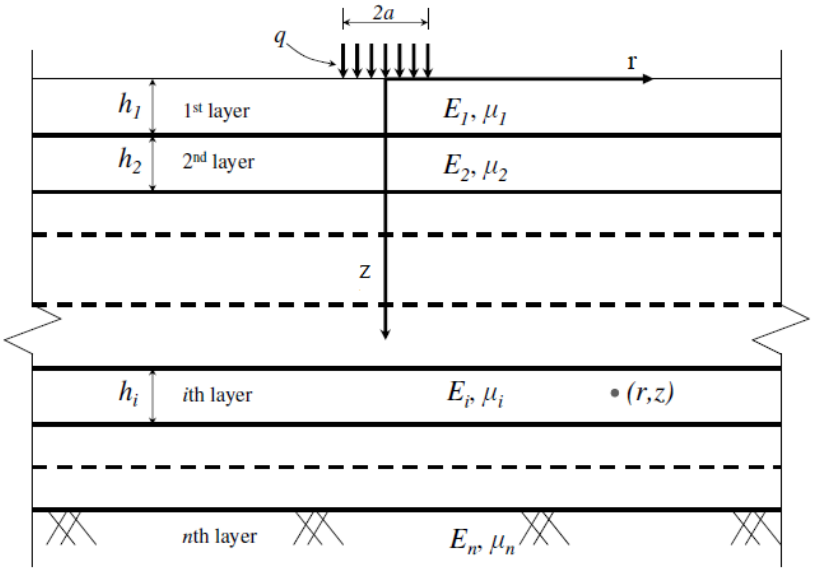
α = Entegrasyon Değişkeni (Hankel Etki Alanı Değişkeni)

J_0, J_1 = Bessel Fonksiyonları

Dört veya altı tekerlekli bogie ile donatılmış uçaklar için en doğru alfa faktörlerinin nasıl belirleneceği konusunda uzun ve tatmin edici olmayan bir tartışmaya ve ICAO lastik basınç kodu sınırlarının revize edilmesine rağmen, hala CBR tasarım prosedürüne dayanan ICAO ACN/PCN yöntemi, yeni gelişmiş kaplama tasarım prosedürüyle ilgili olarak sınırlarını ve tutarsızlıklarını yaygın olarak göstermiştir. Gerçekten de A380 Pavement Experi-mental Programme'ının (Airbus, Fransız CAA ve LCPC) ve FAA National Airport Pavement Test Programme'ının (NAPTP) ortak çabası, "rasyonel" veya "mekanik-ampirik" yöntem olarak da adlandırılan Çok Katmanlı Doğrusal Elastik Analiz (Multi-Layer Linear Elastic Analysis, ML²EA) temelli yeni bir kalibre edilmiş yol tasarım prosedürünün geliştirilmesine önemli bir katkı sağlamıştır. Bu yöntem, ICAO üye ülkelerinin çoğu için kaplama tasarımı ve analizi için yeni bir standart haline gelmiştir.

Tipik bir esnek kaplama, güçlü malzemelerden oluşan katmanların üstte ve nispeten daha zayıf malzemelerden oluşan katmanların altlarında yer aldığı çok katmanlı bir yapıya sahiptir.

İki katmanlı yapılar için analitik çözümler ilk kez Burmister (1943) tarafından önerilmiştir. Birkaç yıl sonra, teoriyi üç katmanlı yapılara uygulanabilir hale getirdi. Günümüzde n-katmanlı (çok-katmanlı) yapılar, Schiffman (1962) tarafından sunulan Burmister teorisinin genişletilmiş bir versiyonu olarak bu yaklaşımla analiz edilebilir.



Şekil 52. Dairesel Yüklemeye Maruz Kalmış Çok Katmanlı Kaplama Yapısı

Çok katmanlı bir sistemdeki gerilme, gerinim ve yer değiştirme tepkileri, aşağıda listelenen temel varsayımlar yapılarak çok katmanlı elastik teori aracılığıyla hesaplanabilir:

1) Her kaplama yapısı, homojen, izotropik ve lineer elastik olan birkaç malzeme katmanından oluşur.
2) Katmanlar, iki mekanik özellik, elastik modül, E ve Poisson oranı, v ile tanımlanır.
3) Her katman yanal yönlerde sonsuzdur ve en alttaki hariç tüm katmanların sonlu bir kalınlığı vardır, h.
4) Her arayüz boyunca katmanlar arasında tam sürtünme vardır.
5) Kaplama yüzeyine eşit basınçlı dairesel yük uygulanır.
6) Yüzeyde kesme kuvveti yoktur.

Çok katmanlı bir sistemin sorunları, bir sınır değer problemi çözülerek elde edilir. Bu amaçla, söz konusu kaplamanın sınır koşulları için dördüncü dereceden diferansiyel denklem çözülmüştür. Her katmanın gerilme fonksiyonu φ ile tanımlanır ve aşağıdaki denklemin sağlanması gerekir;

$$\nabla^4 \varphi = 0$$

Eksenel simetrik bir problemde, denklem aşağıdaki gibi sunulacaktır:

$$\nabla^4 = \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right)\left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial_z^2}\right)$$

Gerilme fonksiyonu φ, sınır koşulları sağlanarak çözülür ve karşılık gelen gerilme ve yer değiştirme tepkileri aşağıdaki denklemlerle hesaplanabilir.

$$u = \frac{1+v}{E}\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial r}$$

$$w = \frac{1+v}{E}\left[2(1-v)\nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]$$

$$\sigma_z = \frac{\partial}{\partial z}\left[(2-v)\nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2}{\partial z^2}\right]$$

$$\sigma_t = \frac{\partial}{\partial z}\left(v\nabla^2 \varphi - \frac{1}{r}\frac{\partial \varphi}{\partial z}\right)$$

$$\tau_{rz} = \frac{\partial}{\partial r}\left[(1-v)\nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2}\right]$$

$$\sigma_r = \frac{\partial}{\partial z}\left(v\nabla^2 \varphi - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2}\right)$$

Kaplamaların tepkilerinin hesaplanmasında çok katmanlı elastik teorinin yaygın olarak kullanılmasına rağmen, teorinin sonuçların doğruluğunu etkileyen birkaç dezavantajı vardır. Bu sınırlamalar, teoride dikkate alınan varsayımlardan kaynaklanmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi, tüm katmanlar doğrusal elastik olarak kabul edilir, aslında değildirler. Asfalt, viskoelastik davranış sergileyen bir karışımdır, bu nedenle rijitlik özellikleri zaman ve sıcaklık ile ilişkilidir. Ayrıca temel/alttemel ve alttemel malzemeleri, rijitlik ile ilgili özelliklerin gerilme durumlarına göre değiştiği lineer olmayan davranış göstermektedir. Öte yandan teori, katmanlardaki tüm malzemelerin izotropik ve homojen olduğunu varsayar ki bu, malzemeler için gerçek bir durum değildir.

EK 3 - GERİ HESAPLAMADA YAŞANAN SORUNLAR İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Aşağıdaki tablo, esnek ve rijit kaplamaların geri- hesaplanmasında *(back-calculation)* yaşanabilecek sorunlar ile ilgili bir kılavuz özeti sunmaktadır. (United States Department of Transportation, The Federal Highway Administration, Using Falling Weight Deflectometer Data with Mechanistic-Empirical Design and Analysis, Volume III: Guidelines for Deflection Testing, Analysis, and Interpretation, Publication No. FHWA-HRT-16-011).

Tablo 46. Kaplama Geri Hesaplama Analizinde Belirli Koşulların Ele Alınması

Kaplama	Durum	Sorun(lar)	Öneri(ler)
Esnek	Çok fazla bitümlü takaba	• Birçok geri hesaplama programı, toplam katman sayısını beş ile sınırlar (sert katman dahil). • Tipik olarak, geri hesaplama programları bitişik benzer sertlikteki bitümlü tabakalar arasındaki farklılaşan modül değerlerine duyarsızdır.	• Bitişik bitümlü kaplamaları/katmanları birleştirin. • Toplam kalınlık 75 mm'den (3 inç) azsa, birleşik katman için sabit bir modulus kabul edin.
	Beşten fazla yapısal katman	• Birçok geri hesaplama programı, toplam katman sayısını beş ile sınırlar (sert bir katman dahil). • Katman sayısı arttıkça hata düzeyi artabilir ve mantıksız bir çözümle sonuçlanabilir.	• Benzer malzeme veya sertliğe sahip bitişik katmanları birleştirin (örneğin, bitümlü katmanlar, granüler temel ve alt temel). • İdeal olarak, en fazla dört katman (yüzey kaplama, temel, zemin altı ve uygunsa rijit katman) modellenmelidir.
	İnce yüzey katmanları (<75 mm (3 inç))	• İnce bitümlü tabakalar, yüzey defleksiyonu üzerinde minimum etkiye sahiptir. • İnce bitümlü tabaka için makul olmayan modüller ortaya çıkabilir. • Yüksek bir hata seviyesi ortaya çıkabilir.	• İnce yüzey tabakasını bitişik bitümlü tabaka(lar) ile birleştirin. • Bitümlü tabaka için sabit bir modül varsayın.
	Çok eskimiş yüzey (ör. timsah sırtı çatlaması, sıyırma)	• Aşırı derecede aşınmış kaplamalar, katmanlı elastik teorisindeki homojenliği ihlal eder. • Defleksiyon havuzu, katmanlı elastik teori tarafından öngörülen pürüzsüz havuzu üretmeyebilir.	• Bağlanmamış katmanların modülleri için yalnızca geri hesaplanan sonuçları kullanmayı düşünün. • Veri noktalarını analizden çıkarın (test sırasında durum iyi bir şekilde belgelenmelidir).
	Bağlanma durumu	• Bitişik bitümlü tabakaların önemli derecede bağının kopması veya delamine olması anlamsız elastisite modülleri üretebilir.	• Delaminasyonun olup olmadığını karot numunesi ile test edin. • Bitümlü katman için sabit bir modül varsayın.
	Yüksek test sıcaklıkları	• Bitümlü tabakalar sıcaklık değişimlerine karşı çok hassastır. • Aşırı sıcak günlerde, bitümlü tabaka önemli ölçüde daha düşük bir modüle sahip olacaktır. • Artan hata düzeyleri ortaya çıkabilir.	• Kaplama sıcaklıkları 32 °C'nin (90 °F) üzerindeyken defleksiyon testi yapmayın. • Bitümlü tabaka için sıcaklık düzeltme faktörü uygulayın. • Bitümlü tabaka için sabit bir tabaka modülü varsayın.

	Doygun zemin	• Geri hesaplama sürecinde, doymuş zeminler sert bir tabaka ile benzer bir etkiye sahip olabilir.	• Doymuş bir katmanın var olduğu biliniyorsa, bu katmanı sert bir katman olarak değerlendirin
	Donmuş zemin	• Rijit bir katmanın varlığındaki sorunların benzeri yaşanabilir.	• Donmamış koşullar sırasında defleksiyon testi yapın. • Kaplama tasarım sürecinde dönemsel elastisite modülleri kullanın.
	Derinliğe bağlı olarak azalmayan katman sertliği	• Bazı geri hesaplama programları, katman modüllerinin derinlikle azaldığına dair yerleşik bir varsayım içerir. • Düşük sertlikteki katmanın tepkisi, defleksiyon üzerinde minimum etkiye sahiptir. • Sert tabakanın üzerindeki tabaka için makul olmayan modüller ortaya çıkabilir.	• Geri hesaplama programı varsayımlarını onaylayın. • Makul modüller ve RMS (karekök ortalama) değerleri için sonuçları gözden geçirin. • Bitümlü tabaka için sabit bir modül varsayın.
	Sıkıştırılmış zemin *(subgrade)* katmanları	• Tekrar sıkıştırılmış malzemeler genellikle alttaki ana zeminden daha yüksek modüle sahiptir. • Hesaplanmayan bu katmanlar, makul olmayan katman modüllerine ve daha yüksek hata seviyelerine neden olabilir.	• İşlenmiş malzemeler için (örn. kireç veya çimento ile stabilize edilmiş zemin), bir temel/alttemel tabakası olarak düşünün. • Analiz edilecek üçten fazla katmanla sonuçlanırsa, temel/alttemel katmanı ile birleştirilmesi gerekebilir.
	Sert tabakanın varlığı (örneğin, ana kaya, doymuş tabaka, su tablası)	• Sığ bir derinlikte (<12 m (40 ft)) bulunan sert katmanlar, üst katmanlarda makul olmayan geri hesaplanmış modüllere ve daha yüksek hata seviyelerine neden olabilir.	• Mümkün olduğunda, ana kayanın, sert tabakanın veya sığ su tablasının (sondajlar, zemin etütleri) konumunu doğrulayın. • Farklı derinliklerde ve katılıklarda sert katman içeren çoklu geri hesaplama analizleri çalıştırın
Rijit	Çimento ile işlenmiş veya zayıf beton temeli	• Temel ve ano arasındaki bir bağlanma durumu, geri hesaplanan modülü etkiler. • AREA (defleksiyon havuzunun normalize edilmiş hali) tabanlı yöntemler, bağlı (sert) katmanların efektif modülünü hesaplar ve tek tek katman modüllerini belirlemek için bir katman oranı kullanılır.	• Makul modüller için sonuçları gözden geçirin. • Bağlanma koşullarını belirlemek için araştırma yapın. • Varsayılan katman oranını doğrulamak için malzeme testi yapın
	Sert tabakanın varlığı (örneğin, ana kaya, doymuş tabaka, su tablası)	• Varsa, herhangi bir sert tabakanın etkisini içeren bir bileşik k-değeri belirlenir.	• Tasarım yönteminde uyumlu bir modelin kullanılmasını sağlayın.

	Yüksek test sıcaklıkları	• Anonun kıvrılması, yeniden hesaplanan değerlerin değişkenliğini artırabilir. • LTE (yük transfer verimliliği) değerleri yapay olarak yüksek olabilir.	• Ortam hava sıcaklığı 30 °C'nin (85 °F) altındayken defleksiyon testi yapın.
	Küçük PCC ano boyutları	• Uygulanan yükün yakınındaki derz (veya çatlak) süreksizliği sonuçları etkiler.	• Makul modüller için sonuçları gözden geçirin. • Ano boyutunun modüllerin üzerindeki etkisini değerlendirin.
	İkiden fazla yapısal katman	• Prosedür, iki yapısal katman ve zemin *(subgrade)* ile sınırlıdır.	• Benzer yapıda veya sertlikteki malzemeleri birleştirin.
	PCC yüzeyinin altında ince stabilize katman	• İnce tabakanın yüzey defleksiyonu üzerinde minimum etkisi vardır. • İnce stabilize edilmiş tabaka için makul olmayan modüller ortaya çıkabilir. • Yüksek bir hata seviyesi ortaya çıkabilir.	• Makul modüller için sonuçları gözden geçirin. • Bu katmanın modüllerini ihmal edin ve alttaki katmana kalınlık ekleyin.
Komposit	İkiden fazla yapısal katman	• Prosedür, iki yapısal katman ve zemin *(subgrade)* ile sınırlıdır.	• Benzer yapıda veya sertlikteki malzemeleri birleştirin.
	Bağlanma durumu	• Bitişik bitümlü tabakaların önemli derecede bağının kopması veya delamine olması anlamsız elastisite modülleri üretebilir.	• Bağlanma durumunu karot ile kontrol edin • Uygun bağlanma durumuna göre modelleme yapın • PCC kalınlıklarını katmanların bağlanmadığı varsayımı ile eşdeğer kalınlığa dönüştürün
	Küçük PCC ano boyutları	• Uygulanan yükün yakınında derz veya çatlak varsa sonuçlar hatalı olabilir	• Uygun modül değerleri için sonuçları gözden geçirin • Ano boyutu ayarlamalarının kullanımının modüllerin makullüğü üzerindeki etkisini değerlendirin.

EK 4 - BAKFAA

BAKFAA, Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından düşen ağırlık deflektometre (FWD, HWD vb) verilerini kullanarak kaplama katman modüllerinin geri hesaplanması için geliştirilen bir bilgisayar programıdır. BAKFAA, FWD yükünü simüle etmek ve kaplama sapmalarını hesaplamak için ileri yöntem olarak FAA Katmanlı Elastik Analiz Programı'nı (LEAF) kullanır. Geri hesaplama süreci, ölçülen ve LEAF hesaplanan defleksiyon havuzlarının karekök ortalama (RMS) hatasının en aza indirildiği bir katman modülü kombinasyonunu bulmak için yinelemeli bir matematiksel sürece dayanır. BAKFAA, optimizasyon yöntemi olarak çok boyutlu bir simpleks kullanır. Minimizasyon prosedürü, Press ve diğerleri tarafından 1992'de yazılan "Fortran'da Sayısal Tarifler"in 10.4. Bölümündeki rutin kümelerinin doğrudan uygulanmasıdır. Rutinler, BAKFAA programında uygulanmak üzere Fortran'dan Visual Basic'e çevrilmiştir. BAKFAA Sürüm 3.4, Microsoft Visual Studio 2019'da geliştirilmiş ve .NET Framework 4.5 altında derlenmiştir.

BAKFAA ile aşağıdaki hesaplamalar yapılabilir.

- FWD verilerinin geri hesaplanmasıyla modülün tahmini
- Çok katmanlı analiz
- Anolar arasındaki derz transfer verimliliğinin belirlenmesi
- Uçak dişli yüklemesine kaplama tepkisinin analizi

Kullanıcı, geri hesaplama ve LEAF analizinde kullanılmak üzere kaplama katmanı yapısal bilgilerini tanımlamalıdır. Kaplama yapısı, kaplama bölümünü oluşturan ayrı kalınlıklara ve malzeme özelliklerine sahip bir katman kümesidir. Kaplama yapısını tanımlamak, bir dizi katman seçmeyi ve her biri için kaplama katmanı türünü, başlangıç (*seed*) modülünü, Poisson oranını, kalınlığı ve arayüz parametresini ayarlamayı gerektirir. BAKFAA, kaplama yapılarını özelleştirmek için varsayılan malzeme özelliklerine sahip önceden tanımlanmış standart katman malzemeleri kitaplığı içerir, ancak kullanıcının doğrudan "Kullanıcı Tanımlı" türle bir katmanı tanımlamasına da olanak tanır. Önceden tanımlanmış malzeme türlerinin çoğu, AC 150/5370-10H - Standard Specifications for Construction of Airports'ta bulunan FAA spesifikasyon öğelerine karşılık gelir. Kitaplık ayrıca ultra düşükten yüksek mukavemetli malzemeye kadar değişen dört zemin türünü içerir. BAKFAA'nın esnek ve rijit kaplamalar arasında ayrım yapmadığına dikkat edilmelidir. Kullanıcı, kaplama yapısını ve katman özelliklerini tanımlarken bunu hesaba katmalıdır.

BAKFAA, her bir kaplama katmanı için bir başlangıç modülü değeri gerektirir. Başlangıç modülleri, yinelemeli geri hesaplama prosedüründe kullanılan başlangıç modül değerleridir. Önceden tanımlanmış malzemelerin varsayılan başlangıç değerleri vardır, ancak bunlar kullanıcı tarafından sıfırdan büyük herhangi bir değer olarak da düzenlenebilir. BAKFAA, kullanıcı sıfır veya negatif bir değer girerse bir uyarı verecektir. Kullanıcı başlangıç modülü değerini düzenlerse, BAKFAA malzemeyi otomatik olarak "Kullanıcı Tanımlı" olarak yeniden sınıflandıracaktır. Başlangıç modülü değerleri genellikle geçmiş veriler, malzeme yaşlanması/yorulması, her katmandaki hasar seviyesi, asfaltın sıcaklığı ve bağlanmamış malzemenin nem veya donma koşulları gibi malzeme özelliklerinden elde edilen en iyi bilgilere göre atanır. Başlangıç modülü değerlerini tahmin etmek için diğer laboratuvar veya tahribatsız test verileri de kullanılabilir.

"Backcalculated Modulus" sütunu, geriye hesaplama analizinin tamamlanmasının ardından her bir kaplama için geriye hesaplanan modül değerini görüntüler. Kullanıcı tek bir FWD düşüşü seçer ve geriye hesaplama çalıştırırsa, "Backcalculated Modulus" sütunu, seçilen tek düşüş için geriye hesaplamanın sonucunu içerecektir. Kullanıcı birden fazla FWD düşüşü seçer ve geriye hesaplama çalıştırırsa, seçilen düşüşler için geriye hesaplanan katman modülü değerlerinin geometrik ortalaması ("Geo. Mean" olarak yazılır) görüntülenecektir.

BAKFAA, her bir kaplama katmanı için bir Poisson oranı gerektirir. Önceden tanımlanmış standart malzemeler varsayılan değerlere sahipken, bunlar ve kullanıcı tanımlı malzemelerin değerleri, hücreye tıklanarak ve yeni bir değer girilerek 0 ile 0,5 arasında herhangi bir sayısal değere atanabilir.

Arayüz Parametresi, iki kaplama katmanı arasındaki bağlanma koşulunu temsil eder ve 0 veya 1 değerine sahiptir; 0, bağ olmadığını ve 1, tamamen bağlanmış katmanları gösterir. BAKFAA'da arayüz parametresi için varsayılan değer 1 olarak kabul edilir çünkü kaplama katmanları arasında tam bağlanma, kaplama yapılarında yaygın olarak görülen bir durumdur. Ancak, kullanıcı, asfalt katmanının üstünde beton gibi bitişik kaplama katmanları arasında bağlanma olmadığında arayüz parametresine 0 atamalıdır.

BAKFAA her bir kaplama katmanı için bir kalınlık gerektirir. BAKFAA son katmanı yarı sonsuz bir katman olarak ele alır, bu nedenle kalınlığı sıfır olmalıdır. Sıfır, diğer katmanlar için kabul edilen bir kalınlık değildir.

"Moduli Changeable" onay kutusu, kullanıcının bir katmanın modülünün geri hesaplama analizinde hesaplanıp hesaplanmayacağını veya atanan başlangıç modülüne göre sabit bir değer olarak ele alınıp alınmayacağını belirlemesine olanak tanır. Onay kutusu varsayılan olarak tüm katmanlar için açıktır. "Moduli

Changeable" onay kutusu işaretliyse, katman modülü geri hesaplama sırasında hesaplanır. İşaretli değilse, modül değeri atanan başlangıç modülü değerine sabitlenir ve yineleme süreci boyunca değişmez. Geri hesaplanan katman modülü, başlangıç modülüyle aynı olur.

İterasyon toleransı, geri hesaplama analizinde kullanılan yinelemeli sürecin durdurma kriterlerini kontrol eden kullanıcı tarafından atanan boyutsuz bir parametredir. Her yinelemenin sonunda, BAKFAA aşağıdaki denklemde tanımlandığı gibi dahili olarak bir hata terimi hesaplar.

$$Err = \sum_{i=1}^{N} (MD_i - CD_i)^2$$

MD_i ve CD_i sırasıyla sensör i'de ölçülen ve hesaplanan sapmalardır ve N, FWD sensörlerinin sayısıdır.

Her yinelemenin sonunda yineleme toleransı $rtol$ şu şekilde tanımlanır:

$$rtol = 2\,x\,\frac{(Err)_j - (Err)_{j+1}}{(Err)_j + (Err)_{j+1}}$$

$(Err)_j$ ve $(Err)_{j+1}$, j ve $j+1$ olmak üzere iki ardışık yinelemedeki hatalardır.

BAKFAA, $rtol$ kullanıcı tarafından tanımlanan yineleme toleransından daha az olduğunda geri hesaplamayı durdurur.

Yineleme toleransı için varsayılan değer 0,001'dir, ancak kullanıcı gerçekleştirilen analizin ihtiyaçlarına göre başka bir değer tanımlayabilir. Yineleme toleransı için uygun değer genellikle 0,001 ile 0,1 arasındadır. Kullanıcı, istenen doğruluğu elde etmek için değerleri bu aralıkta yinelemeyi seçebilir, ancak daha yüksek yineleme toleransı değerleri daha yüksek RMS hatasıyla sonuçlanabilir.

Yineleme sayısı, bir geri hesaplama analizinde tamamlanan yineleme sayısını gösteren bir analiz çıktı değeridir. Kullanıcı yineleme sayısını değiştiremez. Birden fazla düşme analiz edildiğinde, her düşme için yineleme sayısı kaydedilir ve .csv çıktı dosyasına kaydedilir. Arayüz, seçilen son düşmenin yineleme sayısını görüntüler.

Ölçülen ve hesaplanan sapmalar arasındaki ortalama karekök hatası (RMSE), bir analiz çıktı değeridir ve aşağıdaki denklemde tanımlandığı gibi, ASTM D5858-96 "Standard Guide for Calculating In Situ Equivalent Elastic Moduli of Pavement Materials Using Layered Elastic Theory"'ye göre yüzde olarak hesaplanır.

$$RMSE = 100\,x\,\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(\frac{d_i^c - d_i^m}{d_i^m}\right)^2\right]^{1/2}$$

Burada d_i^c , i'ninci sensörde hesaplanan defleksiyon, d_i^m ise i'ninci sensörde ölçülen defleksiyon, N ise sensör sayısıdır.

Tek bir analizde, RMSE "Status" sekmesi altındaki "Section" modülünde görüntülenir. Bir toplu analizde, seçilen her düşmenin RMSE değerleri .csv çıktı dosyasına kaydedilir. Arayüz, seçilen son düşmenin RMSE'sini görüntüler.

Tek bir düşme analizinde, her katman için geri hesaplanan modül değerleri "Section" modülünün "Backcalculated Modulus" sütununda görüntülenir. Bir toplu analizde, "Geo. Mean Backcalculated Modulus" sütunu, seçili düşüşler için geri hesaplanan katman modül değerlerinin geometrik ortalamasını görüntüler ve her seçili düşüş için değerler .csv çıktı dosyasına kaydedilir.

BAKFAA, geri hesaplama analizi için seçilen tüm düşüşler için FWD sensör konumlarındaki hesaplanan defleksiyonları bildirir. Tek bir düşüş analizinde, hesaplanan defleksiyonlar "Section" modülünün sensör tablosunda görüntülenir. Toplu bir analizde, hesaplanan defleksiyonları .csv dosyasına kaydedilir ve sensör tablosu seçilen son düşüş için hesaplanan defleksiyonları görüntüler.

Toplu analizde, geri hesaplamanın sonuçları kullanıcı tarafından belirtilen bir dizindeki .csv çıktı dosyasına kaydedilir. BAKFAA'daki .csv çıktı dosyası, seçilen her FWD düşüşü için aşağıdaki bilgileri içerir:

- Kaplama yapısı (kaplama türü, başlangıç modülü, Poisson oranı, arayüz parametresi, kalınlık ve her katman için modüller)
- FWD bilgileri (DMI, düşme numarası, yük ve operatör yorumları veya açıklamaları)
- Tekrarlama toleransı
- Geri hesaplanan modül
- RMSE
- Tekrarlama numarası
- Seçilen her FWD düşüşü için ölçülen defleksiyonlar
- Seçilen her FWD düşüşü için hesaplanan defleksiyonlar
- LTE değerleri (kullanıcı tarafından seçilirse)

Üst araç çubuğundaki “Display” açılır menüsünün altında bulunan “Show Output” seçeneği, geri hesaplama sonuçlarının bir özetini görüntüleyen bir alt pencere açar. Tek bir düşüş analizinde, alt pencere belirtilen düşüş için geri hesaplama sonuçlarını, geri hesaplanan modül değerleri, RMSE, yineleme numarası ve hesaplanan defleksiyonlar dahil olmak üzere görüntüler. “Show Output” ayrıca FWD bilgilerini ve aşağıdaki denklemde tanımlandığı gibi hesaplanan Darbe Sertlik Modülünü (Impulse Stiffness Modulus , ISM) görüntüler:

$$ISM = \frac{L}{D_0}$$

Burada L uygulanan FWD yüküdür ve D_0 FWD yük plakası altındaki defleksiyondur.

Toplu analizde, FWD bilgileri ve analiz sonuçları (hesaplanan defleksiyonlar, RMSE, yineleme numarası ve ISM) yalnızca seçilen son test noktası için görüntülenir.

Toplu analizde, “Show Output” alt penceresi, seçilen noktalar için geri hesaplanan modül değerlerinin geometrik ortalamasını ve aritmetik ortalamasını görüntüler. Örneğin, 1 numaralı katmanın geri hesaplanan modülünün aritmetik ve geometrik ortalamaları aşağıdaki denklemlerde gösterilmiştir.

$$Arithmetic\ Mean\ (E_1) = \frac{1}{n}(E_{11} + E_{12} + E_{13} + \cdots + E_{1n})$$

$$Geometric\ Mean\ (E_1) = (E_{11}\ x\ E_{12}\ x\ E_{13}\ x\ \ldots x\ E_{1n})^{1/n}$$

Burada n, geri hesaplama için seçilen test noktalarının sayısıdır. E_{11}, E_{12} ve E_{1n}, 1, 2 ve n test noktalarında katman 1'in geri hesaplanan modülüdür.

BAKFAA, kullanıcıya iki birleştirilmiş beton ano arasındaki Yük Aktarım Verimliliğini (Load Transfer Efficiency, LTE) hesaplama olanağı sağlar. Bunun için, ano birleşim yerlerinde gerçekleştirilen FWD testlerinden elde edilen veriler kullanılmalıdır. Test sırasında sensör yapılandırmasına ve düzenine dayalı üç LTE senaryosu vardır ve her biri benzersiz bir LTE hesaplamasına sahiptir. Bunlar aşağıda tanımlanmıştır ve LTE durum modülünde gösterilmiştir.

1. Case 1 – negatif ofsette (-12 inç) bir sensör, test, yük plakası ile sensör arasına ilk pozitif ofsette (12 inç) yerleştirilen bir eklemle gerçekleştirilir.

$$LTE(\%) = \frac{d_2}{d_0} x100$$

2. Case 2 – negatif ofsette (-12 inç) bir sensör, test, negatif ofsette (-12 inç) sensör ile yük plakası arasına yerleştirilen birleşimle gerçekleştirilir.

$$LTE(\%) = \frac{d_1}{d_0} x100$$

3. Case 3 – negatif ofsette (-12 inç) sensör yoktur, test, yük plakası ile sensör arasına ilk pozitif ofsette (12 inç) yerleştirilen bağlantı ile gerçekleştirilir.

$$LTE(\%) = \frac{d_1}{d_0} x100$$

LTE hesaplamasını gerçekleştirmek için aşağıda listelenen adımlar izlenir:

1. İstediğiniz FWD dosyasını yükleyin ve “LTE Calculation” modülüne tıklayın.
2. Üç LTE senaryosu görüntülenecektir. Case 1, 2 ve 3 arasında, test sırasında FWD sensör yapılandırmasına ve düzenine karşılık geleni seçin.
3. Bir FWD düşüşüne tıklayın. Hesaplanan LTE, LTE sekmesinde görünecektir.

BAKFAA, negatif ofset sensörü olmayan veya kullanıcı negatif ofset sensörünü hariç tutarsa, Case 1 ve 2'yi otomatik olarak devre dışı bırakacaktır. BAKFAA, negatif ofset sensörü olan FWD testleri için Case 3'ü devre dışı bırakır. Toplu analizde, LTE değerleri .csv dosyasına kaydedilir.

EK 5 - FAARFIELD

FAARFIELD, havalimanı kaplama kalınlığı tasarımı için bir bilgisayar programıdır. Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından esnek ve rijit kaplamaların yeni ve overlay tasarımı için geliştirilen hem katmanlı elastik tabanlı hem de üç boyutlu sonlu eleman tabanlı tasarım prosedürlerini uygular. Programda uygulanan kalınlık tasarım prosedürleri, FAA AC 150/5320-6'daki FAA havalimanı kaplama kalınlığı tasarım standartlarına dayanmaktadır. FAARFIELD, katmanlı elastik tasarım (LED) dahil olmak üzere bilgisayar teknolojisini kullanan ve mekanik-ampirik ilkelere dayalı rasyonel bir tasarım yöntemi üretme çabalarıyla 1970'lerde başlayan uzun bir geliştirme sürecinin ürünüdür. FAARFIELD tasarım prosedürlerinin geliştirilmesine ilişkin arka plan sağlayan bazı tarihsel referanslar şunlardır:

Barker, W.R., and Brabston, W.N., (1975). Development of a Structural Design Procedure for Flexible Pavements. Report No. FAA-RD-74-199.

Parker, F., Jr., Barker, W.R., Gunkel, R.C., and Odom, E.C. (1977). Development of a Structural Design Procedure for Rigid Airport Pavements. Report No. FAA- RD- 77- 81.

Rollings, R.S., (1988). Design of Overlays for Rigid Airport Pavements. Report No. DOT/FAA/PM-87/19.

Barker, W.R., and Gonzalez, C.R. (1991). Pavement Design by Elastic Layer Theory, Proceedings. ASCE Conference on Airplane/Pavement Interaction, Kansas City.

FAA raporlarının kopyaları Ulusal Teknik Bilgi Servisi, Alexandria, VA'dan (www.NTIS.gov) alınabilir.

FAARFIELD, 1960'lardan 2009'a kadar yürürlükte olan önceki FAA standartlarından ayrılarak yeni bir doğrultuya yönelişi temsil ediyor. Prosedürlerin nomograflar yerine bir bilgisayar programı olarak uygulanmasının yanı sıra, kullanıcının bakış açısından kaplama tasarımındaki ana değişiklik, "tasarım uçağı" kavramının, Miner kuralı kullanılarak "kümülatif hasar faktörü" (CDF) cinsinden ifade edilen yorulma yenilmesi tasarımıyla değiştirilmesidir. Ayrıca, kaplama katmanlarının ana malzeme özelliği artık esnek kaplamalar için önceki CBR veya rijit kaplamalar için k değeri yerine elastik modül olarak üniform bir şekilde ifade ediliyor. CBR ve k değerlerini modül değerlerine dönüştürme formülleri, dökümante edilmiştir. Program, CBR ve k değerlerini otomatik olarak elastisite modülüne dönüştürür.

FAARFIELD, mekanik-ampirik (M-E) tasarım prosedürleri kategorisine aittir, yani mühendislik-mekanik yapısal analizi (katmanlı elastik veya sonlu eleman) ampirik yenilme modelleriyle birleştirir. FAARFIELD önceki prosedürlerden daha rasyonel olsa da geçerli tasarımlar üretmek için hala önemli miktarda mühendislik yargısı gerekir. FAARFIELD tarafından üretilen tasarımlar, AC 150/5320-6'nın ayrıntılı gereksinimlerine ve önerilerine uymalıdır, ancak program bu gereksinimlerin hepsini otomatik olarak karşılamaz. Giriş parametrelerinin seçiminde AC'deki önerilere uyulmalıdır. Programı ve AC'leri birlikte kullanmak tasarımcının sorumluluğundadır.

FAARFIELD 2.0, AC 150/5320-6G Airport Pavement Design and Evaluation dökümanına eşlik eden en son standart kalınlık tasarım yazılımıdır. .NET Framework 4.8 ile Visual Basic 2019'da yazılmıştır. Program Microsoft Windows ortamında çalışır. Program, iki alt programdan oluşan yapısal bir yanıt modülü içerir: LEAF ve FAASR3D. Hem LEAF hem de FAASR3D, program çalıştırıldığında FAARFIELD tarafından yüklenir; kullanıcı tarafından görülmezler.

LEAF, Visual Basic 2019'da yazılmış ve Microsoft Windows dinamik bağlantı kütüphanesi (DLL) olarak uygulanan katmanlı elastik hesaplamalı bir programdır. FAASR3D, Visual Basic 2019'da yazılmış üç boyutlu sonlu eleman (3D-FE) analiz programıdır. FAASR3D, NIKE3D'nin orijinal geliştiricisi olan ABD Enerji Bakanlığı'na bağlı Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı (Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL) ile yapılan bir yazılım paylaşım anlaşmasının şartları uyarınca tüm önceki FAARFIELD sürümlerinde kullanılan 3D-FE yazılım programı NIKE3D'nin FAA tarafından değiştirilmiş sürümünün yerini alır. FAAMesh, FAASR3D tarafından analiz için sonlu eleman ağ modelleri üreten FAASR3D'nin bir parçasıdır ve ayrı bir DLL olarak uygulanır.

FAARFIELD 2.0, yeni bir grafik kullanıcı arayüzü (GUI) ile tamamen yeniden inşa edildi ve önceki sürümlerde kullanılan NIKE3D Fortran programının yerini alan yeni bir 3D-FE analiz kütüphanesi olan FAASR3D ile programlandı. FAARFIELD 2.0 ayrıca Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) prosedürüne uygun olarak Uçak Sınıflandırma Derecelendirmesi-Kaplama Sınıflandırma Derecelendirmesi (ACR-PCR) yöntemi ile entegre edildi. Dahili araç kütüphanesi, mevcut uçak filosunu yansıtacak şekilde güncellendi. Bireysel uçak bilgileri, uçak üreticilerinden gelen bilgilere dayanarak güncellendi. Kullanıcı Tanımlı Uçak (User Defined Aircraft, UDA) sistemi, esnekliği artırmak için yeniden yapılandırıldı.

YAPISAL DURUM ENDEKSİ (SCI)

Üst üste bindirilmiş rijit kaplama (Rijit Üzerinde HMA ve Rijit Üzerinde Bağlanmamış) tasarımları, mevcut kaplama için Yapısal Durum Endeksi (SCI) için bir girdi değeri gerektirir. SCI, yalnızca yük ile ilgili hasarla ilişkili belirli sıkıntı türlerinin dikkate alındığı Kaplama Durum Endeksi'nden (PCI) türetilen rijit bir kaplama durum endeksidir.

SCI, PCI'den türetilmiştir ve bu nedenle ASTM D 5340, "Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys" dökümanını izleyerek kaplama yüzeyinin görsel bir araştırmasına dayanmaktadır. SCI'de yer alan belirli sıkıntılar şunlardır: Köşe Kırılmaları; Uzunlamasına/Enine/Çapraz Çatlaklar; Köşe Parçalanmaları, Kenar Parçalanmaları ve Parçalanmış Anolar. SCI'yi değerlendirirken düşük şiddette büzülme çatlakları sıkıntı türü de dikkate alınır, ancak bu yalnızca henüz tam genişliğe veya derinliğe ulaşmamış erken yapısal çatlakları tanımlamak için geçerlidir. SCI, PCI'yi hesaplamak için kullanılan sıkıntı türlerinden yalnızca bazılarını içerdiğinden, SCI değeri her zaman aynı kaplama değerlendirmesi için PCI'ye eşit veya daha yüksek olacaktır.

Önceki FAA kaplama tasarım yöntemlerinde, mevcut PCC kaplamalarının durumu c_b ve c_r faktörleri kullanılarak ölçülmüştür. Bu faktörler artık kullanılmasa da bazı durumlarda mevcut bir c_b ve c_r değeri verildiğinde kaplamanın SCI'sini tahmin etmek mümkün olabilir.

Rijit kaplama üzerindeki bir beton kaplama için, SCI aşağıdaki denklemden tahmin edilebilir:

$$SCI = 100\left(\frac{c_r + 0{,}076}{1{,}073}\right) = 93{,}2c_r + 7{,}1$$

Rijit kaplamalar üzerindeki bir asfalt kaplama için SCI, aşağıdaki denklemden tahmin edilebilir:

$$SCI = 100c_b - 25 \qquad 0{,}75 \leq c_b \leq 1$$

Her iki denklem de Rollings, R.S., Design of Overlays for Rigid Airport Pavements, Report No. DOT/FAA/PM-87/19, Nisan 1988'den alınmıştır. SCI 75 ile 100 arasında olduğunda ilişkinin geçerli olmadığını unutmayın.

KULLANILAN TOPLAM HASAR FAKTÖRÜ (CDFU)

Mevcut bir kaplama için Kullanılan Toplam Hasar Faktörü (CDFU), o kaplamanın kalan ömrüyle ilgilidir. Bu, mod-özel bir parametredir (diğer mod-özel parametre Yapısal Durum Endeksi (SCI) değeridir) ve giriş kutusu, kaplama türü Rijit Üzerinde HMA veya Rijit Üzerinde Bağlanmamış olmadığı sürece görünmez.

Mevcut bir rijit kaplamanın kaplama tasarımı için Yapısal Durum Endeksi 100'e eşit olduğunda, kaplamanın yapıldığı zamana kadar mevcut kaplama tarafından kullanılan ömür miktarını tanımlamak için ek bir girdi gerekir. Girdi, "ilk çatlamada kullanılan CDFU" (CDFU) cinsindendir (Rollings, R.S., Design of Overlays for Rigid Airport Pavements, Report No. DOT/FAA/PM-87/19, April 1988. P. 98, eq. 42). Sadece agrega temel katmanları için ve kaplama üzerindeki trafiğin zaman içinde sabit olduğu varsayıldığında, CDFU'nun iyi bir tahmini şu şekilde elde edilebilir:

$$CDFU = \frac{L_U}{0{,}75L_D} \text{; Eğer } L_U < 0{,}75L_D$$

$$CDFU = 1 \text{ ; Eğer } L_U \geq 0{,}75L_D$$

Burada;

L_U : Mevcut kaplamanın overlay yapılana kadar işletme yılı sayısı
L_D : Mevcut kaplamanın tasarım ömrü (yıl)

Genel olarak, bu ilişki yüksek kaliteli, stabilize edilmiş tabanlar üzerindeki rijit kaplamalar için geçerli değildir. Bu tür yapılar için, kaplama zamanına kadar kaplamaya uygulanan trafiğin tahminine dayalı olarak CDFU'yu hesaplamak için FAARFIELD Life fonksiyonunun kullanılması önerilir.

SCI = 100 olan rijit bir kaplama için CDFU yüzdesini hesaplama prosedürü aşağıdaki gibidir:

1. Yapıyı orijinal tasarım varsayımlarına göre ayarlayın.
2. Overlay zamanına kadar orijinal kaplamaya uygulanan trafiği tahmin edin ve uçak tasarım listesine ekleyin.
3. Tasarım ömrünü, overlay zamanına kadar kaplamayı çalışır durumda olacağı zaman miktarına ayarlayın.
4. "Life Mode"u çalıştırın.

Hesaplama tamamlandığında CDFU yüzdesi görüntülenecektir. Yukarıdaki prosedür 100'den büyük bir CDFU yüzdesi değeri üretirse, kaplama tasarımı için CDFU yüzdesi için 100 girin. Eğer kaplamanın "Life" modunda varsayılandan daha fazla veya daha yoğun trafiğe maruz kaldığından şüpheleniliyorsa, CDFU yüzdesi hesaplanan değerden artırılmalıdır. Genel olarak, CDFU yüzdesini 100'e ayarlamak en muhafazakâr tasarımı sağlayacaktır.

PCC-rijit kaplamalar için, FAARFIELD temel kaplamanın modülünü SCI'nin bir fonksiyonu olarak değiştirir. Azaltılmış modül hesaplaması otomatiktir ve kullanıcı için şeffaftır.

P/TC ORANI

FAARFIELD, yalnızca kalkışları dikkate alır ve önemli ölçüde daha düşük ağırlığı nedeniyle varış trafiğini göz ardı eder, bu nedenle standart bir trafik döngüsü (TC), aynı uçağın bir kalkışını ve bir inişini içerir. Bir trafik döngüsü, uçağın bir geçişini üretir ve bu da 1'lik bir geçiş-trafik döngüsü oranı (P/TC) ile sonuçlanır. Kaplama tasarımı amaçları için yıllık kalkışları belirlemek amacıyla, kalkış yapan uçak sayısı P/TC oranıyla çarpılır. Çoğu havalimanı kaplama tasarımı amacı için, 1'lik bir P/TC kullanılabilir. İniş ağırlığının önemli ölçüde düşük olmadığı veya uçağın kaplama boyunca birden fazla seyahat etmesi gereken durumlarda, geçiş-trafik döngüsü (P/TC) oranını 1'den fazla olacak şekilde ayarlamak ve artırmak uygun olabilir.

EK 6 - PCASE

PCASE 7 yazılımı, havalimanı, yol ve park kaplamalarının tasarımı ve değerlendirilmesi için ABD Savunma Bakanlığı kriterlerini uygular. Tasarım veya değerlendirme, "kontrollü sınıflandırılmamış bilgi" olarak kabul edilirse, programı kullanan uzman personel, kullanıcı veri dizininin yalnızca veritabanını oluşturan kişi tarafından erişilebilen bilgisayarda bir dosya konumuna ayarlandığından emin olmalıdır.

PCASE 7, Birleşik Tesis Kriterleri'nde (Unified Facility Criteria, UFC) özetlenen kaplama tasarımını ve değerlendirme prosedürlerini otomatikleştirir. Tasarım, don olmayan ve don olan alanlardaki kaplamalar için gereken kalınlığı belirler. Değerlendirme, kaplamaların (kullanılmış veya kullanılacak) yük taşıma kapasitesini belirler. Bir değerlendirme, bir kaplamanın belirli yükleme koşulları için taşıyabileceği izin verilen trafiği veya belirli miktardaki trafik için sıkıntı yaratmadan izin verilen yükü değerlendirmek için yapılır.

Tablo 47. PCASE Kriterleri

PCASE'nin geliştirilmesinde ABD Savunma Bakanlığı'nın kullandığı kriterler	
Unified Facility Criteria	Tanım
UFC 3-201-01	İnşaat mühendisliği
UFC 3-250-01	Yollar, Sokaklar, Yürüyüş Yolları ve Açık Depolama Alanları için Kaplama Tasarımı
UFC 3-250-09	Agregalı Yollar ve Havalimanları Alanları
UFC 3-260-01	Havalimanı ve Heliport Planlama ve Tasarımı
UFC 3-260-02	Havalimanları için Kaplama Tasarımı
UFC 3-260-03	Havalimanı Kaplama Değerlendirmesi

PCASE 7, kaplama tasarımları ve değerlendirmeleri yapma, Düşen Ağırlık Deflektometresi (FWD) ve Dinamik Koni Penetrometresi (DCP) verilerini analiz etme ve fiziksel özellik verilerini izleme yeteneğini içerir.

PCASE, kaplama kalınlığı tasarımlarını hızlı bir şekilde gerçekleştirme ve böylece daha hızlı, hassas ve tutarlı kararlar alma yeteneği sağlar. PCASE ayrıca kaplama ömrünü belirlemek için de kullanılır. Yazılımdan elde edilen analiz bilgileri (izin verilen geçişler, yükler, yol sınıflandırma numaraları, vb.) mühendisler, pilotlar ve havalimanı yöneticileri için kritik öneme sahiptir.

PCASE 7'de öne çıkan özellikler aşağıda anlatılmıştır

1. Tek bir veritabanı birden fazla değerlendirme ve tasarım projesi içerebilir.
2. Microsoft Access'e ek olarak, iki yeni veritabanı yönetim sistemi seçeneği vardır; Yerel DB ve SQL Server.
3. PCASE 7 çok kullanıcılıdır.
4. Dosya biçimi PCASE Zip dosyalarından (.EMSZ) .e70'e değiştirildi.
5. Kullanıcı tarafından düzenlenen araçlar veritabanıyla birlikte seyahat eder.
6. Kolay karşılaştırmalar için aynı anda açılabilen ayrı APE ve LEEP formları.
7. Daha az adımla Birleşik Tasarım Formu.
8. Tasarımlar ve değerlendirmeler için ayrı trafik formları kullanılır. Trafik, iş akışının bir parçası olarak her modülde tanımlanır.
9. Veri girişinin daha az tekrarı; varsayılan değerler artık otomatik olarak doldurulur ve belirli ölçütler için doğru değer aralıklarını görüntülemek üzere aralık kontrol mesajları uygulandı.
10. Formlarda özelleştirme seçenekleri vardır; paneller yeniden boyutlandırılabilir ve daraltılabilir, katman modeli ızgara düzenleri revize edilebilir ve kaydedilebilir, APE ve LEEP form düzenleri kaydedilebilir.
11. Farklı veri türlerini birleştirmek için birden fazla seçenek vardır.
12. Bir veritabanı içinde envanter verilerinin taşınmasına izin vermek için PCASE Veri Atama aracı eklendi.
13. ACN/ACR Tabloları eklendi.
14. Kriterler ve varsayılan modül ayarları için tercih seçenekleri bulunmaktadır
15. APE ve LEEP'te Trafik Modu Kontrol seçeneklerinin eklenmesi.
16. ACN işlevselliği için Görev Kritik Uçaklar eklendi.
17. Yağış ve hava durumu veritabanları güncellendi.
18. Slip to Bond için terminoloji değiştirildi ve her katman için Bond değerlerinin değiştirilmesi sağlandı.
19. APE ve LEEP'te Ad Hoc bölümleri oluşturma yeteneği eklendi.
20. DCP'de iyileştirmeler yapıldı.

FWD verileri, FWD/HWD verilerini yüklemek, görüntülemek ve analiz etmek için bir gösterge paneli sağlar. Bu arayüz, yapısal verilerin kalite kontrolünü yapmanıza ve LEEP değerlendirmesinde geri hesaplama ve sonraki analizler için defleksiyon havuzlarını seçmenize olanak tanıyan defleksiyon bilgileri ve parametrelerinin veri görselleştirme araçlarını sağlar.

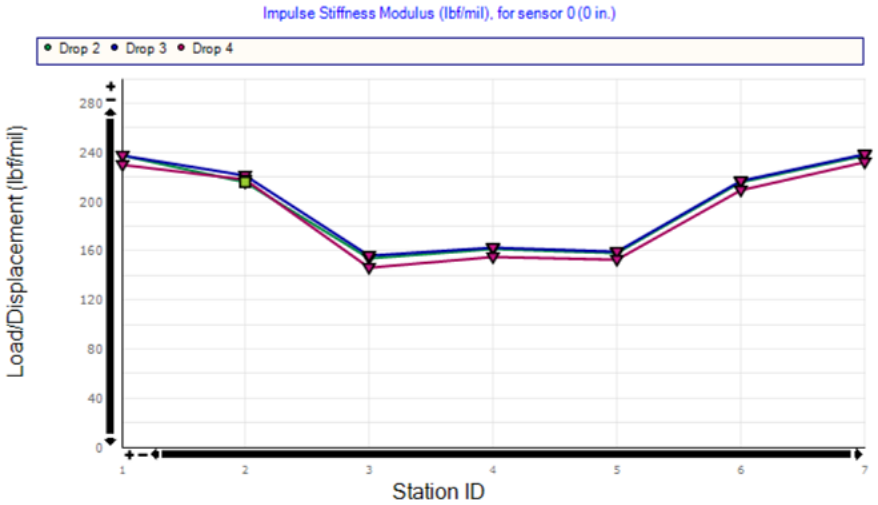
Yeni bir değerlendirmeye başlamadan önce, değerlendirmeyi depolamak için bir veritabanı açıldığından veya oluşturulduğundan emin olunmalıdır (veritabanı adı ana pencerenin sol alt kısmında görüntülenir). FWD veri formunu kullanmadan önce, bir envanter tanımlanmalıdır (Ad Hoc bölümleri oluşturulmayacaksa).

Varlık envanteri, FWD veri formunu kullanmadan önce başlatılmalıdır.

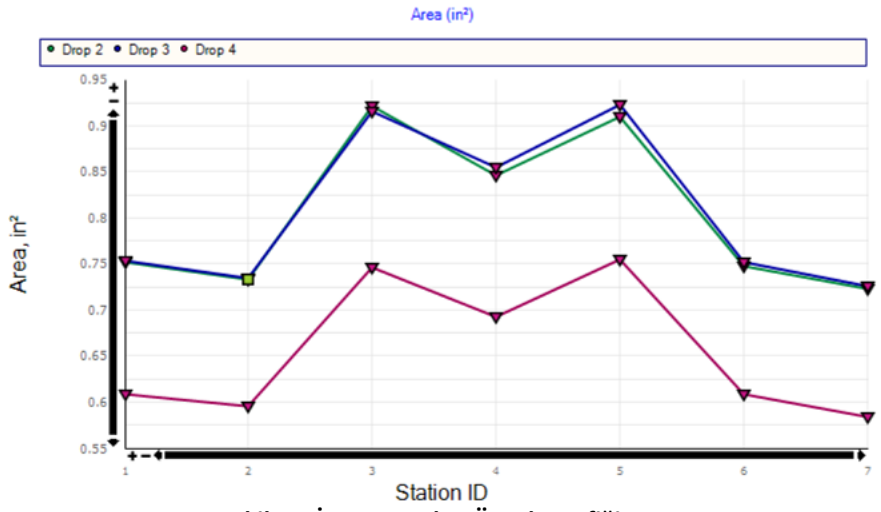
FWD Veri yöneticisi, envanter bölümlerine FWD/HWD defleksiyon verilerini içe aktarmak (veya ayrı defleksiyon havuzu veri girişi), ön işleme tabi tutmak ve atamak için arayüz görevi görür. Ek olarak, defleksiyon havuzu parametrelerini (ISM vb.), ilişkili bölüm eğilimlerini ve tanımlayıcı istatistikleri görüntülemek için veri görselleştirme özellikleri forma entegre edilmiştir. Bu forma LEEP değerlendirme formundan da erişilebilir. Envanter bölümlerine atanan atanmış FWD/HWD verileri daha sonra LEEP değerlendirme formu içindeki sonraki kaplama analizinin bir parçası olarak kullanılır. LEEP analizinin nasıl gerçekleştirileceğini öğrenmek için LEEP değerlendirme yardım dosyasına başvurun. Aşağıda FWD veri formundaki temel özelliklerin kullanımı gösterilmektedir:

1. Test cihazı veri toplama sistemi tarafından çıktısı alınan FWD/HWD/KUAB, LWD, DAT/JILS ham veri dosyaları ham veri formatlarında içe aktarılabilir. “Import new files” işlevi bu amaca hizmet eder.
2. FWD/HWD verileri başka yollarla mevcutsa, defleksiyonların ve ilişkili parametrelerin manuel veri girişi “New blank file” işlevi kullanılarak gerçekleştirilebilir.
3. İçe aktarılan FWD/HWD veya manuel olarak girilen defleksiyon bilgileri, “FWD Chart” özelliği aracılığıyla grafiksel biçimde veya “Data grid” özelliği aracılığıyla tablo biçiminde görüntülenebilir.
4. İçe aktarılacak dosyaları seçmek için “Import new files” düğmesini seçin. NDT dosyaları tek tek veya birden fazla dosya seçilerek toplu olarak (yani bir grup halinde) içe aktarılabilir. İçe aktarmayı başlatmak için “Open”ı seçin.
5. Başarıyla içe aktarılan FWD/HWD dosyaları dosya adına göre listelenecektir.
6. Her içe aktarılan dosyayı “Assign FWD files to sections” formunu kullanarak ilgili envanter bölümüne atamak için “Assign FWD Data”yı seçin.
7. Bir FWD dosyasını bir bölüme atamak için, her bir dosyayı seçin ve “Items assigned to inventory”ye atanan öğelerdeki ilişkili bölüme sürükleyin.
8. Atama sürecini hızlandırmak için “Auto Assign”ı seçin. Not: Bireysel FWD/HWD dosyasının ilişkili envanter bölüm adıyla aynı dosya adına sahip olması gerekir.
9. “Auto Assign” doğru şekilde gerçekleştirilirse bir onay mesajı görüntülenir.
10. Bölümlere atanan verilerin onayını görüntülemek için “View” seçeneklerinde “Assigned FWD tests”e tıklayın.
11. Ağaç formu, ilgili envanter bölümlerine yapılan FWD atamalarının bir özetini sağlar.
12. FWD/HWD verilerini tablo biçiminde görüntülemek/düzenlemek için “Data grid”i seçin.
13. FWD/HWD verilerini görüntülemek için dosya adını seçin.
14. Test parametrelerini düzenlemek için “Enable editing”i seçin.
15. Defleksiyon havuzu ve kaydedilen sıcaklık verileri de görüntülenebilir/düzenlenebilir.
16. Ham FWD/HWD verilerini görüntülemek için “View raw imported data”yı seçin.
17. FWD/HWD verilerini manuel olarak girmek için “New blank files”ı seçin. Bir öğe/dosya adı girin; veri girişi için boş, tablo biçiminde bir form başlatılacaktır.
18. Parametre/veri girişi için veri alanlarını etkinleştirmek üzere “Enable Editing”i seçin.
19. FWD parametrelerini (yani, düşüş sayısı, yük oynatma yarıçapı, sensör ofseti) ve istasyon defleksiyon havuzu verilerini girin.
20. Bir envanter bölümüne atanmış FWD/HWD verilerini görüntülemek için “FWD Chart”ı seçin. Veri görselleştirme grafiği etkileşimlidir; veri etiketini görüntülemek için imleci her veri noktasının üzerine getirin. “FWD Chart”, her “File name” arasında geçiş yapılarak yenilenebilir.
21. İstediğiniz Y Parametreleri radyo düğmesine tıklayarak şunları görüntüleyin: Darbe Sertlik Modülü (ISM), Alan, Havuz, Defleksiyon Oranı, Yer Değiştirme, Tahmini Zemin Modülü, Derz Yük Azaltma Faktörü, Yük, Yük/Yer Değiştirme, Sıcaklık veya Hacimsel k. (Impulse Stiffness Modulus (ISM), Area, Basin, Deflection Ratio, Displacement, Estimated Subgrade Modulus, Joint Load Reduction Factor, Load, Load/Displacement, Temperature, veya Volumetric k.)
22. Grafik, seçili “Drop series”e göre filtrelenebilir. Veri görselleştirmesi ve bölüm ataması ve/veya istatistikler için sonraki veri seçimi için bırakma serisini görüntülemek/devre dışı bırakmak üzere her onay kutusunu seçin. Not: Drop 1 varsayılan olarak işaretli değildir

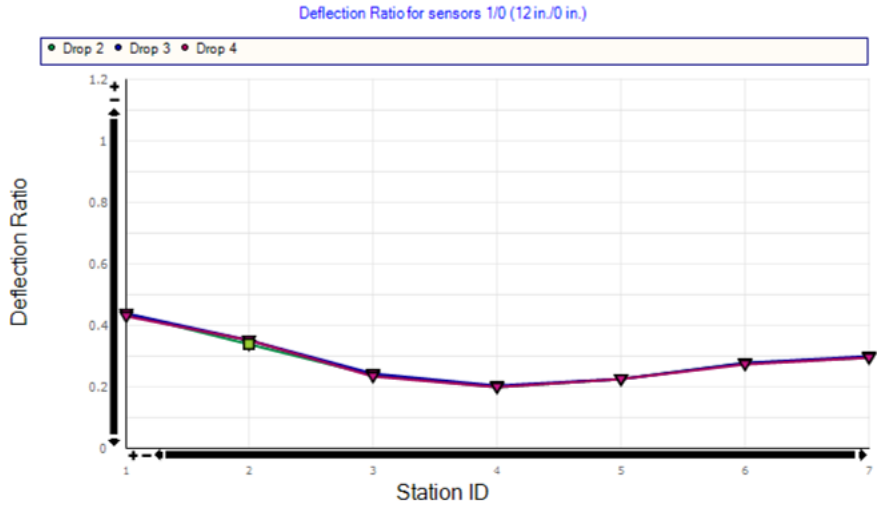
23. Sensör çizimi seçimi şunlar için etkinleştirilir: Darbe Sertlik Modülü, Defleksiyon Oranı, Yer Değiştirme, Derz Yük Azaltma Faktörü, Yük/Yer Değiştirme ve Sıcaklık (Impulse Stiffness Modulus, Deflection Ratio, Displacement, Joint Load Reduction Factor, Load/Displacement, ve Temperature). Uygun "Sensor plot" üzerine tıklayın.
24. Grafik seçili "Stations"a göre filtrelenebilir. Veri görselleştirme ve bölüm ataması ve/veya istatistikler için sonraki veri seçimi için "Stations"ları görüntülemek/devre dışı bırakmak üzere her onay kutusunu seçin.
25. Veri görselleştirme y ekseni grafiği, "Start graph axes from zero" seçeneği devre dışı bırakıldığında yeniden boyutlandırılacak ve y ekseni minimum değerini uygulayacaktır
26. FWD grafiğini .png dosyasına kaydetmek için "Export chart image"ı seçin.
27. İlgi duyulan parametrenin sonraki tanımlayıcı istatistik hesaplamalarına dahil edilmek üzere, "All" veri noktalarını, tek tek noktalar için "point"i, belirlenmiş "range" içindeki nokta aralığını veya kullanıcı tarafından belirlenen "box" içindeki noktalar için kutuları seçmek için "Select stations" seçeneğini kullanın.
28. "Select" seçeneği, tek tek noktaları seçmek/hariç tutmak ve/veya aralık sınırlarını ("range" veya "box") belirlemek için fare kullanılarak başlatılır.
29. Seçili veri noktaları için tanımlayıcı istatistikleri görüntülemek üzere "Selection statistics"i seçin. Hesaplanan istatistikler ayrıca seçili "Stations", "Drop Series" ve "Sensor Plot"a da bağlıdır.
30. Seçilen noktalara ve "Y Parameters"e göre hesaplanan "Representative Basin" görselleştirilecektir. "Representative Basin" ile ilişkili hesaplamalar ayrıca seçilen "Stations"a ve "Drop Series"e de bağlıdır. "Representative Basin" hesaplaması, yük ile normalize edilmiş ortalama sıkılık, alan ve defleksiyonun en az deviasyonu olarak özetlenir.
31. Hesaplanan "Representative Basin" ile ilişkili "Y Parameters" veri noktası-veri işaretçisi yeşil bir kare olarak vurgulanır ve kullanıcı "Parameter" seçenekleri arasında geçiş yaparken görünür.
32. Seçilen noktalara, "Stations"a ve "Drop Series"e bağlı olarak, ilişkili defleksiyon havuzları bir envanter bölümüne atanabilir.
33. "Assign selected stations to section" seçilir.
34. Daha sonra "Select a section" formu başlatılacaktır. Defleksiyon havuzlarını atamak için bölüme tıklayın. Bu işlemi tamamlamak için "OK"u seçin.
35. "Test Created" ifadesinin gösterildiği mesaj, atamanın başarılı olduğunu gösterir.
36. Kullanıcı LEEP formuna giderse, atanan havuzlar başlatılır. Bu, "Backcalculation" sekmesi altında "XX havzanın X tanesi değerlendirilecek." mesajıyla belirtilir.
37. Çeşitli "Y Parameters" görselleştirme seçenekleri mevcuttur.



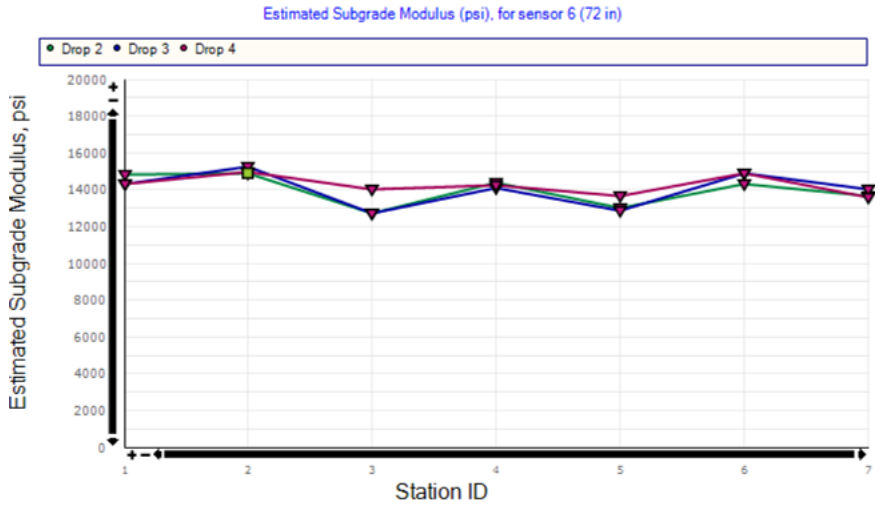
Şekil 53. İstasyon-Darbe Sertlik Modülü Örnek Grafiği



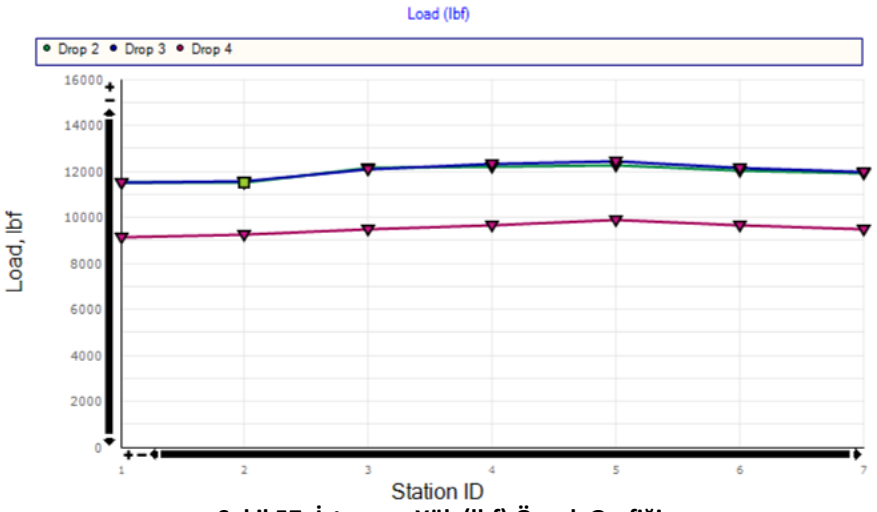
Şekil 54. İstasyon-Alan Örnek Grafiği



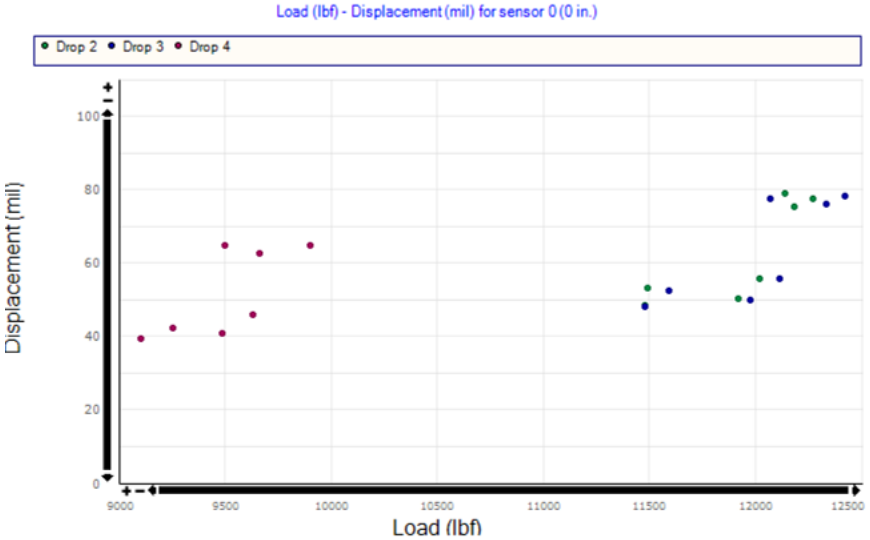
Şekil 55. İstasyon-Sensör 1 ve 2 için Defleksiyon Oranları Örnek Grafiği



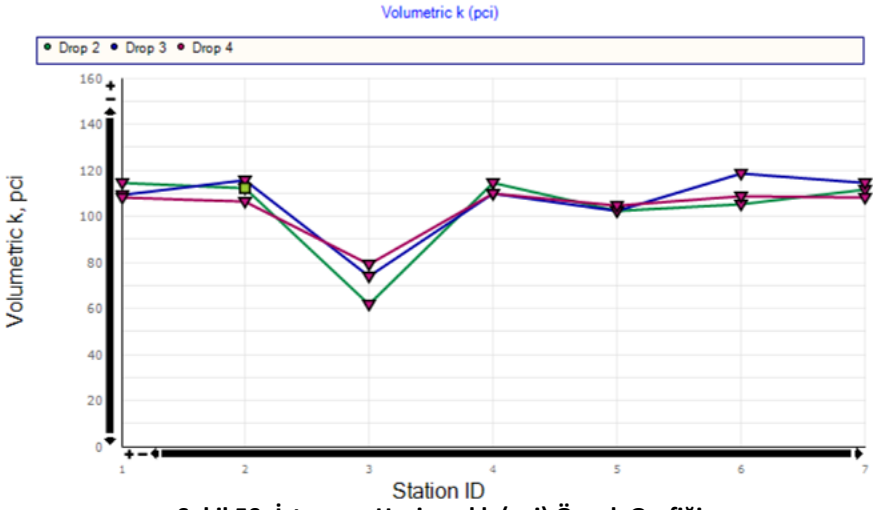
Şekil 56. İstasyon-Sensör 6 için Tahmini Zemin Modülü (psi) Örnek Grafiği



Şekil 57. İstasyon-Yük (lbf) Örnek Grafiği



Şekil 58. İstasyon-Sensör 0 için Yük (lbf)-Yer Değiştirme (mil) Örnek Grafiği



Şekil 59. İstasyon-Hacimsel k (pci) Örnek Grafiği

EK 7 - KAPLAMALARDA DONMA ÇÖZÜNME SORUNLARI

Bu bölümde "Unified Facilities Criteria UFC 3-260-03 (2023) O&M Manual: Standard Practice For Airfield Pavement Evaluation" dokümanından yararlanılmıştır.

Bu döküman, mevcut kaplamaların yapısal değerlendirmesinde rehberlik sağlar. Tüm ABD Savunma Bakanlığı (DoD) Hizmetleri için bu UFC'nin amacını ve kapsamını ele alan DoD mühendislik araçlarıyla elde edilen değerlendirme sonuçlarında güvenilirlikle sonuçlanan son ve uygulamalı araştırmaları içerir.

UFC 3-260-03, belirli yükleme koşulları için bir kaplamanın taşıyabileceği izin verilen trafik veya belirtilen bir trafik karışımı için izin verilen yük açısından havalimanı kaplamalarının yük taşıma kapasitesini değerlendirmek için kriterler sunar. Bu belge, geleneksel ve katmanlı elastik kaplama analizinde kullanılmak üzere veri toplamak için tahribatsız test (NDT) ve doğrudan test prosedürlerini ana hatlarıyla belirtir. Kaplama-Ulaşım Bilgisayar Destekli Yapı Mühendisliği (Pavement-Transportation Computer Assisted Structural Engineering, PCASE) uygulaması, bu belgedeki kaplama değerlendirme kriterlerini uygular.

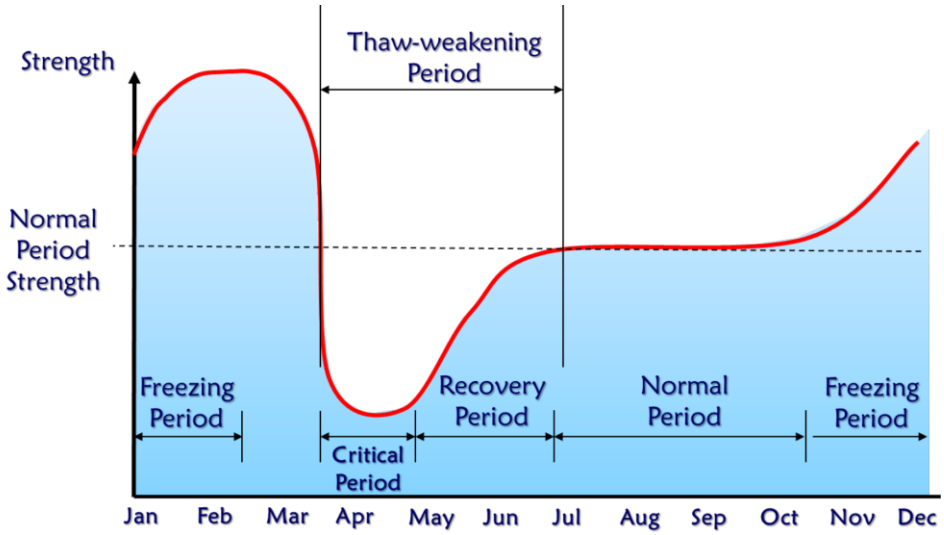
NATO kuvvetleri veya NATO operasyonları tarafından kullanılan havalimanlarını için NATO STANAG 7131, NATO STANDARDI AEP-46 ile uyumlu bir dökümandır.

KAPLAMALAR İÇİN DON DEĞERLENDİRME SÜRECİ

Don değerlendirmesi terimi, bir kaplamanın don eyleminin zararlı etkilerine maruz kalıp kalmadığını belirleme sürecini ve eğer varsa, bu etkilerin çözülme süresi boyunca kaplamanın yük taşıma kapasitesi üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla kaplama yapısını analiz etmeyi tanımlamak için kullanılır. İlk adım, bir don analizinin gerekli olup olmadığını belirlemektir. Gerekliyse, WorldIndex veritabanından alınan iklim verilerini kullanarak tasarım donma indeksini (Design Freezing Index, DFI) hesaplayın, ardından don penetrasyon derinliğini ve donma mevsiminin başlangıcını ve süresini belirleyin. Don penetrasyon derinliği, donmaya duyarlı bir malzeme tabakasına nüfuz etmiyorsa, normal değerlendirme prosedürünü kullanın. Eğer ediyorsa, azaltılmış zemin mukavemeti prosedürünü kullanın.

DONMA

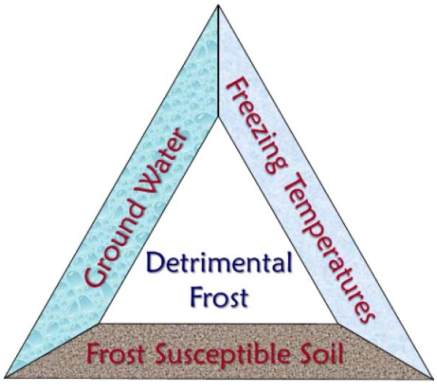
Donma etkisi, malzemelerdeki nemin donması ve çözülmesi için ve bu malzemelerin genel yapı ve bitişik yapılar üzerindeki ortaya çıkan etkileri için kullanılan genel bir terimdir. Bir kaplama yapısı donma sıcaklıklarına maruz kaldığında, dona duyarlı topraklara sahip olduğunda ve donma cephesinin yakınında bir su kaynağı olduğunda zararlı etkiler meydana gelebilir. Bu koşullar mevcut olduğunda, su donma cephesine doğru yukarı çekilir ve buz mercekleri oluşturur, bu da kaplama yüzeyinin pürüzlülüğünü artıran kaplama don kabarmasına neden olabilir. Buz eridikçe, su kolayca boşalmaz veya kendini yeniden dağıtmaz, toprağı doyurur ve böylece zayıflatır ve çözülme süresi boyunca kaplama yapısının yük taşıma kapasitesini azaltır. Zayıflamış kaplama, toprak boşaldıkça, gözenek suyu basıncı dağıldıkça ve toprak yeniden sağlamlaştıkça normal durumuna geri döner.



Şekil 60. Donma-Çözülme Döngüsü

DONMA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLME ZAMANI

Zararlı don eylemi riskini artıran tüm unsurlar mevcut olmadıkça don değerlendirmesi gerekli değildir. Toprağın nem içeriğini, kuru yoğunluğunu ve dona duyarlılığını belirlemek için ek toprak örneklemesi ve laboratuvar testi gereklidir. Bu bilgi, don penetrasyonunun derinliğini ve yük taşıma kapasitesinin olası kaybını belirlemek için kullanılır.



Şekil 61. Zararlı Don Etkisi

SICAKLIK

Konumdaki ortalama günlük hava sıcaklığı, donma cephesinin donmaya duyarlı toprak katmanlarına uzanması için yeterli süre boyunca donma noktasının altında kalmalıdır. Aksi takdirde, don analizi gerekli değildir.

DONMAYA DUYARLI TOPRAKLAR

Toprağın don duyarlılığı, #200 (.075 mm) elekten daha ince olan toprağın ağırlıkça yüzdesi ve 0.02 mm'den daha ince olan toprağın ağırlıkça yüzdesi ile tanımlanır. Bu, toprağın don grubunu belirler. Don duyarlılığı olmayan toprakların zararlı don etkisi riski minimumdur.

YERALTI SUYU

Genel olarak, yeraltı suyu seviyesi 10 fitin (3 metre) altındaysa, zararlı don etkisi sorun teşkil etmez.

ZARARLI DON ETKİLERİNİN KANITI

Tüm unsurlar mevcut gibi görünse bile, zararlı don etkisinden kaynaklanan hasara dair kanıt olup olmadığını kontrol edin. Aşağıda açıklanan koşullar mevcut değilse, don analizi gerekli olmayabilir.

1) Kaplamanın kabarması ve çatlaması
   - Zemin ve tabandaki malzemelerin don etkisinden dolayı şişmesi nedeniyle oluşan farklı kabarma
   - Kabarmadan sonra toprağın yeniden konsolidasyonu nedeniyle oluşan farklı çökme
2) Rijit kaplamanın aşırı çatlaması
   - Çatlaklar ve derzler boyunca pompalama
   - Dayanıklılık (D) çatlaması
3) Esnek kaplamanın hızlandırılmış çatlaması
   - Timsah çatlaması veya diğer yük ile ilgili sıkıntılar
   - Trafik dışı alanlarda bulunan sıkıntılar
   - Çatlaklar boyunca hızlandırılmış bozulma

DON ETKİLERİNİN ZARARLARI

Zararlı don etkileri arasında don kabarması ve çözülme zayıflaması bulunur. Don kabarması, kaplamanın yüzeyi yükseltildiğinde meydana gelir. Doğrudan buz ayrışmasıyla ilişkilidir ve zemin, alt temel veya temel katmanı malzemelerinde buz merceklerinin oluştuğunun yüzeyde görünen kanıtıdır. Buz ayrışması, dona duyarlı bir toprakta meydana geldiğinde, toprak daha sonra kışın kısmi çözülmeler sırasında ve ilkbaharın başlarında meydana gelebilen uzun çözülme dönemlerinde zayıflar. Ayrılmış buz eridiğinde, hala donmuş olan alttaki topraktan akamayan temel, alt temel veya zeminde aşırı suya yol açar. Drenaj, yılın bu zamanında yanal olarak da kısıtlanabilir; bu nedenle, şiddetli zayıflama dönemi birkaç hafta sürebilir. Kaplama yapısının bir drenaj tabakası olduğunda, bu şiddetli çözülme zayıflama dönemi azalabilir.

DON KABARMASI

F4 zemin toprakları ve bazı durumlarda F3 toprakları üzerine inşa edilen kaplamalar, kabarma yaşayabilir. Kabarma, güneş radyasyonuna maruz kalmadaki değişikliklere, toprağın karakterine ve kaplamanın altında yatan yeraltı suyu koşullarına bağlı olarak üniform veya non-üniform olabilir. Non-üniform kabarma, kaplama yüzeyinde düzensizliğe veya ani eğim değişikliklerine neden olur. Bu yüzey pürüzlülüğü, yüksek iniş ve kalkış hızlarına sahip uçaklar için sakıncalı olabilir. Deneyimler bunun böyle olduğunu gösteriyorsa, rapor, sakıncalı pürüzlülüğün yerlerini ve açıklamalarını içermelidir. Zararlı kabarmanın büyüklüğünü belirlemek için, takip eden kış boyunca en az ayda bir kez yüzey yüksekliklerini edinin.

ÇÖZÜLME ZAYIFLAMASI

Hem esnek hem de rijit kaplamaların yük taşıma kapasitesi kritik zayıflama dönemlerinde ciddi şekilde azalabilir; ancak, çözülme zayıflaması mevzusu azalma rijit kaplamalar için esnek kaplamalara göre daha az kritiktir. Rijit kaplamalar daha küçük bir azalma yaşar çünkü zemin, rijit kaplamaların taşıma kapasitesi üzerinde esnek kaplamalara göre daha az etkiye sahiptir. Rijit kaplamaların altındaki zemin toprakları, kritik zayıflama dönemlerinde daha az kesme deformasyonuna ve yeniden şekillenmeye maruz kalır.

Kil gibi genellikle don kabarması göstermeyen topraklar, çözülme dönemlerinde destek kapasitesini önemli ölçüde kaybedebilir. Donmaya duyarlı granüler bağlanmamış temel malzemeler, daha önce donmuş haldeyken genleşmeden kaynaklanan azalan yoğunlukla birlikte artan doygunluk ve ilişkili nem gerginliğinin azalması nedeniyle don erime dönemlerinde önemli ölçüde zayıflayabilir. Granül malzemedeki ince tanecik yüzdesi arttıkça, geçirgenliğinin azalması nedeniyle don erime dönemlerinde çözülme zayıflaması potansiyeli de artar.

Trafik yükleri, çözülme zayıflaması dönemlerinde dondan etkilenen toprağın gözeneklerinde aşırı hidrostatik basınçlara neden olabilir ve bu da mukavemette daha fazla azalmaya veya yenilmeye neden olabilir. Bir toprağın don erime döneminde mukavemetini kaybetme derecesi ve çözülme zayıflama döneminin süresi, toprak türüne, donma ve çözülme sırasındaki sıcaklık koşullarına, don erimesi sırasındaki trafik miktarına ve türüne, donma ve çözülme sırasındaki su mevcudiyetine ve drenaj koşullarına bağlıdır.

GÖRÜNÜR YÜZEY ETKİLERİ

Donma eylemiyle ilişkili görünür yüzey etkileri arasında yukarıda açıklandığı gibi farklı don kabarması nedeniyle oluşan rastgele çatlamalar ve pürüzlülük bulunur. Çözülme döneminde esnek kaplamalarda da belirgin çatlamalar ve zayıflamalar veya defleksiyonlar meydana gelebilir ancak çözülme sırasında sert kaplamalarda yüzey altı hasarı birikene ve görünür yüzey çatlaklarına yol açana kadar görünür hale gelmeyebilir. Sonuç olarak, çözülme zayıflaması her zaman hızlandırılmış bozulmaya neden olan baskın faktör olarak tanınmayabilir. Her iki durumda da çözülme zayıflamasından kaynaklanan hasar, kaplamanın tahribatına yol açarak yeniden inşa edilmesini gerektirdiğinden, don kabarması veya düşük sıcaklıkta büzülme nedeniyle oluşan çatlaklardan daha şiddetli olabilir.

Esnek kaplamalardaki çatlaklar, aşırı düşük sıcaklık dönemlerinde kaplamanın büzülmesinin sonucu olabilir. Çözülme zayıflaması nedeniyle hızlandırılmış bozulma yaşayan esnek kaplamalar, erken dönemde timsah çatlağı veya diğer yük ilişkili çatlamalar gösterebilir. Rijit kaplamalar, çatlaklarda ve derzlerde ano çatlaması veya pompalama gösterebilir. Rijit kaplamalar üzerine yapılan çalışmalar, aktif kabarma döneminden daha farklı çözülme nedeniyle ilkbahar don-erime döneminde ve hemen sonrasında çatlakların daha hızlı gelişebileceğini göstermiştir. D çatlağı, PCC kaplamalarda donma-çözülme hasarının yaygın bir göstergesidir ancak öncelikle beton karışımındaki kalitesiz agregalarla ilişkilidir. Bunlar, uzunlamasına ve enine derzlerin veya serbest kenarların bitişiğinde oluşan, birbirine yakın hilal şeklindeki çatlaklardır.

SAHA DENETİMİ VE ÖNCEKİ KAYITLAR

Kaplama denetimleri sırasında, herhangi bir çatlama, faylanma veya pompalama olup olmadığına dikkat edin. Kesimler ve dolgular arasındaki geçişlerin yerlerine ve değişen donma duyarlılığına sahip zemin topraklarının sınırlarına özellikle dikkat edin. HWD testi, bu geçişlerin nerede gerçekleştiğini belirlemeye yardımcı olabilir. Donma etkisiyle oluşan "çalışma çatlakları"nın bir göstergesi olabilen açık çatlakların kenarlarındaki tüm dökülmeleri not edin. İnşaat bakımı ve önceki değerlendirme kayıtları, donmaya duyarlı koşulların var olup olmadığını doğrulamaya yardımcı olabilir. Havalimanı civarındaki benzer zemin koşullarına sahip otoyol performans kayıtları, zayıflamanın don erimesi nedeniyle meydana gelip gelmediğine dair bir ipucu sağlayabilir. Otoyol performans kayıtlarının analizinde, yeraltı suyu seviyesindeki değişiklikler, toprak koşulları, kaplama yüzeyi türü, gölgelenme derecesi, kuzey ve güney eğimi, kar temizleme sıklığı, alttaki temel kayanın konumu vb. gibi donma etkisini etkileyebilecek birçok yerel etkiyi dikkatlice not etmeli ve değerlendirmelidir.

TASARIM DON ENDEKSİ (DESIGN FREEZING INDEX, DFI)

DFI, seçilen istasyon için WorldIndex veritabanından alınan iklim verilerine dayanır. DFI, belirli bir konum için kışın uzunluğunun ve şiddetinin bir açıklamasıdır. Yüzey donma indeksini belirlemek için kullanılır ve bu da donma penetrasyonunun derinliğini belirlemek için kullanılır. "Tasarım" terimi kullanılırken, DFI değerlendirme için de aynı şekilde geçerlidir.

Tarihsel olarak, DFI, son 30 yıllık kayıttaki en soğuk üç kışın ortalama hava don indeksi (Air Freezing Index, AFI) olarak tanımlanıyordu. 30 yıllık kayıt mevcut değilse, son on yıllık dönemdeki en soğuk kış için AFI kullanıldı. Bu iklim verileri, tasarım AFI değerlerinin veya ortalama hava donma indeksi değerlerinin dağılımını gösteren haritalarda sunuldu. WorldIndex veritabanı, DFI'yi belirlemek için sayısal bir çözüm sunar. USACE Soğuk Bölgeler Araştırma ve Mühendislik Laboratuvarı (Cold Regions Research and Engineering Laboratory, CRREL), Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi'nden (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) iklim verilerini toplamak için WorldIndex veritabanını oluşturdu.

TASARIM DON ENDEKSİ (DESIGN FREEZING INDEX, DFI)

WorldIndex veritabanı PCASE programı aracılığıyla kullanılabilir. Veritabanının güncel sürümü 2018'de yayınlanmıştır ve dünya çapında 16.000'den fazla konumda 1980'den 2017'ye (37 yıl) kadar olan tarihsel yüzey hava sıcaklığı gözlemlerini kullanır. Her istasyonda en az beş yıllık sürekli veri mevcuttur. WorldIndex veritabanı her beş yılda bir güncellenir. NOAA'nın Ulusal Çevresel Bilgi Merkezleri (National Centers for Environmental Information, NCEI) ve Ulusal Hava Durumu Servisi tarafından sırasıyla yayınlanan Küresel Yüzey Gün Özeti (Global Surface Summary of Day, GSOD) veritabanından (sürüm 7) ve Küresel Tarihsel İklim Ağı Kooperatif Gözlemci Programı (Global Historical Climatology Network, GHCN) veritabanından verileri bir araya getirir.

Veritabanı, PCASE'in donma derinliğini, çözülme mevsiminin başlangıcını ve süresini ve asfalt tasarım/değerlendirme modülü değerlerini belirlemek için kullanılan sıcaklık verilerini belirlemek için kullandığı parametreler de dahil olmak üzere her istasyon için belirlenen 80 hava sıcaklığına dayalı parametre içerir. Tüm veriler Celsius birimlerinde saklanır. WorldIndex veritabanının AFI veya DFI terimleri yerine donma derecesi-günleri (freezing degree-days, FDD) terimini kullanır. WorldIndex veritabanının yapısı ve içeriği hakkında daha fazla ayrıntı ERDC/CRREL Teknik Raporu TR-19-13, Technical Report TR-19-13, WorldIndex Database Update dökümanında mevcuttur.

DERECE-GÜNLERİ

Belirli bir gün için derece-gün sayısı, ortalama günlük hava sıcaklığı ile 32°F arasındaki farktır. Derece-günler, ortalama günlük sıcaklık 32°F'nin altında olduğunda negatiftir (donma derece-günleri) ve üstünde olduğunda pozitiftir (çözülme derece-günleri), ancak her iki durumda da veriler sunulurken işaret genellikle atlanır. Hava sıcaklıkları yerden yaklaşık 4,5 fit (1 metre) yukarıda ölçülür. Derece günleri Fahrenheit veya Santigrat birimlerinde hesaplanabilir.

KÜMÜLATİF DERECE-GÜNLERİ (CUMULATIVE DEGREE DAYS , CDD)

CDD, FDD'nin zaman içindeki (genellikle bir yıl) aritmetik toplamıdır. CDD zamana göre çizildiğinde, AFI'yi belirlemek için kullanılan bir eğri oluşturur.

HAVA DON ENDEKSİ (AIR FREEZING INDEX, AFI)

AFI, tek bir donma mevsimi için CDD eğrisindeki en yüksek (CDD_{max}) ve en düşük noktalar (CDD_{min}) arasındaki FDD sayısıdır. Yıllık AFI olarak da adlandırılır ve herhangi bir donma mevsimi boyunca meydana gelen donma altı sıcaklıkların birleşik süresi ve büyüklüğünün bir ölçüsü olarak kullanılır.

ORTALAMA YILLIK HAVA DON ENDEKSİ

Ortalama AFI, kayıt dönemi boyunca tüm yıllık AFI'lerin ortalamasıdır. Yukarıda belirtildiği gibi, WorldIndex veritabanındaki veriler için kayıt dönemi, geçmiş kriter belgelerinde açıklandığı gibi 30 yıl yerine 37 yıldır. WorldIndex veritabanı, "ortalama yıllık maksimum kümülatif donma derecesi günleri (YRLY_AVG_FDD)" terimini kullanır. Bu değer ve ortalama yıllık maksimum kümülatif FDD'nin (YRLY_STDEV_FDD) standart sapması, DFI'yi hesaplamak için PCASE yazılımına girilir.

TASARIM DONDURMA ENDEKSİNİN (DFI) HESAPLANMASI

Geçmiş kriterlerde DFI, son 30 yıllık kayıtlardaki en soğuk üç kışın ortalama AFI'si olarak tanımlandı. Mevcut prosedür, DFI'yi tanımlamak için ortalama yıllık AFI'yi ve standart sapmasını kullanır. Bu yaklaşım, normal bir dağılım varsayarak belirli bir konum için kayıt dönemi için donma endekslerinin 91. yüzdelik dilimini (persentil) temsil eder (Referans: Cortez, E.R., M.A. Kestler, and R.L. Berg. 2000, Computer-Assisted Calculations of the Depth of Frost Penetration in Pavement-Soil Structures)

$$DFI(°F\ days) = 1{,}8\ x\ (\overline{AFI_{Ann}} + (1{,}5\ x\ \sigma_{AFI}))$$

1,8 : $°C\ days$ değerini $°F\ days$ değerine dönüştürür
$\overline{AFI_{Ann}}$: $Ortalama\ AFI = \mathrm{YRLY_AVG_FDD}(°C\ days)$
σ_{AFI} : $Ortalama\ AFI'nin\ standadrt\ sapması = \mathrm{YRLY_STDEV_FDD}(°C\ days)$

DON ETKİ DERİNLİĞİNİ VE ÇÖZÜLME SÜRESİNİ BELİRLEYİN

Belirli bir kaplama yapısı için donma penetrasyonunun derinliğini ve çözülme periyodunun başlangıcını ve süresini belirlemeye yönelik genel süreç aşağıda özetlenmiştir. PCASE'de kullanılan sayısal prosedüre odaklanır, ancak hem donma penetrasyonunun derinliği hem de çözülme periyodunun uzunluğu, manuel hesaplamalara veya konumdaki deneyime dayanarak PCASE'e girilebilir.

1) Kaplama katman yapısını tanımlayın
   - Kaplama türü ve kalınlığı
   - Toprak katmanı türü sınıflandırmaları ve kalınlıkları
   - Toprak donma grubu
   - Nem içeriği
   - Kuru birim ağırlığı
2) Yüzey donma endeksini hesaplayın
3) Çözülme mevsiminin başlangıcını ve uzunluğunu belirleyin

KATMAN YAPISINI TANIMLAYIN

Don analizi, kaplama ve toprak tabakası tiplerini ve kalınlıklarını girmenin yanı sıra her tabaka için bir don kodu (toprak don grubu), gravimetrik nem içeriği ve kuru birim ağırlığı gerektirir.

DON ANALİZİ İÇİN EK TOPRAK TESTİ

Bir don analizi gerekli olduğunda, donma duyarlılığını belirlemek için temel, alt temel ve zemin malzemesi üzerinde test yapın. Malzemeler inşaat sırasında donmaya duyarlı olmasa bile, temel ve alt temel malzemeleri zamanla donma-çözülme döngüleri ve trafik yükleri nedeniyle bozulabilir. Bu bozulma, çözülme zayıflatma potansiyelini artırarak ek ince tanecikler getirebilir.

TEMEL, ALT TEMEL VE ZEMİNİN DON DUYARLILIĞI

Temel, alt temel ve zemin malzemelerini Birleşik Toprak Sınıflandırma Sistemi'ne (USCS) (ASTM D2487, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)) göre sınıflandırmak için elek ve Atterberg sınırları testini kullanın. Toprağın don duyarlılığı, ağırlıkça #200 (.075 mm) elekten daha ince toprağın yüzdesi ve ağırlıkça 0,02 mm'den daha ince toprağın yüzdesi ile tanımlanır. Ağırlıkça 0,02 mm'den daha ince olan yüzdeyi karakterize etmek için ASTM D1140, Standard Test Methods for Determining the Amount of Material Finer than 75-µm (No. 200) Sieve in Soils ve ASTM D7928, Standard Test Method for Particle-Size Distribution (Gradation) of Fine-Grained Soils Using the Sedimentation (Hydrometer) Analysis dökümanında açıklanan yöntemler kullanılarak ek testler gereklidir. Aşağıdaki tablo, toprak türüne ve ince tane yüzdesine göre don duyarlılığını tanımlar. Bunlar, çözülme dönemlerinde artan don duyarlılığı ve azalan taşıma kapasitesine göre yaklaşık olarak sıralanmıştır. İnce tane yüzdesi, kılcal etki potansiyelini ve toprağın geçirgenliğini tanımlar ve zararlı don etkisi potansiyelini etkiler. Kil malzemeleri don kabarması göstermese de çözülme dönemlerinde yine de önemli taşıma kapasitesi kaybına uğrayabilirler.

Tablo 48. Don Duyarlılığı Toprak Sınıflandırması

Don Grubu	Malzeme Tipi	% Ağırlıkça 0,02 mm'den Daha İnce	Ağırlıkça %200 Elekten Daha İnce[1]	Tipik Toprak Tipleri (Birleşik Toprak Sınıflandırma Sistemi)
NFS[2]	(a) Çakıl, karma taş, kırma kaya	0 – 1,5	0 – 3	GW, GP
	(b) Kumlar	0 – 3	0 - 7	SW, SP
PFS[3]	(a) Çakıl, karma taş, kırma kaya	1,5 – 3	3 – 7	GW, GP
	(b) Kumlar	3 – 10		SW, SP
S1	Çakıllı zemin	3 – 6	7 – 15	GW, GP, GW-GM, GP-GM
S2	Kumlu zemin	3 – 6	7 – 15	SW, SP, SW-SM, SP-SM
F1	Çakıllı zemin	6 – 10		GM, GW-GM, GP-GM
F2	(a) Çakıllı zemin	10 – 20		GM, GW-GM, GP-GM
	(b) Kumlar	6 – 15		SM, SW-SM, SP-SM
F3	(a) Çakıllı zemin	> 20		GM, GC
	(b) Kumlar, çok ince taneli siltli kumlar hariç	> 15		SM, SC
	(c) Killer, PI>12	-		CL, CH
F4	(a) Siltler	-		ML, MH
	(b) Çok ince taneli siltli kumlar	> 15		SM
	(c) Killer, PI<12	-		CL, CL-ML
	(d) Çökelti killer ve diğer ince taneli, bantlı tortular	-		CL, ML, ve SM, CL, CH, ve ML, CL, CH, ML, ve SM

[1] Bunlar kaba tahminlerdir. Don eyleminin yüzey belirtileri varsa, o zaman don duyarlılığı testleri yapılmalıdır.

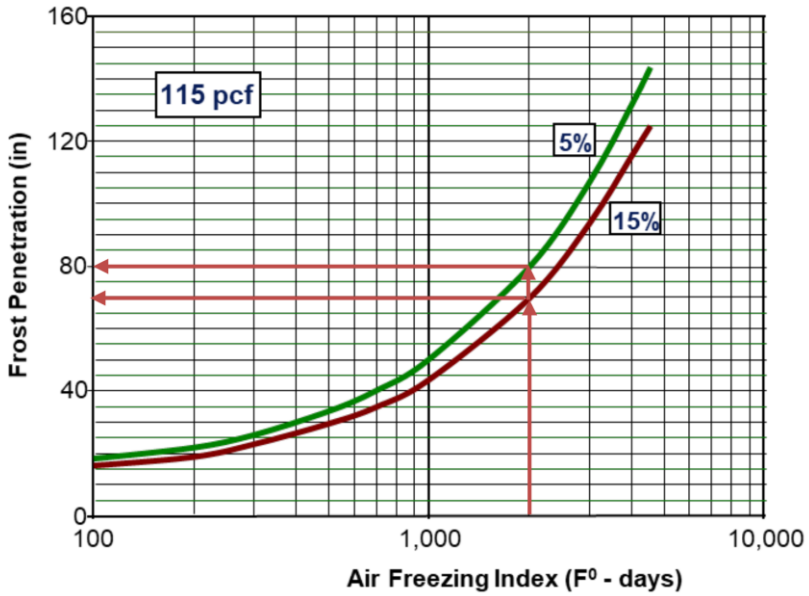
[2] Donmaya karşı hassas değil

[3] Muhtemelen dona karşı hassas; don toprak sınıflandırmasını belirlemek için laboratuvar testi gerekir

NEM İÇERİĞİ

Her katmandaki toprağın nem içeriği ve kuru birim ağırlığı, PCASE'nin her katmanın donmuş ve donmamış toprak termal özelliklerini hesaplamak için kullandığı gerekli girdilerdir. En iyi durumda, bu değerler ASTM D6938, Standard Test Methods for In-Place Density and Water Content of Soil and Soil-Aggregate by Nuclear Methods (Shallow Depth) veya ASTM D2216, Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass gibi saha ve laboratuvar testlerine dayanarak belirlenir. Bu değerler, donma döneminin başlangıcında temel, alt temel ve zemindeki ortalama nem içeriğini tahmin etmek için kullanılır. Test mümkün olmadığında, önceki kaplama değerlendirmelerinden alınan çukur verilerine veya inşaat projelerinden alınan verilere dayalı olarak ortalama tahmini değerler kullanılabilir.

PCASE, katman türlerine göre varsayılan nem içeriklerini atar. Başka veri bulunmadığında bu muhafazakâr varsayılanları kullanın. Don nüfuz derinliğinin nem içeriğine duyarlı olduğunu unutmayın. Genel olarak, belirli bir kuru yoğunluk için, don nüfuzu azalan nem içeriğiyle artar.



Şekil 62. Nemin Don Penetrasyonuna Etkisi

Tablo 49. Varsayılan Nem İçerikleri ve Kuru Yoğunluklar

Katman Tipi	Nem İçeriği (%)	Kuru Birim Ağırlığı (pcf)
Asfalt	0	140
Beton	0	145
Stabilize AC/PCC	5/0	140
Temel	5	135
Drenaj Katmanı	5	135
Seperasyon Katmanı	5	135
Alt temel	5	135
Stabilize alt temel AC/PCC	5/0	130/140
Seçilmiş Dolgu	5	135
Stabilize zemin PCC/Kireç	0/10	130/110
Modifiye zemin kohezyonlu/kohezyonsuz	18/10	100/120
Sıkıştırılmış zemin	18/10	100/120
Doğan zemin kohezyonlu/kohezyonsuz	18/10	100/120

KURU BİRİM AĞIRLIĞI

Bir toprağın kuru birim ağırlığı, nükleer ölçüm cihazı, kum konisi veya sıkıştırma testi kullanılarak yapılan saha ve laboratuvar testlerine dayanarak belirlenir. Genel olarak, donma penetrasyon derinliğinin, belirli bir nem içeriğinde daha yüksek kuru birim ağırlığa sahip bir toprak için daha fazla olacağını unutmayın. Örneğin, sonsuz derinlikte homojen bir malzemenin üzerinde 12 inçlik rijit bir kaplama verildiğinde, %5 nem içeriğine sahip 2.000 °F'lik bir AFI'de, donma penetrasyon derinliği 150 pcf yoğunluğa sahip bir toprak için 100 inç, 115 pcf'de 80 inç ve 100 pcf'de 70 inç olacaktır.

YÜZEY DONMA ENDEKSİ

DFI ortalama yıllık AFI ve standart sapmaya dayanır ancak bu endeks yerden 4,5 fit (1 metre) yükseklikteki hava sıcaklıkları için belirlenir. AFI değeri kullanılır çünkü veriler yüzey sıcaklıklarından daha kolay elde edilebilir. DFI ve n-Faktörü kaplama yüzeyinin hemen altındaki sıcaklık olan yüzey donma endeksini tahmin etmek için kullanılır. PCASE, n-Faktörünü analiz edilen katman modelinin yüzey türüne göre belirler.

$$Yüzey\ Donma\ Endeksi = n\ Faktörü\ x\ DFI$$

Tablo 50. n Faktörü

Yüzey Tipi[1]	Donma Koşulu için n Faktörü	Çözülme Koşulu için n Faktörü
Kar yüzeyi	1,00	-
PCC	0,75	1,50
Bitümlü kaplama	0,70	1,60 – 2,00 [2]
Çıplak toprak	0,70	1,40 – 2,00 [2]
Gölgeli yüzey	0,90	1,00
Torf	0,50	0,80
Ağaçla kaplanmış	0,30 [3]	0,40

[1] Aksi belirtilmediği ve bina ısısı kullanılmadığı sürece, üzerinde toz, toprak, kar veya buz bulunmayan, doğrudan güneşe veya havaya maruz kalan yüzey
[2] Yazın ısınmanın büyük bir kısmının güneş radyasyonundan kaynaklandığı aşırı yüksek enlemler veya yüksek rakımlar haricinde en düşük değeri kullanın
[3] Alaska, Fairbanks'tan, kar örtüsünün doğal olarak birikmesine izin verilen tek bir sezona ait veriler

ÇÖZÜLME ZAYIFLAMASI DÖNEMİ

Çözülme-zayıflama dönemleri, temel, alt temel veya zemin mukavemetinin normal yaz değerlerinin altında olduğu yıl aralıklarıdır. Bu aralıklar don erime dönemlerine karşılık gelir. Dönem, malzeme yeniden dondurulduğunda veya zemin mukavemeti ilkbahar çözülme-zayıflama döneminin sonunda normal yaz değerine döndüğünde sona erer.

KRİTİK ZAYIFLAMA DÖNEMİ

Kritik zayıflama periyodu, temel, alt temel veya zeminin en düşük mukavemetinde olduğu çözülme-zayıflama periyodu sırasındaki zaman aralığıdır. Kritik zayıflama periyodu, don erimesinin erken aşamalarında gelir ve temel, alt temel veya zemindeki ayrılmış buzun eridiği kış aylarında aralıklı olarak meydana gelebilir. Bu kritik periyot, toprak türüne ve çevre koşullarına bağlı olarak bir haftadan birkaç aya kadar sürebilir. Kritik periyodun muhtemel süresi, havalimanının yakınında karşılaştırılabilir bir zemine sahip otoyolların performansına dayanarak tahmin edilebilir. Ancak, havalimanı kaplamaları daha geniş ve drenaj yolları daha uzun olduğundan, çözülme-zayıflama periyodunun daha uzun olması muhtemeldir.

KURTARMA DÖNEMİ

Toprak boşaldıkça ve yeniden konsolide oldukça, kaplama kademeli olarak tam normal dönem taşıma kapasitesine kavuşur. İyileşme periyodunun uzunluğu, buz ayrışmasının yoğunluğuna, don penetrasyonunun derinliğine, çözülme hızına, toprağın geçirgenliğine, drenaj koşullarına, yağışa ve atmosferik neme bağlı olarak birkaç haftadan birkaç aya kadar değişir.

ÇÖZÜLME ZAYIFLAMA DÖNEMİNİN BAŞLANGICI VE SÜRESİNİN TAHMİNİ

Tipik bir kış döneminde birkaç don erime dönemi meydana gelebilir. Aşağıda özetlenen prosedür, kış aylarındaki don erime dönemleri de dahil olmak üzere zayıflamanın başlangıcını ve toplam dönemini tahmin etmek için kullanılır. Çözülme-zayıflama döneminin uzunluğu yerel deneyime göre değiştirilebilir. İyileşme süresini etkileyen başlıca faktörler, donun nüfuz etme derinliği, donmaya duyarlı malzeme türü ve yüzey altı drenajıdır. Normalde, iyileşme süresi birkaç haftadan birkaç aya kadar olacaktır.

Donma döneminin sonu, çözülme döneminin başlangıcını tanımlar. Farklı donmaya duyarlı topraklar için çözülme-zayıflama dönemleri Tablo 51'te sunulmuştur. Bu değerler, Tablo 52'de gösterildiği gibi DFI ≤ 1.000 derece F-gün veya DFI > 1000 derece F-gün olup olmadığına göre ayarlanır. F3 ve F4 don gruplarındaki topraklar için dönem ayarlamasını belirlemek için genel toprak tipinin (kohesif veya kohezyonsuz) kullanıldığını unutmayın.

Tablo 51. Kış Sonu Çözülme-Zayıflama Döneminin Uzunluğu

Don Grubu	Çözülme-Zayıflama Dönemi (Ay)
F1	1
F2	1
F3 ve F4 (kohezyonsuz)	2
F3 ve F4 (kohezyonlu)	3

Tablo 52. Çözülme-Zayıflama Dönemi Ayarlaması

Don Grubu	Zemin Türü	DFI	Düzeltilmiş Çözülme Zayıflama Dönemi (Ay)
F1, F2	-	≤ 1000 deg F günü	1
F1, F2	-	> 1000 deg F günü	2
F3, F4	Kohezyonsuz	≤ 1000 deg F günü	2
F3, F4	Kohezyonsuz	> 1000 deg F günü	3
F3, F4	Kohezyonlu	≤ 1000 deg F günü	3
F3, F4	Kohezyonlu	> 1000 deg F günü	4

DON NÜFUZUNUN DERİNLİĞİNİ BELİRLE

Bu adımın amacı, donma cephesinin donmaya duyarlı bir tabakaya nüfuz edip etmediğini belirlemektir. Aksi takdirde, normal değerlendirme prosedürünü kullanın. PCASE kullanarak don derinliğini hesaplama talimatları PCASE Kullanıcı Kılavuzunda yer almaktadır.

Bu adım, yol yüzeyinin kalınlığını (p), toplam yol yüzeyinin (yüzey, taban ve alt taban) kalınlığını (x) belirleyerek ve donma nüfuzunun derinliğini (d) tahmin ederek ve aşağıdaki kriterleri izleyerek manuel olarak gerçekleştirilebilir.

- (x ≥ d) ise normal değerlendirme prosedürünü kullanın.
- (x < d) ise, kaplama yapısı tam don koruması için yetersizdir. Don eylemine dair belirtiler varsa, kaplama yapısını azaltılmış zemin mukavemeti yaklaşımıyla değerlendirilir.
- (x – p ≥ 60 inç) veya temel, alt temel ve/veya zemin NFS, S1 veya S2 olarak sınıflandırılmışsa ve donma etkisine dair yüzey belirtileri yoksa, normal değerlendirme prosedürü kullanılır.
- (x – p ≥ 60 inç) veya temel, alt temel ve/veya zemin NFS, S1 veya S2 olarak sınıflandırılmışsa ve donma etkisi belirtileri varsa, kaplama yapısını azaltılmış zemin mukavemeti yaklaşımıyla değerlendirilir.

ZEMİN GÜCÜNÜN AZALMASI İÇİN YOL TAHLİYESİNİ DEĞERLENDİRİN

Hem geleneksel hem de katmanlı elastik indirgenmiş zemin mukavemeti (Reduced Subgrade Strength, RSS) değerlendirme prosedürleri, yorulma hasarı kavramının (Miner's Hipotezi) uygulanmasına dayanmaktadır. Geleneksel değerlendirme prosedürü, esnek kaplama analizinde California Taşıma Oranı (CBR) değerleri için don

alanı toprak destek endeksleri (Frost Area Soil Support İndices, FASSI) değerlerini ve rijit analizde zemin reaksiyon değerlerinin (k) modülü için Donma Alanı Reaksiyon Endeksi (Frost Area Index of Reaction , FAIR) değerlerini ikame eder. Katmanlı elastik değerlendirmede, FASSI/FAIR prosedürü veya indirgenmiş modül prosedürü kullanılabilir.

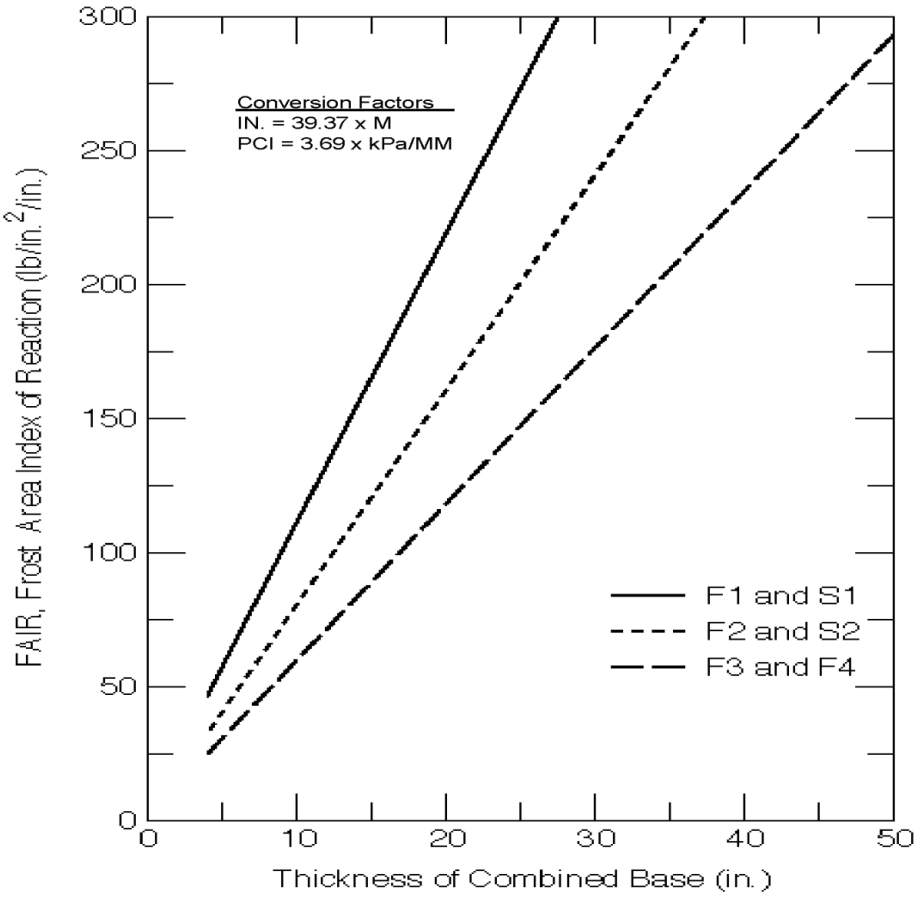
DON ALANI TOPRAK DESTEK ENDEKSLERİ (FASSI)

FASSI değerleri, CBR değerleriymiş gibi kullanılır. Ancak, CBR terimi bunlara uygulanmaz çünkü bunlar yıllık döngü için ağırlıklı ortalama değerlerdir ve değerleri CBR testleri ile belirlenemez. FASSI değerleri, toprak katmanının don grubuna göre atanır. İdeal olarak, temel ve alt temel katmanları dona karşı hassas değildir ancak bu her zaman böyle değildir, bu nedenle, don kodu atanmış herhangi bir katman için (NFS hariç), PCASE, don derinliği o katmana nüfuz ettiğinde CBR'yi bir FASSI değeriyle değiştirir. Don derinliği katmana nüfuz etmezse, PCASE atanan CBR'yi kullanır. İlgili don kodları için FASSI değerleri aşağıda listelenmiştir.

- F1 ve S1 toprakları = 9,0 FASSI
- F2 ve S2 toprakları = 6,5 FASSI
- F3 ve F4 toprakları = 3,5 FASSI

DON ALANI REAKSİYON ENDEKSİ (FAIR)

FAIR değerleri, zemin reaksiyon değerlerinin modülü, k, gibi kullanılır ve aynı birimlere sahiptir. Ancak, zemin reaksiyon modülü terimi bunlara uygulanmaz çünkü FAIR değerleri yıllık bir döngü için ağırlıklı ortalama değerlerdir ve bir plaka taşıma testi ile belirlenemez. Şekil 63, temel ve alt temel birleşik kalınlığına göre bir çözülme zayıflama periyodu içeren yıllık bir döngü için eşdeğer ağırlıklı ortalama FAIR değerlerini gösterir. Bu rakam, aşağıdaki denklemlere dayanmaktadır. Don derinliği tabakaya nüfuz etmezse, PCASE atanan k değerini kullanır veya normal periyot için eşdeğer temel tabakası veya zemin üzerinde yapılan testlerden belirlenen zemin reaksiyon modülü k, denklemlerden elde edilen FAIR değerinden az olduğunda, analiz için test değeri kullanılır.



Şekil 63. FAIR Değerinin Belirlenmesi

F1 veya S1 Malzemeler için FAIR formülü;

$$FAIR\ \left(\frac{psi}{in}\right) = 4{,}2 + 10{,}8\ x\ Kombine\ Temel\ Tabakası\ Kalınlığı\ (inç)$$

F2 veya S2 Malzemeler için FAIR formülü;

$$FAIR\ \left(\frac{psi}{in}\right) = 1{,}3 + 8{,}0\ x\ Kombine\ Temel\ Tabakası\ Kalınlığı\ (inç)$$

F3 veya F4 Malzemeler için FAIR formülü;

$$FAIR\ \left(\frac{psi}{in}\right) = 1{,}6 + 5{,}9\ x\ Kombine\ Temel\ Tabakası\ Kalınlığı\ (inç)$$

MODÜL İNDİRGEME FAKTÖRLERİ

Katmanlı elastik prosedürler kullanılarak azaltılmış zemin mukavemeti analizi için iki alternatif vardır. Birincisinde, yukarıdaki prosedürler kullanılarak belirlenen FASSI veya FAIR değerleri modül değerleriyle ilişkilendirilir ve RSS analizi için kullanılır. İkinci yaklaşımda, normal periyot sırasında ilgili katmanların modül değerleri Tablo 53'te gösterilen indirgeme faktörleri kullanılarak azaltılır. Normal periyot için modül, verilen don grubu için indirgeme faktörüyle çarpılır ve bu azaltılmış modül analiz için kullanılır. Don derinliği tabakaya nüfuz etmezse, PCASE normal periyot modül değerini kullanır. Modül değerleri çözülme periyodu sırasında belirlendiyse, bu değerleri çözülme periyodu analizinde kullanın. Bu durumda, normal periyot için modül, çözülme periyodu modül değerinin modül indirgeme faktörüne bölünmesiyle tahmin edilebilir.

Tablo 53. Mevsimsel Don Alanları için Modül Azaltma Faktörleri

Don Grubu	Modül İndirgeme Faktörü
NFS	1,00
PFS	0,90
S1	0,75
S2	0,70
F1	0,60
F2	0,50
F3/F4	0,30

HASAR KAVRAMLARINI KULLANARAK DEĞERLENDİRME

Yorgunluk hasarı kavramı (Miner's Hipotezi), donun bir etken olduğu durumlarda kaplama yapılarını değerlendirmek için kullanılır. Hasar, uygulanan yük tekrarlarının izin verilen yük tekrarlarına oranı olarak tanımlanır ve şu şekilde ifade edilir:

$$d = \frac{n}{N}$$

Burada

n = Uygulanan yük tekrarları
N = İzin verilen yük tekrarları

Uygulanan yük tekrarları izin verilen yük tekrarı sayısına eşit olduğunda, hasar oranı 1,0'a eşittir. Bu, kaplama ömrünün %100'ünün tüketildiği anlamına gelir. Amaç, bir analiz periyodu için hasar oranının bire eşit (d = 1,0) olması için izin verilen yükü veya izin verilen geçişleri belirlemektir.

KÜMÜLATİF HASAR FAKTÖRÜ (CDF)

Hasar kavramı birden fazla uçağa ve birden fazla mevsime genişletilebilir. Bir CDF, farklı uçaklardan ve farklı mevsimlerden veya değerlendirme dönemlerinden gelen bireysel hasar katkılarının toplamı olarak ifade edilebilir. Uçak yükü ve geçişlerin kaplama ömrünün maksimum kullanımıyla sonuçlandığı CDF için genel denklem şu şekilde tanımlanır:

$$CDF = \sum_{i=1}^{nac} \sum_{j=1}^{ns} d_{ij} = 1{,}0$$

Burada

d_{ij} = j sezonunda i uçağının hasarı
nac = Karışımdaki uçak sayısı
ns = Sezon veya analiz periyodu sayısı

Kaplama değerlendirmesinde, analiz yalnızca tek bir uçak ($nac = 1$) ve iki mevsim ($ns = 2$) için gerçekleştirilir. Dikkate alınan iki değerlendirme mevsimi normal ve çözülme-zayıflamış dönemlerdir.

Azaltılmış Kümülatif Hasar Denklemi;

$$CDF = d_{normal} + d_{thaw} = 1{,}0$$

Genişletilmiş Kümülatif Hasar Denklemi;

$$CDF = \frac{n_{normal}}{N_{normal}} + \frac{n_{thaw}}{N_{thaw}} = 1{,}0$$

Burada

n_{normal} = Normal dönemde uygulanan kapsam (veya geçiş) sayısı
N_{normal} = Normal dönemde izin verilen kapsam (veya geçiş) sayısı
n_{thaw} = Çözülme-zayıflığı döneminde uygulanan kapsam (veya geçiş) sayısı
N_{thaw} = Çözülme-zayıflığı döneminde izin verilen kapsam (veya geçiş) sayısı

NORMAL VE ÇÖZÜLME DÖNEMLERİ İÇİN GEÇİŞ BELGELERİNİN ORANLANMASI

Kaplamalar değerlendirilirken, uçak AGL'si değerlendirme geçişleri, n olarak ifade edilen bir kullanım ömrü açısından analiz edilir. n, tüm yıl boyunca uygulanan toplam geçiş sayısı olduğundan, n'nin bir kesri normal dönemde ve n'nin bir kesri çözülme-zayıflama döneminde uygulanır. Bu kesirlerin her biri bir yıl boyunca oluşan toplam birikmiş hasara katkıda bulunacaktır. n'nin bu kesirleri, normal aylar ve çözülme-zayıflama aylarındaki orantılı geçiş sayısı olarak belirlenir. Örneğin, bir kaplamanın zemini n = 50.000 geçiş için değerlendiriliyorsa ve yılın bir ayı çözülme-zayıflama koşulundaysa, o zaman aşağıdaki denklemler, her mevsimdeki toplam geçiş sayısı n'nin katkısını temsil eder.

Normal Sezonda Orantılı Değerlendirme Geçişleri

$$n_{normal} = n\left(\frac{11}{12}\right) = 50{,}000\left(\frac{11}{12}\right) = 45.833\ Geçiş$$

Çözülme-Zayıflamış Sezonda Orantılı Değerlendirme Geçişleri

$$n_{thaw} = n\left(\frac{1}{12}\right) = 50{,}000\left(\frac{1}{12}\right) = 4.167\ Geçiş$$

GELENEKSEL ESNEK VE RİJİT KAPLAMA DEĞERLENDİRMESİNDE HASAR (APE)

Havalimanı kaplaması değerlendirmesi (APE) CBR/k modelleri kümülatif hasar kavramı akılda tutularak geliştirilmemiştir. Bu nedenle, analiz tek bir değerlendirme periyoduna dayandığından ve APE analizi yalnızca tüm kaplama ömrü için izin verilen kapsam (veya geçiş) sayısını, kaplama ömrü olan N sayısına döndüreceğinden hasar kavramı doğrudan uygulanamaz. Aşağıdaki denklemlerde gösterildiği gibi çözülme zayıflatılmış periyot boyunca önceden belirlenmiş miktarda hasar oluşmasına izin verilerek APE'de çözümleme yapılır. Önceden belirlenmiş hasarın çözülme periyodu boyunca %25 ($d_{thaw} = 0{,}25$) ve normal periyot boyunca %75 ($d_{normal} = 0{,}75$) olduğu varsayılır.

Çözülme Döneminde İzin Verilen Hasar

$$d_{thaw} = 0{,}25 = \frac{n_{thaw}}{N_{thaw}}$$

Normal Dönemde İzin Verilen Hasar

$$d_{normal} = 0{,}75 = \frac{n_{normal}}{N_{normal}}$$

Hem N_{thaw} hem de N_{normal}, ilgili analiz dönemleri veya mevsimleri için izin verilen kapsam sayısıdır. N'_{thaw}'ı, $d'_{thaw} = 1{,}0$ olduğunda yenilmede izin verilen kapsam sayısı (veya geçiş) olarak tanımlarsak, o zaman ömrün %100'ü tüketilecektir. Bu nedenle, aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi N'_{thaw}'ı 0,25 faktörüyle düzeltmeliyiz çünkü bu analiz döneminde ömrünün yalnızca dörtte birinin tüketilmesine izin verilmektedir.

Çözülme Zayıflama Döneminde Kaplama Ömrünün Ayarlanması

$$N_{thaw} = 0{,}25\ x\ N'_{thaw}$$

Bu, çözülme-zayıflama dönemindeki hasar denklemine yol açar ve aşağıdaki denklemde özetlenmiştir, bu da izin verilen kapsamlara (veya geçişlere) bir ayarlama olarak yorumlanır, N'_{thaw} veya değerlendirme kapsamlarına (veya geçişlere) bir ayarlama, n_{thaw}, olarak yorumlanır.

$$d_{thaw} = \frac{n_{thaw}}{N_{thaw}} = \frac{n_{thaw}}{0{,}25\ x\ N'_{thaw}} = \frac{4\ x\ n_{thaw}}{N'_{thaw}}$$

Benzer şekilde, normal dönemde aşağıdaki denklemi kullanarak bir ayarlama yapın, çünkü normal dönemde ömrünün yalnızca dörtte üçü tüketilir.

Normal Dönemde Kaplama Ömrü Ayarlaması

$$N_{normal} = 0{,}75\ x\ N'_{normal}$$

Normal dönemdeki hasar daha sonra aşağıdaki denklem kullanılarak tahmin edilebilir

$$d_{normal} = \frac{n_{normal}}{N_{normal}} = \frac{n_{normal}}{0{,}75\ x\ N'_{normal}} = \frac{\frac{4}{3}\ x\ n_{normal}}{N'_{normal}} = \frac{1{,}33\ x\ n_{normal}}{N'_{normal}}$$

Yukarıdaki Denklemleri karşılayan normal ve çözülme zayıflatılmış periyotlar için Uçak AGL'si, bir yineleme süreciyle ayrı ayrı hesaplanır. APE'de, AGL, aşağıdaki ayarlanmış geçiş sayısı için değerlendirme yapılarak belirlenir.

$$\text{Çözülme Dönemi} = 4\ x\ ortanılı\ geçiş = 4\ x\ n_{thaw}$$

$$Normal\ Dönem = \frac{4}{3} x\ ortanılı\ geçiş = \frac{4}{3}\ x\ n_{normal}$$

Kümülatif hasar faktörü şu hale gelir;

$$CDF = \frac{\frac{4}{3}\ x\ (45.833)}{N'_{normal}} + \frac{4\ x\ (4.167)}{N'_{thaw}} = 1{,}0$$

Yukarıdaki denklem, her mevsim için bir AGL (AGL_{normal}, AGL_{frost}) varsayılarak ve CDF = 1,0 kabul edilebilir bir tolerans değeri içinde olana kadar izin verilen geçiş sayısını (N'_{normal}, N'_{thaw}) hesaplayarak yinelemeli olarak çözülür. Burada, N'_{normal} normal periyottaki zemin dayanımının bir fonksiyonudur ve N'_{thaw} çözülmeyle zayıflatılmış periyottaki zemin dayanımının bir fonksiyonudur. Özetle, APE'de AGL, aşağıdaki eşdeğer geçiş sayısı için değerlendirme yapılarak belirlenir.

$$\text{Çözülme Dönemi} = 4\ x\ ortanılı\ geçiş = 4\ x\ n_{thaw}$$

$$Normal\ Dönem = \frac{4}{3} x\ ortanılı\ geçiş = \frac{4}{3}\ x\ n_{normal}$$

KATMANLI ELASTİK DEĞERLENDİRME PROGRAMINDA HASARIN TANIMLANMASI

Katmanlı elastik yöntemi kullanarak esnek kaplamalar tasarlarken, yük tekrarları kaplamalara eşitlenir ve hem sınırlayıcı asfalt yatay gerilmesi hem de zemin dikey gerilme kriterleri kaplamalar açısından kontrol edilir. Ancak, esnek kaplamaları değerlendirirken, zemin gerilme kriteri yalnızca geçişler açısından kontrol edilir. Bu basitleştirme, değerlendirme kriterlerinin geliştirilmesinin erken aşamalarında benimsenmiştir çünkü zemin seviyesindeki geçişler (pass) yaklaşık olarak kapsamlara (coverage) eşittir. Aşağıdaki denklem, esnek kaplamaların katmanlı elastik değerlendirmesi için hasarı zemin kriteri açısından tanımlar bir sonraki denklem hasarı asfalt kriteri açısından tanımlar.

Geçişler (pass) Açısından Zemin Hasarı

$$d = \frac{uygulanan\ geçiş}{izin\ verilen\ geçş}$$

Asfalt Hasarları Kapsamları (coverage)

$$d = \frac{uygulanan\ kapsam}{izin\ verilen\ kapsam}$$

Rijit kaplamaların değerlendirilmesinde, beton tabakasının altındaki eğilme gerilmesi kriteri, aşağıdaki denklemde gösterildiği gibi kaplamalar açısından eğilme gerilmesi kriterine karşı kontrol edilir.

Kapsam (coverage) Açısından Beton Hasarı

$$d = \frac{uygulanan\ kapsam}{izin\ verilen\ kapsam}$$

Katmanlı elastik yöntem, $d_{thaw} = 0{,}25$ ve $d_{normal} = 0{,}75$ varsayılmasına gerek kalmadan normal ve çözülme zayıflamış dönemler için hasarın doğrudan hesaplanmasına izin verse de burada APE için özetlenen aynı prosedür katmanlı elastik analizde de uygulanır. Teoride, saha koşulları iki analiz dönemi arasında farklı bir hasar dağılımı gerektiriyorsa, analiz dönemleri arasındaki hasar dağılımı başka herhangi bir değere değiştirilebilir.

LEEP (WESPAVE) DON ANALİZİ

Daha önceki PCASE sürümleri LEEP analizi için WESPAVE katmanlı elastik modelini kullanmıştır. Mevcut PCASE sürümü, kullanıcının WESPAVE seçeneğini önceki kaplama değerlendirme sonuçlarını çoğaltacak şekilde ayarlamasına olanak tanır. WESPAVE seçeneği açıkken, normal ve çözülmeyle zayıflatılmış dönemler için AGL'ler, aşağıdaki ayarlanmış geçiş sayısı için değerlendirme yapılarak belirlenir.

$$\text{Çözülme Dönemi} = 4\ x\ ortanılı\ geçiş = 4\ x\ n_{thaw}$$

$$Normal\ Dönem = \frac{4}{3} x\ ortanılı\ geçiş = \frac{4}{3}\ x\ n_{normal}$$

LEEP (YULEA) DON ANALİZİ

Mevcut PCASE sürümü (7.x ve sonrası) LEEP'te YULEA katmanlı elastik modelini kullanır. YULEA kullanıldığında, normal ve çözülmeyle zayıflatılmış dönemler için AGL'ler, iki analiz dönemi boyunca hedef hasarları doğrudan aşağıdaki gibi ayarlayarak belirlenir.

$$\text{Çözülme sezonu} - Set\ d_{thaw} = 0{,}25$$

$$Normal\ sezon - Set\ d_{normal} = 0{,}75$$

KALICI DON (PERMAFROST) ÜZERİNDEKİ KAPLAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tipik olarak, permafrost üzerindeki kaplamalar yaz aylarında en zayıf hallerindedir. Permafrost yukarıdan aşağıya doğru çözülür ve alttaki donmuş permafrost nedeniyle tahliye edilemeyen fazla su ortaya çıkar. Kaplama değerlendirmeleri, yalnızca birkaç ay sürebilen zayıflamış durumda gerçekleştirilir. Bu, esasen bu bölümde daha önce tartışılan değerlendirme prosedürlerinin tam tersidir.

Bu durumda, kaplama değerlendirmesi kaplama zayıflamış durumdayken yaz aylarında ağırlıklı bir deflektometre (HWD) ile gerçekleştirilir. Doymuş çözülmüş katmanlar ve donmuş permafrost dahil olmak üzere her katman için modül değerleri belirlenir. Bu, yaz dönemi için yayınlanan AGL'ler için temel oluşturur. Kış dönemi için, daha önce çözülmüş katmanların (temel, alt temel ve zemin) donduğunda yaz değerlendirmesi sırasında donmuş permafrost için belirlenenlerle aynı modül değerlerine sahip olacağını varsayın. Alternatif olarak, kış dönemi boyunca modülün muhafazakâr bir tahminini belirlemek için yukarıda anlatılanları Tablo 53'teki faktörleri kullanarak uygulayın. Asfalt yüzey için modül değerlerinin yaz döneminde belirlenen değerlerle aynı olacağı varsayılır. Bu modül değerleri kış döneminde AGL'leri belirlemek için kullanılır.

EK 8 - HAVACILIK ALFABESİ

Tablo 54. Havacılık Alfabesi

A	Alpha
B	Bravo
C	Charlie
D	Delta
E	Echo
F	Foxtrot
G	Golf
H	Hotel
I	India
J	Juliet
K	Kilo
L	Lima
M	Mike
N	November
O	Oscar
P	Papa
Q	Quebec
R	Romeo
S	Sierra
T	Tango
U	Uniform
V	Victor
W	Whiskey
X	X-ray
Y	Yankee
Z	Zulu

EK 9 - TANIMLAR

-A-

Abrasion / Aşınma
Beton yüzeyinde sürtünmeye bağlı olarak gelişen yıpranma.

Absolute Accuracy / Kesin Doğruluk
Dünya koordinat sistemine göre tanımlanmış bir noktanın, küreselleşmeden kaynaklanan sapma oranı.

Absolute Coordinates / Kesin Koordinatlar
Bir noktanın dünya koordinat sistemine göre yerinin tam olarak belirlenmesi.

Absorption / Absorpsiyon
Bir katı veya sıvının çözünme ya da bileşik oluşturarak kütlesinde moleküllerin kimyasal veya fiziksel tecridi.

Accelerate-Stop Distance Available (ASDA) / Mevcut Hızlanma-Durma Mesafesi
TORA'nın uzunluğu artı durma sahasının (stopway) uzunluğu.

Accuracy / Doğruluk
Öngörülen veya ölçülen değer ile gerçek değer arasındaki uygunluk derecesi.

Active NOTAM / Aktif NOTAM
Gün ve saate göre aktif hale gelen NOTAM.

Advisory Circular / Tavsiye Niteliğindeki Genelge (Sirküler)
FAA tarafından 14 günde bir dağıtılan, tavsiye niteliğindeki genelgeler. Uçuş emniyeti ile ilgili bilgileri kapsar.

Adsorpsiyon / Adsorption
Moleküllerin bir katı veya sıvı yüzeyinde tutunması.

Aerated Concrete / Gaz Beton (Gözenekli Beton)
İnce ve silisli bir agrega ve inorganik bir bağlayıcı ile hazırlanan karışımın, gözenek oluşturucu bir madde katılarak hafifletilmesi yolu ile elde edilen hafif beton.

Aerodrome (AD) / Havaalanı
Hava araçlarının tamamen veya kısmen, inişi, kalkışı ve yer hareketi için kullanılması öngörülen, içerisindeki bina, teçhizat ve tesisat da dâhil olmak üzere karada veya suda belirlenmiş alan.

Aerodrome Elevation / Meydan Rakımı
İniş sahasının (pistin) en yüksek noktasının deniz seviyesinden olan yüksekliği.

Aggregate / Agrega
Uygun bir bağlayıcı vasıtasıyla örneğin bir kaplama oluşturmak için katı bir kütle halinde birleştirilebilen mineral parçaları veya parçacıkları için genel terim.

AIC (Aeronautical Information Circular) / Havacılık Bilgi Sirküsü
Bir NOTAM özelliği taşımayan ya da AIP'ye alınacak özelliği olmayan, ancak hava seyrüseferi uçuş emniyeti, teknik, idari ve hukuki konulardan oluşan bilgileri içeren uyarı yayınları.

AIP (Aeronautical Information Publication) / Havacılık Bilgi Yayını
Bir devlet veya o devletin yetkili kıldığı otorite tarafından yayımlanan, hava seyrüseferine temel teşkil eden ve son durumu bildiren havacılık bilgilerini içeren yayın.

AIRAC System / AIRAC Sistemi
Uçuş ve işletme açısından önemli değişiklikler yapılması gerektiğinde, ICAO tarafından belirlenen 28 günlük aralıklara göre ortak yürürlük tarihlerine bağlı kalarak değişiklikleri önceden bildirmeyi amaçlayan bir sistem.

Air Content / Hava İçeriği
Betondaki kapalı agrega boşlukları haricinde mevcut hava hacminin beton hacmine oranının yüzdesel ifadesidir.

Air Traffic / Hava Trafiği
Bir meydanın manevra sahasında hareket eden hava araçları ile uçuştaki hava araçların tamamı.

Air Traffic Flow Management / Hava Trafik Akış Yönetimi
Emniyetli, düzenli ve hızlı bir hava trafik akışına katkı sağlamak amacıyla mümkün olduğu ölçüde ATC kapasitesinden yararlanarak, trafik sayısının ilgili ATS otoritesince bildirilen kapasitelerle uygunluğunun sağlanması amacıyla verilen hizmet.

Air Traffic Services / Hava Trafik Hizmetleri
Çeşitli uçuş bilgi hizmetleri, uyarı hizmetleri, hava trafik danışmanlık hizmetleri ve hava trafik kontrol hizmetleri (saha, yaklaşma ve havalimanı kontrol hizmetleri) anlamına gelir.

Air Traffic Controller / Hava Trafik Kontrolörü
Hava trafik kontrolör lisansına haiz ve bu lisansa hizmet sağlayıcı kuruluş tarafından işlenmiş derece veya derecelerin verdiği yetkiler dahilinde doğrudan hava trafik kontrol hizmeti veren kişi.

Air Taxi (Hover Taxi) / Hava Taksi
Bir helikopterin yerden yaklaşık 100 feet yüksekliğe kadar gerçekleşen uçuşu.

Aircraft-Airplane / Hava Aracı-Uçak
Sabit yüzeyler üzerinde birtakım aerodinamik reaksiyonlarla havada tutunabilen, havadan ağır, motor gücüyle işleyen araç. Havadan ağır, motor gücü ile seyreden kara, deniz veya kara ve denize inip kalkabilen hava aracı.

Aircraft Accident Area / Uçak Kaza Kırım Bölgesi
Hareket sahaları ve yakınlarında uçak kazasının meydana geldiği bölge.

Aircraft Park Taxiway / Uçak Park Taksi Yolu
Apronun, uçak park yerine geçişi sağlayan taksi yolu olarak ayrılmış bölümü.

Aircraft Stand / Uçak Park Yeri
Bir apron üzerinde, bir uçağın park etmesi için kullanılmak üzere öngörülen belirli bir alan.

Aircraft Classification Rating / Uçak Sınıflandırma Derecesi (ACR)
Belirli bir standart zemin dayanımı için bir uçağın kaplama üzerindeki göreceli etkisini ifade eden sayı.

Airports Council International (ACI) / Uluslararası Havalimanları Konseyi
Merkezi Cenevre'de bulunan havalimanı işleticileri meslek birliğidir. Ticari amaçlı olmayan organizasyon, 2022 yılı itibarıyla 185 ülkeden 1.950 havalimanını temsil etmektedir. Hava limanı işleticileri ve ticari partnerleri arasındaki birlikteliği oluşturmak, havalimanı işletmeciliğinin geliştirilmesi, üyeler arasında ortak politikaların belirlenmesi için çalışmak ve havalimanı uzmanları ve yöneticileri için gerekli bilgilerin yayımlanması, konseyin amaçları arasındadır.

Airport-Aerodrome / Havalimanı
Uluslararası hava trafiği, geliş ve gidişlerine hizmet vermek amacıyla tesis edilmiş olup, gümrük, göçmenlik, halk sağlığı, hayvan ve bitki karantina işlemleri ve benzeri işlemlerin bünyesinde vakit kaybedilmeksizin yürütüldüğü hava meydanı.

Airside / Hava Tarafı
Hava meydanında, pistleri, taksi yollarını, apronları ve bunlara bitişik sahaları ve belirli durumlarda doğrudan uçuş faaliyeti amacıyla kullanılan bina ve yapıları veya bunların bazı kısımları ve bu bölümlerin hepsine girişin kontrollü olduğu yerler.

Airway / Havayolu
Koridor formatında oluşturulmuş kontrollü saha veya bu sahanın bir bölümü.

Alkali-Aggregate Reaction / Alkali Agrega Reaksiyonu
Portland çimentosundan veya bazı agrega bileşimlerinden gelen alkalilerle beton veya harç arasındaki kimyasal reaksiyon.

Alkali-Carbonate Reaction / Alkali Karbonat Reaksiyonu
Kalsitik kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı veya kalsit, kil içeren ince taneli dolomitik kireçtaşı agregalarından oluşan karbonat reaksiyonu.

Alkali-Silicate Reaction / Alkali Silika Reaksiyonu
Genellikle çimentodan kaynaklanan alkali oksitlerle (NA2O, K2O) reaktif silika formları içeren agregalar arasında oluşan, betonda genleşme etkisi yaratan kimyasal bir reaksiyon.

Alluvium / Alüvyon
Akarsular tarafından taşınan kil, kum, çakıl gibi kütle parçalarının, suyun akış hızının azalması sonucu elverişli yerlere birikmesiyle meydana gelen tortular.

Altimeter / Altimetre
Hava basıncını (havanın ağırlığını) ölçen bir çeşit madeni barometre.

Altitude / İrtifa
Bir seviye, nokta ya da nokta olarak kabul edilen bir cismin ortalama deniz seviyesinden ölçülen dikey mesafesi.

Apparent Specific Weight / Zahiri Özgül Ağırlık
Belli sıcaklık ve birim hacimdeki geçirimsiz agrega numunesinin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklık ve hacimdeki havası alınmış saf suyun havadaki ağırlığına oranı.

Apron / Apron
Bir kara havalimanında hava araçlarının yolcu, posta ve kargo indirme bindirme, yakıt ikmali, bakım ve park etme amaçlarına yönelik tanımlanmış alan.

Apron Taxiway / Apron Taksi Yolu
Bir apron üzerinde yer alan ve apron boyunca tam bir taksi güzergahı sağlaması amaçlanan bir taksi yolu sisteminin bir kısmını ifade eder.

Aquiclude / Geçirimsiz Formasyon
Birbiriyle bağlantılı boşlukları bulunmayan ve bu nedenle su alıp veremeyen formasyon.

ARFF Unit / ARFF Birimi
Havalimanlarında ve yakın çevresinde meydana gelebilecek uçak kaza kırım ve yangınları ile havalimanı sınırları içerisindeki bina ve tesislerde oluşabilecek yangınlara zamanında ve uygun müdahalede bulunarak maddi ve manevi kayıpları önlemek veya asgari seviyeye indirmek amacıyla havalimanlarında istihdam edilen kurtarma ve yangınla mücadele personeli tarafından oluşturulan birim.

Arrival Aerodrome / Varış Meydanı
Bir uçağın iniş yaptığı meydan.

Asphalt / Asfalt
Bitüm olarak da adlandırılan, petrolün sıvı veya yarı katı formunda oluşan yüksek viskoziteli bağlayıcı. Doğal yataklarda bulunabilir veya rafine edilmiş bir ürün olabilir.

Asphalt Concrete / Asfalt Beton
Asfalt betonu veya bitümlü beton olarak da adlandırılan, sıcak veya soğuk olarak yerleştirilen ve haddelenen, agrega ve asfalt veya bitümlü dolgu maddesinin dereceli bir karışımı.

Audit / Denetim
Kanıt elde etmek ve gerekliliklere ne ölçüde uyulduğunu belirlemek amacıyla nesnel olarak değerlendirmek için kullanılan sistematik, bağımsız ve belgelenmiş bir süreç anlamına gelir.

-B-

Balked Landing / Zorunlu Olarak Vazgeçilen İniş
Minimum karar irtifa/yüksekliğinin (OCA/H) altındaki herhangi bir noktada beklenmedik bir şekilde vazgeçilen bir iniş manevrası.

Band Pass Filter / Band Geçirgen Filtre
Ayarlandığı frekans aralığındaki frekansların geçişine izin veren, aralığın dışındaki freakansların geçmesini engelleyen elektronik filtre.

Basalt / Bazalt
Yer kabuğunun çatlaklarından dışarı çıkan erimiş lavların soğuyup katılaşmasıyla oluşan volkanik bir kayaç türüdür.

Base Course / Temel Tabakası (veya Temel)
Kaplama tabakası ile ince tesviye yüzeyi veya alt temel tabakası arasında bağlantıyı, yük dağılımını ve düzgünlüğü sağlayan, yola gelen yükleri taşıyan ve alt temel veya yol tabanına aktaran tabaka.

Bearing Capacity / Taşıma Gücü
Taşıma kapasitesi veya kaplama mukavemeti olarak da adlandırılan, bir kaplamanın uygulanan yükü sürdürme yeteneğinin ölçüsüdür.

Binder / Binder
Asfaltın bağlayıcı tabakası.

Bitumen / Bitüm
Keskin bir koku, alev ve koyu duman çıkararak yanan, karbon ve hidrojen bakımından çok zengin doğal yakıt maddelerinin genel adı.

Bog Soil / Bataklık Toprağı
Turba üzerine süzülmüş toprak tabakası veya bataklık altında kalan bataklık bitkisi ile örtülü toprak zemin.

Build-Operate-Transfer (BOT)/ Yap-İşlet-Devret (YİD)
Yap-İşlet-Devret modeli, bir kamu hizmeti veya faaliyeti işinin sabit bir fiyat üzerinden, tüm giderleri özel teşebbüs tarafından karşılanarak, yatırım yapılan ülkenin üretilen mal ya da hizmetleri satın alma garantisi altında projelendirilmesi, finanse edilmesi, inşa edilmesi, korunması, bakımı ve kârının gerçekleştirilmesinden sonra tesisin ve yönetiminin bedelsiz olarak ilgili kamu kurum ve kuruluşlarına devir ve teslimini sağlayan modeldir.

Bulk Modulus / Hacim Modülü
Basınç yüklemesine maruz kalan bir malzemenin hacmindeki azalmayı tarif eden elastik bir özellik.

-C-

California Bearing Ratio / Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR)
Toprağın taşıma oranı, toprağın penetrasyon yükünü standart bir malzemeninkiyle karşılaştırarak belirlenir. Laboratuvarda Sıkıştırılmış Zeminlerin CBR'sine yönelik Standart Test Yöntemi bir ASTM standardıdır (ASTM D1883).

Cement / Çimento
Ana hammaddeleri kalkerli kil olan ve mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla vs.) yapıştırmada kullanılan bir malzeme.

Civil Aviation Authority / Sivil Havacılık Otoritesi
Herhangi bir uluslararası hava sahası içinde ICAO tarafından sorumlu tahsis edilen ve iç hat sınırları içerisinde havacılık kullanıcılarına hizmet sağlamakla yükümlü organizasyon.

Civil Air Navigation Services Organization (CANSO) / Sivil Hava Seyrüsefer Hizmetleri Örgütü
Birçok hükûmet, hava seyrüsefer hizmetlerinin sağlanması sorumluluğunu sivil hizmet birimlerinden bağımsız organizasyonlara aktarmaktadır. Bu organizasyonların büyük çoğunluğu doğrudan devlet kontrolünde olmakla birlikte, bazıları da tamamen özelleştirilmiştir. CANSO bu organizasyonların birleşerek oluşturduğu bir meslek birliğidir.

Civil-Military Coordination / Sivil-Asker Koordinasyonu
Hava seyrüsefer emniyeti, etkinliği ve hava sahasının uyumlu kullanımını sağlamak için gerekli, sivil ve askerî birimler arasındaki iletişim.

Clay / Kil
Kalker, silis, mika ve demiroksit içeren, 0,002 mm'den daha küçük taneli, sarı ve kırmızı renk tonlarında görülen, su çekme özelliği bulunan, $(m)Al_2O_3(n)SiO_2.(p)H_2O$ genel kimyasal bileşim formülüyle ifade edilen, plastisite, kohezyon, renk ve büzüşme özellikleri ile tanımlanan malzeme.

Clearway / Aşma Sahası
Üzerinde bir uçağın belirli bir yüksekliğe kadar ilk tırmanışının bir bölümünü gerçekleştirebileceği uygun bir alan olarak seçilmiş veya hazırlanmış, ilgili otoritenin kontrolü altında bulunan, yerde veya su üzerinde belirlenmiş dikdörtgen bir saha.

Coal Tar / Katran
Meşe odununun kuru olarak damıtılmasıyla ortaya çıkan madde.

Coarse Aggregate / İri Agrega
En büyük agrega tane çapının 4 mm veya daha fazla olduğu; en küçük agrega tane çapının ise 2 mm veya daha fazla olduğu agregaya verilen ad.

Coefficient of Transmissivity / Geçirimlilik Katsayısı
Birim hidrolik eğim altında bir akiferin birim genişliğinden suyun transfer edilme hızı.

Code / Kod
SSR sorgulayıcısına cevap veren cevaplayıcı tarafından yayılan sinyallerde bulunan verilerin kombinasyonu.

Cohesion / Kohezyon
Bir maddenin moleküllerini bir arada tutan, aynı cins moleküller arasında bulunan çekim kuvveti.

Colloid / Kolloid
Çapı 0,002 – 1x10-6 mm arasında değişen kil veya organik madde bileşimi.

Compressed Stabilized Filling Ground / Sıkıştırılmış Stabilize Dolgu Zemin
Zemin emniyet gerilmesi 0,7-1,0 kg/cm² olan zeminler.

Concrete Compressive Strenght / Beton Basınç Dayanımı
Betonun basınç mukavemeti standart kür koşullarında saklanmış (20 °C ±2°C kirece doygun su içerisinde), 28 günlük silindir (15 cm çap, 30 cm yükseklik) veya küp (15 cm kenarlı) numuneler üzerinde ölçülür.

Concrete Design / Beton Dizaynı
Döküm yapılacak beton ile ilgili tüm tasarımlar.

Concrete Mix Ratio / Beton Karışım Oranı
1 m^3 yerine yerleştirilmiş beton içerisine girecek olan malzemelerin kg cinsinden miktarları.

Concrete Mixing Water / Beton Karma Suyu
Kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirmeye yarayan sıvı.

Concrete Cure / Beton Kürü
Beton yerleştirildikten sonra veya beton ürünlerinin imalatından sonra oluşabilecek su kaybını engellemek ve hidratasyon reaksiyonlarının uygun şekilde ve zamanda gerçekleşmesini sağlamak için yapılan işler.

Composite Pavement / Kompozit Kaplama
Ayırıcı granüler katmanlara sahip olan veya olmayan hem esnek hem de sert katmanlardan oluşan bir kaplama.

Correlation / Korelasyon
Korelasyon, olasılık kuramı ve istatistikte iki rassal değişken arasındaki doğrusal ilişkinin yönünü ve gücünü belirtir. Genel istatistiksel kullanımda korelasyon, bağımsızlık durumundan ne kadar uzaklaşıldığını gösterir. Farklı durumlar için farklı korelasyon katsayıları geliştirilmiştir. Bunlardan en iyi bilineni Pearson çarpım-moment korelasyon katsayısıdır. İki değişkenin kovaryansının, yine bu değişkenlerin standart sapmalarının çarpımına bölünmesiyle elde edilir. Pearson ismiyle bilinmesine rağmen ilk olarak Francis Galton tarafından bulunmuştur. Uçuş yolu ve profili konusunda SSR kod tanımlaması, coğrafi ve zaman kontrollerini temel alan uçuş planı verileri ve pozisyon vektörü arasında ilişki oluşturan fonksiyon.

Coordinate / Koordinat
Bir pozisyon ya da yeri belirlemesi amacıyla enlem/boylam olarak (derece/dakika/saniye) ifade dilen referans değerler.

Coordination Fix / Koordine Fiksi
Üniteler arasında devir noktası, kontrolün transferi, terminal giriş-çıkış noktaları olarak kullanılan bir seyrüsefer yardımcısı ya da fiks olarak belirlenen pozisyon.

Corrosion / Korozyon
Elektrokimyasal etki sonucu malzemede oluşan kütle kaybı.

Crack / Çatlak
Doğal sebepler, trafik etkisi ya da alttaki bir tabakadan yansıma sebebiyle kaplama içinde meydana gelen ayrılma.

Crosswind / Yan Rüzgâr
Bir uçağın takip ettiği rotaya ya da kullanılan piste paralel olmayan 90 derecelik dik rotada esen rüzgâr yönü.

Cyclic Redundancy Check (CRC) / Döngüsel Artıklık Kontrolü
Veri kaybı veya değişikliğine karşı bir güvence seviyesi sağlayan, verinin dijital olarak ifade edilmesine uygulanan matematiksel bir algoritma.

-D-

Data Accuracy / Veri Doğruluğu
Tahmin edilen veya ölçülen değer ile gerçek değer arasındaki uyum derecesi.

Data Completeness / Veri Tamlığı
Amaçlanan kullanımı desteklemek için gereken tüm verilerin sağlandığına dair güven derecesi.

Data Integrity / Veri Bütünlüğü
Bir havacılık verisinin ve değerinin, oluşturulmasından veya resmî olarak yapılan değişiklikten bu yana kaybolmadığına veya değiştirilmediğine dair bir güvence derecesi.

Data Quality / Veri Kalitesi
Bir verinin, kullanıcılar için doğruluk, bütünlük ve çözümsellik açısından belirlenen gereklilikleri karşılaması/sağlaması amacıyla belirlenen güvenlik derecesi/seviyesi.

Data Set / Veri Seti
Tanımlanabilir veri koleksiyonu (ISO 19101). ISO 19115'e göre aynı ürün spesifi kasyonunu paylaşan veri seti koleksiyonları veri seti dizisi (data set series) olur. ISO 19131'e uygun olan veri seti veya veri seti dizisi, veri ürünü (data product) özelliğini kazanır.

Datum / Başlangıç Noktası
Başka miktarların hesaplanmasına yönelik bir referans veya esas niteliğinde olabilecek herhangi bir miktar veya miktarlar seti.

De-Icing/Anti-Icing Vehicle / De-Icing /Anti-Icing Aracı
Buzlanmayı çözücü/önleyici kimyasal maddelerin uçaklara uygulanması için kullanılan özel donanımlı araçlar.

Dead Load-Live Load / Statik Yük-Dinamik Yük
Statik yük, bir yapının statik, hareketsiz ağırlığını veya onun ayrılmaz bir parçasını oluşturan kalıcı bileşenleri ifade eder. Öncelikle yapı malzemelerinin ağırlığından ve duvarlar, kirişler, kolonlar, çatılar ve döşemeler gibi sabit tesisatlardan oluşur. Esasen, statik yük sabit kalır ve yapıda değişiklikler yapılmadığı sürece zamanla değişmez.
Statik Yükün Özellikleri:
Sabit ağırlık: Statik yük sabit kalır ve yapısal değişiklikler yapılmadığı sürece zamanla dalgalanmaz.
Kalıcı niteliktedir: Yapının doğal bir parçasını oluşturan yapı elemanlarının ve bileşenlerinin ağırlığını içerir.
Dikey dağılım: Statik yük, yerçekimi kuvveti nedeniyle dikey olarak aşağı doğru uygulanır ve yapısal elemanlar üzerinde tutarlı bir basınç uygular.
Statik yükün aksine, dinamik yük, yapıların insan işgali, mobilya, araçlar ve diğer geçici faktörler nedeniyle maruz kaldığı geçici veya hareketli yükleri ifade eder. Dinamik yükler, yapının amaçlanan kullanımı ve işgali onları etkilediğinden, zamanla büyüklük ve konum bakımından değişir. Dinamik yükler sabit olmadığından, mühendislerin güvenlik ve tasarım amaçları için dikkate alması gereken yapıya dinamik kuvvetler uygularlar.
Dinamik Yükün Özellikleri:
Değişken büyüklük: Dinamik yük değerleri, yapının işgaline ve kullanımına göre değişir. Örneğin, bir konut katı, ticari bir kattan farklı yükler yaşar.

Geçici niteliktedir: Dinamik yükler kalıcı olarak sabit değildir ve zamanla sakinler ve aktiviteleri dalgalandıkça değişebilir.
Dinamik dağılım: Dinamik yükler farklı yerlere uygulanabilir ve yapı içinde hareket edebilir, bu da yapısal elemanlar üzerinde değişken kuvvetlere neden olur.
Ayırt Edici Faktörler:
Doğa: Statik yük kalıcı, statik ağırlıklardan oluşurken, dinamik yük geçici, değişken yükleri kapsar.
Büyüklük: Statik yük, yapının ağırlığını içerdiği için genellikle dinamik yükten daha yüksektir, dinamik yük ise yapıya uygulanan geçici yükleri hesaba katar.
Zaman Bağımlılığı: Statik yük sabit kalırken, dinamik yük yapı içinde meydana gelen işgal ve aktivitelere bağlı olarak değişebilir.
Tasarım Hususları:
Yapı mühendisleri, güvenliği sağlamak ve yapısal yenilmeyi önlemek için asma katlar tasarlarken ölü ve dinamik yükleri dikkate alırlar. Statik yükler genel mukavemet ve denge gereksinimlerini belirlerken, dinamik yükler öngörülen kullanım senaryoları için tasarımı etkiler. Dinamik yüklerdeki belirsizlikleri ve değişimleri hesaba katmak için tasarım sürecine uygun güvenlik faktörleri dahil edilir.
Özetle, statik yük ve dinamik yük yapı mühendisliğinde önemli kavramlardır. Statik yük, bir yapının ve bileşenlerinin kalıcı ağırlığını ifade ederken, dinamik yük, işgal tarafından uygulanan değişken, geçici yükleri temsil eder.

Degradation / Degradasyon
Atmosferik, hidrolik, biyolojik ve diğer faaliyetler sonucunda kayaların, sarp kayalıkların, yeryüzü katmanlarının ve akarsu yataklarının aşınması ve ayrışması.

Departure Clearance / Kalkış Müsaadesi
Kalkış sonrası izlenecek yolu ve tırmanılacak seviyeyi belirleyen talimatlar.

Departure Control / Kalkış Kontrolü
Kalkıştan sonra belli bir süre boyunca, kalkan IFR uçuşlara sağlanan hava trafik kontrol hizmeti.

Departure Slot / Kalkış Slotu
Uçağın kalkışını yapmasının zorunlu olduğu zaman.

Departure Time / Kalkış Zamanı
Uçağın pistten teker kestiği kalkış zamanı.

Destination Alternate / Varış Yedek Meydanı
İniş için önceden düşünülmüş meydana inişin mümkün olmadığı veya tavsiye edilmediği hallerde uçakların kullanabileceği meydan.

Diabase / Diyabaz
Klinopiroksen, ojit, olivin, magnetit ve ilmenit içeren, yeşil renkli ve aşınma dayanımı yüksek bir kayaç.

Dispenser / Akaryakıt Hidrant Aracı
Apron üzerinde bulunan akaryakıt ikmal deposu ile irtibatı bulunan yakıt pit'i/valfi ile uçak arasında yakıt dolum işlemini gerçekleştiren ve üzerinde pompa, sayaç, mikro filtre, dolum hortumları gibi donanımları bulunan araç.

Dispersivity / Dispersivite
Gözenekli bir matrisin kendi içerisinden geçen bir izleyicinin yayılmasına neden olma özelliği.

Distance Measuring Instrument (DMI) / Mesafe Ölçüm Cihazı
Ölçüm aracının kat ettiği boylamsal mesafeyi belirlemek için kullanılan bir dönüştürücü.

Distillation / Distilasyon
Asfaltın damıtılması.

Dry Unit Weight / Kuru Birim Ağırlık
Zemin ya da kaya katı maddesinin ağırlığının zemin veya kaya kütlesinin toplam hacmine oranı.

Ductility / Düktilite
Standart kalıpta bitümün çekilerek uzaması.

Dummy Joint / Yalancı Derz
Öngörülen noktalarda sonradan kesilen derzdir.

Durability / Dayanıklılık
Yapı malzemelerinin ve yapıların, işlevlerini uzun yıllar boyu bozulmadan yerine getirmelerine denir.

-E-

Elasticity Modulus / Elastisite Modülü (E)
Bir malzemenin elastiklik modülü, onun sertliğinin bir ölçüsüdür. Kendisine uygulanan stresin, ortaya çıkan elastik gerinime bölünmesine eşittir.

Elevated Heliport / Yükseltilmiş Heliport
Kara üzerinde yükseltilmiş bir yapı üzerinde bulunan bir heliport.

Ellipsoid Height (Geodetic Height) / Elipsoit Yükseklik (Geodetik Yükseklik)
Söz konusu noktanın içinden elipsoit dış dikme boyunca ölçülen, referans elipsoit ile ilgili yükseklik.

Enroute / Yol Aşaması
Kalkış noktası ile bitiş aşamasına kadar seyrüsefer operasyonunun bir safhası.

Enroute Airspace / Yol Aşaması Hava Sahası
Tırmanma, düz uçuş veya alçalma aşamasındaki uçuşlara hava trafik hizmetinin sağlandığı terminal sahaları dışında tanımlanmış hava sahası.

Error / Hata
Ölçülen değer ile fiziksel değer arasındaki meydana gelen farklılık.

European Aviation Safety Agency (EASA) / Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı
Avrupa hava sahasının emniyetini temin etmek amacıyla gerekli mevzuat ve uygulamaları tesis ve takip etmek üzere 2002 yılında faaliyete başlayan, 2010 yılı itibarıyla JAA'in birçok yetki ve sorumluluğunu devralan ve 2022 yılı itibarıyla büyük çoğunluğu AB üyesi olmak üzere toplam 31 devletin üye olduğu bir havacılık otoritesidir. Türkiye henüz EASA'ya üye olmamakla beraber, EASA tarafından üye olmayan devletlerle Avrupa Birliği havacılık emniyeti kurallarının uygulanması konusunda iş birliği yapılması amacıyla oluşturulan Pan-Avrupa Ortakları (PANEP) arasında yer almaktadır.

European Organisation for the Safety of Air Navigation / Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı (EUROCONTROL)
Avrupa seyrüsefer emniyetini sağlamak üzere kurulan ve Türkiye'nin de üyesi olduğu çok uluslu organizasyon.

Expansion Joint / Genleşme Derzi
Beton tam kürünü aldıktan sonra ortam sıcaklığına bağlı olarak genleşmesi ya da çekmesi ile betonda istenmeyen çatlamalar oluşmasını engellemek için betonun yapısına göre ortalama 30 metre aralıklarda bırakılan derzler.

-F-

Federal Aviation Administration / Federal Havacılık İdaresi
Federal Havacılık İdaresi (FAA), ABD Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde yer alan ve Amerika Birleşik Devletleri'nde ve çevresindeki uluslararası sularda sivil havacılığı düzenleyen bir ABD federal hükümet kurumudur. Yetkileri arasında hava trafik kontrolü, personel ve uçakların sertifikasyonu, havalimanları için standartların belirlenmesi ve ticari uzay araçlarının fırlatılması veya yeniden girişi sırasında ABD varlıklarının korunması yer alıyor. FAA, Ağustos 1958'de Sivil Havacılık İdaresi'nin (CAA) yerine Federal Havacılık Ajansı olarak kuruldu. 1967'de FAA, yeni kurulan ABD Ulaştırma Bakanlığı'nın bir parçası oldu ve Federal Havacılık İdaresi olarak yeniden adlandırıldı.

Filler / Filler
#200 altında kalan malzeme (asfalt için).

Final Approach and Take-Off Area (FATO) / Son Yaklaşma ve Kalkış Alanı
Havada asılı kalmaya veya inişe yönelik yaklaşma manevrasının son aşamasının üzerinde tamamlandığı ve kalkış manevrasının başlatıldığı belirli bir alan.

Fine Aggregate / İnce Agrega
En büyük agrega tane çapının 4 mm'den küçük veya eşit olduğu agregaya verilen ad.

Finisher / Finişer
Asfalt serimini yapan makinedir. Beton finişeri de betonun serimini yapar.

Fineness Modulus / İncelik Modülü
Agrega gradasyon özelliği hakkında bilgi sağlayan ampirik bir sayısal değer.

Fire Hydrant / Yangın Hidrant
Su dolum hattı.

Flexible Pavement / Esnek Kaplama
Zemin ile yakın teması koruyan ve yükleri alt zemine dağıtan ve stabilite için agrega kenetlenmesine, parçacık sürtünmesine ve kohezyona bağlı olan bir kaplama yapısı.

Flexural-Tensile Strength / Eğilme-Gerilme Dayanımı
Üç noktadan yüklenen basit kiriş ile betonun eğilme ve gerilme dayanımının belirlenmesini kapsayan deney.

FOD Clean-Up Chart / FOD Temizlik Aracı
PAT sahalarının FOD'dan arındırılması için kullanılan özel donanımlı temizlik aracı.

Foreign Object Damage / Yabancı Madde Hasarı
Havalimanı veya havayolu personeli ile uçakların zarar görebileceği, uçağa veya yakın çevresine ait olmayan nesne.

Fork Lift / Fork Lift
Yüklerin istiflenmesinde ve kısa mesafe taşımalarında kullanılan, yükü kaldırma/indirme, ayrıca taşıma özelliğine sahip olan özel donanımlı araç.

Fresh Concrete / Yaş Beton
Beton agregaları, çimento, su ve katkı maddeleri karıştırıldıktan sonra döküme hazır hale getirilmiş taze beton.

Frost Resistance / Don Dayanımı
Agreganın don ve çözülmelerde ufalanmaya karşı dayanıklılığının belirlenmesine ve değişen hava şartlarında agreganın göstereceği dayanımın tespitine yönelik deney.

Fuel Hydrant / Yakıt Hidrantı
Hava aracına hızlı ve yüksek miktarda yakıt ikmal edebilmek üzere kurulmuş yer altı yakıt boru sistemi.

-G-

General Air Traffic / Genel Hava Trafiği
ICAO kural ve uygulamalarının tüm uçuşları kapsaması.

General Aviation / Genel Havacılık
Ücret karşılığı veya kiralama yolu ile yapılan tarifeli ve tarifesiz hava taşımacılık faaliyetleri dışında eğitim ve sportif amaçlı faaliyetler, hava taksi, vb. tüm sivil havacılık faaliyetleri.

Geodetic Datum / Yüzey Referans Bilgisi
Global referans sistemine göre yerel referans sisteminin yerleşim ve oryantasyonunun tanımlanması amacıyla gerek duyulan azami parametreler bütünü.

Glide Path (GP) / Süzülüş Yolu
Aletli yaklaşma sisteminin bir parçasıdır. Piste göre dikey olarak güvenli bir süzülüş açısıyla yaklaşmayı sağlar.

Global Navigation Satellite System (GNSS) / Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi
Gerekli teknik ekipmanlarla donatılmış, dünya çapında pozisyon, hız ve zaman belirlenmesi konularında kullanılan uydu sistemidir.

Global Positioning System (GPS) / Küresel Konumlandırma Sistemi
Uzaydan yapılan hız, zaman, pozisyon belirleme ve geliştirme sistemi.

GNSS Accuracy / Küresel Seyrüsefer Uydu Sisteminin Doğruluğu
GNSS tarafından belirtilen pozisyon ve zamanın, gerçek pozisyon ve zamana göre uygunluğu (veya hata payı).

Gradation / Gradasyon
Agrega tanelerinin büyüklüklerine göre gösterdikleri tane dağılım oranına verilen isim.

Grading / Granülometri
Kum, çakıl, kırmataş gibi yapı malzemelerinin elek analizleri sonucunda tane dağılımlarının belirlenmesi.

Grain Size Curve / Granülometri Eğrisi
Kum, çakıl, kırmataş gibi yapı malzemelerinin elek analizleri sonucunda tane dağılımlarının belirlenmesi sonucunda çizilen grafiksel eğri.

Granüle Ariyet İmla / GAİ
Granülometrisi ile diğer koşulları belli olan doğal kum, doğal çakıl veya kırmataş ile az miktarda bağlayıcı ince malzemeden oluşan dolgu malzemesi.

Gross Weight / Bütün Kütle
Brüt ağırlık olarak da adlandırılan uçağın maksimum park veya taksi kütlesi.

Groundwater Level / Yeraltı Suyu Seviyesi
Bir akifer su tablasının veya piyezometrik yüzeyinin belirli bir yer ve zamandaki kotu.

-H-

Hangar / Hangar
Hava meydanlarında uçakların bakım ve onarımlarının yapılması veya muhafaza edilmesi amacıyla kullanılan genellikle büyük yapılı binalar.

Hareket PAT (Pist-Apron-Taksi Yolu) Sahası
Hava araçları ve bunların faaliyetleri ile ilgili araç ve gereçlerin hareket ve park edilmesinde kullanılan asfalt, beton ve toprak yapıdaki pist, apron ve taksi yolları ile yakın çevresi.

Height / Yükseklik
Bir nokta, seviye ya da nokta olarak kabul edilen bir cismin referans olarak alınan yere olan dikey mesafesi.

Helicopter Air Taxiway / Helikopter Hava Taksi Yolu
Helikopterlerin havada taksi yapmaları için oluşturulmuş yüzey üzerinde belirli bir yol.

Helicopter Ground Taxiway / Helikopter Yer Taksi Yolu
Tekerlekli iniş takımına sahip helikopterlerin yerdeki hareketi için öngörülmüş yer, taksi yolu.

Helipad / Heliped (Küçük Heliport)
Helikopterleri kullanan pilotların aletsiz ve görerek uçuş kuralları (VFR) dahilinde iniş-kalkış yapabildikleri, basit teknik yapılar dışında önemli üstyapı tesisleri bulunmayan heliport.

Heliport / Heliport
Helikopterlerin iniş, kalkış ve yer hareketlerini tamamen veya kısmen yapabilmelerine elverişli alan.

Holding Point / Bekleme Noktası (Uçak için)
Pisti ihlal etmeden kalkış için taksi yapan uçağın bekleyebileceği tanımlanmış bir saha.

Holding Procedure / Bekleme Usulü
Bir uçağın sonraki ATC müsaadesini beklerken belirlenmiş bir hava sahasında tutulması için önceden belirlenmiş manevra.

-I-

IATA Airport Code / IATA Havalimanı Kodu
IATA tarafından havalimanlarını belirtmek üzere verilen üç harfli koddur. Genellikle, havalimanının bulunduğu şehrin adında yer alan harfl er baz alınarak oluşturulur.

ICAO Airport Code/Location Indicator / ICAO Yer Gösterge Kodu
ICAO'nun 7910 No.lu dokümanında tanımlanan kurallara göre tespit edilen ve uçuş planlaması vb. uçuş operasyonlarında havalimanlarını belirtmek için kullanılan dört harfl i kodlardır. Avrupa'da yer alan havalimanlarının kodları "L" harfi ile; Türkiye'deki havalimanlarının kodları "LT" ile başlar.

ICAO Region / ICAO Bölgesi
ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü) anlaşmasını imzalayarak ulusal ve uluslararası hava sahalarında hava seyrüsefer hizmeti sağlayan devletleri içeren bölge.

Initial Approach Segment / İlk Yaklaşma Bölümü
İlk yaklaşma fiksinde başlayan ve uçağın ara yaklaşma safhasına girmesi için gerekli manevraları içeren bölüm.

Integrated Aeronautical Information Package / Bütünleştirilmiş Havacılık Bilgi Paketi
AIP, AIP Düzeltmeleri (AIP AMDT ve AIRAC AIP AMDT), AIP Ekleri (AIP SUP), NOTAM, Uçuş–öncesi Bilgi Bültenleri (PIB), A IC, kontrol listeleri ve özetleri.

International Air Transport Association (IATA) / Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
Hava yolu ile yolcu ve kargo taşımacılığı yapılan havalimanlarında tarife ve yetkilendirmelerin düzenlenmesinden ve denetlenmesinden sorumlu kuruluştur. 1945 yılı Nisan ayında Küba'da kurulan IATA'ya 2022 yılı itibarıyla 120 farklı ülkeden 290 hava yolu işletmesi üyedir. IATA'nın başlıca görev ve hedefl eri, hava taşımacılığının güvenilir, ekonomik ve düzenli yapılabilmesi, hava ticaretinin gelişmesi ve ilgili problemlerin çözülmesi, ICAO ve diğer uluslararası örgütlerle iş birliği yapılması olarak sıralanabilir.

Instrument Landing System (ILS) / Aletli İniş Sistemi
Yaklaşma işlemi boyunca pilota dikey ve yatay rehberlik yapan ve elektronik cihazlardan oluşan hassas aletli yaklaşma sistemi.

Instrument Runway / Aletli Pist
a) *Hassas olmayan yaklaşma pisti.* Direkt bir yaklaşma için yeterli olan, en azından istikamet bilgisi sağlayan görsel yardımcıların ve bir görsel olmayan yardımcının hizmet verdiği bir aletli pist.
b) *Hassas yaklaşma pisti, Kategori I.* karar yüksekliğinin en az 60 m (200 ft) olduğu ve görüş mesafesinin en az 800 m veya pist görüş mesafesinin en az 550 m olduğu operasyonlar için öngörülen, ILS ve/veya MLS ve görsel yardımcılar ile hizmet veren bir aletli pist.
c) *Hassas yaklaşma pisti, Kategori II.* Karar yüksekliğinin 60 m'den (200 ft) az olduğu, fakat 30 m'den (100 ft) az olmadığı ve pist görüş mesafesinin en az 300 m olduğu operasyonlar için öngörülen, ILS ve/veya MLS ve görsel yardımcılar ile hizmet veren bir aletli pist.
d) Hassas yaklaşma pisti,
    i. *Kategori III. A* - Karar yüksekliğinin 30 m'den (100 ft) az olduğu, veya hiçbir karar yüksekliğinin bulunmadığı ve pist görüş mesafesinin en az 175 m olduğu operasyonlar için öngörülen,
    ii. *Kategori III. B* - Karar yüksekliğinin 15 m'den (50 ft) az olduğu, veya hiçbir karar yüksekliğinin bulunmadığı ve pist görüş mesafesinin 175 m'den az olduğu, fakat 50 m'den az olmadığı operasyonlar için öngörülen,
    iii. *Kategori III. C* - Hiçbir karar yüksekliğinin ve hiçbir pist görüş mesafesi sınırlamasının bulunmadığı operasyonlar için öngörülen, pist yüzeyine doğru ve pist yüzeyi boyunca ILS ve/veya MLS ile hizmet veren bir aletli pist.

-J-

Joint Sealant / Derz Dolgusu
Derz kesme işleminden sonra sıra derzlerin esnek bir malzeme ile doldurulması işlemi.

-K-

Known Traffic / Tanımlı Trafik
Hava trafik kontrol merkezince hakkında yükseklik, pozisyon ve niyeti ile ilgili bilgi sahibi olunan trafik.

-L-

Landing Area / İniş Sahası
Hareket sahasının hava araçlarının iniş ve kalkışları için ayrılmış bölümü.

Landing Clearance / İniş Müsaadesi
Bilinen bir uçağa uygun havalimanı koşulları dahilinde verilen iniş müsaadesi.

Landing Distance / İniş Mesafesi
İniş yüzeyinin üzerinde seçilen bir yükseklikte yaklaşma yolu üzerindeki bir noktadan uçağın tamamen durduğu iniş yüzeyindeki noktaya kadar uçağın katettiği yatay mesafe.

Landing Distance At Time Of Arrival / Varış Anındaki İniş Mesafesi (LDTA)
İniş performansı verilerine ve iniş sırasındaki mevcut koşullar için belirlenen ilgili prosedürlere dayalı olarak normal operasyonlarda ulaşılabilen iniş mesafesini ifade eder.

Landing Distance Available (LDA) / Mevcut İniş Mesafesi
İlgili Otorite tarafından mevcut olduğu beyan edilen ve iniş yapan bir uçağın yerdeki koşusu için uygun olan pist uzunluğu.

Landing Roll / İniş Koşusu
Uçağın piste teker koyma noktasıyla, duracağı veya pisti terk edeceği nokta arasındaki mesafe.

Landside / Kara Tarafı
Bir hava meydanında doğrudan uçuş faaliyetlerine dahil olmayan terminal binalarını, diğer tüm yapıları, kullanımlı veya boş sahaları içine alan, ana giriş yolu/yolları kontrol noktasından başlayarak hava tarafı dışında kalan hava meydanı bölümü.

Lateral Navigation / Yanal Gezinme
Belirli bir uçağın yolu, söz konusu kaplamanın uzunlamasına ekseni üzerinde merkezlenen yola göre istatistiksel olarak öngörülebilir bir modelde sapacaktır. Bu olaya yanal gezinme adı verilir.

Lateral Separation / Yatay Ayırma
Farklı rotalar veya farklı coğrafi bölgelerde uçan aynı irtifadaki uçaklar arasındaki yatay mesafe.

Lean Concrete / Zayıf Beton
Havalimanlarında temel yerine dökülen düşük dozlu beton.

Liquid Limit / Likit Limit
Zeminlerin plastik halden likit hale geçtiği deney sonucunda, elde edilen su içeriği değeri. Yüzde olarak ifade edilir (w_l).

Local Authority / Yerel Otorite
Hava meydanlarında güvenlik tedbir ve tertiplerinin geliştirilmesi ve uygulanmasından sorumlu olan mülki idare amiri (MİA).

Los Angeles Abrasion Test / Los Angeles Aşınma Deneyi
Agreganın aşınmaya dayanıklığının belirlenmesinde kullanılan deney yöntemi.

-M-

Manoeuvring Area / Manevra Alanı
Manevra alanı, apronlar hariç olmak üzere, bir havalimanının uçakların kalkışı, inişi ve taksi yapması için kullanılacak kısmı anlamına gelmektedir.

Maximum Landing Weight (MLW) / Azami İniş Ağırlığı
Bir hava aracının normal şartlarda iniş için izin verilen azami toplam ağırlığıdır.

Maximum Take-Off Weight (MTOW) / Azami Kalkış Ağırlığı /
Hava aracının uçuşa elverişlilik sertifikasında, uçuş el kitabında veya diğer resmî kayıtlarda belirtilen kalkışa elverişli azami ağırlığı.

Mean Aerodynamic Chord / Ortalama Aerodinamik Akor (MAC)
MAC, tüm kanadın iki boyutlu bir temsilidir. Kanadın tamamı üzerindeki basınç dağılımı, MAC'ın aerodinamik merkezi etrafındaki tek bir kaldırma kuvvetine ve bir momente indirgenebilir. Ağırlık merkezi konumu MAC yüzdesi olarak ifade edilir.

Metretül (mtül)
Bir ölçüsü daha önceden belirli olan ya da kararlaştırılan 2 boyutlu alanların tek boyutlu yani uzunluk birimi cinsinden ölçülmesi şeklindeki hesaplama yöntemidir. Kısaca mt ya da mtül şeklinde de ifade edilmektedir. Metretül hesabında en önemli nokta, diğer hakediş-metraj işlemlerinde olduğu gibi mtül ölçüm yönteminin işin başında netleştirilerek yanlış anlaşılmaların, istismar ya da hak kayıplarının önlenmesidir.

Microcrack / Mikro Çatlak
Beton üzerinde oluşan, gözle görülemeyen, çok ince çatlak.

mill / mil
Bir inçin binde biri, inç kullanan birimler sisteminde türetilmiş bir uzunluk birimidir. Bir inçin 1/1000'ine eşit olan bu değer, genellikle thou θ olarak ifade edilir. Bu birim metrik olmayan ülkelerde en yaygın olarak mühendislik ve imalatta kullanılır. Uluslararası mühendislik bağlamlarında, mil Kuzey Amerika'da resmi bir birim adı olduğundan karışıklık ortaya çıkabilir, ancak mil veya mill aynı zamanda milimetrenin yaygın olarak kullanılan günlük dilde kısaltılmış bir biçimidir. Birimler oldukça farklıdır: bir milimetre yaklaşık 39 mildir.

Minimum Fuel / Asgari Yakıt
Bir uçağın kabul edilebilir bir miktarda gecikmeli veya gecikmesiz olarak varış yerine ulaşması için gerekli olan yakıt miktarı.

Minimum Obstacle Clearance Altitude (MOCA) / Asgari Mânia Müsaade İrtifası
Belirli bir uçuş bölümü için gerekli mânia kleransını (engellerden açıklığı) sağlayan asgari irtifayı ifade eder. Her bir yol dilimi için belirlenir ve yayımlanır.

Modified Bitumen / Modifiye Bitüm
Üretim sırasında bir ya da daha fazla kimyasal katkı kullanılarak reolojik özellikleri iyileştirilen bitüm.

Moisture / Nem
Nem, havada bulunan su buharı miktarıdır.

Mortar (Mixture) / Harç
Mineral esaslı bir bağlayıcı, harç kumu, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin uygun oranlarda karışımları ile oluşturulan bir yapı malzemesi.

Movement Area (Runway-Apron-Taxiway) / PAT (Pist-Apron-Taksi Yolu) Sahası
Hava araçları ve bunların faaliyetleri ile ilgili araç ve gereçlerin hareket ve park edilmesinde kullanılan asfalt, beton ve toprak yapıdaki pist, apron ve taksi yolları ile yakın çevresi.

-N-

Natural Ground / Doğal Zemin
Arazinin hafriyatınının yapılmamış ve kotlanmamış, halihazırdaki vaziyeti, dokunulmamış ve bozulmamış zemin.

Near-Parallel Runways / Paralele Yakın Pistler
Uzatılmış merkez hatlarının yakınsama/sapma açısı 15 derece veya daha az olduğu, kesişmeyen pistler.

NOTAM
Uçuş harekâtı ile ilgili görevlileri herhangi bir havacılık hizmetine, kolaylığına, yöntemine veya tehlikesinin varlığına, koşullarına ya da bunlardaki herhangi bir değişikliğe ilişkin bilgilerden zamanında haberdar etmek amacıyla özel bir formatta hazırlanmış havacılara uyarı yayını.

NOTAM Code / NOTAM Kodu
Bir kod grubu daima Q harfiyle başlayan 5 harften oluşmaktadır. Diğer harfler radyo cihazlarının kurulumu pozisyonu, değişimi, havalimanı ve ışıklandırma kolaylıkları, uçuştaki tehlikeler veya arama-kurtarma işlemlerini temsil eder.

-O-

Obstacle / Mania
a) Uçakların yüzey hareketi için öngörülen bir alanda bulunan; veya
b) Uçuş halindeki uçakların korunması için öngörülen belirli bir yüzey üzerinde uzanan; veya
c) Bu tanımlanmış yüzeylerin dışında duran ve hava seyrüseferi için tehlike olarak belirlenmiş tüm sabit (ister geçici olsun isterse daimî) ve hareketli cisimler veya bunların parçaları.

Obstacle Limitation Surface / Mania Sınırlama Yüzeyi
Nesnelerin hava sahasına doğru çıkabileceği sınırları tanımlayan bir yüzey anlamına gelir.

Obstacle Protection Surface / Mania Koruma Yüzeyi
İlgili otoritenin görüşüne göre, yeni cisim veya uzantının mevcut bir taşınmaz cisim tarafından perdeleneceği durumlar haricinde, üzerinde mevcut cisimlerin veya uzantılarının bulunmasına izin verilmeyen, görerek yaklaşma eğim gösterge sistemi için oluşturulmuş bir yüzey anlamına gelir.

Off-Course / Yol Dışı
Uçağın rapor ettiği pozisyonun veya radarda görüldüğü noktanın, hava trafik kontrol ünitesinin uçağı serbest kıldığı yol dışında olması durumu.

Off-Route Vector / Yol Dışına Vektör
Uçağın manialardan korunması sağlanarak, hava trafik kontrol ünitesi tarafından önceden serbest kılındığı yol dışına vektör edilmesi.

-P-

Parallel ILS Approach / Paralel ILS Yaklaşması
Paralel pistlere yaklaşan IFR uçakların, son yaklaşma hattına oturduklarında birbirleri arasında en az 2 NM radar ayırması sağlanmış olması durumu.

Parallel Runways / Paralel Pistler
Aynı havalimanında merkez hatları birbirine paralel olan 2 veya daha fazla sayıdaki pistleri ifade eder. Paralel pistlerde pist numarasına ilave olarak L (left/sol) ve R (right/sağ) veya 3 paralel pist var ise L (left/ sol), C (center/ merkez) ya da R (right/ sağ) olduğu belirtilir.

Parking Position / Park Yeri
Bir uçağın park ettiği veya park etmesinin planlandığı tanımlanmış saha.

Pavement Classification Rating (PCR) / Kaplama Sınıflandırma Derecesi
Sınırsız işlemler için bir kaplamanın taşıma mukavemetini ifade eden bir sayı.

Pavement Structure / Kaplama Yapısı (veya kaplama)
Trafik yükünü desteklemek ve zemine dağıtmak için bir zemin üzerine yerleştirilen alt temel, temel tabakası ve yüzey tabakasının birleşimi.

Permeability / Geçirgenlik /
Geçirgenlik, bir membranın, her iki tarafında bulunan maddeleri bir taraftan diğer tarafa geçirebilme yeteneği. (Osmoz veya difüzyon ile)

Pitch / Zift
Ham katranın destilasyon bakiyesi.

Plant Mix Base / Plentmiks Temel
Belirli gradasyon limitleri içerisinde sürekli gradasyon verecek şekilde kaba ve ince olmak üzere en az üç ayrı tane boyutu grubunun uygun oranda su ile bir plentte karıştırılmasıyla hazırlanan malzemenin projesinde belirtilen

plan, profil ve enkesitlere uygun olarak bir ya da birden fazla tabakalar halinde serilip sıkıştırılmasıyla oluşturulan tabaka.

Plastic Limit (w_P) / Plastik Limit
Zeminin plastik halden katı hale geçtiği deney sonucunda elde edilen su içeriği değeridir. Yüzde olarak ifade edilir.

Poisson Ratio / Poisson Oranı
Yüklü bir numunenin enine gerinimlerinin boyuna gerinimlerine oranı.

Polymer Modified Bitumen / Polimer Modifiye Bitüm (PMB)
Genellikle asfalt kaplamalarda tekerlek izi oluşumunu, kaplamalardaki çatlakları, bitümün oksidasyonunu ya da kaplamanın sudan dolayı zarar görmesini kontrol altına almak amacıyla bitüme bir ya da daha fazla organik polimerler karıştırılması ile oluşan bitümlü bağlayıcı.

Polymer Modified Bitumen Emulsion / Polimer Modifiye Bitüm Emülsiyonu
Dağıtılan fazı polimer modifiye bitüm olan emülsiyon ya da lateks ile modifiye edilen bitüm emülsiyonu.

Pore Water / Boşluk Suyu
Kaya çatlakları arasında bulunan su.

Portland Çimento Betonu (PCC)
Dereceli agreganın Portland çimentosu ve su ile karışımı.

Precipitation / Yağış
Atmosferden yeryüzüne düşen bütün sulu yağışlar (yağmur, dolu, kar).

Primary Runway(s) / Ana Pist(ler)
Şartlar müsait olduğunda diğerlerine nazaran kullanılması tercih edilen pist(ler).

-Q-

Quality Assurance-Quality Check (QA/QC) / Kalite Güvencesi-Kalite Kontrol
“Kalite güvencesi” süreç odaklıdır ve kusur önlemeye odaklanırken, “kalite kontrolü” ürün odaklıdır ve kusur tanımlamaya odaklanır. Buradaki “kusur" terimi "ürün kusuru” anlamına gelir.

Quality Management System (QMS) / Kalite Yönetim Sistemi
Kalite yönetim sistemleri, bir kuruluş içerisinde hedeflenen kalitenin gerçekleşmesi için planlı ve stratejik bir şekilde sürdürülen faaliyetlerin tamamıdır.

-R-

Ramp Service / Ramp Hizmeti
Apronda uçakların park ettirilmesi, yolcu, bagaj ve kargonun yüklenmesi, boşaltılması ve apronda ihtiyaç duyduğu diğer hizmetlerin (de-/anti-icing, temiz su ikmali, foseptik, yolcu merdiveni, air starter, APU, uçak temizliği vb.) tamamı.

Rapid Exit Taxiway / Hızlı Çıkış Taksi Yolu
İnen uçakların, piste dar bir açıyla bağlanan ve diğer çıkış taksi yollarında yapılandan daha yüksek hızlarla dönüş yapmasını sağlayan, böylece pistin işgal süresini azaltan taksi yolu.

Ready Mixed Concrete / Hazır Beton
Bilgisayar kontrolüyle istenilen oranlarda bir araya getirilen malzemelerin, beton santralinde veya mikserde karıştırılmasıyla üretilen ve tüketiciye taze beton olarak teslim edilen betondur.

Rejected Take-Off Area / Reddedilmiş Kalkış Alanı
Bir heliport üzerinde bulunan, performans sınıfı 1’de işletilen helikopterlerin bir reddedilmiş kalkışı tamamlamaları için elverişli olan belirli bir alan.

Restricted Area / Tahditli Saha
Bir ülkenin hükümranlık bölgesinde olup içinde uçuş yapılmasının belli şartlara bağlandığı sahalar.

Rigid Pavement / Rijit Kaplama
Beton kaplama olarak da adlandırılan, nispeten yüksek bükülme direncine sahip bir Portland çimentolu beton levhaya sahip, yüzey tabakası olarak yükleri zemine dağıtan bir kaplama yapısı.

Risk Analysis / Risk Analizi
Kötü hava koşullarının devam etme süresini analiz eden ve riski belirleyen bir çalışma.

Rubber-Paint-Skid Mark Removal Vehicle / Lastik İzi ve Boya Silme Aracı
PAT sahalarında lastik izi ve boyaların silinmesinde kullanılan özel donanımlı araç.

Runway / Pist
Uçakların inişi ve kalkışı için hazırlanmış bir kara havalimanı üzerinde belirlenmiş dikdörtgen alan.

Runway-Holding Position / Pist Bekleme Pozisyonu
Havalimanı kontrol kulesi tarafından başka şekilde onaylanmadıkça, taksi yapan uçakların ve araçların duracağı ve bekleyeceği bir ILS/MLS kritik/hassas alanını, bir mania sınırlama yüzeyini veya bir pisti korumak üzere öngörülen belirli bir yer.

Runway End Safety Area (RESA) / Pist Sonu Emniyet Sahası
Esasen piste erken temas eden veya pistte duramayan bir uçağın hasar riskini azaltmak üzere tasarlanmış, pist merkez hattı uzantısına simetrik ve şerit sahanın sonuna bitişik bir saha.

Runway Heading / Pist İstikameti
Pist merkez hattı uzantısına tekabül eden manyetik istikamettir. Ancak bu, pist üzerinde yazılı pist numarası değildir. Örneğin bir pistin numarası 04 olabilir (04 pisti diye adlandırılır), ancak pistin manyetik başı 044 derecedir. Pist numaraları bu manyetik uçuş başlarının yuvarlanmasıyla oluşturulur.

Runway Number / Pist Numarası
Pist merkez hattı uzantısına tekabül eden manyetik istikamettir. İstikametleri pilotlara manyetik kuzeye göre gideceği yönü gösteren bir görsel yardımcıdır. Pistin manyetik kuzey ile yaptığı açı eğer 2 basamaklı bir sayı ise bunun önüne "0" konularak pist numaraları bu manyetik uçuş başlarının yuvarlanmasıyla oluşturulur. 01 ile 36 arasında bir sayıdır. Mutlaka iki basamaklı yazılır. Örn: 44/224 olan pistin pist başı numarası 04/22 olur.

Runway Strip / Pist Şeridi
Aşağıdaki amaçlar için öngörülmüş, pisti ve -varsa- durma uzantısını içeren belirli bir alan:
a) Pistten çıkan bir uçağın göreceğ hasar riskini azaltmak; ve
b) Kalkış veya iniş operasyonları sırasında üzerinden uçan uçakları korumak için.

Runway Turn Pad / Pist Dönüş Cebi
Bir pist üzerinde 180 derecelik bir dönüşü tamamlamak amacıyla bir piste bitişik bir kara havalimanı üzerindeki belirli bir alan.

Rutting / Oluk (tekerlek izinden oluşan)
Asfalt kaplamalarda araçların tekerlek izleri boyunca meydana gelen çökmeler.

-S-

Safety Area / Emniyet Sahası
Hava seyrüsefer amaçlı gerekli olanlar dışında, manialardan arındırılmış olan FATO'yu çevreleyen bir heliport üzerinde bulunan ve kazaen FATO'dan sapan helikopterlerin hasar görme riskini azaltmayı amaçlayan belirli bir alan.

Sand / Kum
Çapı 0,06 ile 2 mm arasında değişen, silisli kütlelerin, kayaların, doğal etkenlerle parçalanarak ufalanmasından ya da kayaların parçalanmasıyla oluşan, genellikle kuvars esaslı granüler, kuru ve doygun halde kohezyonsuz, ancak belirli nem altında kohezyon gösteren malzemedir. Çakıl ile birlikte karıştırılarak temel ve temelaltı tabakalarında kullanılabilir.

Segregation / Segregasyon (Ayrışma)
Betonu oluşturan malzemenin birbirinden ayrılması ve betonun üniformluğunu yitirmesi.

Short Distance Take-Off And Landing Aircraft / Kısa Mesafede İniş- Kalkış Yapabilen Uçak
Uygulanabilir STOL karakteristiği, yeterliliği, gürültü ve kirlilik standartlarıyla uyumlu bir STOL meydandan operasyon yapabilecek, onaylanmış operasyon ağırlığı limitlerinde bir ağırlığa sahip uçak.

Shrinkage (Contraction) / Büzülme
Deney numunesinin herhangi bir doğrultudaki boyutunda, hızlandırılmış belirli kuruma şartları altında, ağırlıkça doygun halden dengeli ağırlık ve boyut durumuna geçişinde kuruma nedeniyle oluşan değişim.

Shoulder / Banket
Kaplama ile bitişiğindeki yüzey arasında geçiş sağlayacak şekilde hazırlanmış, kaplamanın kenarına bitişik bir alan.

Sieve Analysis / Elek Analizi
Laboratuvar ölçekli bir çeneli kırıcıda verilen malzeme karışımının parçacık boyutunun küçültülmesi ve küçültülen parçacıkların eleklerden geçirilerek parçacık boyut dağılımının hesaplanması.

Slump / Slamp (Çökme)
Çökme. Betonun (kıvamının) ölçülebilen oturması.

Slump Cone / Çökme Konisi
Çökme deneyinde kullanılan, kesik koni biçiminde, iki ucu açık metal alet.

Slump Test / Çökme Deneyi
Beton kıvamını belirlemek için yapılan deney.

Soil Mechanics / Zemin Mekaniği
Zemin kitlelerinin, iç zemin mekaniği ve dış kuvvetler altındaki statik permabilite ve dinamik dengelerini inceleyen bir bilim dalı.

Specific Weight / Özgül Ağırlık
Belli hacim ve sıcaklıktaki bir malzemenin havadaki ağırlığının, aynı hacim ve sıcaklıktaki damıtık suyun havadaki ağırlığına oranıdır.

Standby Point / Bekleme Noktası
Acil durumun çeşidine göre kurtarma ve yangınla mücadele ekiplerinin daha etkin olabilmeleri için hazır bulundukları bölgeler.

Stone Mastic Asphalt / Taş Mastik Asfalt /
Kaba agrega danelerinin birbirine temasının sağlandığı bir iskelet ile boşlukları dolduran ince agrega, filler ve bitümlü bağlayıcıdan oluşan, aşınma tabakasında kullanılan bir sıcak karışım.

Stopway / Durma Uzantısı
Vazgeçilen bir kalkış halinde uçağın durdurulabileceği uygun bir alan olarak hazırlanmış, mevcut kalkış pistinin sonunda ve yerde bulunan belirli bir dikdörtgen saha.

Subbase Layer / Alt Temel Tabakası
Bir temel tabakayı desteklemek için bir zemin üzerine yerleştirilen, tasarlanmış kalınlıkta, seçilmiş malzemeden tabaka veya tabakalar.

Subgrade / Zemin
Kaplama tarafından iletilen yükleri destekleyen doğal veya inşa edilmiş toprağın üst kısmı aynı zamanda formasyon temeli olarak da adlandırılır.

Surface Layer / Yüzey Tabakası
Bir kaplama yapısının en üst tabakası, aynı zamanda aşınma tabakası olarak da anılır.

Surface Movement Radar / Yer Hareket Radarı
Havalimanı içerisinde hava taşıtı ve diğer tüm taşıtları içeren hareketli cisimleri belirleyen ve bunları kontrol kulesindeki radar gösterge ekranına aktaran radar cihazı.

-T-

Take-Off Alternate / Yedek Kalkış Havalimanı
Bir hava aracının, kalkıştan az sonra gerekebilecek ve kalktığı (ayrıldığı) havalimanını kullanamayacak olması durumunda inebileceği yedek havalimanı.

Take-Off Distance Available (TODA) / Mevcut Kalkış Mesafesi
TORA'nın uzunluğu artı aşma sahasının (stopway+clearway) uzunluğu.

Take-Off Run Available (TORA) / Mevcut Kalkış Koşu Mesafesi
Kalkış yapan bir uçağın yerdeki hareketi için mevcut ve uygun olduğu beyan edilen pist uzunluğu. (pist-kaydırılmış eşik (eğer varsa)).

Take-Off Runway / Kalkış Pisti
Sadece kalkış amaçlı kullanılan pistler.

Taxi / Taksi
Uçağın yerde yaptığı hareket anlamındadır: park yerinden kalkış koşusuna başlayana kadar olan kalkış taksi ve geliş taksi kavramlarını içine alan safha.

Taxi Holding Position / Taksi Bekleme Pozisyonu
Taksi yapmakta olan uçak ve diğer araçların, pistten yeteri kadar uzaklıkta bekletilmeleri için belirtilmiş pozisyon.

Taxing / Taksi Yapma
Bir hava aracının hava meydanında iniş ve kalkış koşuları hariç, kendi motor gücü ile yapmış olduğu manevra.

Taxiway / Taksi Yolu
Bir kara meydanında hava araçlarının taksi yapmaları ve meydanın bir noktasını diğerine bağlamayı amaçlayan tanımlanmış yollar olup aşağıdaki bölümlere ayrılır:
A) Hava aracı bekleme taksi yolu: Apronun bir parçası olup; hava aracına yalnızca bekleme imkânı tanınan bölüm.
B) Apron taksi yolu: Taksi yolları ağının bir parçası olup; hava aracının apronu katetmesine imkân veren bölüm.
C) Hızlı taksi yolu: Pistle uygun bir açı ile bağlantısı olan ve iniş yapan hava aracının pisti en az işgal edecek şekilde yüksek bir hızda terk etmesine imkân veren taksi yolu.

Terminal / Terminal
Yolcuların uçuş öncesi ve uçuş sonrası işlemleri yapılan, bünyesinde hava ulaştırma hizmeti ile ilgili kuruluş ve kolaylık tesislerini bulunduran bina veya binalar grubu.

Threshold / Eşik
Pistin iniş için kullanılacak bölümünün başlangıcı.

Touchdown Zone (TDZ) / Teker Koyma Bölgesi
Pist eşiğinin ilerisinde bulunan ve uçakların iniş sırasında ilk temas etmesi istenilen pist bölümü.

Tow-Bar / Uçak Çeki Demiri
Uçak ile uçak itme/çekme aracı (tow-car) arasına takılarak uçağın itilmesi ve çekilmesi işlemlerinde kullanılan teçhizat.

Tow-Car / Uçak İtme/Çekme Aracı
Uçakların itilmesi/çekilmesi işlerinde kullanılan özel donanımlı araç.

Track / Rota
Bir uçağın çizdiği yolun, yer üzerindeki izdüşümü olup, istikameti herhangi bir noktada kuzeyden (hakiki, manyetik veya grid) derece olarak ifade edilir.

Triaxial Compression Test / Üç Eksenli Sıkışma Deneyi
Zeminlerin efektif sıkışma dayanımlarının belirlenebildiği deney yöntemi. Sabit hücre basıncı altında, izotropik konsolidasyon ve artan eksenel deformasyon koşullarının sağlanarak, örneğin sıkıştırılarak, makaslanması işlemlerini kapsar.

-U-

Unit Weight Test / Birim Ağırlık Deneyi
Hacmi bilinen birim ağırlık kapları ve tartı ile yapılan deney.

Unrestricted Area / Tahditsiz Alan
Bir hava meydanında, genel kamuya açık veya girişin başka şekilde tahditsiz olduğu bölümleri.

-V-

Vehicle Service Road / Araç Servis Yolu
Genel olarak PAT Sahalarının araç trafiğince kullanılması için çizgilerle belirlenmiş kısmı.

Viscosity / Viskozite
Kimyasal maddelerin kıvamlılığını ifade için kullanılan bir terim olup, o maddenın akmaya karşı gösterdiği direncin bir ölçüsüdür.

Void Ratio / Boşluk Oranı
Belirli bir gözenekli ortam örneğindeki boşluk hacminin katı parçacık hacmine oranı.

VOR (VHF Omnidirectional Radio Range) / VOR
Pilota; manyetik kuzeye göre uçağın yönünü ve seçilen bir rayale göre pozisyonunu bildiren VHF bandında yayın yapan yer tabanlı seyrüsefer yardımcı cihaz.

-W-

Wake Turbulence / Kuyruk-Dümensuyu Türbülansı
Atmosferde bir hava aracının geçişinden kaynaklanan doğa olayları. İtme kuvveti akıntısı türbülansını, girdapları, jet rüzgârını, tepkili motor rüzgârını, pervane rüzgârını ve havada ve yerde motor rüzgârını kapsayan bir terimdir

Water Cement Ratio / Su Çimento Oranı
Taze betonda etkili su içeriğinin, çimento kütlesine oranıdır

Wet Unit Weight / Yaş Birim Ağırlık
Agrega yaklaşık 15 saat suda bekletilip, daneler içindeki boşluklar tamamen suyla dolduktan sonra belli bir sıcaklıkta ve birim hacimdeki agreganın havadaki ağırlığının, aynı sıcaklık ve hacimdeki havası alınmış saf suyun havadaki ağırlığına oranı.

Wingspan / Kanat Açıklığı
Bir hava aracında bir kanat ucuyla diğer kanat ucu arasındaki doğrusal mesafeyi ifade eder

Workability / İşlenebilirlik
Taze hazırlanmış beton karışımının işlenebilirliğinin tespiti slump ve sıkışma faktörü deneyleri ile belirlenir. İşlenebilirlik tam sıkışmayı temin edebilmek üzere tatbik edilmesi gereken enerji miktarını tayine yarayan, betona mahsus bir özelliktir.

World Geodetic System (WGS) / Dünya Jeodezik Sistemi
Hava seyrüseferi için temel olacak tüm enlem ve boylamların ölçümünün yapıldığı kabul edilmiş yeryüzü ölçüm sistemidir.

-Y-

Young Modulus / Elastisite Modülü
Statik hesaplamada bir gerilimin, kısalma ya da eğilme miktarına bölünmesi ile bulunan değerdir.

-Z-

Zero Fuel Weight / Sıfır Yakıt Ağırlığı
Tam ekipmanlı ve yakıtsız bir hava aracının yolcu, bagaj ve kargo dahil ağırlığıdır.

EK 10 - KISALTMALAR

2D	:	Dual Tandem Landing Gear / Çift Tandem İniş Takımı
2D/2D	:	Multiple Dual-Tandem Landing Gear / Çoklu Çift Tandem İniş Takımı
A/A	:	Air to air / Havadan havaya
A/D	:	Aerodrome / Havameydanı
A/P	:	Airport / Havalimanı
AAPTP	:	Airfield Asphalt Pavement Technology Program / Havalimanı Asfalt Kaplama Teknolojisi Programı
AASHTO	:	American Association of State Highway and Transportation / Amerikan Devlet Karayolu ve Ulaştırma Birliği
AC	:	Advisory Circular / Tavsiye Genelgesi
ACAP	:	Airplane Characteristics for Airport Planning / Havalimanı Planlaması için Uçak Karakteristikleri
ACC	:	Area Control Center / Saha kontrol merkezi
ACN	:	Aircraft Classification Number / Uçak Sınıflandırma Numarası
ACR	:	Aircraft Classification Rating / Uçak Sınıflandırma Derecelendirmesi
ACPA	:	American Concrete Pavement Association / Amerika Beton Kaplamalar Birliği
ADG	:	Airplane Design Group / Uçak Tasarım Grubu
ADEP	:	Aerodrome of Departure / Kalkış havalimanı
ADES	:	Aerodrome of Destination / İniş havalimanı
ADIP	:	Airport Data and Information Portal / Havalimanı Veri ve Bilgi Portalı
ADT	:	Average Daily Traffic / Ortalama günlük trafik
AFB	:	Air Force Base / Hava Üssü
AFI	:	Air Freezing Index / Hava Don Endeksi
AIM	:	Aeronautical ınformation Management / Havacılık bilgi yönetimi
AIC	:	Aeronautical Information Circular / Havacılık Bilgi Sirküsü
AIP	:	Aeronautical Information Publication / Havacılık Bilgi Yayını
AIRAC	:	Aeronautical Information Regulation and Control / Havacılık Bilgi Düzenleme ve Kontrol
AMR	:	Airport Master Record / Havalimanı Ana Kaydı
ANOVA	:	Analysis of Varianca / Varyans Analizi
ANSI	:	American National Standarts Institute / Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
AOA	:	Airport Operations Area / Havalimanı Operasyon Alanı
APE	:	Airport Pavement Evaluation / Havalimanı Kaplama Değerlendirmesi
APN	:	Apron
APMS	:	Airport Pavement Management System / Havalimanı Kaplama Yönetim Sistemi
APSDS	:	Airport Pavement Design System Knowledge Base / Havalimanı Üstyapı Tasarım Sistemi Bilgi Tabanı
ARS	:	Average Rectified Slope / Ortalama Düzeltilmiş Eğim
ASDA	:	Accelerate-Stop Distance Available / Mevcut hızlanma-durma mesafesi
ASTM	:	American Society for Testing and Materials / Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
ATC	:	Air Traffic Control / Hava Trafik Kontrol
ATCC	:	Air Traffic Control Center / Hava Trafik Kontrol Merkezi
AYGM	:	General Directorate of Infrastructure Investments / Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
BBI	:	Boeing Bump Index / Boeing Çarpma İndeksi
BSI	:	British Standarts Institute / İngiliz Standartlar Enstitüsü
CAT I	:	Category I (One) Approach / Kategori 1 Yaklaşması
CAT II	:	Category II (Two) Approach / Kategori 2 Yaklaşması
CAT III	:	Category III (Three) Approach / Kategori 3 Yaklaşması
CBR	:	California Bearing Ratio / Kaliforniya Taşıma Oranı
CCTV	:	Closed Circuit TV / Kapalı devre TV sistemi
CDD	:	Cumulative Degree Days / Kümülatif Derece Günleri
CDF	:	Cumulative Damage Factor / Kümülatif Hasar Faktörü
CEN	:	European Committee for Standardization / Avrupa Standart Komitesi
CF	:	Crest Factor / Tepe Faktörü
CG	:	Centre of Gravity / Ağırlık Merkezi
COV	:	Coefficient of Variations / Varyasyon Katsayısı
CRCP	:	Continuously Reinforced Concrete Pavement / Sürekli Betonarme Kaplama
CRREL	:	Cold Regions Research and Engineering Laboratory / Soğuk Bölgeler Araştırma ve Mühendislik Laboratuvarı
CTB	:	Cement Treated Base / Çimento ile İyileştirilmiş Temel
CWY	:	Clearway / Aşma sahası
D	:	Dual Wheel Landing Gear / Çift Tekerlekli İniş Takımı

DCP	:	Dynamic Cone Penetrometer / Dinamik Konik Penetrometre
DEG	:	Degrees / Derece
DHMİ	:	General Directorate of State Airports Authority / Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü
DGCA	:	The Directorate General of Civil Aviation / Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
DIA	:	Denver International Airport / Denver Uluslararası Havalimanı
DIN	:	Deutsches Institut für Normung / Alman Standartlar Enstitüsü
DoD	:	Department of Defense / Savunma Bakanlığı
DSM	:	Dynamic Stiffness Modulus / Dinamik Sertlik Modülü
DSWL	:	Derived Single Wheel Load / Türetilmiş Tek Tekerlek Yükü
DUPE	:	Duplication / Mükerrer
DVOR	:	Doppler VOR (Very High Frequency Omni Directional Radio Range)
E	:	Elastic modulus / Elastik modülü
EATMS	:	European Air Traffic Management System Avrupa Hava Trafik Yönetim Sistemi
ESWL	:	Equivalent Single Wheel Load / Tek teker yük eşdeğeri
ETD	:	Estimated Texture Depth / Tahmini Doku Derinliği
EUPAVE	:	European Concrete Paving Association / Avrupa Beton Kaplama Birliği
FAA	:	Federal Aviation Administration / Federal Havacılık İdaresi
FAARFIELD	:	FAA Rigid And Flexible Iterative Elastic Layer Design / FAA Rijit ve Esnek Yinelemeli Elastik Katman Tasarımı
FAIR	:	Frost Area Index of Reaction / Don Bölgesi Reaksiyon İndeksi
FASSI	:	Frost Area Soil Support Indices / Don Bölgesi Zemin Destek İndeksleri
FATO	:	Final Approach And Take-Off Area / Son Yaklaşma Ve Kalkış Sahası
FDD	:	Freezing Degree Days / Donma Derecesi Günleri
FG	:	Frost Group / Don Grubu
FHWA	:	Federal Highway Administration / Federal Karayolu İdaresi
FOD	:	Foreign Object Damage / Yabancı Madde Hasarı
FWD	:	Falling Weight Deflectometers / Düşen Ağırlık Deflektometreleri
GA	:	General Aviation / Genel Havacılık
GHCN	:	Global Historical Climatology Network / Küresel Tarihsel İklim Ağı
GIS	:	Geographic Information System / Coğrafi bilgi sistemi
GLONASS	:	Global Orbiting Navigation Satellite System Küresel Yörünge Seyrüsefer Uydu Sistemi (Rusya)
GLOW	:	Gross Lift-Off Mass / Brüt Kalkış Kütlesi
GPS	:	Global Positioning System / Küresel konumlandırma sistemi
GPR	:	Ground-Penetrating Radar / Yer Radarı
GSOD	:	Global Surface Summary of Day / Küresel Yüzey Gün Özeti
HEL	:	Helikopter
HI-LO	:	High-Low Mechanical Detector / Mekanik Pürüzlülük Dedektörü
HMA	:	Hot Mix Asphalt / Sıcak Sıcak Karışımlı Asfalt
HWD	:	Heavy Weight Deflectometer / Ağır Ağırlık Deflektometresi
IATA	:	International Air Transport Association / Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği
ICAA	:	International Civil Airports Association / Uluslararası Sivil Havalimanları Birliği
ICAN	:	International Commission for Air Navigation / Uluslararası Hava Seyrüsefer Komisyonu
ICAO	:	The International Civil Aviation Organization / Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü
IEEE	:	Institute of Electrical and Electronics Engineers / Elektrik ve Elektronik Mühedisleri Enstitüsü
IR	:	İnfrared / Kızılötesi
IRI	:	International Roughness Index / Uluslararası Pürüzsüzlük İndeksi
ISM	:	Impulse Stiffness Modulus / Darbe Sertlik Modülü
JPCP	:	Jointed Plain Concrete Pavement / Derzli Düz Beton Kaplama
LBR	:	Lime Rock Bearing Ratio / Kireç Taşıma Oranı
LCCA	:	Life Cycle Cost Analysis / Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi
LDA	:	Landing Distance Available / Mevcut İniş Mesafesi
LEA	:	Layered Elastic Analysis / Katmanlı Elastik Analiz
LEAF	:	Layered Elastic Analysis Function / Katmanlı Elastik Analiz Fonksiyonu
LET	:	Layered Elastic Theory / Katmanlı Elastik Teori
LLNL	:	Lawrence Livermore National Laboratory / Lawrence Livermore Ulusal Laboratuvarı
LTE	:	Load Transfer Efficiency / Yük Transfer Verimliliği
LTPP	:	Long-Term Pavement Performance / Uzun Vadeli Kaplama Performansı
LVDT	:	Linear Variable Differential Transducers / Doğrusal Değişken Diferansiyel Dönüştürücüler

MAGW	:	Maximum Allowable Gross Weight / İzin Verilebilir Maksimum Brüt Ağırlık
MET	:	Method of Equivalent Thickness / Eşdeğer Kalınlık Yöntemi
MEW	:	Manufacturer's Empty Weight / Üretici Boş Ağırlığı
MGTOW	:	Maximum Gross Takeoff Weights / Maksimum Brüt Kalkış Ağırlığı
MLAW	:	Maximum Landing Weight / Azami İniş Ağırlığı
MMAC	:	Mike Monroney Aeronautical Center / Mike Monroney Havacılık Merkezi
MPD	:	Mean Profile Depth / Ortalama Profil Derinliği
MRW	:	Maximum Ramp Weight / Maksimum Hareket Ağırlığı
MSD	:	Mean Segment Depth / Ortalama Segment Derinliği
MTD	:	Mean Texture Depth / Ortalama Doku Derinliği
MTOW	:	Maximum Takeoff Weight / Maksimum Kalkış Ağırlığı
MTW	:	Maximum Taxi Weight / Maksimum Taksi Ağırlığı
MZFW	:	Maximum Zero Fuel Weight / Azami Sıfır Yakıt Ağırlığı
NAPTF	:	National Airport Pavement Test Facility / Ulusal Havalimanı Kaplama Test Tesisi
NASR	:	National Airspace System Resources / Ulusal Hava Sahası Sistem Kaynakları
NATO	:	North Atlantic Treaty Organization / Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
NCEI	:	National Centers for Environmental Information / Ulusal Çevresel Bilgi Merkezleri
NCHRP	:	National Highway Cooperative Research Program / Ulusal Karayolu Ortak Araştırma Programı
NFS	:	Nonfrost Susceptible / Donmaya Duyarlı Değil
NOAA	:	National Oceanic and Atmospheric Administration / Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi
NOTAM	:	Notice to Airman / Havacılara Bildiri
NDT	:	Non-Destructive Test / Tahribatsız Deney
PCA	:	Portland Cement Association / Portland Çimento Birliği
PCASE	:	Pavement-Transportation Computer Assisted Structural Engineering / Kaplama-Ulaşım Bilgisayar Destekli Yapı Mühendisliği
PCC	:	Portland Cement Concrete / Portland Çimento Betonu
PCI	:	Pavement Condition Index / Kaplama Durum İndeksi
PCN	:	Pavement Classification Number / Kaplama Sınıflandırma Numarası
PCR	:	Pavement Classification Rating / Kaplama Sınıflandırma Derecelendirmesi
PCS	:	Pavement Condition Survey / Kaplama Durumu Araştırması
PD	:	Profile Depth / Profil Derinliği
PDDL	:	Pavement Deflection Data Logging / Kaplama Defleksiyon Verilerinin Kaydedilmesi
PIARC	:	World Road Association (eski adı Permanent International Association of Road Congress) / Dünya Yol Birliği
PENS	:	PAN European Network Service / PAN Avrupa Ağ Hizmeti
PLT	:	Plate Loading Test / Plaka Yükleme Deneyi
PMP	:	Pavement Management Programme / Kaplama Yönetim Programı
PRF	:	Pulse Repetition Frequency / Darbe Tekrar Frekansı
PRI	:	Pulse Repetition Interval / Darbe Tekrar Aralığı
PSPA	:	Portable Seismic Pavement Analyzer / Taşınabilir Sismik Yol Analizörü
PSR	:	Pilots' Subjective Rating / Pilotların Subjektif Değerlendirmesi
PTT	:	DVOR Push to Talk / Bas-Konuş
P/C	:	Pass-to-Coverage / Geçiş-Kapsam
P/TC	:	Pass-to-Traffic Cycle / Geçiş-Trafik Döngüsü
QCS	:	Quarter-Car Simulation / Çeyrek Araba Simülasyonu
RADAR	:	Radio Detection and Ranging / Radyo Tespit ve Mesafelendirme
RARS	:	Reference Average Rectified Slope / Referans Ortalama Düzeltilmiş Eğim
RESA	:	Runway End Safety Area / Pist Sonu Güvenlik Alanı
RMS	:	Root Mean Square / Ortalama Karekök
RTRRMS	:	Response-Type Road Roughness Measurement Systems / Tepki Tipi Yol Pürüzlülüğü Ölçüm Sistemleri
RVR	:	Runway Visual Range / Pist Görüş Mesafesi
RWC	:	Runway Weight Charts / Pist Kaldırma Kapasitesi
RWY	:	Runway / Pist
Rx	:	Receiver / Alıcı
RX	:	Receiver Station / Alıcı İstasyonu
S	:	Single Wheel Landing Gear / Tek Tekerlekli İniş Takımı
SARPS	:	Standards and Recommended Practices (ICAO) / Standartlar ve Tavsiye Edilen Uygulamalar (ICAO)
SCI	:	Structural Condition Index / Yapısal Durum Endeksi

SGHM	:	Directorate General of Civil Aviation of Türkiye / Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SHRP	:	Strategic Highway Research Program / Stratejik Otoyol Araştırma Program
STOL	:	Short Take-off and Landing / Kısa Mesafe Kalkış ve İniş
SWY	:	Stopway / Durma Uzantısı
S/N	:	Serial Number / Seri Numarası
TDZ	:	Touch-Down Zone / Teker Koyma Bölgesi
THK	:	Turkish Aeronautical Association / Türk Hava Kurumu
THR	:	Threshold / Eşik
TLOF	:	Touch-Down and Lift-Off Area / Konma ve Havalanma Sahası
TODA	:	Take-Off Distance Available / Mevcut Kalkış Mesafesi
TORA	:	Take-Off Run Available / Mevcut Kalkış Koşu Mesafesi
TSD	:	Traffic Speed Deflectometers / Trafik Hızı Deflektometreleri
TSE	:	Türk Standartları Enstitüsü
TSPWG M	:	Tri-Service Pavements Working Group Manual / Üçlü Hizmet Kaplama Çalışma Grubu El Kitabı
TWY	:	Taxiway / Taksi Yolu
TÜRKAK	:	Turkish Accreditation Agency / Türk Akreditasyon Kurumu
Tx	:	Transmitter / Verici
TX	:	Transmitter Station / Verici İstasyonu
UDA	:	User Defined Aircraft / Kullanıcı Tanımlı Uçak
UFC	:	Unified Facility Criteria / Birleşik Tesis Kriterleri
UFGS	:	Unified Facilities Guide Specifications / Birleşik Tesisler Rehberi Özellikleri
USCS	:	Unified Soil Classification System / Birleşik Toprak Sınıflandırma Sistemi
v	:	Poissons's Ratio / Poisson Oranı
VOR	:	Very High Frequency Omni-Directional Range / Çok Yüksek Frekanslı Tüm Yönlü Radyo Verici İstasyonu
W/C	:	Water/Cement Ratio / Su-Çimento Oranı
WGS-84	:	World Geodetic System / Dünya Jeodezi Sistemi – 1984
WtCF	:	Weighted Crest Factor / Ağırlıklı Tepe Faktörü
WtMTVV	:	Weighted Maximum Transient Vibration Value / Ağırlıklı Maksimum Geçici Titreşim Değeri
WtRMS	:	Weighted Root Mean Square / Ağırlıklı Ortalama Karekök
WtVDM	:	Weighted Vertical Distortion Method / Ağırlıklı Dikey Distorsiyon Yöntemi
WtVDV	:	Weighted Fourth-Power Vibration Dose / Ağırlıklı Dördüncü Kuvvet Titreşim Dozu
YD	:	Yard / Yarda (1yd=0,9144 m)

EK 11 - KAYNAKLAR

KAYNAKLAR

Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü, Havacılık Terimleri Sözlüğü, Gözden Geçirilmiş ve Güncellenmiş 2. Baskı, Ankara, 2022.

Federal Aviation Administration AC No: 150/5300-13B - Airport Design.

Federal Aviation Administration AC No: 150/5370-10H - Standards for Specifying Construction of Airports.

Federal Aviation Administration AC No: 150/5380-7B, Airport Pavement Management Program.

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx

PCR DENEYİ İÇİN YARARLANILAN KAYNAKLAR

AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, AASHTO, American Association of State Highway and Transportation Officials, U.S.A., 1993.

AASHTO T 222 - Standard Method of Test for Nonrepetitive Static Plate Load Test of Soils and Flexible Pavement Components for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements.

ACPA. Stitching Concrete pavement cracks and joints, Special Report SR903P. American Concrete Pavement Association; Skokie, IL, USA: 2001.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2004) Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, Parts 1-4. NCHRP 1-37A Research Report. National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, and American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2008) Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide—A Manual of Practice (Interim Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

ASTM C 469 - Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression.

ASTM C 683 Method of Test for Compressive and Flexural Stength of Concrete Under Field Conditions.

ASTM D 1195 - Standard Test Method for Repetitive Static Plate Tests of Soils and Flexible Pavement Components for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements.

ASTM D 1196 - Standard Test Method for Nonrepetitive Static Plate Tests of Soils and Flexible Pavement Components for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements.

ASTM D 1883 - Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils.

ASTM D 4694 - Standard Test Method for Deflections with a Falling-Weight-Type Impulse Load Device.

ASTM D 4695 - Standard Guide for General Pavement Deflection Measurements.

ASTM D 5858 - Standard Guide for Calculating In-Situ Equivalent Elastic Moduli of Pavement Materials using Layered Elastic Theory.

BAKFAA Version 3.4 Task Order 17 Structural Airport Pavement NDT and Evaluation Deliverable 5.2.1.1 Update Upgraded BAKFAA User Manual, Help Files and Presentation, March 3, 2023.

BAKFAA Version 3.4 User's Manual, Structural Airport Pavement NDT and Evaluation, March 3, 2023.

BS EN 13286-1 - Unbound and hydraulically bound mixtures - Part 1: Test methods for laboratory reference density and water content - Introduction, general requirements and sampling.

Burmister, D.M. 1944. The theory of stresses and displace-ments in layered systems and applications to the design of airport runways. Proceedings of the twenty-third annual meeting of the Highway Research Board, Chicago, 1943 Volume 23: pages 126-148.

Busch, C., "Composite Polymer Grid Reinforced Asphalt Overlays on PCC Slab Pavements – Design and Performance Prediction", Report No. 64, Institute of Roads, Transport and Town Planning, Technical University of Denmark, 1991.

Claessen, A.I.M. et al. (1977) Asphalt Pavement Design: The Shell Method, trid.trb.org. Available at: https://trid.trb.org/view/60936.

Darter, M. I., Hall, K. T., and Kuo, C-M. (1995). Support under Portland Cement Concrete Pavements, NCHRP Report 372, Transportation Research Board, Washington, D.C.

DARWIN, "AASHTO MEPDG-1, Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide", Interim Edition: A Manual of Practice, AASHTO, 2008.

Department of Defense, MIL-STD-621A Military Standard: Subgrade, Subbase, And Test Method For Pavement Base-Course Materials, 1964.

European Union Aviation Safety Agency. (2014). Laying down requirements and administrative procedures related to aerodromes pursuant to Regulation (EC) No 216/2008 of the European Parliament and of the Council. Official Journal of the European Union, L 44/1., 12 Feb. 2014, www.easa.europa.eu/en/document-library/regulations/commission-regulation-eu-no-1392014.

Fabre, C. (2022). Best practices for Pavement Classification Rating (PCR) determination and use.

Fabre, C., Vaurs, G., 2017. Development of rational ACN/PCN system. Proceedings of the 10th International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields (BCRRA 2017), June 28-30, 2017, Athens, Greece.

Federal Aviation Administration AC No: 150/5320-6G - Airport Pavement Design and Evaluation.

Federal Aviation Administration AC No: 150/5335-5D - Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength – PCR.

Federal Aviation Administration AC No: 150/5370-11B - Use of Nondestructive Testing in the Evaluation of Airport Pavements.

Federal Aviation Administration AC No: 150/5370-13A - Off-Peak Construction Of Airport Pavements Using Hot-Mix Asphalt.

Federal Aviation Administration DOT/FAA/PM-83/22 - Investigation of the FAA Overlay Design Procedures for Rigid Pavements.

Federal Aviation Administration Order 5300.7 - Standard Naming Convention for Aircraft Landing Gear Configurations.

Federal Aviation Administration (FAA), 2016. Replacement of FAARFIELD Tandem Factors With Cumulative Damage Factor Methodology. Report DOT/FAA/TC-16/46.

Hayhoe, G. F. (2002). Leaf: A new layered elastic computational program for FAA Pavement Design and Evaluation Procedures. Federal Aviation Administration.

ICAO - Aerodrome Design Manual - Part 3 - Pavements (Doc 9157 - Part 3) (2022) ICAO. Available at: https://store.icao.int/en/aerodrome-design-manual-part-3-pavements-doc-9157-part-3.

Ioannides, A.M., Thompson, M.R. and Barenberg, E.J., “Westergaard Solutions Reconsidered”, Transportation Research Record 1043, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. 1984.

Kawa, I. 2012. Pass-to-Coverage Computation for Arbitrary Gear Configurations in the FAARFIELD Program. Federal Aviation Administration, W.J Hugues Technical Center, DOT/FAA/TC-TN12/47.

Lev Khazanovich, Tayabji, S.D. and Darter, M.I. (2001) ‘Backcalculation of layer parameters for LTPP test sections, Volume 1: Slab on elastic solid and slab on dense-liquid foundation analysis of rigid pavements’.

LTPP - Design Pamphlet for the Back-Calculation of Pavement Layer Moduli in Support of the 1993 AASHTO Guide for the Design of Pavement Structure (FHWA-RD-97-076).

MEPDG, “Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures”, Final Report, NCHRP, March 2004.

Miner, M.A. (1945) 'Cumulative Damage in Fatigue', Journal of Applied Mechanics, 12(3), pp. A159–A164. Available at: https://doi.org/10.1115/1.4009458.

Packard, Robert G., "Design of Concrete Airport Pavement", Portland Cement Association, 1973.

Pavement Transportation Computer Assisted Structural Engineering (2023), Available at: https://transportation.erdc.dren.mil/pcase/downloads/PCASE 7.0.6 User Guide.pdf (Accessed: 13 December 2024).

Rollings, R.S., Design of Overlays for Rigid Airport Pavements, Report No. DOT/FAA/PM-87/19, April 1988

The AASHO Road Test: History and Description of the Project, Highway Research Board's Special Report 61A, 1961.

Unified Facility Criteria, UFC 3-201-01 (2022): Civil Engineering

Unified Facility Criteria, UFC 3-250-01 (2016): Pavement Design for Roads, Streets, Walks, and Open Storage Areas

Unified Facility Criteria, UFC 3-250-09 (2004): Aggregate Surfaced Roads and Airfields Areas

Unified Facility Criteria, UFC 3-260-01 (2020): Airfield and Heliport Planning and Design

Unified Facility Criteria, UFC 3-260-02 (Draft, 2014): Pavement Design for Airfields

Unified Facility Criteria, UFC 3-260-03 (2023): Airfield Pavement Evaluation

Using Falling Weight Deflectometer Data with Mechanistic-Empirical Design and Analysis, Volume III: Guidelines for Deflection Testing, Analysis, and Interpretation (2017). Available at: https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/pavements/16011/16011.pdf

Westergaard, H.M., "Stresses in Concrete Runways of Airports", Proc., 19th Annual Meeting, HRB, National Research Council, Washington, D.C., 1939.

EK 12 - DEĞİŞİKLİKLER

Revizyon No	Revizyon Tarihi	Revizyon Gerekçesi	Yapılan Değişiklik
0	Şubat 2025	-	İlk baskı