

TC
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

**D-100 (E-5) KARAYOLUNUN ZİNCİRLİKUYU
KAVŞAĞI- ÇOBANÇEŞME (HAVAALANI) KAVŞAĞI
ARASI ÜSTYAPI YENİLEME ÇALIŞMASI VE SMA
(STONE MASTIC ASPHALT)TABAKASININ
PERFORMANS ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tezi

MUHAMMET DİVLİ

İSTANBUL, 2013

TC
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

**D-100 (E-5) KARAYOLUNUN ZİNCİRLİKUYU
KAVŞAĞI-ÇOBANÇEŞME (HAVAALANI) KAVŞAĞI
ARASI ÜSTYAPI YENİLEME ÇALIŞMASI VE SMA
(STONE MASTIC ASPHALT) TABAKASININ
PERFORMANS ANALİZİ**

Yüksek Lisans Tezi
TEZ DANIŞMANI : Dr. İbrahim SÖNMEZ

MUHAMMET DİVLİ

İSTANBUL, 2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Tezin Adı: D-100 (E-5) Karayolunun Zincirlikuyu kavşağı – Çobançeşme (Havaalanı) Kavşağı Arası Üstyapı Yenileme Çalışması ve SMA (Stone Mastik Asphalt) Tabakasının Performans Analizi

Öğrencinin Adı Soyadı: Muhammet DİVLİ

Tez Savunma Tarihi:

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. F. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdür
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü
İmza

Bu tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri İmzalar

Tez Danışmanı : Dr. İbrahim SÖNMEZ

Üye : Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam esnasında bana ders aşamasından tezin teslimine kadar her aşamada destek ve yardımcı olan sayın danışman hocam Dr. İbrahim SÖNMEZ'e, ve başta Prof. Dr. Mustafa ILICALI olmak üzere diğer hocalarıma teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam esnasında fikir ve görüş dayanışması içerisinde bulunduğum dostlarıma, bu süre zarfında zaman zaman gerçekleşen yardım isteklerimi geri çevirmeyen çalışma arkadaşlarıma ve çalışmakta olduğum kurum olan, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne, İSFALT A.Ş. Arge çalışanlarına ve tabi ki aileme teşekkür ederim.

Haziran 2013

Muhammet DİVLİ

ÖZET

D-100 (E-5) KARAYOLUNUN ZİNCİRLİKUYU KAVŞAĞI – ÇOBANÇEŞME (HAVAALANI) KAVŞAĞI ARASI ÜSTYAPI YENİLEME ÇALIŞMASI VE SMA (STONE MASTİC ASPHALT) TABAKASININ PERFORMANS ANALİZİ

Muhammet DİVLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü
Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi
Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı : Dr. İbrahim SÖNMEZ

Haziran 2013, 125 sayfa

Bir ülkenin büyümesinde ve kalkınmasında büyük rol oynayan karayolları, yüksek maliyetlerle inşa edilmekte ve ciddi bir kontrol ve bakım hizmeti ihtiyacı duymaktadır. Karayolunun hesaplanan hizmet ömrünün verimli olması, hesaplanandan az olmaması ve ihtiyaçlara doğru cevap verebilmesi için altyapı ve üstyapı sisteminin işlevini doğru bir şekilde yerine getirmesi gerekir. Oluşabilecek bozulmaların acil olarak tespit edilip doğru bir şekilde müdahale edilmesi, karayolundan beklenen hizmeti karşılama konusunda çok önemlidir. Ülkemizde karayollarının kalitesinin artırılması ve iyileşmesi için yapılması gerekenler üzerinde daha fazla çalışma yapılması ihtiyacı doğmaktadır.

Özellikle İstanbul gibi büyükşehirlerde, sürekli nüfus artışı olmakta buna bağlı olarak trafiğe çıkan araç sayılarında ciddi artışlar yaşanmaktadır. Bu nedenle proje süresi boyunca, üzerinden geçen trafiği, büyük deformasyonlara, çatlamalara maruz kalmadan, güvenli bir şekilde taşıyabilecek üstyapının toplam kalınlığının ve tabakaların tek tek kalınlıklarının belirtilmesi, kullanılacak malzemelerin özelliklerinin iyi saptanması büyük önem arz eder.

Çalışmada, birinci bölüm giriş bölümüdür. İkinci bölümde karayolu esnek üstyapısını oluşturan tabakaların tanımı ve yapım yöntemleri, özellikleri yer almaktadır. Yine ayrıca bu bölümde asfalt kaplamalarının özellikleri, bitümlü bağlayıcılar, asfalt üretim elemanları, asfalt serimi ve sıkıştırma yöntemlerinden kısaca bahsedilmiştir. 4. bölümde karayolu üstyapısında meydana gelen bozulmalar, nedenleri ve onarımları ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Özellikle üstyapı yenileme çalışması yapılacak olan yollarda ön hazırlık çalışmaları çok önemlidir. Yolda meydana gelen bozulmalarla yol ömrü boyunca karşılaşmamak için iyi tespitler yapılmalı, nedenleri araştırılmalı, iyileştirme çalışmaları ona göre yapılmalıdır.

5.bölüm çalışmamı yaptığım D – 100 Karayolu Zincirlikuyu kavşağı ile Havaalanı Kavşakları arasında yapılan üstyapı yenileme çalışmalarındaki ön hazırlıkları, projelendirme ve üstyapı tabaka kalınlık tayininin hesabını kapsamaktadır. Tezin son kısmında yapılan yenileme çalışmalarını, bitümlü sıcak karışım uygulamalarını, yapılan kalite kontrol deneylerini ve aradan geçen süre zarfında üstyapıda ve özellikle SMA tabakasında meydana gelen bozulmalar, performans değerlendirmeleri ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Karayolu, Esnek Üstyapı, Üstyapı, Esnek Üstyapı Bozulmaları, SMA, Üstyapı Kalınlık Tayini

ABSTRACT

"SUPERSTRUCTURE RENEWAL STUDY OF D-100 (E-5) HIGHWAY ZİNCİRLİKUYU CROSSROAD – ÇOBANÇEŞME (AIRPORT) CROSSROAD AND PERFORMANCE ANALYSIS OF STONE MASTIC ASPHALT LAYER"

Muhammet DİVLİ

The Graduate School of Science
Urban Systems and Transportation Assessment
Master Program

Thesis Supervisor : Dr. İbrahim SÖNMEZ

June 2013, 125 pages

Highways that have important roles in a country's development are built with high costs and they need a serious control, test and maintenance necessities. For being efficient, a highway must have efficient and good substructures and superstructures. It is very important to detect the breakdowns and interfere them. There are more needs in the studies about increasing the quality of highways in our country.

Especially, in metropolitan cities like İstanbul, related to the increasing of the population, the vehicle number in the traffic is also increasing. So, during the project, it is very important to mention the thickness of superstructure and determine the properties of materials.

In the study, the first part is introduction section. In second section, there are the definitions and properties of highway superstructure layers. Also, in this section, asphalt properties, bitumen linkers, asphalt production elements and etc are mentioned. In 4th section, breakdowns of highways and their reasons are explained with details. Especially, the pre-preparations are very important in the highways that renewals will be made in. To avoid the breakdowns, the determinations must be made well, their reasons must be investigated and renewal studies must be according to these. Fifth section consists the D-100 highway between Zincirlikuyu and airport junctions and the renewal studies of them. In the last section of the thesis, the renewal studies, bitumen mix applications and performance evaluations are handled.

Keywords : Highways, elastic superstructures, breakdowns, SMA

İÇİNDEKİLER

TABLolar	x
ŞEKİLLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xiv
1. GİRİŞ	1
2. KARAYOLU ÜSTYAPISINI OLUŞTURAN TABAKALAR	3
2.1. KARAYOLU YAPISI	3
2.1.1. Karayolu Altyapısı	3
2.1.2. Karayolu Üstyapısı	3
2.1.2.1. Rijit Üstyapı	4
2.1.2.2. Esnek Üstyapı	5
2.2. ÜSTYAPI KAPLAMASININ ÖZELLİKLERİ	6
2.3. ASFALT KAPLAMALARIN ÖZELLİKLERİ	7
2.4. KAPLAMA TİPİ ve KALINLIĞINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER	9
2.5. ESNEK ÜSTYAPI KAPLAMALARINDA KULLANILAN MALZEMELER	11
3. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR	13
3.1. BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR	13
3.2. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN ÜRETİMİ	14
3.2.1. Asfalt Plent Tipleri	14
3.2.1.1. Batch – Mix Tipi Asfalt Plent	15
3.2.1.2. Drum-Mix Tipi Asfalt Plent	17
3.2.2. Asfalt Plentlerinin Özellikleri	18
3.3. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN SERİMİ	19
3.4. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN SIKIŞTIRILMASI	24
4. ÜSTYAPI BOZULMALARI, NEDENLERİ VE ONARIM YÖNTEMLERİ	26
4.1. ÜSTYAPI BOZULMALARI	26
4.2. BOZULMAYA YOL AÇAN ETKENLER	27
4.2.1. Tasarım Hataları	27
4.2.2. Yapım Hataları	28
4.2.3. Bakım Hataları	28
4.2.4. Çevre ve İklim Şartları	29
4.2.5. Trafik Etkileri	29
4.3. YOL ÜSTYAPISINDA MEYDANA GELEN BOZULMALAR	29

4.3.1. Çatlaklar	30
4.3.1.1. Timsah sırtı çatlaklar	30
4.3.1.2. Kenar çatlakları	31
4.3.1.3. Enine çatlaklar	32
4.3.1.4. Boyuna çatlaklar	33
4.3.1.5. Blok (harita) Çatlaklar.....	34
4.3.2. Tekerlek İzi	35
4.3.2.1. Tekerlek İzinde Oturmalar	35
4.3.2.2. Yapısal Tekerlek İzi	37
4.3.2.3. Akma Tekerlek İzi.....	37
4.3.2.4. Yüzeysel Tekerlek İzi	37
4.3.3. Yerel Oturmalar	38
4.3.4. Kabarmalar.....	40
4.3.5. Çukurlar.....	41
4.3.6. Sökülme ve Soyulma	41
5. D-100 KARAYOLU ZİNCİRLİKUYU KAVŞAĞI- ÇOBANÇEŞME KAVŞAĞI ARASI ÜSTYAPI YENİLEME ÇALIŞMASI	43
5.1. PROJE KAPSAMINDA YAPILAN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI.....	44
5.1.1. D-100 Karayolu – Zincirlikuyu – Çobançeşme (Havaalanı) Kavşağı Arası Tespit Edilen Bozukluklar	46
5.1.1.1 Çatlaklar	46
5.1.1.2. Tekerlek izi	48
5.1.1.3. Sökülmeler	48
5.1.1.4. Yüzey Deformasyonları.....	49
5.1.1.5. Çukurlar, Zeminde Çökmeler	49
5.2. D-100 KARAYOLU ZİNCİRLİKUYU – ÇOBANÇEŞME (HAVAALANI) KAVŞAĞI ARASI TESPİT EDİLEN BOZUKLUKLARIN RAPORLANMASI.....	50
5.3. YOLDAKİ MEVCUT ASFALT KALINLIK DEĞERLERİ	59
5.4. ÜSTYAPI TABAKA KALINLIKLARI TAYİNİ	62
5.4.1. İstanbul İli Yıllara Göre Araç Sayıları	62
5.4.2. D-100 Karayolu Zincirlikuyu Kavşağı – Havaalanı Kavşağı Arası Günlük Araç Geçiş Değerleri	62
5.5. AASHTO METODUYLA ÜSTYAPI KALINLIK TAYİNİ.....	64
5.5.1. D-100 Karayolu Trafik Verileri	69
5.5.2. Bulgular.....	69
6. ASFALTIN UYGULANMASI	75
6.1. SERİM.....	75
6.2. ASFALT TİPLERİ VE UYGULANAN DİZAYNLAR	76
6.2.1. Binder Tabakası.....	77
6.2.2. Modifiye Bitüm Katkılı Aşınma Tabakası	78

6.2.3. Taş Mastik Asfalt Tabakası.....	79
6.3. SOĞUMA ZAMAN GRAFİĞİ.....	80
6.4. ÜRETİM PLANLAMASI.....	81
6.5. KAROT DEĞERLERİ	82
6.6. ASFALT TABAKA KALINLIKLARI.....	82
6.7. SIKIŞMA DEĞERLERİ.....	83
6.8. PROJE KAPSAMINDA ÖNGÖRÜLEN ASFALT DİZAYNI.....	85
7. D 100 KARAYOLU PERFORMANS DENEYLERİ	87
7.1 TEKERLEK İZİ TESTİ	87
7.2 SMA KAYMA DİRENCİ TESTİ	89
7.3 SMA MAKRO DOKU DERİNLİĞİ TESTİ	90
7.4 D-100 KARAYOLU BOZULMA TESPİTLERİ	91
7.4.1 Bozulmaların Sınıflandırılması	91
7.4.1.1. D-100 Karayolu Ankara İstikameti Bozulma Tespitleri	92
7.4.1.2. D-100 Karayolu Edirne İstikameti Bozulma Tespitleri	97
7.4.2. Bozulmaların Değerlendirilmesi.....	101
8. SONUÇLAR	104
KAYNAKÇA	107
ÖZGEÇMİŞ.....	110

TABLULAR

Tablo 3.1 : Asfalt plenti elemanları ve fonksiyonları.....	19
Tablo 3.2 : Plentte karışım ısısı.....	23
Tablo 5.1 : Ankara – Edirne istikameti karot değerleri	60
Tablo 5.3 : Yıllara göre İstanbul trafiğine çıkan araç sayısı	62
Tablo 5.4 : D-100 karayolu Merter kesimi Ankara ve Edirne istikametleri 24 saatlik araç geçiş sayısı	63
Tablo 5.5 : D-100 karayolu 2009-2013 yılı trafik değerleri	64
Tablo 5.6 : Pt'nin seçimi	65
Tablo 5.7 : D-100 Yoluna ait veriler	69
Tablo 5.8 : Yıllık artış yüzdeleri	69
Tablo 5.9 : 20 Yıllık Analiz Süresi İçin Elde Edilen Değerler	69
Tablo 5.10 : 20 Yıllık Analiz Süresi İçin Yoldan Gececek Trafik Sayısı	70
Tablo 5.11 : Eşdeğerlilik faktörü katsayıları tablosu	70
Tablo 5.12 : Günlük Wg Hesaplama Tablosu.....	71
Tablo 5.13 :Tabaka Katsayıları Tablosu.....	71
Tablo 5.14 : SN Üstyapı Hesaplama Tablosu.....	74
Tablo 6.1 : Uygulama ekipman listesi	76
Tablo 6.2 : D-100 Karayolu Asfalt Dizaynları	77
Tablo 6.3 Asfalt üretim kapasitesi.....	81
Tablo 6.4: Ortalama karot değerleri	82
Tablo 6.5 : Zincirlikuyu-Çobançeşme Arası Serilen Asfalt Değerleri	86
Tablo 7.1 : Tekerlek izi test sonuçlarının genel gösterimi.....	88
Tablo 7.2 : SMA Kayma Direnci Ölçüm Değerleri	90
Tablo 7.3 : SMA Makro doku derinliği ölçümleri	90
Tablo 7.4 : ASTM bozulma sınıflandırmaları.....	92
Tablo 7.5 : D-100 Karayolu Ankara İstikameti Bozulma Tespitleri.....	93
Tablo 7.6 : D-100 Karayolu Ankara İstikameti Bozulma Adetleri ve yüzdeleri	96
Tablo 7.7 : D-100 Karayolu Edirne İstikameti Bozulma Tespitleri.....	97
Tablo 7.8 : D-100 Karayolu Edirne İstikameti Bozulma Adetleri ve Yüzdeleri	100
Tablo 7.9 : D-100 Karayolu Toplam Bozulma Adetleri ve Yüzdeleri	101
Tablo 7.10 : D-100 Karayolu Bozulma tipleri ve yüzdeleri	102

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 : Tipik bir rijit üstyapı enkesiti	4
Şekil 2.2 : Tipik bir esnek üstyapı enkesiti	5
Şekil 3.1 : Batch-Mix tipi asfalt plenti	16
Şekil 3.2 : Drum-Mix tipi asfalt plenti	17
Şekil 4.1 : Çatlak örneği	30
Şekil 4.2 : Timsah sırtı çatlak.....	31
Şekil 4.3 : Kenar çatlağı.....	32
Şekil 4.4 : Enine çatlak	33
Şekil 4.5 : Yüksek şiddette boyuna çatlak	34
Şekil 4.6 : Blok çatlaklar.....	35
Şekil 4.7 : Tekerlek izinde oturma	36
Şekil 4.8 : Tekerlek izinde oturma	38
Şekil 4.9 : Yüksek şiddette lokal oturmalar	39
Şekil 4.10 : Kabarmalar	40
Şekil 4.11 : Çukur.....	41
Şekil 4.12 : Soyulma.....	42
Şekil 5.1 : D-100 Karayolu Zincirlikuyu–Çobançeşme kavşakları arası yol profili	43
Şekil 5.2 : Bozulma tipleri ve sembolleri	45
Şekil 5.2.a : Yorulma çatlağı bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.b : Blok çatlağı bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.c : Kenar çatlağı bozulma tipi sembolü.....	45
Şekil 5.2.d : Boyuna çatlak bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.e : Ek yerlerindeki yansıma çatlağı bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.f : Enine çatlak bozulma tipi sembolü.....	45
Şekil 5.2.g : Yamalar ve deformasyonlar sembolü	45
Şekil 5.2.h : Çukur bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.i : Ötelenme bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.j : Kusma bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.k : Cilalanma bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.2.l : Sökülme bozulma tipi sembolü	45
Şekil 5.3 : Yorulma çatlağı	47
Şekil 5.4 : Boyuna çatlak	47
Şekil 5.5 : Enine çatlak	48
Şekil 5.6 : Sökülme.....	48
Şekil 5.7 : Yüzey deformasyonları	49
Şekil 5.8 : Çukur.....	49
Şekil 5.9 : D-100 karayolu Yenibosna mevki (0 – 2 km arası) bozulmalara ait plan	50
Şekil 5.10 : D-100 karayolu Yenibosna mevki (0 – 2 km arası) bozulmalara ait kroki.....	51
Şekil 5.11: D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait plan.....	52
Şekil 5.13 : D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait kroki	53
Şekil 5.14 : D-100 karayolu Devlet Hastanesi (2,5 – 3,5 km arası) bozulmalara ait plan	54

Şekil 5.15 : D-100 karayolu Devlet Hastanesi (2,5 – 3,5 km arası) bozulmalara ait kroki	54
Şekil 5.16 : D-100 karayolu İncirli kavşağı (3,5 – 4,3 km arası) bozulmalara ait plan.....	55
Şekil 5.17: D-100 karayolu İncirli kavşağı (3,5 – 4,3 km arası) bozulmalara ait kroki	55
Şekil 5.18 : D-100 karayolu Merter (4,3 – 6,7 km arası) bozulmalara ait kroki.....	56
Şekil 5.19 : D-100 karayolu Cevizlibağ (6,7 – 9,5 km arası) bozulmalara ait plan	57
Şekil 5.20 : D-100 karayolu Cevizlibağ (6,7 – 9,5 km arası) bozulmalara ait kroki.....	57
Şekil 5.21: D-100 karayolu Edirnekapı (9,5 – 11,3 km arası) bozulmalara ait plan.....	58
Şekil 5.22 : D-100 karayolu Edirnekapı (9,5 – 11,3 km arası) bozulmalara ait kroki	58
Şekil 5.23 : D-100 karayolu Edirnekapı (9,5 – 11,3 km arası) bozulmalara ait kroki	59
Şekil 5.24 : $P_t = 2,5$ için Kaplama Dizayn Abağı.....	72
Şekil 5.25 : Seçilen Tabaka Kalınlıkları	73
Şekil 6.1 : Serime ait bir fotoğraf.....	75
Şekil 6.2 :Binder asfalt dizaynı	78
Şekil 6.3 : Modifiye Tip 1 Asfalt dizaynı	79
Şekil 6.4 : SMA asfalt dizaynı	80
Şekil 6.5 : Asfalt soğuma grafiği.....	81
Şekil 6.5 : Binder tabakası kalınlık değerleri (İsfalt arge, 2009)	82
Şekil 6.6 : Aşınma Modifiye Tip-1 tabakası kalınlık değerleri.....	83
Şekil 6.7: SMA Tip-2 Aşınma Modifiye Tip-1 tabakası kalınlık değerleri.....	83
Şekil 6.8: Binder tabakasının sıkışma değerleri (İsfalt arge, 2009)	84
Şekil 6.9: Modifiye katkılı ara tabaka (Tip-1) sıkışma değerleri	84
Şekil 6.11 : Asfalt Dizaynları.....	85
Şekil 7.1 : Aşınma Tip-1 için elde edilen performans deney sonucu	87
Şekil 7.2 : Stone Mastik Asphalt (SMA) için elde edilen performans deney sonucu	88
Şekil 7.4 : D-100 Karayolu bozulma örneği	94
Şekil 7.5 : D-100 Karayolu bozulma örneği	94
Şekil 7.6 : D-100 Karayolu bozulma örneği	95
Şekil 7.7 : D-100 Karayolu bozulma örneği	95
Şekil 7.8 : D-100 Karayolu bozulma örneği	96
Şekil 7.9: D-100 Karayolu bozulma örneği	96
Şekil 7.10: D-100 Karayolu bozulma örneği	98
Şekil 7.11 : D-100 Karayolu bozulma örneği	98
Şekil 7.12: D-100 Karayolu bozulma örneği	99
Şekil 7.13: D-100 Karayolu bozulma örneği	99
Şekil 7.14: D-100 Karayolu bozulma örneği (Yama, Havaalanı kavşağı)	100
Şekil 7.15 : D-100 Karayolu bozulma nedenleri ve yüzdeleri.....	101
Şekil 7.16 : D-100 Karayolu Bozulma tipleri ve yüzdeleri	103

KISALTMALAR

AASHTO :	American Association of State Highway and Transportation Officials
ABD :	Amerika Birleşik Devletleri
DİE :	Devlet İstatistik Enstitüsü
İBB:	İstanbul Büyükşehir Belediyesi
İSFALT :	İstanbul Asfalt Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş
İTÜ:	İstanbul Teknik Üniversitesi
KGM:	Karayolları Genel Müdürlüğü
PSI:	Present Serviceability Index
SMA :	Stone Mastic Asphalt
SN:	Structural Number
SRV :	TMA Kayma Direnci
SYİ :	Mevcut Servis Yeteneği İndeksi
TMA :	Taş Mastik Asfaltı
YOGT:	Yıllık Ortalama Günlük Trafik
YS :	Yapısal Sayısı
KTŞ:	Karayolları Teknik Şartnamesi

SEMBOLLER

Km : kilometre

Sa: saat

Lt : litre

°C : santigrat derece

M² : metrekaare

Mm : milimetre

1. GİRİŞ

Üstyapı tasarımı ve üstyapı bakımının asıl amacı, üstyapının yol kullanıcılarına yeterli düzeyde hizmet vermesini sağlamaktır. Karayollarında üstyapı bakımı hem endüstrileşmiş hem de yeni gelişmekte olan ülkeler açısından önem arz etmektedir. Bir karayolu üstyapı ağı, yapım ve bakım maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle hizmet verdiği toplum açısından çok değerlidir. Bu nedenle uzun yıllar hizmet vermesi düşünülmeli, sürekli gözlem altında tutulmalı ve korunmalıdır. Ülkemizde de karayolu ağının sürekli artması, trafiğe çıkan araç sayısındaki artışlar bakım ve iyileştirme maliyetlerinde ciddi artışlara neden olmuştur. Bu da üstyapı yönetim sisteminin ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Teknolojik gelişmelere paralel olarak yaşam standartlarının yükselmesi ile insanların güvenli ve konforlu sürüş talebi artmıştır. Günümüz Türkiye'sinde ekonomik kalkınmanın ve refahın gelişmesinde büyük önemi olan karayolu taşımacılığının, ulaştırma sektörü içindeki payı giderek artan bir eğilim göstermektedir. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerine göre 1970' de Türkiye'de karayolu taşımacılığının payı yük taşımacılığında yüzde 61, yolcu taşımacılığında yüzde 91 iken, 2003 yılında yük taşımacılığında yüzde 92, yolcu taşımacılığında yüzde 95 olup günümüzde ise bu oran daha da yükselmiştir. Bu yüzden yapılan üstyapı projelerinde genel amaç yapının uzun ömürlü olmasıdır (Umar,1991).

Üstyapı performansı, bir üstyapının belirli bir tasarım periyodu boyunca söz konusu olan yapısal ve fonksiyonel hizmetinin ölçülebilir yeterliliğidir. Bir üstyapının konforlu ve güvenli sürüş sağlama yeteneği olan fonksiyonel performansının göstergeleri; boyuna geometrik düzgünsüzlük, görünen yüzey bozulmaları ve yüzey kayma direncidir. Yapısal performansının göstergeleri ise defleksiyon ve enine geometrik düzgünsüzlük (tekerlek izi derinliği) olarak söylenebilir. Bütün bu göstergeler, konfor (sürüş kalitesi), trafik güvenliği (kayma direnci, yol tutma kalitesi, su sıçratma, drenaj), ulaşım ekonomisi (yakıt tüketimi, lastik ve taşıt yıpranması, aşırı dinamik yükler), çevre (gürültü), karayolu yönetimini etkileyen faktörlerdir. Dolayısıyla bunların kalite kontrolü, üstyapı sağlamlaştırma ihtiyaçlarının değerlendirilmesi, performansı etkileyen bakım politikaları uygulanabilir hale dönüştürülerek çözüme dönük adımlar atılmalıdır (Gorsky, 1996).

1999 yılında üstyapı yenileme çalışması yapılan D - 100 Karayolu'nun Zincirlikuyu Kavşağı ile Çobançeşme Kavşağı arasındaki 18 km'lik kısmında, geleneksel asfalt tiplerinin dışında ülkemizde son dönemlerde uygulanan SMA dizaynı uygulanmıştır. Bilindiği gibi SMA özellikle trafik yükünün çok yoğun olduğu yollarda meydana gelen tekerlek izi gibi kalıcı deformasyonlara karşı daha direnç göstermektedir. Ayrıca Sürüş konforu ve emniyeti daha yüksek, durabilitesi fazla daha ince tabakalı yüzeyler elde edilmektedir (www.isfalt.com).

Bu tezde; D – 100 Karayolunun SMA ile yapılan bu kısmında geçen süre zarfında, artan trafik yüküne bağlı olarak meydana gelen bozulmalar ve bu bozulmaların nedenleri, SMA performans değerlendirmeleri yapılacaktır.

2. KARAYOLU ÜSTYAPISINI OLUŞTURAN TABAKALAR

Bu bölümde, tezin anlaşılabilirliği için gerekli olduğu düşünülen, karayolu, karayolu yapısı, karayolu altyapısı, karayolu üstyapısı gibi kavramlar açıklanmıştır.

2.1. KARAYOLU YAPISI

Karayolu yapısı, önceden belirlenen geometrik standartlara bağlı olarak saptanmış olan bir güzergah boyunca doğal zeminin istenen yükseltilere getirilmesi ve üzerinde motorlu taşıtların hız, güvenlik ve konfor koşulları altında hareketlerinin sağlanabilmesi için inşa edilen yapılardır (Özen, 2004).

2.1.1. Karayolu Altyapısı

Yapımı tamamlanmış bir karayolunda tesviye yüzeyi ile doğal zemin çizgisi arasına verilen isimdir. Altyapı, dolgu kesimlerinde dışarıdan getirilen dolgu malzemesi, yarma kesimlerinde ise doğal zemindir. Ayrıca, menfez, viyadük, istinat duvarı gibi sanat yapıları da altyapıya dahildir. Görevleri;

- a) istenen kotta düzgün bir yüzey sağlamak,
- b) üstyapıdan gelen yükleri daha geniş bir alana yaymak,
- c) az da olsa yolu dış etkenlerden korumaktır.

Bu görevleri altyapının yerine getirebilmesi için trafik yükleri, don ve su etkilerine karşı dayanıklı malzemeden oluşturulmalıdır (Özen, 2004).

2.1.2. Karayolu Üstyapısı

Taşıtlara düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, karayolu üstyapısına gelen trafik yüklerini alt yapının taşıyabileceği değere indirmek, altyapıyı dış etkenlerden korumak amacıyla altyapı üzerine inşa edilen ve kaplama, temel ve alttemel tabakalarından oluşan tabakalı yol yapısıdır. Karayolu üstyapısında bulunan kaplama, temel ve alttemel tabakalarının görevleri şu şekilde ifade edilebilir : kaplama tabakasının görevleri taşıtlara düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak ve trafiğin aşındırıcı etkilerine karşı koymaktır. Kaplama tabakasında kullanılan malzemenin özelliğine bağlı olarak üstyapı;

- a) Esnek üstyapı (bağlayıcı olarak bitümlü bağlayıcı kullanılır)

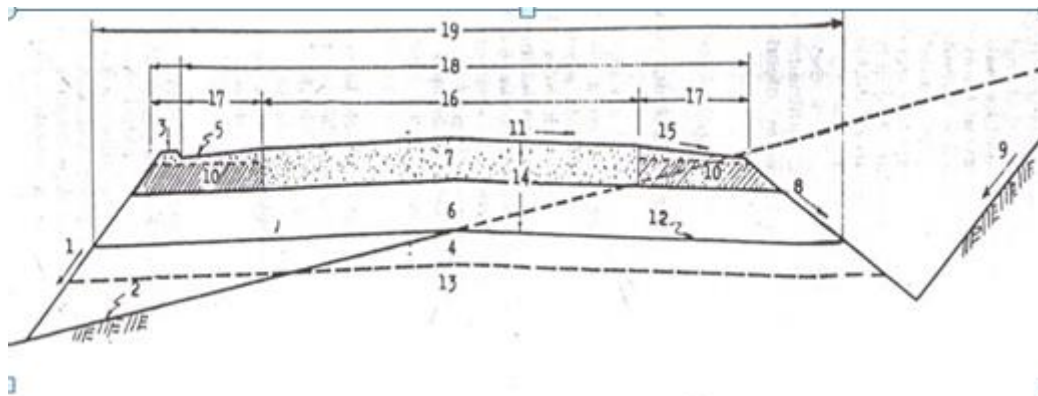
b) Rijit üstyapı (bağlayıcı olarak çimento kullanılır) olarak iki gruba ayrılır.

Temel tabakasının görevleri trafik yüklerinden gelen gerilmeleri karşılamak ve suyun uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Ayrıca temel tabakası; Bağlayıcılı (çimento, bitüm) ve bağlayıcısız (plentmix temel, roadmix temel, kırmataş temel) olmak üzere gruplara ayrılır. Alttemel tabakasının görevleri ince daneli taban zeminlerinin üste çıkmasını engellemek, trafik yüklerini taban zeminine aktarmaktır (Özen, 2004).

2.1.2.1. Rijit Üstyapı

Bu tip üstyapılarda; granüler alttemel veya temel üzerine grobeton serilerek, bunun üzerine de donatılı veya donatısız beton plakalar yerleştirilmektedir. Bu şekilde yapılan rijit üstyapılarda, plaka boyutları ve donatı miktarları; yolun proje süresi boyunca üzerinden geçecek trafik sayısına ve taban zemininin dayanıklılığına bağlı olarak değişmektedir. Şekil 2.1’de tipik bir rijit üstyapı enkesiti görülmektedir (İTÜ 1998).

Şekil 2.1 : Tipik bir rijit üstyapı enkesiti



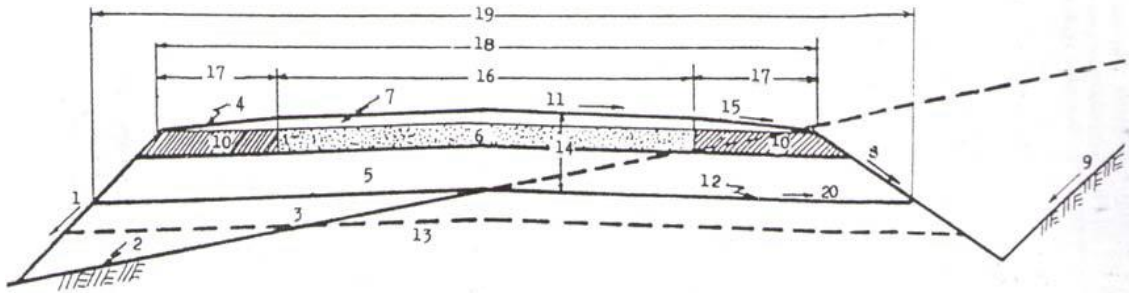
- | | |
|---------------------------|--|
| 1- Dolgu Şevi | 11- Yolun Enine Eğimi |
| 2- Doğal Zemin | 12- Taban Yüzeyi (Tesviye Yüzeyi) |
| 3- Eşik | 13- Yol Gövdesi (Taban Zeminini) |
| 4- Seçme Malzeme Tabakası | 14- Üst Yapı Proje Kalınlığı |
| 5- Banket Kaplaması | 15- Banket Eğimi |
| 6- Alt Temel | 16- Trafik Şeritleri Genişliği |
| 7- Rijit Plak | 17- Banket Genişliği |
| 8- Hendek Şevi | 18- Yol Genişliği (Platform Genişliği) |
| 9- Yarma Şevi | 19- Üst Yapı Taban Genişliği |
| 10- Banket Temeli | |

Kaynak : İTÜ, 1998

2.1.2.2. Esnek Üstyapı

Esnek üstyapı, tesviye yüzeyi ile sıkı bir temas sağlayan ve yükleri taban zeminine dağıtan bir üstyapı seki olup, bağlayıcısız alttemel veya temel malzemeleri üzerinde trafiğe bağlı olarak bitümlü sıcak karışımla teşkil edilmiş tabakalardan veya bitümlü sathi kaplamayla oluşmaktadır. Stabilesi agrega kenetlenmesine, dane sürtünmesine ve koheziona bağlıdır. Esnek üstyapılarda taban üzerindeki bütün tabakaların (alttemel, temel tabakaları dahil) asfalt karışımlarla teşkil edildiği üstyapı tipine, kalıcı üstyapılar denilmektedir. Bir karayolu üstyapısı, trafiği güvenli olarak ve ekonomik bir şekilde taşımak zorundadır. Güvenli olarak tasıma, araç tekerleği ile üstyapı yüzeyi arasındaki sürtünme ile sağlanır. Ekonomi ise yapım sırasında kullanılan malzemelerle, işletme ve taşıt maliyetleri ile ilişkilidir. Esnek üst yapı asfalt çimentosu ve agrega ile inşa edilir (Avcı, 2009). Şekil 2.2’de tipik bir esnek üstyapı enkesiti görülmektedir (İTÜ 1998).

Şekil 2.2 : Tipik bir esnek üstyapı enkesiti



- 1- Dolgu Şevi
- 2- Doğal Zemin
- 3- Seçme Malzeme Tabakası (Gerekli Olduğu Durumda)
- 4- Banket Kaplaması
- 5- Alt Temel
- 6- Temel Tabakası
- 7- Kaplama Tabakası
- 8- Hendek Şevi
- 9- Yarma Şevi
- 10- Banket Temeli

- 11- Yolun Enine Eğimi
- 12- Taban Yüzeyi (Tesviye Yüzeyi)
- 13- Yol Gövdesi (Taban Zemini)
- 14- Üst Yapı Proje Kalınlığı
- 15- Banket Eğimi
- 16- Trafik Şeritleri Genişliği
- 17- Banket Genişliği
- 18- Yol Genişliği (Platform Genişliği)
- 19- Üst Yapı Taban Genişliği
- 20- Taban Yüzeyinin Enine Eğimi

Kaynak : İTÜ, 1998

Bir esnek üstyapı, kaplama tabakası (bitümlü temel, binder, aşınma), temel tabakası ve alttemel tabakalarından oluşan tabakalı bir sistemdir (Şekil 2.2) ve üstyapının üst kısmından taban zeminine inildikçe, tabakalarda kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri, kaliteleri düşer. Bu tabakalanma durumunu belirleyen proje ömrü, trafik hacmi, mevcut malzeme

durumu ve taban zemini dayanımı gibi kriterler göz önünde bulundurulmaktadır. Bir esnek üstyapıda en üstteki tabaka, aşınma tabakasıdır. Trafiğin emniyetli ve konforlu geçişini sağlayan kısım, gerekli kayma dayanımını sağlamanın yanında trafiği minimum işletme maliyetinde akıtacak düzgünlükte ve rahatlıkta bir yüzey tabakası sağlayan aşınma tabakasıdır. Ayrıca, aşınma tabakalarının, taşıtlardan su sıçramasını ve yol yüzeyindeki küçük havuzcukların oluşmasını önlemek için drenaj tesislerine de sahip olması gereklidir. Aşınma tabakasında binder tabakasına göre daha ince bir malzeme kullanılır. Aşınma tabakasının altında üstyapının oturduğu doğal zemini, yani taban zeminini koruyan temel tabakası bulunur. Temel tabakası bir veya birden fazla zeminin yükünü taşıma gücü sınırları içerisinde yaymaktadır. Temel tabakası, duruma göre çimentolu veya bitüm bağlayıcılı karışım, stabilize edilmiş veya dikkatle seçilmiş granüler malzeme olabilir. Trafik hacminin yüksek olduğu kesimlerde bitümlü karışımlar daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.2’de tipik bir esnek üstyapı kesiti görülmektedir. Temel tabakasının altında alttemel tabakası bulunur. Alttemelin esas görevi, bitümlü tabakaların inşası için çalışma platformu oluşturmaktır. Bu tabakada kullanılan malzemeler genel olarak temel tabakasına göre daha düşük kalitelidir ve granüler malzemedir (Avcı, 2009).

2.2. ÜSTYAPI KAPLAMASININ ÖZELLİKLERİ

Kaplama tabakası, üstyapının trafik yüklerine doğrudan maruz kalan en üst tabakasıdır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek seviyede olması nedeniyle kaplama tabakası, üstyapının diğer tabakalarına göre daha yüksek elastisite modülüne sahip olmalıdır. Kaplama tabakasının kalınlığı arttıkça yolun trafik yüklerine karşı direnci de artar. Temel tabakasına iletilen basınç ve kayma gerilmeleri azalır (Umar ve Ağar, 1991).

En eski yol yapım malzemelerinden biri olan asfalt, geliştirilen teknik özellikleri ile yüksek performanslı, uzun ömürlü, güvenilir ve çevre ile uyumlu yolların yapımına imkân tanımaktadır. Karayollarında yaygın olarak uygulanan esnek üstyapıların kaplama tabakalarında kullanılan bitümlü karışımlar, yol inşaatında önemli bir yer tutmakta ve maliyeti büyük ölçüde etkilemektedir. Yol kaplamalarında, sıcak karışımlar içinde en çok kullanılan asfalt betonu kaplamalardır. Asfalt betonu kaplama, kırılmış ve elenmiş kaba agrega, ince agrega ve mineral fillerin belirli tane dağılımı limitleri arasında işyeri karışım formülü esaslarına uygun olarak bitümlü bağlayıcı ile bir plentte karıştırılarak yeterli temeller veya

diğer bitümlü kaplamalar ile beton kaplamalar üzerine bir veya birden fazla tabakalar halinde sıcak olarak serilip sıkıştırılarak elde edilen bir yol kaplamasıdır. Bu kaplama tipi şehirlerarası yollarda, havaalanlarında ve şehir içi yollarda kullanılmaktadır. Asfalt betonunun istenilen özelliklerde yapılması yanında, temel ve alt temel tabakalarının da fiziksel özellikleri ve öngörülen şartlarda yapılması halinde, kaplamanın daha uzun süre hizmet etmesini sağlar (TCK, 1995).

2.3 ASFALT KAPLAMALARIN ÖZELLİKLERİ

Asfalt kaplamaların özellikleri aşağıdaki gibi maddeler halinde ifade edilebilir :

- a) Asfalt kaplamalar, kür gerektirmediğinden tabaka inşaatı hızla tamamlanarak, birkaç saat içinde trafiğe açılabilir. Hızlı yapım tekniğinden dolayı alt tabakaların hemen kaplanabilmesi mümkün olmakta ve bu tabakaların açık hava şartlarına maruz kalarak taşıma gücünü kaybetmesi ihtimalini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca alternatifi olmayan yollarda ve şehir içi uygulamalarında trafik sıkışıklığına neden olmadan güvenli, hızlı bir şekilde ve hatta gerekirse gece çalışılarak, yolun trafiğe açılmasına olanak sağlamaktadır (Tunç, 2001).
- b) Asfalt üstyapıların esneklik özelliğinden dolayı trafik yüklerini tabana yayması ve asfalt karışımların yüksek dayanıma sahip olması nedeniyle asfalt kaplamalar, beton gibi rijit kaplamalara göre özellikle düşük trafik şartlarında daha ince uygulanabilir. Bugün asfaltın geliştirilen performans özellikleri ile yüksek trafikli yollarda bile 1- 3cm kalınlığında süper ince asfalt kaplamaların yüzey tabakası olarak yapımı söz konusudur (Tunç, 2001).
- c) Asfaltın tabakalarda suyun üstyapıya girişi engellendiğinden üstyapı tabanının dondan etkilenmesi önlenerek, daha yüksek bir üstyapı dayanımı sağlanır. Asfalt üstyapılar, elastik ve kalıcı deformasyonlara karşı daha dayanıklı olduğundan uzun vadeli performansları daha yüksektir. Son yıllarda farklı trafik ve iklim şartlarına uygun asfalt tabakaların uygulanmasına yönelik performans esaslı asfalt şartnameleri geliştirilmiştir. Yüksek performanslı, gürültü seviyesi düşük ve kayma direnci yüksek SMA(Stone Mastic Asphalt) ve serbest drenajlı Poröz Asfalt gibi asfalt karışımlar kullanılmaya başlanarak, asfalt üstyapılarda görülen tekerlek izinde oturma, yorulma ve termal çatlak gibi tipik bozulmaların oluşumu engellenmiştir (Tunç, 2001).

- d) İyi dizayn edilmiş ve kaliteli yapılmış asfalt yollar minimum bakım gerektirir. Sadece düzenli rutin bakımla asfalt üstyapıların ilk performansı uzun yıllar bakımsız korunabilmektedir. Asfalt kaplamanın bakım maliyeti düşüktür. Bozuk kesim hızla ve kolayca lokal olarak onarılabilir. Zamanla güçlendirilmesi gerektiğinden asfalt kaplamalara 4-5cm'lik tabaka ilavesi yeterli olabilmektedir (Tunç, 2001).
- e) Asfalt kaplamalar, düzgün ve derzsiz sürekli bir yüzey oluşturur. Derz gerektirmeden istenilen yüzey düzgünlüğü ve eğim verilebilir. Asfalt kaplamalarda yüzey kayma direnci, karışım dizaynı ayarlanarak optimum seviyede sağlanabilir. Asfalt kaplama üzerinde yol işaretleri çok iyi görülür. Yol çizgi boyasının ve diğer tip işaret malzemelerinin uygulanabilmesi ve kalıcı olmasını sağlamanın yanı sıra, kritik hat ve bölgelerin işaretlenmesinde oluşturduğu zıt renk ile hattı veya bölgeyi belirgin hale getirir. Son yıllarda geliştirilen renkli asfalt uygulaması ise şehir içinde estetik görünümlü alanların inşasına imkân sağlamaktadır. Asfalt koyu rengi nedeniyle ısıyı çektiği ve kolay buharlaşma sağladığı için, asfalt kaplamalarda buz çabuk erimekte ve yüzey suyu hızla kurumaktadır. Asfalt, beton gibi reaktif bir malzeme değildir. Asit ve sülfatlara dirençli olduğundan korozyona neden olmaz, diğer malzemelerle reaksiyona girmez ve buz çözücü kimyasallar asfalta zarar vermez. Sathi kaplama uygulamaları hariç asfalt kaplamalı yollardaki gürültü seviyesi beton kaplamalı yollara göre oldukça düşüktür (Tunç, 2001).
- f) Bitüm, bağlayıcı özelliğini kaybetmediğinden, asfalt karışımlardaki bitüm ve agreganın tamamı yeniden kullanılabilir. Asfalt kaplamalar yüzde 100 geri dönüştürülebilen doğal malzeme karışımlarıdır. Asfalt kaplamalarda bağlayıcı olarak kullanılan bitüm, esas amacı petro-kimya ürünleri eldesi olan ham petrol rafinasyonunda artık olarak kalan bir malzeme olup, bu malzemenin asfalt kaplamalarda değerlendirilmesi rafinasyonu daha ekonomik kılmakta hem de çevreye katkı sağlamaktadır (Tunç, 2001).
- g) Asfalt kaplamalar aşamalı olarak yapılabildiğinden ihtiyaca göre kalınlaştırılabilir ve genişletilebilir. İlave edilen her tabaka üstyapının yük taşıma kapasitesini artırır. Asfalt üstyapılar başlangıçta kaynak yetersizliği nedeniyle daha kısa ömürle dizayn

edilebilmekte ve daha sonra gereksinimlere bağlı olarak asfalt tabakalarıyla takviye edilerek, 6mrü uzatılabilmektedir (Tunç, 2001).

2.4 KAPLAMA TİPİ ve KALINLIğINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Kaplama tipine ve kalınlığına etki eden fakt6rler aşağıdaki gibi maddeler halinde ifade edilebilir :

- a) **Trafiğin etkileri:**Yol kaplamasının performansı araçlara hizmet edebilme yeteneği ile 6lçölür. Tekerrür eden trafik yükleri zamanla kaplamada bozulmalara neden olur. Trafikten 6türü oluşan bozulmalar kaplama tipine bağlı olarak değiştiği gibi kaplamadaki farklı tabakalarda değişiklik gösterir. Trafik yükünün yarattığı gerilme kaplama kalınlığına yukarıdan aşağıya doğru azalarak değişmektedir. Dolayısıyla kaplamanın üst kısımlarında daha çok bozulma ve kusur oluşacaktır. Bu nedenle, üst kısımdaki tabakaların daha mukavemetli olması gerekir. Trafiğin hacmi,kompozisyonu (taşıt ağırlıklarına göre dağılımı yani otomobil, otobüs, kamyon, treyler), artış trendi, vb. hususlar ile dingil yükü ağırlığı, dingil (tek, tandem, tridem), teker sayısı ve konfigürasyonu (özellikle uçaklar için), lastik temas alanı ve basıncı, yükleme hızı, vb. hususlar kaplama kalınlığına ve tipine etki eden fakt6rlerdir (Tunç, 2001).
- b) **İklim ve Çevre Etkileri:**Yağış, yüksek ısı, ısı değişimlerinin büyüklüğü, donma 6özölme sayıları, vb. iklim ve çevre etkileri kaplama tipinin seçimi ve kalınlığına tayininde önemli rol oynar. Yağışın sıklığı ve şiddeti, zeminin su içeriğini artırarak taşıma gücünde önemli azalmalara neden olur. Ayrıca kaplamanın enine eğimi yeterli değilse yüzeysel sular 6abuk dren olamayacaklarından dolayı sürüş emniyeti olumsuz etkilendiği gibi geçirgen kaplamalarda ve 6atlaklı kaplamalarda yüzeysel suların alt tabakalara sızması sonucu zeminin taşıma gücü azalacak ve deformeşyonları da artacaktır. Esnek kaplamaların yüksek hava ısılarında teker izi, lastik deseni, kalıcı deformeşyonlar gibi bozulmalara, düşük ısılarda ise gevrek davranış göstererek yük altında kolaylıkla 6atlamaktadır (Tunç, 2001).
- c) **Malzeme:**Bitümlü bağlayıcılar, viskoelastik ve termoplastik malzemelerdir. Yani ısı ve yükleme süresi arttıkça deformeşyon direnci ve rijitliği azalmaktadır. Bundan

dolayı yüksek ısılarda ve düşük araç hızlarında kalıcı deformasyonlar görülür. Esnek kaplamalar karışım serim sıkıştırma esnasında gerekli ısı şartlarına sahip oldukları sürece başarılı olarak imal edilebilirler. Aksi halde istenilen sonuçlar elde edilemez. Çünkü bitümlü karışımlar düşük ısılarda sıkışmaya karşı direnç göstererek yeterli sıkıştırılmadıklarından dolayı yoğun ve stabil kaplamalar elde edilemez. Kullanılan malzemelerin özellikleri, kaplamanın başarılı olmasında önemli rol oynarlar. Örneğin, agreganın yoğun gradasyonu, mukavemeti, içsel sürtünmesi, kırılmış olması, vb. özellikleri bağlayıcısız veya bağlayıcı (bitüm veya çimento) olarak elde edilen karışımların stabiliteleri üzerinde önemli etkileri vardır. Kaplamaların zemine yük dağıtma kabiliyetleri deformasyon dirençlerine, mukavemetlerine ve kalınlığına bağlı olarak değişir. Kaplamada kullanılan agreganın trafik ve donma çözülme etkisi ile zamanla parçalanmasına, trafiğin aşındırması ile cilalanmaya, vb. etkilere karşı yeterince dirençli olmalıdır. Aynı şekilde bitümlü malzemelerde zamanla sertleşme (yaşlanma) sonucu agrega ile adezyonu azalmakta, rijitliği artarak çekme gerilmelerine karşı daha az mukavemetli olmakta ve en önemlisi soğuk havalarda çok gevrek hal alarak kaplamanın çatlamasına neden olmaktadır. Dolayısıyla kullanılacak malzemelerin durabilitesi yüksek olmalı ve dizayn aşamasında da malzeme karakteristiklerinin zamanla değişeceği göz önünde tutulmalıdır (Tunç, 2001). Bitümlü sıcak karışım; iri ve ince agrega, filler ve bitümün plentlerde 140-160 °C sıcaklıkta karıştırılıp düzgün bir tabaka halinde serilip sıkıştırılarak elde edilen bir yol kaplamasıdır. Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda ağırlıkça yüzde 93-96 arasında agrega mevcut olmaktadır (Alataş vd., 2006).

d) Yapım ve Bakım Şartları: Kaplamalarda kullanılacak bitümlü veya çimentolu karışımların karışım dizaynlarına ve malzemenin aranılan özelliklerine çok titizlikle uyulmalıdır. Aynı şekilde karışımın hazırlanması, serilmesi, sıkıştırılması ve kür işlemleri sırasında azami gayret sarf edilmeli ve şartnamede belirtilen hususlara titizlikle uyulmalıdır. Kaplamaların yapım aşamasındaki kalite kontrol çalışmaları ile yapım kalitesi devamlı gözetim altında tutulmalıdır. Bunun için yeterli bir laboratuvar ve deneyimli elemanlar gereklidir. Bunun yanı sıra yolu kullanan ağır taşıtlara etkin denetimler yaparak aşırı yüklemeler önlenmelidir. Esnek kaplamalar, genellikle 25 yıllık proje ömrü için her 5 yılda bir takviye tabakası yapılması kaydıyla dizayn edilirler (Tunç, 2001). Kaplama tabakası, üst yapının trafik yüklerine doğrudan maruz kalan en üst tabakasıdır. Trafik yükleri nedeniyle oluşan basınç ve çekme

gerilmelerinin en yüksek seviyede olması nedeniyle kaplama tabakası, üstyapının diğer tabakalarına göre daha yüksek elastisite modülüne sahip olmalıdır. Kaplama tabakasının; trafiğin aşındırma etkisine karşı koymak, temel tabakasına iletilen basınç ve kayma gerilmelerini azaltmak, yüzey sularının temel tabakasına geçmesini önlemek, düzgün ve emniyetli bir sürüş sağlamak, yolu kalıcı deformasyonlara karşı korumak gibi işlevleri vardır. Bu işlevleri yerine getiren en iyi kaplama cinsi asfalt betonu kaplamalardır (Tunç, 2001).

2.5 ESNEK ÜSTYAPI KAPLAMALARINDA KULLANILAN MALZEMELER

Esnek üstyapı kaplamalarında kullanılan malzemeler agregalar ve bitümlü bağlayıcılardır. Esnek tür yol üstyapılarında taşıyıcı bünyenin iskeletini sağlamak üzere agregalar, bunların birbirine bağlantısını sağlamak üzere de hidrokarbonlu bağlayıcılar kullanılmaktadır. Doğal olarak agregalar ve bağlayıcı malzemeler için kalite kontrol yöntemleri olacağı gibi, bunların sıcak veya soğuk ortamda karıştırılmasıyla elde edilecek karışımların da kalite kontrol yöntemleri mevcuttur. Günümüzde esnek yol üstyapılarında, hidrokarbonlu bağlayıcı olarak çoğunlukla bitümler kullanılmaktadır (Dündar, 1998). Burada agregalar incelenmiştir.

Agregalar esnek kaplamalarda kullanılan en önemli kaplama malzemesidir. Mekanik özellikleri ile maliyetleri, esnek kaplama yapımındaki önem ve payı en fazla olan malzemedir. Agregaların özellikleri, üretimi, uygulaması gibi hususlar göz önünde tutularak kaplama tasarımı ve uygulaması yapılmak zorundadır. Agregaların ve agrega bağlayıcı karışımlarının özellikleri kaplamanın ömrü, stabilite ve mukavemeti, performansı, vb. hususlar üzerindeki en önemli rolü üstlenmektedir. Agregadan beklenen görevleri yerine getirebilmesi için uygun özelliklere sahip agreganın seçimi en gerekli husus olacaktır. Agreganın üretimi sırasındaki gerekli kalite kontrol işlemleri titizlikle yapılarak hizmet ömrü boyunca stabil, ekonomik, emniyetli ve konforlu kaplamalar elde edilmelidir. Ayrıca yapım sırasında segregasyon olmaması, kolaylıkla yerleştirilmesi ve sıkıştırılması, bağlayıcı ile karıştırılması, vb. hususlar içinde uygun ve yeterli özelliklere sahip olması gereklidir (Tunç, 2004).

Kaplamanın yapısal ve fonksiyonel gereksinimlerini yerine getirebilmesi için agreganın; Yeterli içsel sürtünme direnci ve stabilitesi ile yükleri zemine yayabilmesi ve aşırı defleksiyon göstermemesi, İklimsel ve kimyasal etkilerin aşındırmasına karşı dirençli olması, statik ve

dinamik yükler altında kırılmalara karşı dirençli olması, iç gerilmelere (genleşme büzülme, ıslanma kuruma, donma çözülme vb.) karşı dirençli olması, bağlayıcı ile güçlü adezyon yapması, yüzey tabakalarında kullanıldığında; kayma direnci, pürüzlülük ve sürtünme direnci, ışık yansıtması, teker yansıtması, gürültü, görünüm ve elektrostatik özellik olan yüzey karakteristiklerini sağlaması gerekli ve şarttır (Tunç, 2004).

Esnek yol kaplamalarında kullanılacak agreganın, kökeni ne olursa olsun, her kaplama türü için, şartnamelerde verilen fiziksel özellikleri sağlaması gerekir. Agregaların özelliklerinin yeterli olup olmadığını saptamak için kullanılacak çok sayıda deney içinde en önemli ve en çok uygulanan deneyler şunlardır:

- a) Tane Dağılımı (Granülometri) Deneyi
- b) Aşınmaya Karşı Direnç Deneyi
- c) Hava Etkilerine Karşı Dayanıklılık (Donma - Çözülme) Deneyi
- d) Cilalanma Direnç Deneyi
- e) Özgül Ağırlık ve Su Emme Deneyi
- f) Soyulmaya Karşı Direnç Deneyi

Karışımlarda kullanılması düşünülen iri agregaların bağlayıcı ile yeterli adezyon oluşturabilmesi için yüzeylerinin, pürüzlü kil ve şilt gibi çamurlu 26 maddelerden arındırılmış olması gerekir. Bu nedenle esnek tip yol üstyapı kaplamalarında çakıl türü cilalanmış yüzeyli agregalar yerine kırmataş (mıcır) daima tercih edilmelidir (Umar, 1991).

3. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR

Bu bölümde, bitüm kavramı, bitüm kavramının özellikleri, bitümlü sıcak karışımlar ve çeşitleri incelenmiştir.

3.1 BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR

Bitümlü karışımlar, agrega ve uygun oranda katılan bitümlü bağlayıcılar ile elde edilir. Bitümlü karışımların kohezyonu bitümlü malzemeler tarafından sağlanırken agrega ise karışımın içsel sürtünme direncinden ve stabilitesinden sorumludur (Tunç, 2001). Bitümlü karışımlar serbest agrega malzemesine göre çok pahalı olduklarından yol yapımında çoğunlukla, yalnızca kaplama tabakalarının yapımında kullanılır. Bitümlü karışımlar pahalı olmakla beraber birçok yararlı özelliğe sahiptir. Yol düzgün yüzeyli olmalıdır. Taşıtların tekerlek sürtünmesi nedeniyle yaptığı gürültü önemli ölçüde azalır, konfor artar. Tekerlekler daha az aşınır. Bağlayıcı malzeme agrega danelerini çok iyi şekilde birbirine bağladığı için taşıtların taş fırlatması tehlikesi ortadan kalkar. Oldukça geçirimsiz bir yol yüzeyi elde edilir (Umar ve Açar, 1991).

Agrega-asfalt karışımlarının yol kaplaması olarak kullanılabilmesi koşulları, kaplamalarla ilgili teknik şartnamelerde verilmiştir. Agregasfalt karışımların dizayn edilmesinde; stabilite, durabilite (dayanıklılık), esneklik, yorulmaya karşı direnç, kaymaya karşı direnç, geçirimsizlik, işlenebilirlik özellikleri dikkate alınır (Önal ve Kahramangil, 1993).

Bitüm, güçlü bir bağlayıcı, yapışkan, su geçirmez ve dayanıklı malzeme olmasından dolayı mühendislerin özel olarak ilgisini çekmektedir. Bitüm, genellikle bir araya getirildiği mineral agrega karışımlarına kontrol edilebilir bir esneklik sağlayan plastik bir maddedir. Bunun ötesinde bitüm birçok asit, alkali ve tuzların etkilerine karşı da yüksek derecede dirençli özelliktedir. Normal atmosferik sıcaklıklarda katı ya da yarı-katı olmasına rağmen, ısı etkisi ile, veya değişken volatiliteye sahip petrol çözücülerinin içinde çözülme yoluyla ya da emülsiyon haline getirilerek sıvılaştırılabilir (İlcalı vd., 2001).

Bitümler çok karmaşık bir kimyasal yapıya sahip olmaları nedeniyle mühendislik özellikleri daha ziyade fiziksel özellikleri ile belirlenir. Birçok bitüm; yüzde 82-88 karbon, yüzde 8-11

hidrojen, yüzde 0-1 nitrojen, yüzde 1-6 sülfür, yüzde 0-1,5 oksijen, çok az miktarda metalar (oksit, tuz veya metal içeren organik bileşikler halinde) gibi bileşenlerden meydana gelir. Yüzde 95-99 oranında hidrokarbonlardan oluşan organik maddelerdir. Asfalt çimentolarının (katı asfaltların) katılıkları, penetrasyon veya viskozite değerlerine göre aşağıda belirtildiği gibi sınıflandırılır (Tunç, 2001).

Penetrasyon sınıflaması ve viskozite sınıflaması aşağıdaki gibidir :

40-50 Pen.AC AC-40

60-70 Pen.AC AC-20

85-100 Pen.AC AC-10

120-150 Pen.AC AC-5

200-300 Pen.AC AC-2,5

3.2 BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN ÜRETİMİ

Bu bölümde, önceki bölümlerde bahsi geçen bitümlü sıcak karışımların üretimi konusu üzerinde durulmuştur.

3.2.1. Asfalt Plant Tipleri

Bitümlü sıcak karışımların üretimi için önce uygun vasıfta agregaların üretilmesi gerekir. Bu amaçla taş ocaklarından çıkarılan uygun büyüklükteki kayalar konkasör tesislerinde kırılarak agrega üretilir. Kırılarak elde edilen her bir agrega grubuna ait elek analizleri yapılarak istenilen gradasyona göre oranları saptanır. Kullanılacak asfalt, agrega ve karışıma ait gerekli deneyler yapılır. İşyeri karışım formülü hazırlandıktan sonra bitümlü sıcak karışımların plantte üretilmesine geçilir. Asfalt plantleri çok kompleks ve çok pahalı tesisler olup karışımın kaliteli üretilmesi için her türlü hassas donanıma sahiptir. Günümüzde üç tip asfalt planti mevcuttur. Bunlar:

- a) Harman tipi karışım (Batch-mix)
- b) Sürekli tip karışım (Continuous-mix)
- c) Kazan tipi karışım (Drum-mix)

olmak üzere üç farklı tipte olup en hassas ve en iyi sonuç harman tipi plantlerden sağlanır. Bu nedenle, yüksek standartlı yollarda ve otoyollarda harman tipi karışım yapan plantler kullanılmaktadır. Sürekli tip karışım plantleri açık gradasyonlu karışımlar veya düşük standartlı yollarda kullanılır. Kazan tipi plantler ise çoğunlukla geri kazanım (recycling) işlerinde kullanılmaktadır. Asfalt plantleri başlıca 6 kısımdan oluşur. Bunlar:

- a) Soğuk agrega besleme
- b) Kurutucu (dryer)
- c) Sıcak elek ve sıcak agrega besleme
- d) Asfalt besleme
- e) Filler besleme
- f) Mikser

kısımlarıdır. Asfalt plantlerin otomatik kontrolleri vasıtasıyla istenilen kalitede bitümlü karışımlar elde edilebilmektedir (İsfalt, 2001). Bu asfalt plant çeşitleri aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

3.2.1.1.Batch – Mix Tipi Asfalt Plant

Batch – Mix tipi asfalt plantin özellikleri aşağıdaki gibidir :

- a) Karışım kalitesi her miks için kontrol edilebilmektedir.
- b) Karışım içerisindeki agrega miktarı soğuk silolarda devir kontrollü sistemlerle tartılmasına rağmen kurutmadan sonra her miks için tekrar tartılmaktadır.
- c) Bitüm miktarı, devir kontrollü değil tartım yoluyla kontrol edilmekte ve bu işlem her mikste yapılmaktadır.
- d) Filler miktarı tam kontrol edilebilmektedir.
- e) Katkı koyma sistemleri mevcuttur.
- f) Her türlü sıcak asfalt üretimi gerçekleştirebilmektedir (İsfalt, 2012).

Şekil 3.1’de Batch-Mix tipi asfalt plant örneği gösterilmektedir.

Şekil 3.1 : Batch-Mix tipi asfalt plenti¹



Plent elemanları,

- a) Soğuk Agrega Siloları
- b) Kurutucu
- c) Dik Elevatör
- d) Elek Ünitesi
- e) Sıcak Agrega Silosu
- f) Karıştırıcı
- g) Filler Sistemi
- h) Filtre Sistemi
- i) Otomasyon Sistemi
- j) Hazır Asfalt Bunkeri
- k) Bitüm Sistemi
- l) Soğuk Geri Dönüşüm Sistemi
- m) Sıcak Geri Dönüşüm Sistemi

şeklinde ifade edilebilir.

¹İsfalt Habipler Fabrikası, 2012

3.2.1.2. Drum-Mix Tipi Asfalt Plant

Drum – Mix tipi asfalt plantin özellikleri aşağıdaki gibidir :

- Drum-Mix basitçe, İçinde sıcak agrega eleği, sıcak agrega siloları ve mikserin bulunmadığı sıcak asfalt karışımların üretildiği tesislerdir.
- Plantlerde plantin kalbi drum'dır. Çünkü aynı drum içinde hem agrega ısıtmakta hem de asfalt karışımı yapılmaktadır.
- Batch üretimde kullanılan alev ile agreganın zıt yönde akmasına karşılık, bu plantlerde agrega ve ısıtılmış hava aynı yönde, yani paralel akış vardır.

Şekil 3.2'de Drum-Mix tipi asfalt plant örneği gösterilmektedir.

Şekil 3.2 : Drum-Mix tipi asfalt planti



Plant elemanları,

- Soğuk Besleme Siloları
- Soğuk Silo Altı Konveyörü
- Tartım Bantı
- Kurutucu Yükleme Bantı
- Kurutucu (Dryer)
- Bitüm Besleme Pompası

- g) Taşıma Vagonu
- h) Sıcak Asfalt Silosu
- i) Filtre Sistemi
- j) Bitüm -Yakıt Tankı
- k) Kızgın Yağ Sistemi
- l) Kumanda Kabini

şeklinde ifade edilebilir.

3.2.2. Asfalt Plantlerinin Özellikleri

Asfalt plantinden kaliteli karışın elde etmek için aşağıdaki kontrollerin yapılması gerekir:

- a) Plantteki tüm ölçüm cihazları (agrega ve asfalt tartısı, filler tartısı, ısı göstergeleri vb.) kalibre edilmiş olmalıdır.
- b) Karıştırıcı, kazan ve paletleri uygun çalışıyor olmalıdır. (Kazan ısıtıcıları, paletlerin konumu ve sayısı, boşaltma kapağı vs.)
- c) Asfalt püskürtme sistemi üniform püskürtme yapmalıdır. (Memelerin çapı, püskürtme süresi – açısı – basıncı vb.)
- d) Karıştırma süresi yeterli olmalıdır.
- e) Agregası doğru olarak oranlandırılmalı, kurutulmalı ve tüm daneler asfaltla kaplı olmalıdır.
- f) Asfalt miktarı hassas olarak tartılmalı ve uygun viskozite için gerekli ısı sağlanmalıdır.

Asfalt plantlerinde kaliteli karışımlar elde edebilmek için yukarıdaki hususlara daima azami gayret gösterilmelidir. Ancak yine de istenmeyen nitelikte karışımlar üretiliyorsa nedenler araştırılarak kusurlar ve muhtemel nedenleri giderilmelidir (Tunç,2001).

Tablo 3.1’de asfalt plenti elemanları ve bu elemanların fonksiyonları gösterilmiştir.

Tablo3.1 : Asfalt plenti elemanları ve fonksiyonları

ELEMAN	OTOMATİK KONTROL	FONKSİYONLARI
SOĞUK AGREGA BESLEME	Silo kapaklarının ayarı Bant hızının ayarı	Her bir agregaya grubu için miks-dizaynda belirtilen oranlar sağlanmalıdır.
CEHENNEM	Isıtıcı Süre ve ısı miktarı	Agregayı istenilen ısıya getirmelidir. rutubetine göre ısı ayarlanmalıdır.
SICAK ELEK ve SICAK AGREGA BESLEME	Tartı sistemi Kontrol sistemi	Agregayı doğru tartmalıdır. Yeterli sıcak agregaya yoksa karışım durmalıdır.
ASFALT BESLEME	Asfalt tankı ısıtıcısı Pompa ve debi	Asfaltı uygun ısıda tutmalıdır. Asfaltı doğru miktarda püskürtmelidir.
FİLLER BESLEME	Besleme sülosu ayar sistemi	Gerekli miktarda filleri karışıma katmalıdır.
MİKSER	Karıştırma sistemi	Karışım süresi yeterli olmalıdır.
KALİTE KONTROL	Numune alma tesisleri	Sıcak elenmiş agregaya ve asfalt deposundan numune alınmalıdır.
ISI KONTROL	Isı ölçme cihazları	Sistemin her yerinden ısı ölçülebilmelidir.

Kaynak : Tunç 2001

3.3. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN SERİMİ

Bitümlü sıcak karışımların serimi, serim öncesi işler ve serim aşamasındaki işler olmak üzere iki aşamada yapılır (Tunç, 2001).

Serim öncesi işler aşağıdaki gibi ifade edilebilir :

Plentte hazırlanan bitümlü sıcak karışımlar yola serilmeden önce aşağıdaki işler yapılmalıdır.

İnce Reglaj: Projedeki kot ve eğime göre yapılmış temel tabakası yüzeyinin bitümlü sıcak karışımın seriminden önce düzeltilmesi için yapılan işlerdir. İnce reglajla ilgili olarak aşağıdakiler yapılmalıdır:

- Temel tabakasının yüzeyinde yağmur, trafik vb. nedenlerden dolayı bozulmuş kesimler (çökme, ondülasyon, çukur vb.) kabartılıp kotuna ve eğimine uygun olarak sıkıştırılmalıdır.

- b) Yüzeyde çatlaklar varsa geniş ve derin olarak kazılarak temel malzemesi ile doldurulup sıkıştırılmalıdır.
- c) Temel tabakasının yapımından bir kış veya daha uzun bir süre geçmiş ise yüzey uygun derinlikte kabartılıp kırmızı kota ve eğime göre tesviye edilip sıkıştırılmalıdır (Tunç, 2001).

Süpürme:Astarlama yapılmadan önce temel tabakasının yüzeyindeki toz, toprak veya gevşek malzemelerin giderilmesidir. Bunun için traktör arkasın takılan mekanik süpürgeler ile yol yüzeyi temizlenir. Süpürme işlemi yolun en yüksek kotundan başlanarak yol boyunca yapılmalıdır. Bunun için mekanik süpürge'nin kamburuna yol eksenini ile belli bir açı verilerek süpürülen malzemeler şeritten dışarı doğru atılmalıdır. Süpürme işlemi şeritler halinde yolun en yüksek kotundan başlanarak en düşük kotuna kadar devam ettirilmelidir. Süpürülen yüzeylerin rutubeti yüzde 2'den fazla ise yeterli temizlik sağlanamaz. Ayrıca mekanik süpürge'nin hızı yeterli temizlik için ideal olarak 15-30 km/sa olmalıdır (Tunç, 2001).

Astar ve Yapıştırma Tabakaları:Astar tabakası, ince reglajı ve süpürme işleri tamamlanmış temel tabakası üzerine sıvı asfaltın belli bir miktarda püskürtülerek elde edilen asfalt film tabakasıdır. Astar tabakasının amaçları şunlardır:

- a) Yüzeydeki serbest malzemeyi temel tabakasına bağlayarak serim sırasında üzerinden geçecek olan finişer ve asfalt kamyonlarının aşındırma, kopartma vb. etkilerine karşı direnç kazandırmak.
- b) Temel tabakasına belli bir miktar nüfuz ederek delikleri tıkamak ve böylece kapilerite ile gelen suların asfalt tabakası ile temasını keserek asfalt bağlayıcının oksidasyonunu ve soyulmasını önlemek.
- c) Temel tabakası ile kaplamanın birbirine yapışmasını sağlayarak tabakalar arasında oluşabilecek kayma direncini arttırmak.
- d) Asfalt kaplama öncesi temel tabakasının bakım ihtiyacını azaltmak. Eğer temel tabakası ile asfalt tabakası yapımı arasında uzun bir süre geçecek ise astar tabakası mutlaka yapılarak temel tabakası dış tesirlere karşı korunmalıdır. Bu süre zarfında temel tabakası üzerinden trafiğin ve iş makinelerinin geçmesine izin verilmemelidir. Astar tabakasının yapılmasında aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- e) Astar tabakasında kullanılacak sıvı asfaltın temel tabakası yeterli miktarda penetre (nüfuz) etmesi için orta hızda kür olması gerekir. Bunun için MC-30, 33 SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h veya RT-1 ve RT-2 gibi orta hızda kür olabilen akıcı bitümler kullanılmalıdır.
- f) Astarlanan yüzeylerin tamamı eşit kalınlıkta bir asfalt filmi ile kaplanmalı ve astarın tatbikatı sırasında yol yüzeyi yüzde 2'den fazla rutubetli olmalıdır. Hava sıcaklığının 50 °C'den fazla olduğu hallerde astarlama yapılmalıdır.
- g) Astar tabakası homojen bir püskürtme sağlayacak distribütör ile 0,5-2,5 lt/m² olacak miktarda sıvı asfalt tatbik edilmelidir. Kesin miktarı yolda deneme kesimlerinde yapılacak gözlemler ile tayin edilir. Bunun için yüzeyde göllenme ve/veya çok kalın bir film tabakası olacak kadar fazla olmamalı ve temel tabakasının 1-1,5 cm'den daha az fakat 3 cm'den daha fazla penetre etmeyecek miktarda olmalıdır (Tunç, 2001).
- h) Astar tabakasında kullanılacak bağlayıcının tatbik ısıları aşağıdaki gibi olmalıdır. MC-30 için 25-50 C ; asfalt emülsiyonu için 20-70 C ; RT-1, RT-2 için 20-50 °C
- i) Astarlama işi yapıldıktan sonra sıvı asfaltın temel tabakasına penetre edebilmesi ve kürünü yapabilmesi için belirli bir süre geçmesi lazımdır. Bu süre ortam sıcaklığına ve asfaltın viskozitesine bağlı olarak değişiklik göstermekle beraber kesinlikle 24 saatten daha az olmamalıdır.
- j) Kür süresince yol trafiğe kapatılmalıdır. Eğer bu mümkün olamıyorsa taşıtların hızı 30 km/sa'den az olmalıdır.
- k) Rüzgarlı, nemli, kapalı havalarda ve gece astarlama kesinlikle yapılmamalıdır.
- l) Astarlamadan sonra yol yüzeyinin düzensizlikleri nedeniyle sıvı asfaltın göllenmesi oluşmuşsa süpürge ile giderilmelidir. Uygulamada bu göllenmelere kum dökerek fazla sıvı asfaltın emilerek giderilmesi çok sıkça yapılmakla beraber bu yöntem uygun değildir. Yapıştırma tabakası, bitümlü sıcak karışım tabakaları arasındaki adezyonu sağlamak amacıyla sıvı asfaltların yüzeye püskürtülmesi ile elde edilen ince asfalt film

tabakasıdır. Yapıştırma tabakasının tatbikatı sırasında aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- m) Yapıştırma tabakasından kısa bir süre sonra bitümlü kaplama imalatına geçileceğinden ve bağlayıcının alt tabakaya penetre etme ihtiyacı olmadığından RC-70, RC-250, RS-1, RS-2, CRS-1 veya CRS-2 tipi çabuk kür olan sıvı asfalt, yüzeye homojen olarak 0,15-0,50 lt/m² miktarda tatbik edilmelidir.
- n) Sıvı asfaltın püskürtme ısıları; RC-70 için 50-80°C; RC-250 için 60-100°C ; asfalt emülsiyonu için 20-70°C olmalıdır. Emülsiyonların viskozitesini sağlamak için ağırlıkça yüzde 50'ye kadar su ilave edilebilir. Yüzey düzgünlüğü olmayan kesimlerde göllenme varsa bu kesimler kazınarak temizlenmelidir.
- o) Kür için yeterli bir süre beklenmeli ve kür süresinde trafiğin hiçbir şekilde geçmesine izin verilmemelidir (Tunç, 2001).
- p) Özellikle dik eğim, keskin karp, yaya geçitleri ve kavşaklarda taşıtların kaplamaya yaptığı ötelemeden dolayı tabakalar arası kaymayı önlemek amacıyla penetrasyonu düşük olan sıvı asfalt kullanılmalıdır. Bitümlü sıcak karışımların serim işleri Bitümlü sıcak karışımlar plentlerde üretildikten sonra kamyonlarla yola nakledilir. Karışımın yolda istenilen kalınlık ve eğimde finişerler ile serimi yapıldıktan sonra sıcak halde iken silindirler ile sıkıştırılarak inşa edilirler. Bu nedenle plentte hazırlanan karışımın: taşınması, yolda serimi ve sıkıştırılması (kompaksiyonu) ile ilgili işlerin tümü aynı ölçüde önemlidir. Sıcak bitümlü karışımların plentteki karışım ısıları, Tablo 3.2'de verilen limitler dahilinde olmalıdır. Ayrıca agrega ile asfalt çimentosu ısıları arasındaki fark maksimum 20°C olmalıdır. Plentten çıkan karışımın sıcaklığının, karışım sırasındaki ortam ısısına bağlı olarak Tablo 3.2'de verilen ısıdan daha az olmaması zorunludur.

Tablo 3.2'de plentte karışım ısısının nasıl olması gerektiği gösterilmiştir.

Tablo 3.2 : Plentte karışım ısısı

Sıra no	Asfalt Bitümü Tipi	Asfalt sıcaklığı		Agraga sıcaklığı	
		Min	Max	Min	Max
1	60-70 Pen. AC	145 C	160 C	150 C	165 C
2	85-100 Pen AC	140 C	155 C	145 C	160 C

Asfalt plentlerinde üretilen bitümlü sıcak karışımlar plentten serim noktasına kadar kamyonlarla taşınırken:

- Taşıma süresi arttıkça
- Hava ısısı azaldıkça
- Rüzgar arttıkça
- Kamyon kapasitesi küçüldükçe (veya karışımın kütlesi azaldıkça)
- Kamyon hızı arttıkça

ısı kaybı artar. Eğer bitümlü karışımın ısı kaybı çok fazla olursa yeterli sıkışma yapılamayacaktır. Bitümlü sıcak karışımların serim anındaki ısısı minimum 130°C olmalı ve sıkıştırma başlangıcında hiçbir zaman 110°C'nin altında olmamalıdır. Bitümlü sıcak karışımın ısısı bu değerlerden daha az olursa asfaltın viskozitesi artarak karışımın işlenebilirliğini azaltmakta ve sıkışma direnci önemli ölçüde artarak istenilen sıkışma yoğunluğu elde edilememektedir. Bitümlü sıcak karışımların serimi sırasında bitümlü sıcak karışımla yüklü kamyon geri geri finişere yaklaşır ve arka tekerlekleri finişerin itici merdanelerine dayandığında damperini kaldırarak karışımı finişerin kazanına boşaltmaya başlar ve kazana yüklenen karışım iletici bantlar vasıtasıyla ön kısımdan arka tarafa doğru taşınır. Arka kısımdaki spiraller yardımı ile segregasyona uğramadan tabla boyunca enine doğru yayılarak tabladaki karışım istenilen kalınlıkta serilir. Finişer tarafından itilen kamyondaki karışım bitene kadar serim işine devam edilir ve boş kamyon finişeri terk ederek diğer bir dolu kamyonla işlemler tekrarlanır (Tunç, 2001).

3.4 BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARIN SIKIŞTIRILMASI

Kompaksiyon terim olarak sıkıştırma için yapılan tüm işlemleri yani sıkıştırma tekniğini ifade eder. Bitümlü sıcak karışımların kompaksiyonu esnek kaplamaların tüm fonksiyonları (performans ve stabilite) üzerinde etkin bir rol oynar. Bitümlü sıcak karışımların kompaksiyonuna etki eden faktörler şunlardır:

- a) Bitüm
 - i. Viskozitesi (veya penetrasyonu)
 - ii. Kompaksiyon sırasında viskozluğun artış hızı

- b) Agregada
 - i. Dane şekli
 - ii. Gradasyonu, yoğunluğu, maksimum dane boyutu

- c) Isı
 - i. Ortam ısısı, rüzgar, rutubet
 - ii. Karışımın ısısı (karıştırma, serme ve kompaksiyon anındaki)
 - iii. Karışımın
 1. Kompaksiyon sırasında karışımın yoğunluk ve stabilitesinin artış hızı
 2. Kaplama kalınlığı ve değişkenliği
 3. Finişerin sıkıştırma miktarı
 4. Silindir tipi, ağırlığı, hızı, pas sayısı, vb (İsfalt, 2001).

Bitümlü sıcak karışımların kompaksiyonuna etki eden birçok faktör olmakla beraber başlıcaları agreganın gradasyonu ve dane şekli, karışımın yoğunluğu, asfaltın viskozitesi ve en önemlisi de karışımın ısısıdır. Aynı asfalt yüzdesine ve gradasyonuna sahip iki ayrı karışımın laboratuvar kompaksiyon testleri sonucuna göre yüzde 98 sıkışması için kırmataştan yapılan karışımın dere malzemesinden yapılan karışıma nazaran yaklaşık iki kat daha fazla sıkıştırma enerjisine gerek vardır. Bitümlü sıcak karışımların sıkıştırılması için belirli hız ve pas sayısında silindiremeye ihtiyaç vardır. Bu da kompaksiyon için belirli bir süreyi gerektirir. Bu süre içinde serilen karışımın soğuma hızı kompaksiyon için önemlidir. Çünkü karışım soğudukça sıkışmaya karşı direnç artacaktır. Karışımın soğuma hızına başta kaplamanın kalınlığı olmak üzere; hava ısısı, tabanın ısısı ve rüzgar etki etmektedir. Kaplama ne kadar ince olursa soğuma hızı o kadar fazla olmaktadır. Örneğin 25-35 mm kalınlıktaki bir kaplama

kötü şartlar altında 5 dakika içinde 50 ile 80 °C arasında ısı kaybına uğrarken kalın kaplamalar uygun koşullarda saatlerce yüksek ısılarda kalabilirler(İsfalt, 2001).

Karışım ısı azaldıkça karışımın sıkışmaya karşı gösterdiği direnç artmakta ve yeterli sıkışma elde edilememektedir. Bu nedenle bitümlü sıcak karışımların kompaksiyonu hızlı bir şekilde tamamlanmalıdır. Ancak sıkıştırma makinelerinin hızı arttıkça sıkışma miktarı azalmakta ve gerekli sıkışma yüzdesi için pas sayısı artmaktadır. Özellikle ilk paslarda hızın daha düşük olması sıkışma açısından daha iyi sonuç vermektedir. Bitümlü sıcak karışımların kompaksiyonunda dikkat edilecek hususlar (İsfalt, 2001);

- a) Silindir tipi ve ağırlığının seçimi
- b) Silindiraj sırası
- c) Silindiraj tekniği

olarak göz önüne alınmalıdır. Bu hususlara gerekli özen gösterildiği takdirde bitümlü sıcak karışımların sıkışması (kompaksiyonu) kolaylıkla sağlanabilecektir (Tunç 2001).

4. ÜSTYAPI BOZULMALARI, NEDENLERİ VE ONARIM YÖNTEMLERİ

Karayollarının üstyapılarında, farklı nedenlerden kaynaklanabilen pek çok bozulma çeşidi meydana gelebilmektedir. Bu bölümde, karayolu üstyapılarında meydana gelen bozulma çeşitleri, bu bozulmaların sebepleri, kaynakları ve onarım yöntemleri incelenmiştir.

4.1 ÜSTYAPI BOZULMALARI

Yollar yeni inşa edildiklerinde iyi durumdadırlar. Trafik yükleri ve iklim koşulları nedeniyle zamanla bozulurlar. Bu bozulmalar, başlangıçta çok yavaş olduğu için yolun servis seviyesini koruyabilmek için sadece periyodik bakıma ihtiyaç gösterirler. Süre ilerleyip zamanında bakım ve iyileştirme yapılmazsa, bozulmalar artarak çok pahalı bakım ve iyileştirme seçeneklerine gereksinim gösterirler. Bu nedenle bozulmaya başlamış yollarda, zamanında yapılmış bakım programları, en fazla kazancı sağlar(Güzel, 2001). Yapılacak bakım programları, üstyapının sağlıklı değerlendirilmesi ile başlar. Bu amaçla bozulmaya yüz tutan yolların yapısal dayanımının, yüzey bozukluklarının ve üstyapı tabakalarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Genellikle etütler sonucunda toplanan verilerle analizler yapılır ve üstyapı takviye kalınlıkları belirlenir. Genel olarak, esnek üstyapılardaki bozukluklar şu şekilde gruplandırılır (Güzel, 2001);

a) Çatlaklar, oturmalar, kabarmalar

b) Çukurlar

c) Ayrışma, sökülme ve soyulmadır (Güzel, 2001).

Üstyapı bozulması daha öncede tarif edildiği gibi, bir üstyapının tasarım süresi sonunda trafik yükleri ve çevresel etkiler sonucunda düşmesi beklenen hizmet yeteneğinin bir derecesidir. Üstyapı bozulmalarında, öncelikle bozulma nedenlerinin araştırılması gerekir. Bunun içinde iyi bir yol değerlendirme çalışması dahilinde karayolu ağının durumu ve yol bozulmalarının iyi incelenmesi şarttır. Bozulmaya neden olan etkenler tespit edilip, yok edildikten sonra yapılacak bakım ve onarım çalışmaları sayesinde, ileride tekrarlanabilecek olan bozulmalar da önlenmiş olacaktır(Güzel, 2001). Türkiye şartlarında, tasarım metodunun ve malzemenin yanlış seçimi, trafiğin öngörülenden hızlı artışı, iklimsel şartlarının ağırlığı, yol bakımı

sırasındaki projeye ve tekniğe uygun oluşturmayan yapımlar, bakım biriminin daha az etkin çalışması ve diğer birimler ile koordinasyon eksiklikleri, başlıca bozulma nedenleridir. Bir yolun hizmet ömrünü uzatmanın veya ekonomik ömrü içerisinde ondan ekonomik bir şekilde faydalanmanın tek çözümü, gerekli düzeyde devamlı bakım yaparken, yol üstyapısının dayanımını gerekirse onarım çabalarıyla yükseltmektir. Yol bozulmalarının giderilmesi, ancak bozulma nedenlerinin iyice anlaşılmasına bağlıdır. Aksi takdirde, nedeni anlaşılmayan veya yanlış anlaşılan bozuklukların bakım ve onarım hizmetleri, mevcut aksaklıkları gidermekten uzak kalacaktır. Yol sonsuz uzunlukta bir yapı olduğuna göre, yol boyunca bozulmaya etki eden faktörler devamlı değişim göstermekte, şartnamesine uygun inşa edilse de mevcut zemin yapısı, nem oranı, iklim, trafik miktarları, farklı dingil yükleri gibi faktörler yolu etkilemektedir. Böylece, sayısız aksaklıklar yüzeyde kendini gösterirken, kullanıcıları tarafından bu bozukluklar gözlenmekte ve kullanıcılar bunların giderilmesi konusunda kamuoyu ile baskı unsuru oluşturmaktadır (Güzel, 2001).

Genel olarak, yol üstyapısında meydana gelen bozulmalar, fonksiyonel bozulma ve yapısal bozulma olmak üzere iki türlü olarak tanımlanır. Fonksiyonel bozulmada, üstyapı için amaçlanan fonksiyonlar yavaş yavaş yerine getirilemez. Yapısal bozulma ise, üstyapı bileşenlerinin bir veya birkaçının kırılmasını, göçmesini veya bozulmasını belirtir (Güzel, 2001).

4.2. BOZULMAYA YOL AÇAN ETKENLER

Yol esnek üstyapısında, çeşitli nedenlerle meydana gelen bozulmaların etkenleri, aşağıda ana başlıklar altında sınıflandırılıp belirtilmiştir. Bunlar genelde tasarım hataları, yapım hataları, bakım hataları, çevre şartları, iklim şartları ve trafik etkilerinden kaynaklanmaktadır.

4.2.1. Tasarım Hataları

Taban zemini etütlerinin yeterince sağlıklı yapılmaması, büyük boyutlu yarma ve dolguların oluşturulması, şevlerin dik kesilmesi, hendeklerin ve sanat yapılarının uygun yer ve boyutta yapılmaması, büz ve menfez üstlerinde yeterli dolgu boyu bırakılmaması, üstyapı projelendirilmesinde trafik ve çevresel etkilerde yapılan yanlış hesaplamalar sonucu meydana gelen bozulmalardır (Güzel, 2001).

4.2.2. Yapım Hataları

Taşıma gücü zayıf zemin iyileştirilmeden yol gövdesinin oluşturulması, uygun dolgu malzemesi seçilmemesi, drenaj sisteminin yetersiz olması, asfalt tabaka kalınlıklarının şartnameye göre yapılmaması, kaplama malzemesi olarak kullanılan agrega ve bitümlü malzemenin yanlış seçimi ve kalite eksiklikleri, yetersiz ya da aşırı sıkıştırma, düşük hava sıcaklığında veya yağışlı havada bitümlü karışım imalatı, kalitesiz işçilik, yapım hataları olarak sayılabilir.

Üstyapı tabakalarında oluşabilecek bozulmaların sebepleri; yukarıda belirtildiği gibi kötü malzeme kullanımı, sıkıştırmanın uygun şekilde yapılmaması, yapım sırasında hava sıcaklığının istenilen düzeyde olmaması olarak sayılabilir. Yüzeysel kaplamada ya da asfalt betonu kaplamada kullanılacak agreganın temiz, sağlam ve şartnameye uygun granülometriye sahip olması gerekir. İyi seçilmemiş veya kontrol edilmemiş granülometrilili, çürük, kirli, çabuk cilalanan ve yüksek oranda yuvarlak agrega içeren malzemeler kullanılmamalıdır. Bitümlü bağlayıcı gerekli oranlarda kullanılmalı, gerekenden az ya da fazla kullanılmamalıdır. Asfalt betonu kaplamalar için filler yüzdesinin yetersiz ya da fazla olmamasına, yetersiz karıştırma yapılmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, aşırı derece veya yetersiz sıkıştırma, astar veya yapıştırma tabakalarının gerekli özenle yapılmaması, asfalt betonu kaplamalar içinde serme ve sıkıştırma sıcaklıklarının düşük olması, yapım sırasında karışımın ayrışmaya başlamasına neden olur (Güzel, 2001).

4.2.3. Bakım Hataları

Yol gövdesi, kaplama, sanat yapıları, drenaj ve diğer tesisleri zaman içerisinde işlevini yitirmeye başlar başlamaz, bunların bakım ve onarımlarındaki gecikmeler yüzünden oluşan hatalar ve uygun yapılmayan kar ve buz mücadeleleridir. Karayolları kenarlarında bulunan banketlerin bakımı, trafik emniyeti ve üstyapının ömrü yönünden önem arz eder. Bu bakımdan banketlerin daima düzgün ve sert bir yüzey olarak korunması gerekir. Banket bakımının ihmal edildiği yollarda, kaplama ile banket yüzey sularının dış ortama akması nedeniyle birbirinden ayrılır ve kaplama kenardan ortaya doğru süratle bozulmaya başlar. Bütün drenaj sistemleri, hendek ve kanallar, sanat yapıları sürekli kontrol edilmeli, eğer kanallar, drenaj boruları veya menfezler çeşitli sürüntü maddeleriyle tıkanmış ise temizlenmelidir. Kısım meydana gelen kar yağışı ve buzlanma, trafiğin güvenli ve hızlı seyretmesini engeller. Bu nedenle, yapılan bakım işlemlerindeki yanlış eylemler kaplamaya

zarar verebilmektedir. Kar ve buz ile mücadelede tuz gereğinden fazla uygulanırsa, kaplamanın bozulmasına neden olabilirler (Güzel, 2001).

4.2.4. Çevre ve İklim Şartları

Bitümlü bağlayıcıların viskoziteleri sıcaklığa doğrudan bağlıdır. Kısın agreganın bağlayıcıya yapışabilmesini sağlamak için, çok düşük viskoziteli bağlayıcı kullanıldığında, ilkbaharda sıcaklık yükselince, yumuşama sonucu üstyapının bozulması kaçınılmaz olacaktır. Don etkisi olan bölgelerde, yol üstyapısının davranışı don penetrasyon derinliği ile yakından ilgilidir. Don penetrasyon derinliğinin tespiti için çeşitli teorik formül ve abakların yanı sıra arazi ve sıcaklık ölçümleri de geniş bir şekilde kullanılır. Yağış mevsimlerinde yağmur ve kar sularının drenaj sistemlerinin yardımıyla uzaklaştırılması gerekir. Taban zemininde bulunan kil ve silt gibi bazı malzemeler bünyelerine su aldıklarında, büyük hacim değişikliği gösterirler. Bu hacim değişikliği sonucu meydana gelen kabarmalar ise üstyapıda kırılma ve dağılmalara yol açar. Yağışlardan sonra oluşan yüzeysel sular, yol yüzeyi, banket, yarma ve dolgu şevlerinin erozyonuna sebep olurlar (Güzel, 2001).

4.2.5. Trafik Etkileri

Yapılan araştırmalar sonucunda, ülkemizde yukarıda bahsedilen tasarım, yapım,bakım hataları ve iklim şartlarının yanında, üstyapı bozulmasında en önemli etkenlerden bir diğerinin, denetimsiz seyreden aşırı yüklü kamyonlar olduğu gözlenmiştir. O halde, konu sadece karayollarına yapılan harcamalar açısından ele alınırsa, hedefe yönelik etkili önlem, ağır taşıtların izin verilen maksimum dingil yüklerinin sınırlanması veya ekonomik açıdan dingil yüklerinin artması gerekiyorsa, üstyapı tasarımının öngörülen yeni dingil yük değerleri kullanılarak yapılması biçiminde ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak, yollarda seyreden ağır taşıtların ağırlık kontrollerine önem verilmelidir. İzin verilen sınırların üzerinde yüklenmiş taşıtların, yola verdiği zarar önemli seviyelere ulaşmaktadır (Güzel, 2001).

4.3. YOL ÜSTYAPISINDA MEYDANA GELEN BOZULMALAR

Çok iyi yapılan bir yol dahi çevre koşulları nedeniyle belirli bir süre içerisinde bozulmaya başlar. Bir yolun servis ömrünü uzatmanın ya da ekonomik ömrü içerisinde ondan en iyi şekilde yararlanmanın en iyi yolu gerekli kontrolleri yaparak zamanında bakımlarını gerçekleştirmektir. Kaplama yaşını göz önünde bulundurmadan uygun ve doğru bir bakım, etkin çalışan bir drenaj sistemi yolun ömrünü uzatmada önemli bir rol oynar (İsfalt, 2001).

4.3.1. Çatlaklar

Çatlaklar timsah sırtı çatlaklar, kenar çatlakları, enine çatlaklar, boyuna çatlaklar ve blok çatlaklar olarak beşe ayrılırlar. Şekil 4.1’de bir çatlak örneği gösterilmektedir.

Şekil 4.1 : Çatlak örneği



Kaynak : İsfalt 2002

4.3.1.1. Timsah sırtı çatlaklar

Timsah sırtı çatlakların oluşum nedenleri;

- a) Taban zemini, alt temel ve/veya temel tabakalarının yetersiz sıkışması ve/veya yetersiz drenajı nedeni ile taşıma gücünün yetersizleşmesi,
- b) Kaplamanın aşırı trafik yükleri altında yorulması,
- c) Uygun olmayan malzeme kullanımı ve kötü yapım teknikleri,
- d) Çevre ve iklim şartlarında donma etkisi ve nem değişiklikleridir.

Şekil 4.2’de bir timsah sırtı çatlak örneği görülmektedir.

Şekil 4.2 : Timsah sırtı çatlak



Kaynak : İsfalt 2002

Timsah sırtı çatlakların derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli timsah sırtı çatlaklar olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddette timsah sırtı çatlaklarında, timsah sırtı deseni yeni oluşmaya başlamış ve desen oluşumu az sayıda çatlaklardan meydana gelmiştir. Çatlaklar kılcal seviyededir. Bozuklukların gelişimi sürekli olarak gözlenmelidir (İsfalt,2002). Orta şiddette timsah sırtı çatlaklarında, timsah sırtı oluşumu iyice belirginleşmiş, poligon köşelerinde kopmalar başlamıştır. Çatlakların genişliği artmış ve belirginleşmiştir.

4.3.1.2. Kenar çatlakları

Kenar çatlaklarının oluşum nedenleri,

- a) Donma etkisi,
- b) Kaplama kenarında yetersiz taşıma gücü ve üstyapının kenarında aşırı trafik yüklenmesi
- c) Üstyapı kenarında ve bankette yetersiz drenaj,
- d) Üstyapı genişliğinin yetersiz olması nedeni ile trafiğin banket kenarına yakın seyretmesidir.

Şekil 4.3'te bir kenar çatlağı örneği görülmektedir.

Şekil 4.3 : Kenar çatlağı



Kaynak : İsfalt 2002

Kenar çatlaklarının derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli kenar çatlakları olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddetli kenar çatlaklarında, çatlaklar kaplama kenarına paralel olup bir veya birden çok olabilir. Çatlaklar kaplama kenarından 300 mm içeriye yayılmış olabilir. Bozuklukların gelişimi sürekli gözlenmelidir (İsfalt, 2002). Orta şiddetli kenar çatlaklarında, çatlaklar dış tekerlek izine kadar ilerlemiş ya da kaplama kenarından 600 mm kadar içeri ilerlemiştir. Çatlaklar birbirinden bağımsız boyuna çatlaklar olabileceği gibi bazen de dalga şeklinde olabilmektedir. Onarım çalışması olarak, çatlaklı bölge düzgün bir şekilde kesilip atıldıktan sonra uygun bir karışımla yamanmalıdır (Şekil 4.3).

Yüksek şiddette kenar çatlaklarında, dalga şeklinde çatlaklar görülmeye başlanmış olup bunlar timsah sırtı desenine dönüşmüş ve dış teker izinden daha da içeri ilerlemiştir. Onarım çalışması olarak, çatlaklı bölge düzgün bir şekilde kesilip atıldıktan sonra uygun bir karışımla yamanmalıdır veya bozuk kesim sathi kaplama ile kaplanmalı ve banket drenajı gerekli bakımla iyileştirilmelidir (İsfalt, 2002) .

4.3.1.3. Enine çatlaklar

- a) Enine çatlakların oluşum nedenleri;
- b) Asfalt kaplamada çok düşük sıcaklıklarda meydana gelen büzülme,

- c) Tabanda don etkisi ve su içeriği değişikliği,
- d) Alt tabakalarda daha önce oluşan çatlakların yüzeye yansımaları,
- e) Karışım içindeki bitümün sıcaklığa olan yüksek hassasiyetidir.

şekil 4.4'te bir enine çatlak örneği görölmektedir.

şekil 4.4 : Enine çatlak



Kaynak : İsfalt 2002

Enine çatlakların derecelendirilmesi üçe ayrılır. Bunlar hafif, orta ve yüksek şiddetli enine çatlaklardır. Hafif şiddetli enine çatlaklarda, çatlaklar 6 mm'den incedir ve ayrışmamıştır. Çatlaklar, üstyapı genişliği boyunca değişken uzunluktadır. Bozulukların gelişimi sürekli gözlenmelidir. Orta şiddetli enine çatlaklarda, çatlaklar 6 ile 15 mm arası genişliğe ulaşmıştır.

4.3.1.4. Boyuna çatlaklar

Boyuna çatlakların oluşum nedenleri;

- a) Dolgularda yetersiz sıkışma ve yetersiz drenaj nedeniyle oturma,
- b) Dolgunun yanall hareketi,
- c) Çevre ve iklim şartları (don etkisi ve nem değişiklikleri),
- d) Üstyapının taşıma gücünün yetersiz oluşu ve bunun trafik yükü ile birleşmesisonucu oluşan oturmalarıdır.

şekil 4.5'te yüksek şiddete sahip bir boyuna çatlak örneği gösterilmiştir.

Şekil 4.5 : Yüksek şiddette boyuna çatlak



Kaynak : İsfalt 2002

Boyuna çatlaklarının derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli boyuna çatlakları olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddetli boyuna çatlaklarda, çatlaklar 6 mm'den incedir ve ayrışmamıştır. Çatlak kaplama kenarına paralel, diyagonal veya kıvrımlar seklindedir. Bozuklukların gelişimi sürekli gözlenmelidir. Orta şiddetli boyuna çatlaklarda, çatlaklar 6 ile 15 mm arası genişliğe ulaşmıştır. Ayrışmalar başlamış ve çok yönlü kılcal çatlaklar oluşmuştur (İsfalt, 2002).

4.3.1.5. Blok (harita) Çatlaklar

Blok (harita) çatlakların oluşum nedenleri;

- a) Şişme ve büzülme etkisi,
- b) Donma etkisi,
- c) Asfalt kaplamanın yasanmasından dolayı sertleşmesi ve kırılmasıdır.

Şekil 4.6'da blok çatlak örneği verilmiştir.

Şekil 4.6 : Blok çatlaklar



Kaynak : İsfalt 2002

Blok çatlaklarının derecelendirilmesi hafif, orta ve yüksek şiddetli blok çatlaklar olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddetli blok çatlaklarda, çatlakların genişliği 6 mm'den incedir. Boyuna ve enine çatlaklar birbiri ile birleşerek harita şeklinde görünürler. Bozuklukların gelişimi sürekli gözlenmelidir. Orta şiddetli blok çatlaklarda, çatlaklar 6 mm ile 15 mm arası genişliğe ulaşmıştır. Çatlak formasyonu bir veya birden fazla çatlağın ayrılıp kopması şeklindedir. Geçici çözüm olarak, bozuk yüzey harç tipi örtü tabakası veya yüzeysel kaplama ile kaplanmalıdır. Kalıcı çözüm olarak, bozuk yüzeye ya asfalt kaplamaların yeniden kullanım metodu ile ya da düzeltme tabakası ve geotekstil ile düzeltildikten sonra takviye kalınlıklar uygulanmalıdır (Şekil 4.6). Yüksek şiddetli blok çatlaklarda, çatlaklar çok yönlü olarak ayrışmaya devam edip 15 mm'den fazla açıklığa ulaşmıştır. Timsah sırtı çatlaklar oluşmuştur. Bakım yöntemi olarak, detaylı üstyapı etüdü yapıldıktan sonra bozuk yüzey asfalt kaplamaların yeniden kullanımı metodu ile iyileştirilmelidir veya yeniden yapım metodu uygulanmalıdır (İsfalt, 2002).

4.3.2. Tekerlek İzi

Bu bölümde, önemli ve sıklıkla görülen bir bozulma tipi olan tekerlek izleri incelenmiştir.

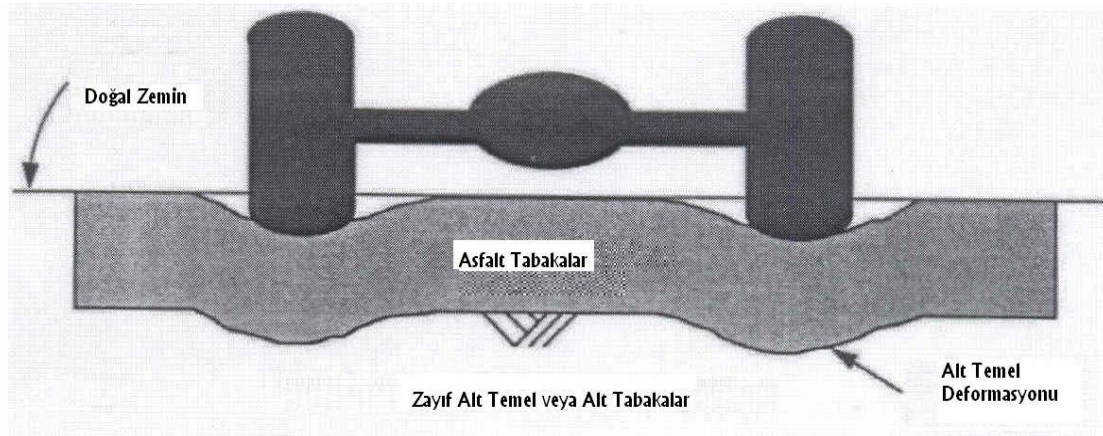
4.3.2.1. Tekerlek İzinde Oturmalar

Tekerlek izinde oturmaların oluşum nedenleri;

- Yüksek ısı, düşük viskoziteli bağlayıcı ve yüksek bitüm içeriği nedenleri ile bitümlü sıcak karışım tabakalarının stabiliteelerini kaybetmeleri,
- Bitümlü sıcak karışım tabakalarının yetersiz sıkıştırılması,
- Üstyapı tabakalarının aşırı gerilmeler altında kalıcı deformasyonlara maruz kalması,
- Trafik yükleri altında boşluk suyu basıncı nedeniyle doygunluğa ulaşan temel ve alt temel tabakalarının stabiliteelerini kaybetmeleri,
- Drenaj yetersizliği ve/veya yetersiz sıkışma nedeniyle üstyapı tabanının stabilitesini kaybetmesi, taşıma gücünün zayıflaması,
- Banket malzemesinin stabil olmaması, yeterli yanıl desteği sağlayamamasıdır.

Şekil 4.7'de görüldüğü üzere tekerlek izinde oturmaların derecelendirilmesi hafif, orta ve şiddetli tekerlek izinde oturmalar olmak üzere üçe ayrılır (İsfalt, 2002).

Şekil 4.7 : Tekerlek izinde oturma



Kaynak : İsfalt 2002

Tekerlek izi oluşumu (oluklanma) asfalt betonu kaplamalarda görülen bozulma türlerinden biridir. Taşıtlı tekerleklerinin yola değme noktalarında, yol boyunca oluşan düşey kalıcı deformasyonlar olarak tanımlanır. Ticari taşıtlı sayılarındaki artış, bunların dingil sistemlerinin değişmesi ve dingil ağırlıklarının artması, çift tekerlek yerine geniş tabanlı tek tekerlek kullanılması ve lastik iç basınçlarının artması nedenleriyle, tekerlek izi çözülmesi gereken bir sorun haline gelmiştir. Tekerlek izi oluşumuna neden olan başlıca faktörler; aşırı yükler, uzun süreli veya durağan yükler, aşırı yük tekrarı, uygun olmayan malzeme kullanımı, tasarım ve yapım hataları olarak sıralanabilir. Yolun enine düzgünlüğünün bozulmasına neden olan

tekerlek izi oluşumu, konfor ve güvenlik açısından büyük bir sorun oluşturmaktadır. Şerit değiştirme sırasında araç kontrolü zorlaşmakta, yağışlı havalarda tekerlek izi oluşmuş kısımlarda su birikmekte ve buzlanmaya veya tekerleğin su filmi üzerinde kaymasına yol açmakta, dolayısıyla fren mesafesi uzamaktadır. Şekil 4.7’de esnek üstyapıda tekerlek izi oluşumu gösterilmiştir (İsfalt, 2002).

4.3.2.2. Yapısal Tekerlek İzi

Bitümlü tabakanın altındaki (taban zemini dahil) bir veya daha fazla tabakanın kendi içlerindeki deformasyonlarının sonucudur. Bunun nedeni, yükten dolayı oluşan gerilmelerin malzeme dayanımını aşmasıdır. Bu durumda tekerlek izinin etrafında kabarmalar oluşmaz. Bu tip tekerlek izi oluşumu genellikle gerçekteki trafik koşullarına uygun tasarlanmamış üstyapılarda görülür. Aynı zamanda uygun olmayan (düşük kaliteli) malzemenin kullanılmasından, malzemenin iyi sıkıştırılmamasından, kötü drenajdan, donma ve çözülme etkilerine karşı önlem alınmamasından da kaynaklanabilir.

4.3.2.3. Akma Tekerlek İzi

Bitümlü tabaka veya tabakaların kendi içlerindeki deformasyonunun sonucudur. Bunun nedeni, yükten dolayı oluşan gerilmelerin bitümlü malzemenin stabilitesini aşmasıdır. Tekerlek izi etrafında kabarmalar oluşur. Akma tekerlek izi, en çok, çıkış eğimli kesimlerde, kavşak yaklaşımlarında ve kurplarda, yani ağır taşıtların hızlarını azalttığı kesimlerde ve lastik ile kaplama arasındaki değme alanında ortaya çıkan teğetsel gerilmelerin yüksek olduğu kesimlerde oluşur.

4.3.2.4. Yüzeysel Tekerlek İzi

Kışın çivili tekerleklerin kullanılmasından dolayı kaplamanın en üst yüzeyinde oluşur. Özellikle, çivili lastiklerin kullanıldığı kuzeydeki ülkelerde görülmüştür. Hasarı görüldükten sonra bu lastiklerin kullanılması sınırlandırılmış veya yasaklanmıştır. Bu tip tekerlek izinde göz önüne alınacak parametre agrega sertliğidir. Dördüncü tip konsolidasyon nedeniyle oluşan tekerlek izidir. Bu da yüzeysel tekerlek izi sınıfına girer. Kaplamanın yapımı sırasında

yetersiz sıkıştırmadan dolayı oluşur. Yetersiz yoğunluğa sahip bir karışım özellikle sıcak havalarda, duran veya yavaş hareket eden trafiğin mevcut olduğu kavşaklarda trafik etkisiyle oturmaya meyillidir. Tekerlek izi kenarlarında kabarma oluşmaz. Hafif şiddette tekerlek izinde oturmalarda, oturma derinliği 15 mm'den daha azdır. Orta şiddette tekerlek izinde oturmalarda, oturma derinliği 15- 30 mm arasındadır. Genellikle iz üzerinde çatlamlar vardır. Bakım yöntemi olarak tümsekler freze makinesi ile kesilmelidir (İsfalt, 2002) .

Şekil 4.8 : Tekerlek izinde oturma



Kaynak : İsfalt 2002

Şekil 4.8'dekine benzer şekilde yüksek şiddette tekerlek izinde oturmalarda, oturma derinliği 30 mm'den fazladır. Çatlaklar daha belirginleşmiştir. Tekerlek izinde oturma derinliği 3-5 cm ise derinlik kadar üstü yapı kazılmalı ve yerine kazınan malzeme cinsinden aynı kalınlıkta malzeme getirilmelidir (İsfalt,2002).

4.3.3. Yerel Oturmalar

Yerel oturmaların oluşma nedenleri;

- a) Taban, alt temel ve / veya temel tabakalarında yetersiz sıkıştırma,
- b) Üstyapı tabanının tasıma gücünün zayıf olması,

- c) Sanat yapılarının yaklaşım yerlerinin yetersizliği ile oluşan oturmalar,
- d) Dolgu seviindeki eğim hataları,
- e) Uygun olmayan bakım teknikleri, yetersiz sıkıştırma ve yetersiz drenaj sistemidir.

Şekil 4.9'da yüksek şiddette lokal oturmalar gösterilmiştir.

Şekil 4.9 : Yüksek şiddette lokal oturmalar



Kaynak : İsfalt 2002

Yerel oturmaların derecelendirilmesi hafif, orta ve şiddetli oturmalar olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddette yerel oturmalarda, düşey yönlü deplasman 50 mm'den azdır. Sürüş konforundaki azalma çok az olup, hafif sarsıntılara neden olabilir. Orta şiddette yerel oturmalarda, düşey yönlü deplasman 50-100 mm arasındadır. Hissedilir seviyede yükselme ve alçalmalar oluşmuştur. Bakım yöntemi olarak, drenaj sistemleri gözden geçirilmeli, bozuk kesim gerekirse kazılıp atılmalı, sıcak veya soğuk karışım malzemesi ile yamanmalıdır. Yüksek şiddette yerel oturmalarda, düşey yönlü deplasman 100 mm'nin üstündedir. Sürekli hale gelen yükselip alçalmalar, rahatsızlık verici seviyededir. Bu durum Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Hız azaltma zorunluluğu vardır. Gerekli görülürse, üstyapı tabanı ve dolgular iyileştirilmelidir (İsfalt, 2002).

4.3.4. Kabarmalar

Kabarmaların oluşma nedenleri;

- a) Asfalt karışımının stabilitesinin yetersizliği,
- b) Karışımın serilmesi sırasındaki serim ve sıkıştırma hataları,
- c) Kavsak, trafik ışıkları ve duraklardaki trafik etkisi,
- d) Üstyapı tabakaları arasındaki yapıştırma tabakasının hatalı uygulanması,
- e) Temel tabakasındaki stabilite bozukluğunun yüzeye yansması,
- f) Köprü tahliyesinde su geçirimsizliği için kalın membran kullanılması,
- g) Ağır trafik altında suya doymun granüler tabakaların varlığıdır.

Şekil 4.10'da kabarma örnekleri görülmektedir.

Şekil 4.10 : Kabarmalar



Kaynak : İsfalt 2002

Kabarmalar derecelendirilmesi hafif, orta ve şiddetli bombelikler olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddette kabarmalarda, çeşitli yüksekliklerde enine kabarmalar ve yerel kabarmalar,

yıgılmalar ve ötelenmeler oluşmaya başlamıştır. Sürüş konforunda düşüş hissedilmeye başlanmıştır.

4.3.5. Çukurlar

Çukurların oluşma nedenleri;

- Yanlış yapım teknikleri ve düşük kalite kontrolü,
- Kaplamada düşük kaliteli agrega kullanımı,
- Üstyapı kalınlıklarının yetersiz oluşudur.

Şekil 4.11’de çukur örneği verilmiştir.

Şekil 4.11 :Çukur



Kaynak : İsfalt 2002

Çukurların derecelendirilmesi hafif, orta ve şiddetli çukurlar olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddette çukurlarda, çukurun derinliği 5 cm'den ve çapı 10 cm'den azdır (İsfalt, 2002).

4.3.6. Sökülme ve Soyulma

Soyulmaların oluşma nedenleri;

- Su ve trafik etkisi ile soyulma,
- Bitümlü sıcak karışım içinde kil toprakları veya kille kaplı agrega bulunması,
- Zayıf sıkışma ve yüksek boşluk yüzdesi,

- d) Yetersiz asfalt yüzdesi,
- e) Yaslanma nedeni ile oluşan asfalt sertleşmesi
- f) Uygun olmayan yapım teknikleri ve ekipman kullanımı
- g) Donma çözünme olaylarının tekrarlanması ile absorpsiyonu ve kırılabilirliği yüksek agregaların kullanıldığı karışımlarda, ayrışma meydana gelmesidir.

Şekil 4.12’de soyulma örneği verilmiştir.

Şekil 4.12 : Soyulma



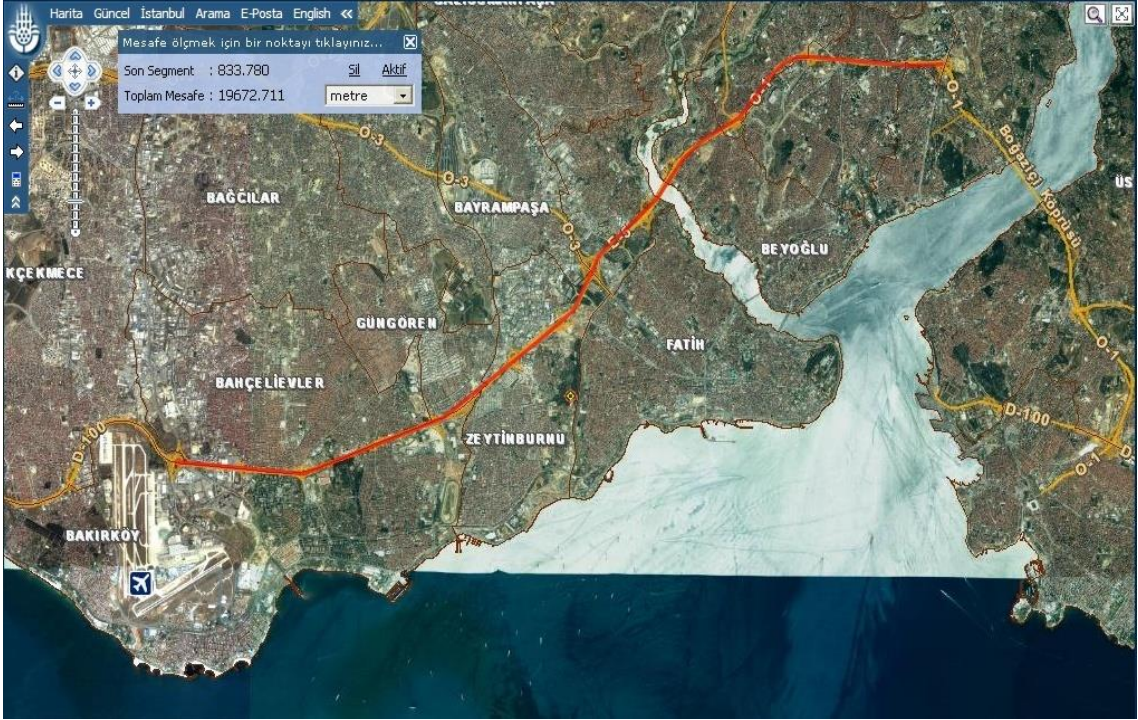
Kaynak : İsfalt 2002

Soyulmalarla derecelendirilmesi hafif, orta ve şiddetli olmak üzere üçe ayrılır. Hafif şiddetli soyulmalar, yüzeyde agrega kaybı başlamıştır. Kaplama karışımının dokusal görüntüsünde hafif bir artış meydana gelmiştir. Bozuklukları gelişimi sürekli olarak gözlenmelidir. Şekil 4.12’deki gibi orta şiddetli soyulmalarda, yol yüzeyindeki agrega kaybı artmıştır. Hızlanan agrega kaybı, kaplamada açık görünümlü bir doku meydana getirmiştir. Onarım çalışması olarak, harç tipi örme tabakası veya sathi kaplama yapılmalıdır. Yüksek şiddetli soyulmalarda, agrega kaybının devamında yüzeydeki açık görünümlü doku iyice belirginleşmiştir. Bazı lokal çukurlar ve kopmalar oluşmuştur. Onarım çalışması olarak, çukurlar sıcak karışım yama ile yamanır, yüzey tek tabaka asfalt betonu, sathi kaplama veya harç tipi örme tabakası ile kaplanır (İsfalt, 2002).

5. D-100 KARAYOLU ZİNCİRLİKUYU KAVŞAĞI- ÇOBANÇEŞME KAVŞAĞI ARASI ÜSTYAPI YENİLEME ÇALIŞMASI

İstanbul'un en önemli ana arter yollarından birisi olan D -100 Karayolu, 25 yıllık geçmişinde 2009 yılına kadar geçen zamanda çeşitli genişlemeler ve altyapı çalışmaları görmüş, yenileme maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle meydana gelen bozulmalar belirli aralıklarla yama ve çatlak tamiratlarıyla, çukur doldurmalarıyla geçiştirilmiştir. Artan nüfus ve buna bağlı artan araç trafiği altında D-100 karayolu şehrin yükünü kaldıramaz hale gelmiştir. Metrobüs hattının da karayolunun tam ortasından geçirilmesiyle de şeritler değiştirilmiş, yapılan altyapı çalışmaları sonucu D-100 karayolunun özellikle bozuk olan Zincirlikuyu kavşağı - Çobançeşme kavşağı arasının yapılmasına karar verilmiştir. Toplam boyu 18 km, ortalama genişliği 13,50 m olan bu 2*3 şerit genişliğindeki yol için üstyapı yenileme çalışmaları yapılmış, okulların kapanmasıyla da 2009 yılının haziran ayı içerisinde de ilk çalışmalar başlatılmıştır. Sözü geçen bu yolun profili Şekil 5.1'de verilmiştir.

Şekil 5.1 : D-100 Karayolu Zincirlikuyu-Çobançeşme kavşakları arası yol profili



Kaynak : www.ibb.gov.tr

5.1. PROJE KAPSAMINDA YAPILAN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

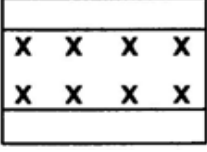
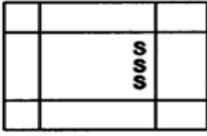
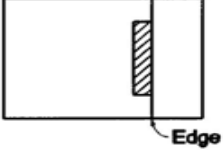
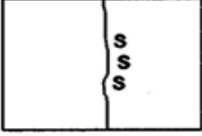
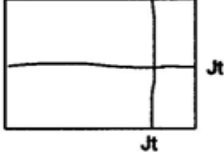
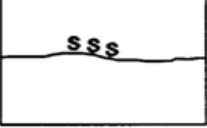

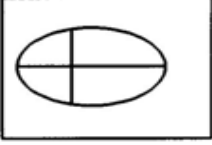
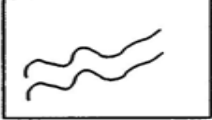

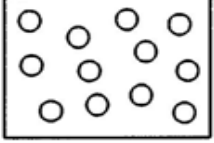
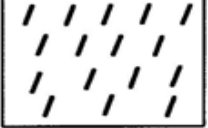
D – 100 Karayolu Zincirlikuyu Kavşağı – Havaalanı Kavşağı arası asfalt üstyapı yenileme çalışmalarına başlamadan önce, mevcut yoldaki bozulmalar tespit edilip sınıflandırıldı. Sonra da bozulma nedenleri araştırılmıştır.

Ön hazırlı çalışmalarında amaç;

- a) 1-Mevcut üstyapıda oluşan hataların tekrarlanmasına engel olmak
- b) 2-Altyapıdan kaynaklanan kusurları önceden tespit etmek,
- c) 3-Yenileme çalışmalarına başlamadan önce gerekli iyileştirmeleri yapmak
- d) 4- Daha uzun ömürlü, sürüş konforu yüksek kaliteli bir yol ortaya çıkarmak

Şekil 5.2’de asfalt betonlu yollarda oluşan bozuklukların sembolleri verilmiştir.

Şekil 5.2 : Bozulma tipleri ve sembolleri

	
<p>Şekil 5.2.a : Yorulma çatlağı bozulma tipi sembolü</p>	<p>Şekil 5.2.b : Blok çatlağı bozulma tipi sembolü</p>
	
<p>Şekil 5.2.c : Kenar çatlağı bozulma tipi sembolü</p>	<p>Şekil 5.2.d : Boyuna çatlak bozulma tipi sembolü</p>
	
<p>Şekil 5.2.e : Ek yerlerindeki yansımaya çatlağı bozulma tipi sembolü</p>	<p>Şekil 5.2.f : Enine çatlak bozulma tipi sembolü</p>
	
<p>Şekil 5.2.g : Yamalar ve deformasyonlar sembolü</p>	<p>Şekil 5.2.h : Çukur bozulma tipi sembolü</p>
	
<p>Şekil 5.2.i : Ötelenme bozulma tipi sembolü</p>	<p>Şekil 5.2.j : Kusma bozulma tipi sembolü</p>
	
<p>Şekil 5.2.k : Cilalanma bozulma tipi sembolü</p>	<p>Şekil 5.2.l : Sökülme bozulma tipi sembolü</p>

5.1.1. D-100 Karayolu – Zincirlikuyu – Çobançeşme (Havaalanı) Kavşağı Arası Tespit Edilen Bozukluklar

Bu bölümde, tez çalışmasının yapıldığı D-100 Karayolunun Zincirlikuyu kavşağı ile Çobançeşme kavşağı arasında tespit edilen bozukluklardan bahsedilmiştir.

5.1.1.1 Çatlaklar

D-100 karayolu' nda tespit edilen çatlaklar ve bu çatlakların oluşum nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

- a) Yorulma Çatlakları: tekrarlı trafik yükü altında zeminin taşıma gücünü kaybetmesi, yetersiz üstyapı, zeminin donmaya karşı hassas olması, drenaj yetersizliği veya asfalt tabakalarının yetersiz sıkıştırılmasından oluşan çatlaklardır.
- b) Blok çatlaklar: günlük sıcaklık değişiminin fazla olması, bitümün yaşlanması veya zayıf penetrasyonlu bitüm kullanılması sonucu oluşan çatlaklardır.
- c) Kenar çatlakları: kaplama kenarının taşıma gücü yetersizliği, kaplamanın çok dar olması veya donma-çözülme etkileri sonucunda oluşan çatlaklardır.
- d) Boyuna çatlaklar: ekyeri birleşiminde kötü imalat yapılması, günlük sıcaklık değişimi, ve segragasyon oluşumu sonucunda oluşan çatlaklardır.
- e) Yansıma çatlakları: çatlaklı tabaka üzerine takviye kaplama yapılması, ekli tabakaların farklı şekilde ve oranda çalışmaları, alt-üst tabakaların farklı büzülmeleri sonucunda oluşan çatlaklardır.
- f) Yansıma çatlakları: çatlaklı tabaka üzerine takviye kaplama yapılması, ekli tabakaların farklı şekilde ve oranda çalışmaları, alt-üst tabakaların farklı büzülmeleri.
- g) Enine çatlaklar: termal etkiden dolayı oluşur(ısıyan ve soğuyan tabakaların farklı uzamalarından).

h) Kayma çatlakları: tabakalar arasındaki bağlanmanın zayıf olması sonucunda oluşan çatlaklardır.

D-100 karayolu' nda tespit edilen çatlaklara sırasıyla, Şekil 5.3'te yorulma çatlak örneği; Şekil 5.4'te boyuna çatlak örneği ve Şekil 5.5'te enine çatlak örneği verilmiştir.

Şekil 5.3 : Yorulma çatlak



Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.4 : Boyuna çatlak



Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.5 : Enine çatlak



Kaynak : İsfalt 2009

5.1.1.2.Tekerlek izi

Alt tabaka kalınlıklarının yetersiz olması, zeminde oluşan oturmalar, ağır ve yavaş trafik veya karışıma yeterli stabilitenin verilmemesi sonucunda meydana gelen bozukluklardır.

5.1.1.3. Sökülmeler

Yüzeyde oluşan segragasyonun zamanla büyümesi, kötü hava koşullarında imalat yapılması ve sıkıştırmanın tam yapılamaması olarak tanımlanır. Şekil 5.6'da bir sökülme örneği gösterilmektedir.

Şekil 5.6 : Sökülme



Kaynak : İsfalt 2009

5.1.1.4. Yüzey Deformasyonları

Yetersiz altyapı güçlendirmesi veya kötü imalat yüzünden oluşur. Bir örneği Şekil 5.7’de verilmiştir.

Şekil 5.7 : Yüzey deformasyonları



Kaynak : İsfalt 2009

5.1.1.5. Çukurlar, Zeminde Çökmeler

Şekil 5.8’de gösterildiği şekilde oluşurlar.

Şekil 5.8 : Çukur

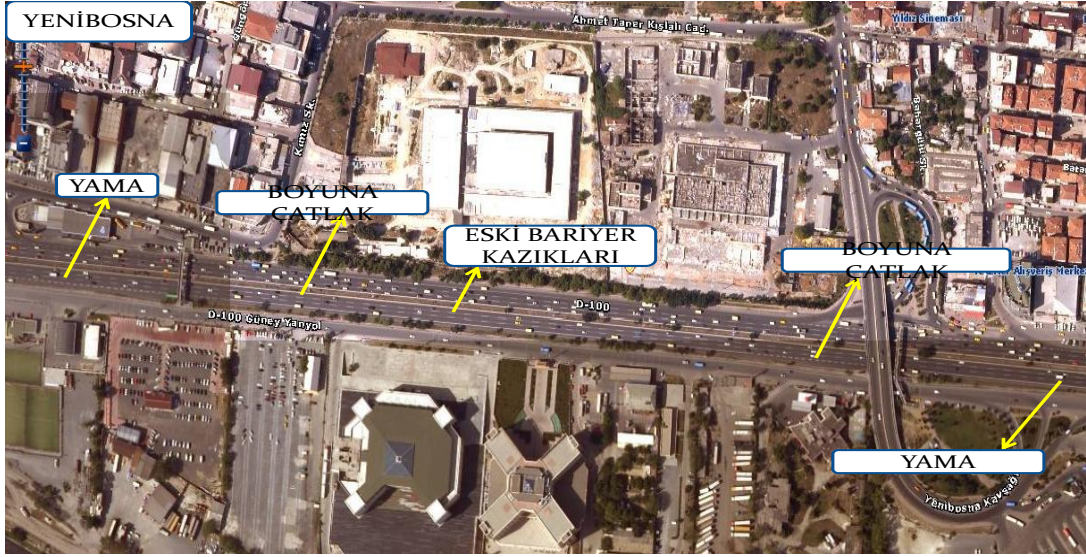


Kaynak : İsfalt 2009

5.2. D-100 KARAYOLU ZİNCİRLİKUYU – ÇOBANÇEŞME(HAVAALANI) KAVŞAĞI ARASI TESPİT EDİLEN BOZUKLUKLARIN RAPORLANMASI

Hazırlanan uygulama projesine başlanılmadan önce güzergah üzerindeki tespit edilen yukarıdaki bozulmalar, nedenleri araştırılarak, uygulama sonrası yeniden üstyapıya zarar vermemesi için iyileştirme yapılması amacıyla röleleri alınarak sayısal paftalara işlenmiş ve krokileri çizilmiştir. Kazı sonrası, tespit edilen bu kısımlarda gerekli iyileştirmeler yapılmıştır. Bu bölümde yapılan çalışmalara ait raporlar, görseller, şekil ve tablolardan örnekler verilmiştir.

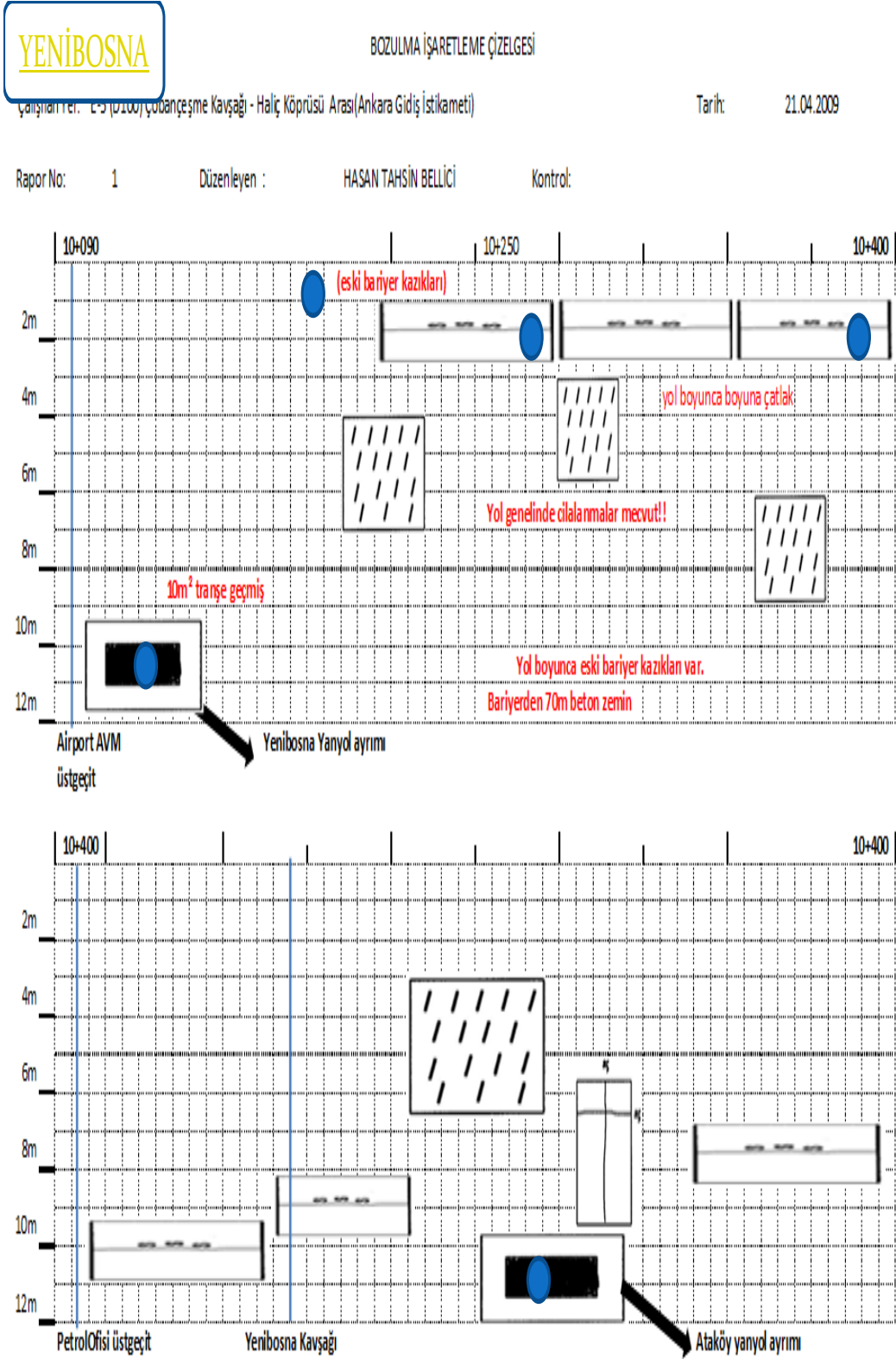
Şekil 5.9 : D-100 karayolu Yenibosna mevkii (0 – 2 km arası) bozulmalara ait plan



Kaynak : İsfalt 2009

İlk olarak tez çalışmasının uygulama kısmının yapıldığı D-100 (E-5) karayolunun Yenibosna mevkiinin ilk 2 km'sindeki (0-2 km arası) bozulmalara ait plan Şekil 5.9'da ve bu bozulmalara ait kroki bilgisi Şekil 5.10'da verilmiştir.

Şekil 5.10 : D-100 karayolu Yenibosna mevkii (0 – 2 km arası) bozulmalara ait kroki



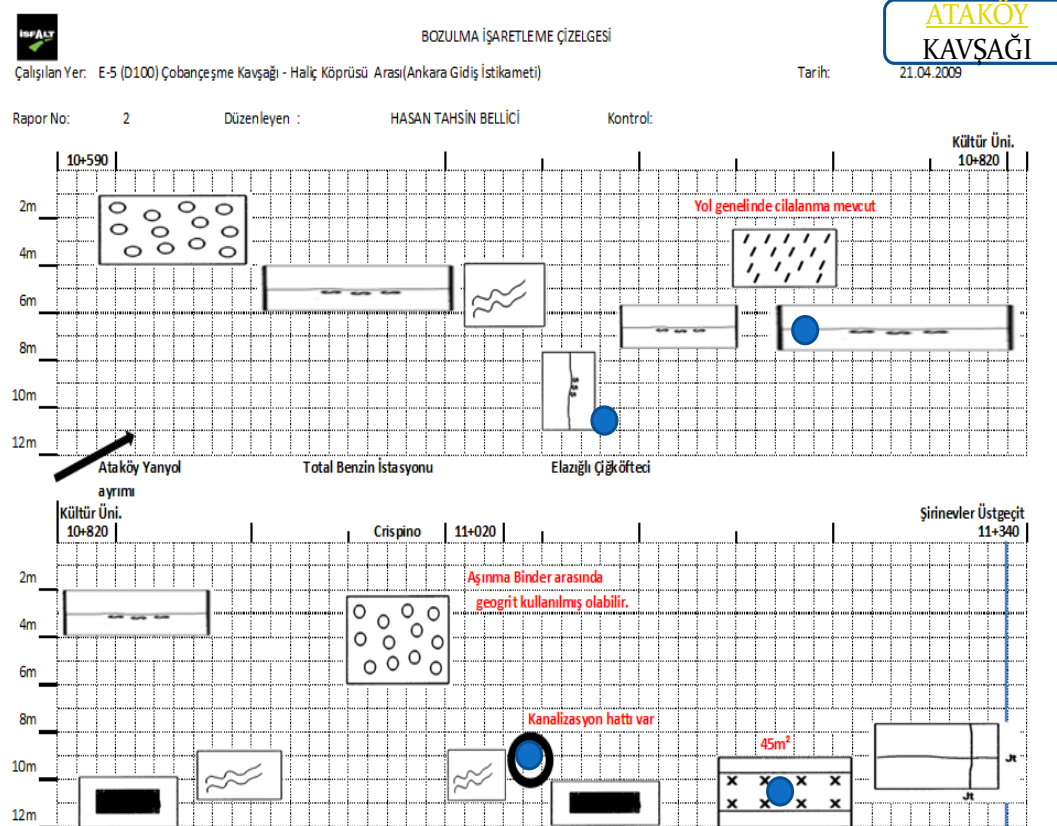
Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.11: D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait plan



Kaynak : İsfalt 2009

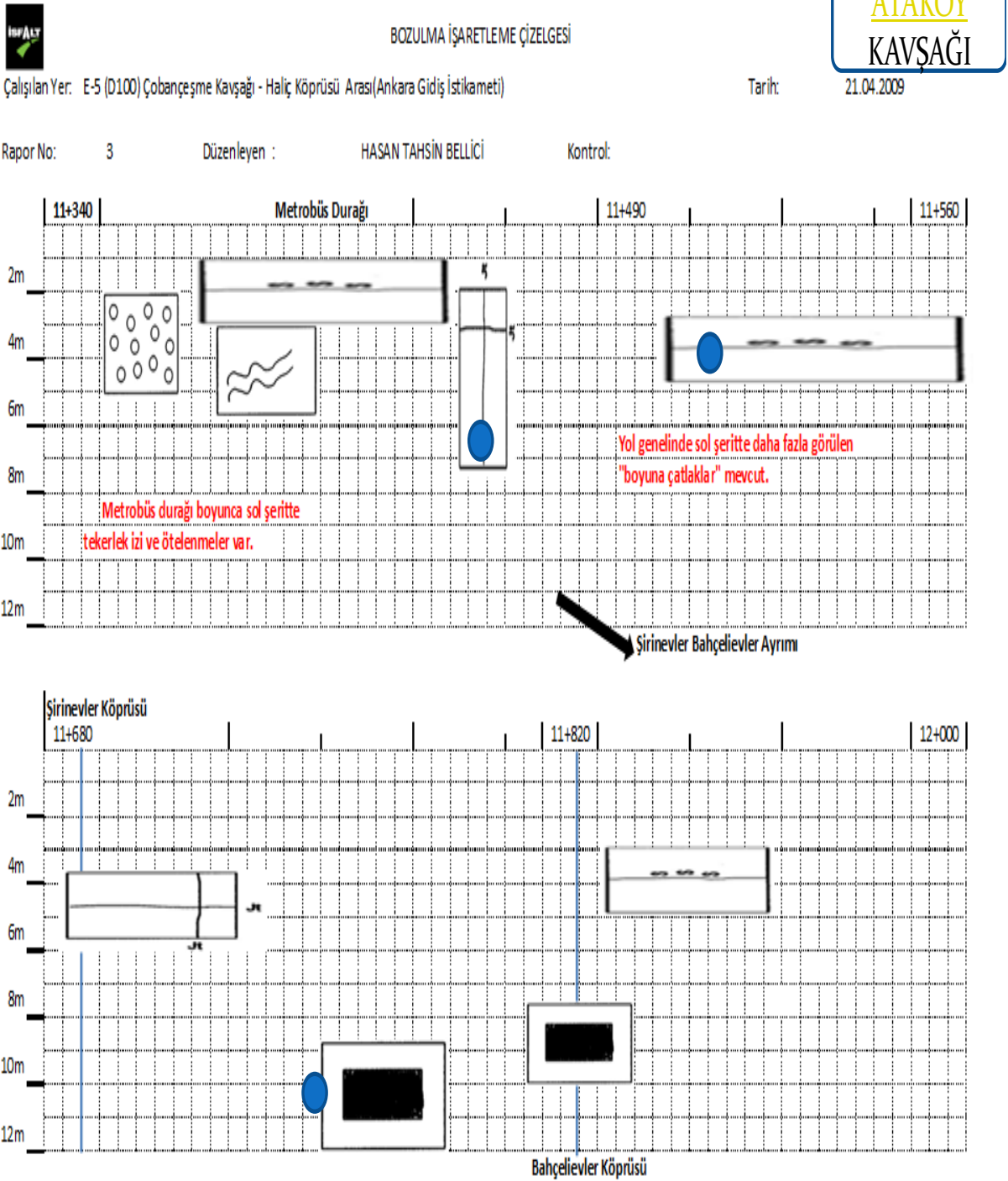
Şekil 5.12 : D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait kroki



Kaynak : İsfalt 2009

Ardından Şekil 5.11’de D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait plan; Şekil 5.12’de : D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait kroki; Şekil 5.13’te D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait kroki gösterilmiştir.

Şekil 5.13 : D-100 karayolu Ataköy kavşağı (1,5 – 2,5 km arası) bozulmalara ait kroki



Kaynak : İsfalt 2009

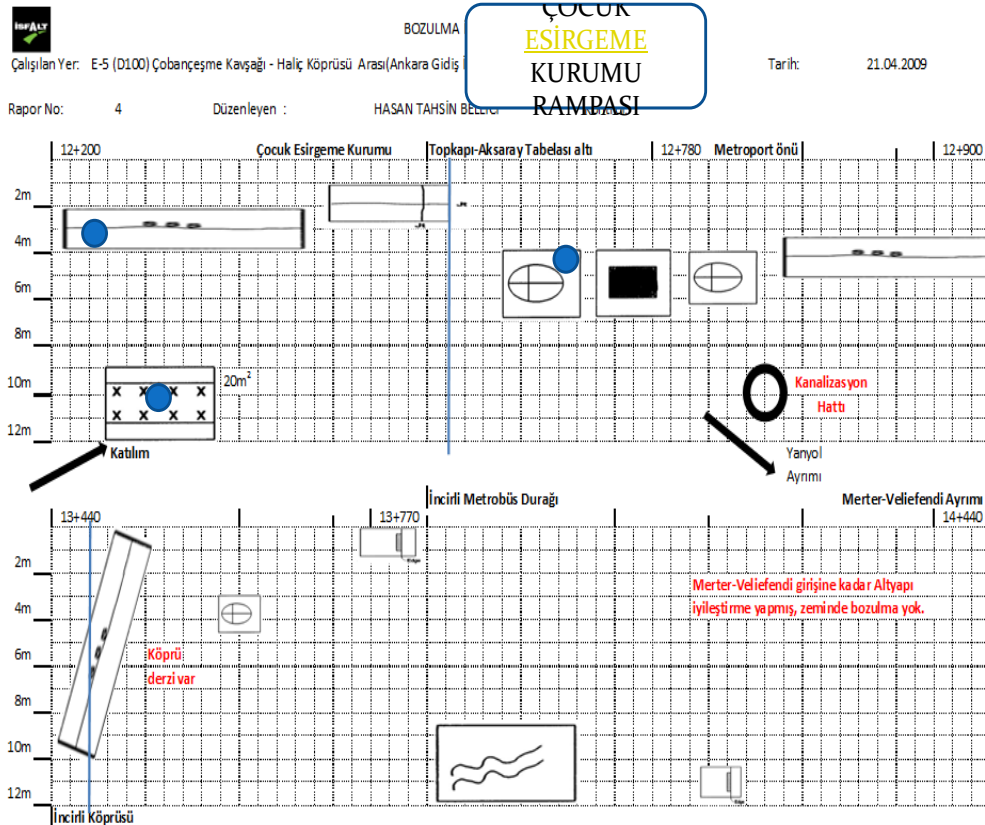
Ardından Şekil 5.14'te D-100 karayolu Devlet Hastanesi (2,5 – 3,5 km arası) bozulmalara ait plan; Şekil 5.15'te D-100 karayolu Devlet Hastanesi (2,5 – 3,5 km arası) bozulmalara ait kroki verilmiştir.

Şekil 5.14 : D-100 karayolu Devlet Hastanesi (2,5 – 3,5 km arası) bozulmalara ait plan



Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.15 : D-100 karayolu Devlet Hastanesi (2,5 – 3,5 km arası) bozulmalara ait kroki



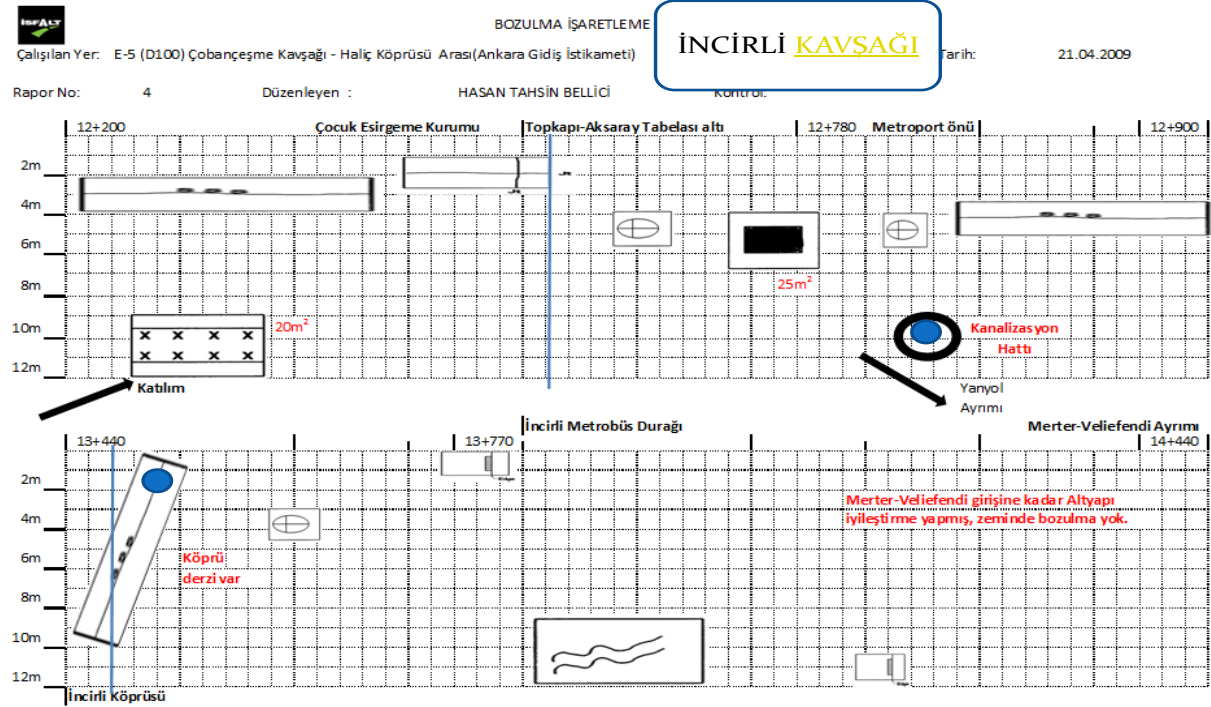
Şekil 5.16'da D-100 karayolu İncirli kavşağı (3,5 – 4,3 km arası) bozulmalara ait plan; Şekil 5.17'de D-100 karayolu İncirli kavşağı (3,5 – 4,3 km arası) bozulmalara ait kroki verilmiştir.

Şekil 5.16 : D-100 karayolu İncirli kavşağı (3,5 – 4,3 km arası) bozulmalara ait plan



Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.17: D-100 karayolu İncirli kavşağı (3,5 – 4,3 km arası) bozulmalara ait kroki



Kaynak : İsfalt 2009

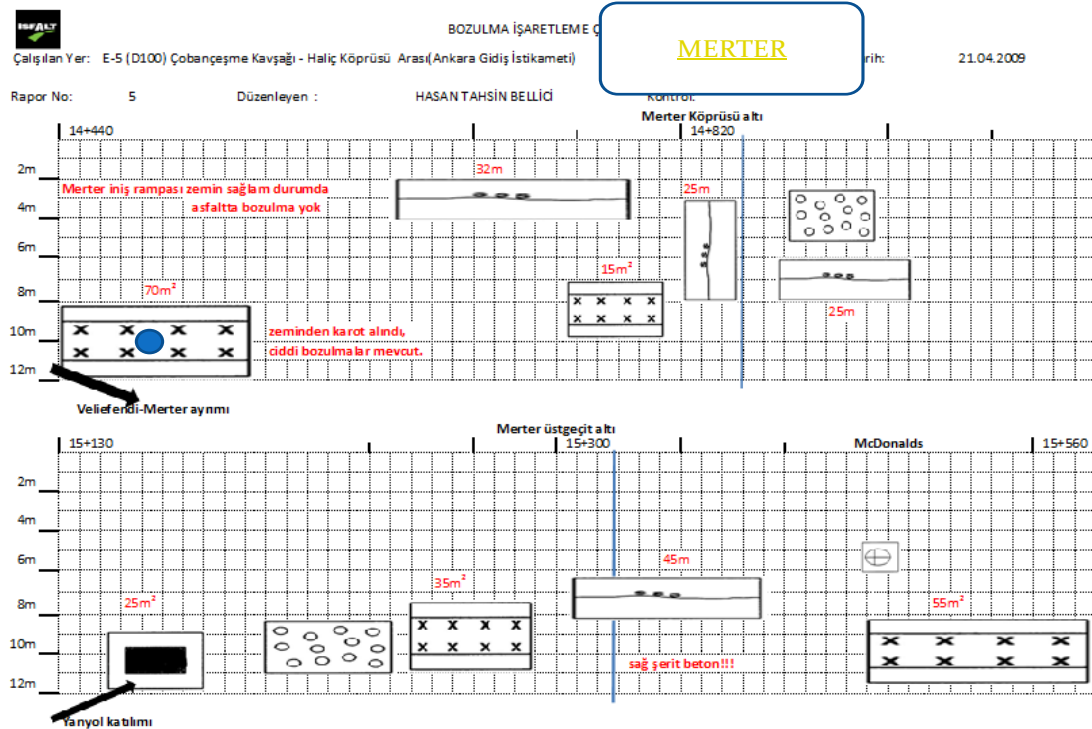
D-100 karayolu Merter (4,3 – 6,7 km arası) bozulmalara ait plan Şekil 5.18’de; aynı bölgeye ait kroki ise Şekil 5.19’da verilmiştir.

Şekil 5.17: D-100 karayolu Merter (4,3 – 6,7 km arası) bozulmalara ait plan



Kaynak : İsfalt 2009

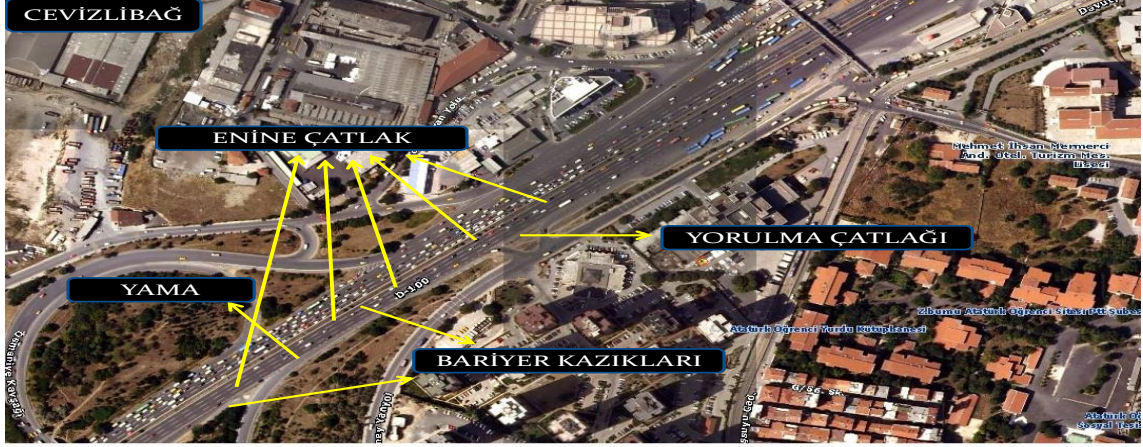
Şekil 5.18 : D-100 karayolu Merter (4,3 – 6,7 km arası) bozulmalara ait kroki



Kaynak : İsfalt 2009

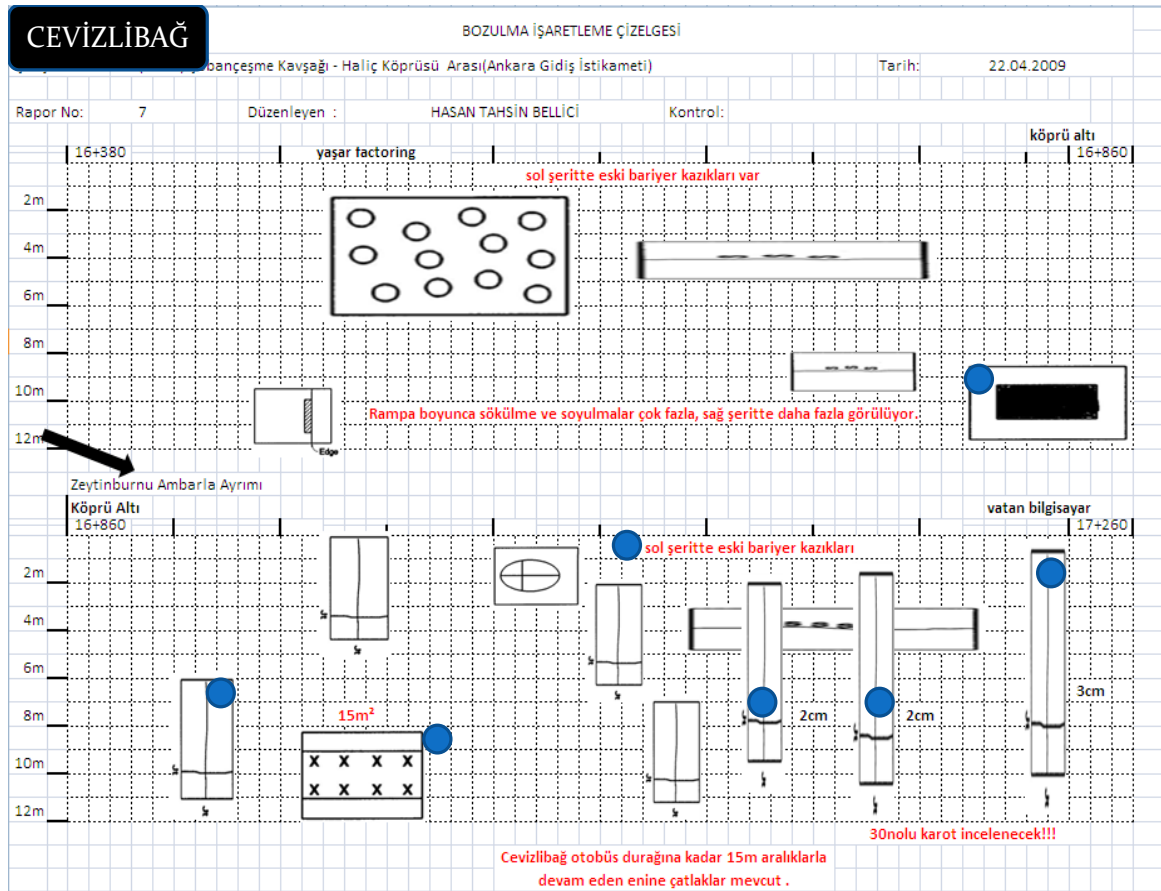
D-100 yolunun Cevizlibağ (6,7 – 9,5 km arası) kısmına ait olan bozulmaların planı Şekil 5.19'da; bu bozulmaların krokisi ise Şekil 5.20'de gösterilmiştir.

Şekil 5.19 : D-100 karayolu Cevizlibağ (6,7 – 9,5 km arası) bozulmalara ait plan



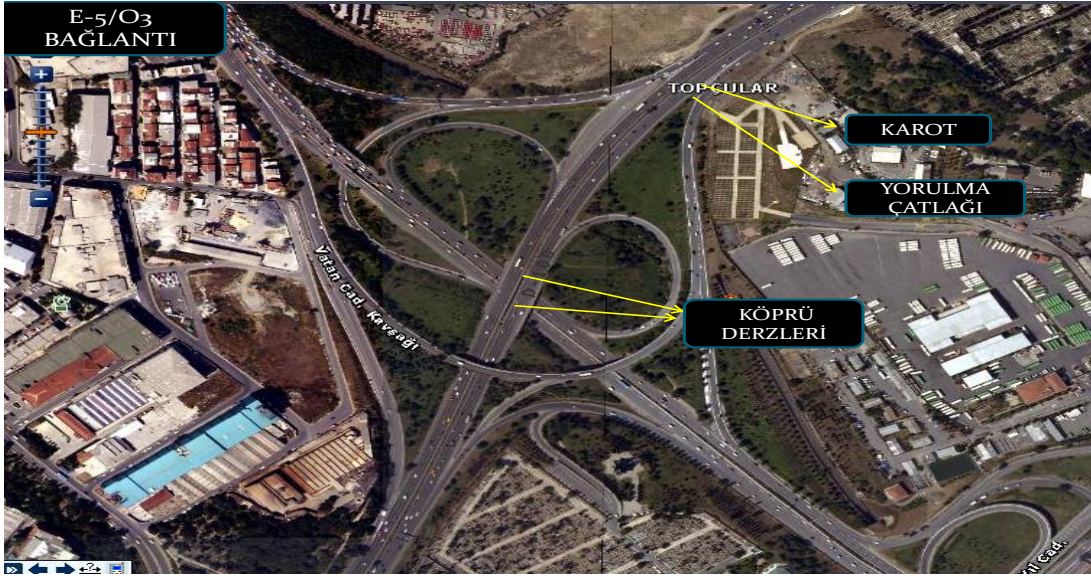
Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.20 : D-100 karayolu Cevizlibağ (6,7 – 9,5 km arası) bozulmalara ait kroki



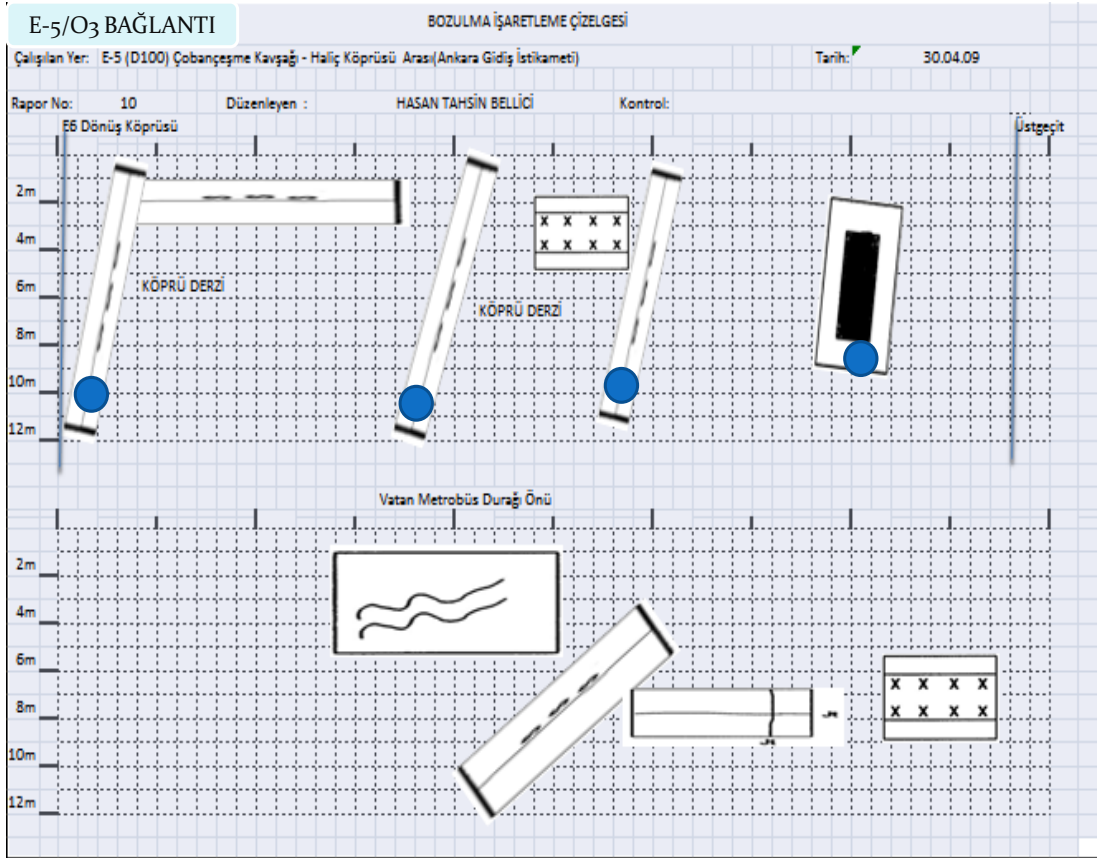
Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.21: D-100 karayolu Edirnekapı (9,5 – 11,3 km arası) bozulmalara ait plan



Kaynak : İsfalt 2009

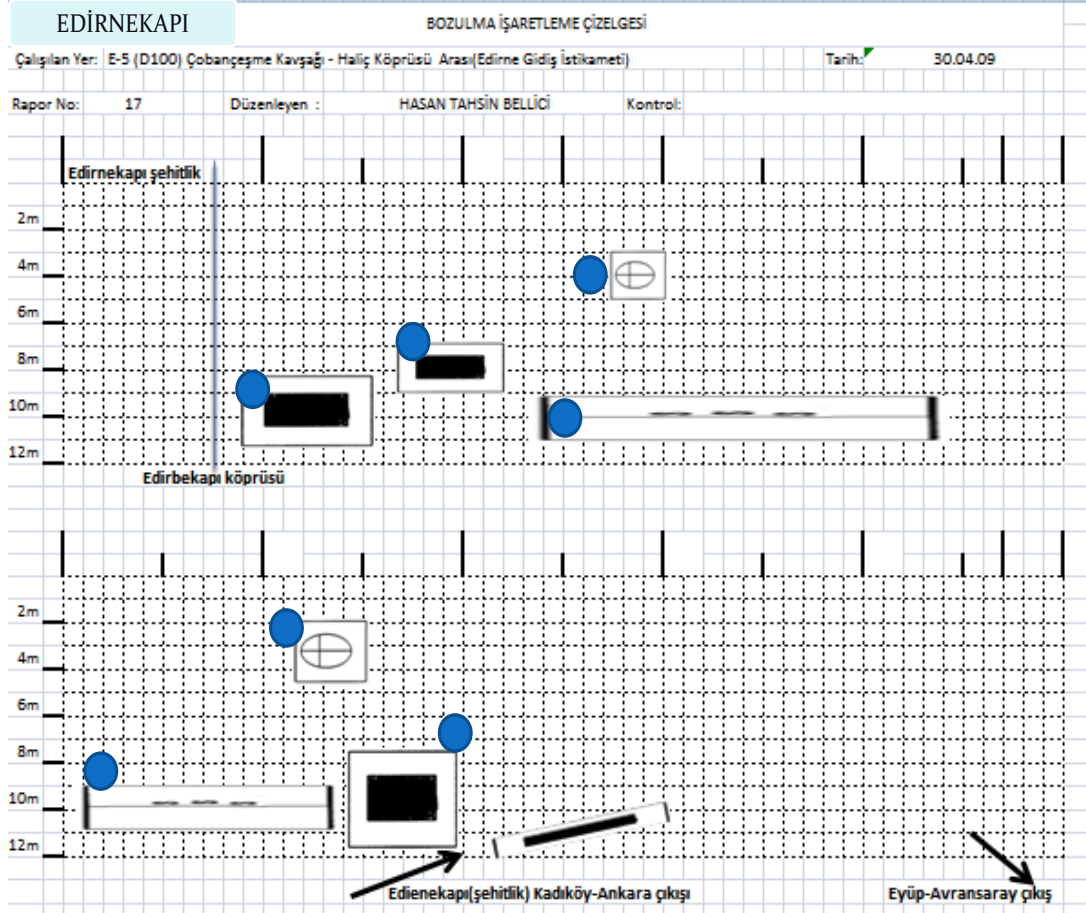
Şekil 5.22 : D-100 karayolu Edirnekapı (9,5 – 11,3 km arası) bozulmalara ait kroki



Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.21’de Edirnekapı kısmına ait (9,5 – 11,3 km arası) bozulmaların planı; Şekil 5.22’de ise bu kısma ait bozulmaların krokisi görülmektedir.

Şekil 5.23 : D-100 karayolu Edirnekapı (9,5 – 11,3 km arası) bozulmalara ait kroki



Kaynak : İsfalt 2009

Şekil 5.23’te D-100 karayolu Edirnekapı (9,5 – 11,3 km arası) bozulmalara ait kroki gösterilmiştir.

5.3. YOLDAKİ MEVCUT ASFALT KALINLIK DEĞERLERİ

D – 100 karayolunun mevcut asfalt kalınlıkları ve dizaynı bilinmediğinden yolun belli yerlerinden karotlar alınarak, üstyapı asfalt tabaka kalınlıkları ve kullanılan asfalt dizaynıyla ilgili bilgiler elde edilmiştir. Aşağıda bu tablolar görülmektedir. Tablo 5.1’de Ankara – Edirne istikameti karot değerleri, Tablo 5.2’de ise Edirne – Ankara istikameti Karot değerleri gösterilmektedir.

Tablo5.1 : Ankara – Edirne istikameti karot değerleri

KAROT ÖLÇÜM FORMU (E-5 EDİRNE GİDİŞ İSTİKAMETİ)					Tarih : 21-22.04.2009
Sıra No	Alındığı yer	Nokta	KM	Yükseklik (cm)	Açıklama
1	HALIÇ ÇIKIŞI	SOL	0+010	27	
2	EDİRNEKAPI DÖNÜŞ	SAĞ	0+575	21	15 cm den sonra pmix var
3	ŞEHİTLİK	SAĞ	0+830	16	
4	VATAN METROBÜS DURAĞI	ORTA	1+632	26	
5	BAYRAMPAŞA MALTEPE METROBÜS DURAĞI	ORTA	2+151	25	
6	TOPKAPI METROBÜS RİNG KÖPRÜSÜ	SOL	2+525	36,0	
7	AVR.YAKASI POSTA MERKEZİ ÖNÜ	SOL	2+941	31,0	Köprü üzeri 5cm altı demir
8	TOPKAPI KÖPRÜSÜ ALTI-Z.BURNU ANADOLU LİSESİ	SOL	3+202	25,0	
9	CEVİZLİBAĞ METROBÜS DURAĞI-SHELL PETROL KARŞISI	SAĞ	3+518	27,0	
10	METROBÜS CEVİZLİBAĞ DURAĞI ÖNÜ	SOL	3+677	23,0	
11	SAADET PARTİSİ İL BAŞKANLIĞI ÖNÜ	SAĞ	3+795	38,0	
12	ODAK 2 NİN ÖNÜ	ORTA	3+850	24,0	
13	AMBARLAR KÖPRÜSÜ	SAĞ	4+020	38,0	
14	YAŞAR FACTORİNG ÖNÜ	SOL	4+641	27,5	
15	MERTER METROBÜS DURAĞI ÖNÜ	SAĞ	5+170	37,5	
16	MİGROS UN ÖNÜ	ORTA	5+464	32,0	
17	Z.BURNU METROBÜS DURAĞININ 30M İLERİSİ	SAĞ	5+856	35,0	
18	MERTER METROBÜS DURAĞI ÖNÜ	SOL	3+424	28,0	
19	BAĞCILAR TRANVAY HATTI KÖPRÜSÜNÜN ALTI	SAĞ	6+258	17,0	17 cm den sonra pmix var
20	TÜRK BÖBREK VAKFI ÖNÜ	ORTA	6+596	33,0	
21	BAKIRKÖY-B.EVLER KATILIMI	SOL	7+119	34,0	
22	İNCİRLİ METROBÜS DURAĞI KARŞISI	ORTA	7+461	16,0	
23	HACI BOZAN OĞULLARI ÖNÜ	SOL	7+910	20,0	20 cm den sonra beton var
24	BAHÇELİEVLER MEDİCAL PARK HASTANESİ	SAĞ	8+296	24,0	
25	BAHÇELİEVLER ÇOCUK ESİRGEME KURUMU ÜSTGEÇİDİ	SAĞ	8+550	31,0	
26	112 KONTROL MERKEZİ	SOL	8+725	32,0	
27	BAHÇELİEVLER CARREFOUR İNŞAATI KARŞISI	SAĞ	9+058	36,0	
28	ŞİRİNEVLER KOCASINAN AYRIMI	SOL	9+293	30,0	
29	ŞİRİNEVLER MİNİBÜS DURAĞI KARŞISI	SAĞ	9+641	26,0	
30	ŞİRİNEVLER KATILIMI	SAĞ	10+020	8,0	8 cm den sonra pmix var
31	KÜLTÜR DERSANESİ ÖNÜ	ORTA	10,17	30,5	
32	ÇOBANÇEŞME KAVŞAĞI	SOL	11+015	34,0	
33	ADLİ TIP KURUMU KARŞISI	SAĞ	11+287	36,0	
ortalama kalınlık :				28,02 cm	

Kaynak :İsfalt ARGE 2009

Tablo5.2 : Edirne – Ankara istikameti Karot değerleri

KAROT ÖLÇÜM FORMU (E-5 ANKARA GİDİŞ İSTİKAMETİ)					TARİH : 21-22.04.2009
Sıra No	Alındığı yer	Alınan Şerit	Alınan km	Yükseklik (cm)	Açıklama
1	AİRPORT AVM	SOL	0+400	22,5	
2	YENİBOSNA KULELİ METROBÜS DURAĞI	SAĞ	0+730	20,0	
3	ATAKÖY YANYOL KATILIMI	SOL	1+054	15,0	
4	TOTAL BENZİNLİK	ORTA	1+225	17,5	
5	KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ	SAĞ	1+325	20,0	
6	OTEL ADELA ÖNÜ	SAĞ	1+441	26,0	
7	ŞİRİNEVLER ŞEKERBANK HİZASI	SOL	1+614	22,5	
8	ŞİRİNEVLER ÜSTGEÇİDİ	ORTA	1+721	20,5	
9	CARREFOUR HİZASI	SAĞ	2+435	26,0	
10	ÇOCUK ESİRGEME KURUMU	ORTA	2+630	24,5	
11	KADİR HAS ALIŞVERİŞ MERKEZİ	SAĞ	3+451	21,0	
12	DEVLET HASTANESİ HİZASI	SOL	3+660	24,0	
13	İNCİRLİ KÖPRÜ ALTI	SAĞ	3+853	24,0	
14	İNCİRLİ TOTAL HİZASI	ORTA	4+115	21,0	
15	ÖMÜR PLAZA HİZASI	SOL	4+255	25,5	
16	VELİFENDİ AYRIMI	SAĞ	4+677	19,0	
17	TÜRK BÖBREK VAKFI	SOL	4+725	24,5	
18	MERTER GÜNGÖREN AYRIMI	SAĞ	5+483	28,0	
19	ZEYTİNBURNU TEKZEN ÖNÜ	SOL	5+572	27,0	
20	MERTER MİGROS HİZASI	SOL	6+174	35,0	
21	MERTER METRO	ORTA	6+527	14,0	
22	ZEYTİNBURNU AMBARLAR	SAĞ	6+662	23,0	
23	CEVİZLİBAĞ METROBÜS DURAĞI	SOL	8+579	31,0	
24	AVRUPA PTT	ORTA	8+874	12,0	5 cm den sonra beton var
25	TOPKAPI METROBÜS	ORTA	9+293	21,0	24 cm den sonra beton var
26	BAYRAMPAŞA MALTEPE DURAĞI	SOL	9+517	24,0	
27	VATAN O3 AYRIMI	SAĞ	9+680	25,0	
28	VATAN METROBÜS DURAĞI	SOL	10+023	29,0	
29	ŞEHİTLİK	SAĞ	10+280	14,0	12 cm den sonra p.mix
30	EDİRNEKAPI METROBÜS	SOL	10+539	18,0	
31	HALIÇ YOL AYRIMI	SOL	10+959	29,0	
32	AYVANSARAY YANYOL	SAĞ	11+227	27,0	
ortalama kalınlık :				22,8	

Kaynak :İsfalt ARGE 2009

5.4. ÜSTYAPI TABAKA KALINLIKLARI TAYİNİ

Bu bölümde, tez çalışması esnasında incelenen yol üzerindeki üstyapıların kalınlıklarının tayin edilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir.

5.4.1. İstanbul İli Yıllara Göre Araç Sayıları

Tez çalışmasının uygulama kısmının anlaşılabilmesi için üzerinde çalışılan karayolu hakkında bilgi sahibi olunması gerekir. Bu amaçla öncelikle İstanbul ilinin sahip olduğu motorlu karayolu taşıtlarının yıllara göre sayıları belirlenmiş ve Tablo 5.3'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3 :Yıllara göre İstanbul trafiğine çıkan araç sayısı

Tarih	Ocak 2008	Ocak 2009	Ocak 2010	Ocak 2011	Ocak 2012	Ocak 2013
Otomobil	1.726.154	1.762.840	1.780.153	1.842.575	1.926.970	2.028.053
Minibüs	64.129	65.081	62.567	59.008	57.018	56.162
Otobüs	50.164	52.558	52.245	54.313	58.352	63.220
Kamyonet	455.293	490.971	510.180	537.560	563.493	579.546
Kamyon	131.744	133.404	128.117	126.106	126.907	127.039
Motosiklet	130.975	152.308	164.418	175.825	191.920	207.419
Özel amaçlı taşıt	9.093	6.788	6.181	6.379	6.089	6.114
Traktör	28.440	28.466	25.633	23.084	22.238	21.818
Toplam	2.595.992	2.692.416	2.728.494	2.824.850	2.952.987	3.089.371

Kaynak :İBB Trafik Müdürlüğü, 2013

5.4.2. D-100 Karayolu Zincirlikuyu Kavşağı – Havaalanı Kavşağı Arası Günlük Araç Geçiş Değerleri

Karayolu üstyapı kalınlık hesaplamalarında, araç hacmi çok önemlidir. Bu nedenle Karayolu hakkında daha fazla bilgi sahibi olabilmek için mevcut yoldaki günlük araç geçiş değerleri, belirli bir noktadan 24 saatlik zaman dilimine göre hesaplanmış, Tablo 5.4 ve Tablo 5.5'te gösterilmiştir.

Tablo 5.4 : D-100 karayolu Merter kesimi Ankara ve Edirne istikametleri 24 saatlik araç geçiş sayısı

Zaman Aralığı (saat)	Edirne istikameti saatte geçen araç sayısı (adet)	Ankara istikameti saatte geçen araç sayısı (adet)
00:00 - 01:00	1.853	2.058
01:00 - 02:00	953	1.052
02:00 - 03:00	572	626
03:00 - 04:00	433	451
04:00 - 05:00	624	508
05:00 - 06:00	1.117	939
06:00 - 07:00	2.987	2.754
07:00 - 08:00	4.726	4.507
08:00 - 09:00	3.278	4.270
09:00 - 10:00	4.299	3.986
10:00 - 11:00	4.573	4.148
11:00 - 12:00	4.452	3.912
12:00 - 13:00	4.254	3.810
13:00 - 14:00	4.434	4.421
14:00 - 15:00	4.326	4.631
15:00 - 16:00	3.593	4.776
16:00 - 17:00	3.429	4.030
17:00 - 18:00	3.275	3.151
18:00 - 19:00	3.233	2.572
19:00 - 20:00	3.710	2.501
20:00 - 21:00	3.969	3.366
21:00 - 22:00	3.828	4.025
22:00 - 23:00	3.585	3.962
23:00 - 24:00	3.247	3.542
Günlük toplam araç sayısı(adet)	74.750	73.998

Kaynak :İBB Trafik Müdürlüğü, 2013

D-100 karayolu Zincirlikuyu Kavşağı – Çobançeşme Kavşağı arası Merter bölgesi , Ankara ve Edirne istikametleri 24 saatlik araç geçişlerinin dağılımları Tablo 5.4’te, gösterilmiştir.

Tablo 5.5 : D-100 karayolu 2009-2013 yılı trafik değerleri

Sıra no	Araç cinsi	Araç sayısı (2009)	Araç sayısı (2013)	Araç sayısı değişim % si
1	Otomobil	115.493	135.361	17
2	Otobüs	5.646	7.437	32
3	Kamyon	6.403	4.462	-30
4	Treyler	1.692	1.488	-12
Toplam		129.234	148.748	15

Kaynak :İBB Trafik Müdürlüğü, 2013

D-100 karayolu Zincirlikuyu Kavşağı – Çobançeşme Kavşağı arası, 2009 ve 2013 yılları araç cinsine göre geçen araç sayıları Tablo 5.5’te verilmiştir. Görüldüğü gibi otomobil ve otobüs sayılarında artış varken, kamyon ve tryler sayılarında azalma olmuştur. Alınan trafik önlemlerinin bu azalmada etkisi olmuştur.

5.5. AASHTO METODUYLA ÜSTYAPI KALINLIK TAYİNİ

Bu tasarım yönteminde yapısal tasarım (tabaka kalınlıkları ve cinsi) ve yükleme şartlarının (dingil yükü ve tekerrür sayısı) kaplamaya olan etkileri ve kaplama performansının yük tekerrürleri altındaki değişimi esas alınmaktadır. Kaplama kalınlığını veren formül yol testlerindeki gözlem ve ölçümlere dayandırılarak elde edilmiştir. Bir kaplamanın performansı, taşıtların emniyetli ve konforlu olarak seyahat edebilmelerinin göstergesidir. AASHTO yönteminde kaplamanın performansı “servis yeteneği” kavramı ile tanımlanmaktadır. Bu yol testinde kaplamanın başlangıçta sahip olduğu ve belirli bir kullanım sonunda azalan servis yeteneğine göre kaplamanın performansının nasıl değiştiği saptanmaya çalışılmış ve buna göre tasarım formülleri geliştirilmiştir. Mevcut servis yeteneği indeksi (SYİ-PSİ) ve kaplama yapısal sayısı (YS-SN) aşağıdaki eşitliklerde görüldüğü gibi belirlenmektedir.

$$PSI = 5.03 - 1.91 \log(1 + SV) - 1.38RD_2 - 0.01 C + P$$

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad (2)$$

Burada;

RD : Her iki teker izindeki ortalama derinliği (inç),

SV : Ortalama eğim değişiminin 106 ile çarpımı,

C : Çatlakları (her 1000 ft²'de çatlakların alanı),

P : Yamaları (her 1000 ft²'de yapılan yama alanı),

$i a$: Her bir tabakanın izafi mukavemet katsayısı,

$i D$: Kaplama, temel ve alt temel tabaka kalınlıkları,

SN : Kaplama yapısal sayısıdır.

AASHTO yol testlerinin sonuçları trafik yükleri, malzemenin özellikleri, tabaka kalınlıkları, iklim koşulları ve zemin şartlarının etkileri regresyon analizleri ile irdelenmiştir.(Pt) için yolun standardına ve trafiğe bağlı olarak aşağıdaki (Tablo 5.6) tabloda alınan değerler kullanılmaktadır.

Tablo 5.6 : Pt'nin seçimi

Yol sınıfı	Pt
Otoyollar,Ekspres yollar,Devlet yolları	2,5
İl yolları	2

(Pt)'nin seçilmesi ile hangi abağın projelendirmede kullanılacağı ortaya çıkar. Her bölgenin çevresel koşulları ile zemin tasıma gücü farklı olacağından bu formüle bölgesel faktör (R) ile zemin tasıma gücü (S) parametresi ilave edildiğinde kaplama kalınlığı, yol testinin yapıldığı bölgeden ve zemin şartlarından farklı olduğu durumlarda da hesaplanabilecektir. Dolayısıyla gerçek tasarım formülü, aşağıdaki gibi olacaktır.

Burada;

SN : Düzeltilmiş üstyapı sayısı

S_i : Kaplamanın üzerine oturduğu zeminin tasıma gücü

R : Bölgesel faktör

AASHTO yol testinin yapıldığı bölgedeki zeminin tasıma gücü değeri $S_0=3$ olarak alınmıştır, Daha sonra kırmataştan bir zemin tabanı için testler devam ettirilerek kaplamanın performansı

gözlenmiştir. Bu tip zemin için $S=10$ olarak derecelendirilmiş ve ara değerler doğrusal ilişki ile saptanmıştır. Ayrıca zeminin CBR değerine göre logaritmik bir ilişki ortaya konmuştur. S_i değerinin doğrusal ilişkisi, formüldeki gibidir(Tunç, 2004).

$$18 \log W_{8,2t} = \log N'_{8,2t} + K(S_i - S_0)$$

Burada;

S_i : Herhangi bir i şartındaki zemin taşıma gücü değeri

S_0 : Yol testi şartlarındaki zemin taşıma gücü değeri

$W_{8,2t}$: i şartı için toplam standart dingil yükü sayısı

$N'_{8,2t}$: Yol testi şartı için standart dingil yükü sayısı

K : Regresyon sabiti (0,372)

Yol testi şartlarından farklı iklimlerde yapılacak kaplamalar için bölgesel faktör, aşağıdaki formül ile saptanmaktadır.

$$W_{8,2t} = N_{8,2t} (1/R) \quad (3.9)$$

Burada $N_{8,2t}$, yol testinden farklı bölgedeki yük tekerrür sayısı olup AASHTO'ya göre bölgesel faktör (R) değeri çizelge 3.3' deki gibi alınabilir.

çizelge 3.3. Bölgesel Faktör Değeri (AASHTO)

Zemin Tabanı Durumu R

Zemin tabanı 12,5 cm veya daha fazla donma maruz $0, 2 - 1, 0$

Kuru taban zemini (yaz ve sonbahar) $0, 3 - 1, 5$

Doygun taban zemini (baharda donma çözülmesi) $4, 0 - 5, 0$

AASHTO yol testinin yapıldığı bölgedeki yıllık yağış 860 mm, ortalama yaz sıcaklığı 24°C ve ortalama kış sıcaklığı -3°C olduğundan ılıman iklimli bir bölge özelliğindedir. Donma derinliği yaklaşık 70 cm civarında olup yüzeyde sıklıkla donma-çözülme olayı olmaktadır. Bu bölge için $R=1,00$ olarak alınmıştır. Ülkemizde KGM tarafından bölge faktörü;

- Yağışı az olan yılın büyük bölümünde kurak veya donmamış zeminlere sahip bölgelerde, $R = 0,5$

- Yazları kurak, kışları normal yağışlı, zemin yaz ve sonbaharda kuru ve kısın kısa sürelerde 10 cm donma derinliğine sahip bölgelerde, $R = 0,5-1,0$

- Yılın önemli bölümü yağışlı, donma olayı etkili ve donma derinliği 10 ila 40 cm 19 arasında olan bölgelerde, $R = 1,0-1,5$

- Yılın önemli bölümünde zemin suya doygun, çok yağışlı, donma-çözülme periyotları sık ve donma derinliği 40 cm' den fazla olan bölgelerde, $R = 1,5-2,0$ olarak alınmaktadır (KGM,

1994). Görüldüğü gibi yağış miktarı, donma derinliği, yeraltı su seviyesi, yüzeysel ve yüzey altı drenaj şartları, donma-çözülme sıklığı, vb. hususlar bölgesel faktörün tayininde önemli faktörlerdir(Tunç, 2004).

Ticari taşıtların dağılımı yani kaplamada kullandıkları şerit kaplama tasarımında göz önüne alınmalıdır. Yani ağır ticari taşıtların yavaş hareket ettiği Şerit tasarım şeridi olarak ele alınmalıdır. Şerit Dağılım Yüzdesi her iki yöndeki şerit sayısı tasarım şeridindeki kamyon yüzde 'si asfalt enstitüsü (Diğer Kurumlar) ile belirlenmiştir.

2 şeritli yollarda 50 (50)

4 şeritli yollarda 45 (35-48)

6 veya daha fazla şeritli yollarda 40 (25-48)

2 şeritli yollardaki trafik hacmi her iki yönde seyir eden araçların toplamıdır. 2 şeritten daha fazla yollar bölünmüş olduğundan trafik hacmi tek yönde seyir eden araç sayısı olarak göz önüne alınmaktadır. İki şeritli yollarda her iki yöndeki toplam araç sayısı göz önüne alındığından her bir ağır taşıt kaplamayı bir defa kullanacaktır. Fakat çok şeritli yollarda ağır taşıtlar yavaş seyir ettiklerinden dolayı sağ taraftaki şeritleri kullanmaktadır. Dolayısıyla kaplama kalınlığına etki eden en önemli faktör ağır taşıtların tekerrür sayısı olması nedeniyle ağır taşıtlar için şerit dağılım faktörü tasarım sırasında göz önüne alınmalıdır. Ülkemizde KGM tarafından belirlenen şerit dağılım faktörü kullanılmaktadır. Yolu kullanan trafik YOGT olarak belirlendikten sonra şerit sayısına bağlı olarak şerit dağılım faktörü ile çarpılarak hesap şeridindeki taşıt sayısı bulunur (Tunç, 2004).

20 Çizelge 3.5. Şerit Dağılım Faktörleri (KGM) Her iki yöndeki şerit sayısı şerit Dağılım Faktörü (η)

2 şeritli yollarda 1,00

4 şeritli yollarda 0,90

6 veya daha fazla şeritli yollarda 0,80

Eğer trafiğin yönsel dağılımı eşit değilse ve/veya bir yöndeki ağır taşıt trafiği daha fazla ise ağır taşıt trafiğinin büyük olduğu yöndeki şerit, hesap şeridi olarak göz önüne alınmalıdır. Örneğin 2 şeritli bir karayolunda yıllık ortalama günlük trafik YOGT=1000 ise, $T_s = YOGT/2 \times \eta = 1000/2 \times (1,0) = 500$ taşıt/gün olarak şerit trafiği bulunur. Eğer bu yol 2x2 şeritli ise, T_s

=1000/2 x (0,90) = 450 taşıt/gün olarak bulunur. Halbuki bir yöndeki trafik 500 taşıt/gün olup her bir seride 250 taşıt/gün düşmesi gerekirken ağır taşıtların seyrettiği hesap şeridinde tekerrür sayısı artırılmış olmaktadır. Zira ağır taşıtların yüzde 45'i bu tasarım şeridinde seyretmektedir. Yani $1000 \times 0,45 = 450$ ağır taşıt/gün olacaktır. AASHTO tasarım metoduna göre kaplama kalınlığı, standart dingil yükünün tekerrür sayısına ve zemin taşıma gücüne bağlıdır. Dingil yükü tekerrür sayısı için 20 yıllık analiz periyodunda;

- Toplam eşdeğer 8,2 ton tek-dingil yükü tekerrür sayısı

- Günlük eşdeğer 8,2 ton tek-dingil yükü tekerrür sayısı

değerlerinden birinin saptanması gereklidir. Geleceğe yönelik trafiğin hacim ve kompozisyon olarak tahmini, trafik mühendisliği alanına ait olup son derece karmaşık bir iştir. Özellikle ülkemizde taşıt sayısı doygunluk sınırının çok altında olması, yük ve yolcu taşımacılığının çok büyük kısmı karayolu tarafından karşılanması, vb. nedenlerden ötürü başlangıçtaki trafik artışı çok hızlıdır. Ancak herşeye rağmen yolun trafiğe açıldığı yıldaki trafik hacmi (to) ve proje ömrü sonundaki trafik hacmi (ts) bir şekilde tahmin edilmelidir. Bir karayolunun trafik yoğunluğu, yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) ile tanımlanır ve trafik sayımları ile saptanır. Ülkemizde YOGT değerleri; 21

- Otomobil (minibüs ve pikap dahil)

- Kamyon (tek, tandem veya tridem dahil)

- Otobüs

- Treyler (4 veya daha fazla dingilli)

için ayrı ayrı sayımların toplamı olarak belirlenir. Dolayısıyla her bir taşıt grubu için ayrı ayrı başlangıç ve proje ömrü sonundaki günlük trafik değerleri saptanmalıdır. Daha sonra her bir trafik grubu için kaplama tasarımına esas olacak proje trafiği (tp) belirlenmelidir. Proje trafiği, ülkemizde KGM tarafından yolun trafiğe açıldığı andaki trafik hacmi (t0) ve n yıl sonraki trafik hacmi (ts) göz önüne alınarak hesaplanır(Tunç, 2004).

5.5.1.D-100 Karayolu Trafik Verileri

Bu çalışmada D-100 karayolunun Zincirlikuyu Kavşağı ile Çobançeşme Kavşağı arasında kalan yol kesimi için İBB Trafik Müdürlüğü'nden alınan 2008- 2009 yılına ait yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) değerleri esas alınmıştır. Taban zemininin CBR değeri yüzde 12 olması durumuna göre esnek üstyapının projelendirilmesi gerçekleştirilmiştir. D-100 karayoluna ait veriler gösterilmiştir. Tablo 5.7'de şerit sayıları ve bölge faktörü değerleri, Tablo 5.8'de ise yıllık trafik artış yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 5.7 : D-100 Yoluna ait veriler

Yol şerit sayısı	Devlet yolu	2x3 =6
Bölge faktörü	R	1

Tablo 5.8 : Yıllık artış yüzdeleri

Sıra no	Araç cinsi	Artış yüzdeleri
1	otomobil	5
2	otobüs	7
3	kamyon	0,8
4	treylar	0,1

5.5.2. Bulgular

Yol 6 şeritli devlet yolu olduğuna göre $P_t = 2,5$ alınır.20 yıllık analiz süresi için yoldan geçecek trafik sayısı trafik artış katsayıları kullanılarak hesaplanır.

Tablo 5.9 : 20 Yıllık Analiz Süresi İçin Elde Edilen Değerler

Taşıt Grubu	İlk Trafik (to) (Yıllık Toplam)	Yıllık Artış %	(1+r)	t	(1+r) ^t	Tt=To(1+r) ^t
otomobil	115493	5	1,05	20	2,65329771	306437,3119
otobüs	5646	7	1,07	20	3,86968446	21848,23848
kamyon	6403	0,8	1,008	20	1,17276404	7509,20817
treylar	1692	0,1	1,001	20	1,02019114	1726,163417

Tablo 5.9’da; taşıt gurubuna bağlı toplam araç sayısının 20 yıllık analiz süresi için elde edilen değerler verilmiştir.

Tablo 5.10 :20 Yıllık Analiz Süresi İçin Yoldan Geçecek Trafik Sayısı

Taşıt Grubu	Tt-To	Tt/T0	log(Tt/T0)	$T_p=0,4343(Tt-T0)/\log(Tt/T0)$	20 yıllık trafik $20*365*T_p$
otomobil	190944,3119	2,653297705	0,423785981	195.682	1.428.475.607
Otobüs	16202,23848	3,869684462	0,587675554	11.974	87.407.779
Kamyon	1106,20817	1,172764043	0,069210642	6.942	50.673.006
Treyler	34,1634171	1,020191145	0,00868155	1.709	12.476.040

Tablo 5.10’da Tablo 5.9’da çıkan değerler üzerinden hesaplanan 20 yıllık süreçte yoldan geçecek trafik sayısı değerleri verilmiştir.

Tablo 5.11 : Eşdeğerlilik faktörü katsayıları tablosu

Trafik Grubu	Trafik Kategorisi (ticari taşıt/gün)				
	0-250	250-500	500-1500	1500-3000	> 3000
Kamyon	1,74	1,83	1,96	2,04	2,18
Treyler	2,78	2,88	3,06	3,15	3,35
Otobüs	0.90	0.90	0.95	0.95	0.98
Otomobil	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006

Tablo 5.11’de taşıt gurubuna ve sayısına göre bağlı eşdeğerlilik faktörü katsayıları verilmiştir.

Tablo 5.12 : Günlük Wg Hesaplama Tablosu

Taşıt Grubu	Tp	eşdeğerlik fak.	şerit dağıtma sabit değeri 0,80	yön dağıtma	Tp*eşdeğerlik fak*şerit dağıtma*yön dağıtma standart dingil/gün
otomobil	195.682	0,0006	0,8	0,5	47
otobüs	11.974	0,98	0,8	0,5	4.694
kamyon	6.942	2,18	0,8	0,5	6.053
treyler	1.709	3,15	0,8	0,5	2.153
Wg=standart dingil/gün					12.947

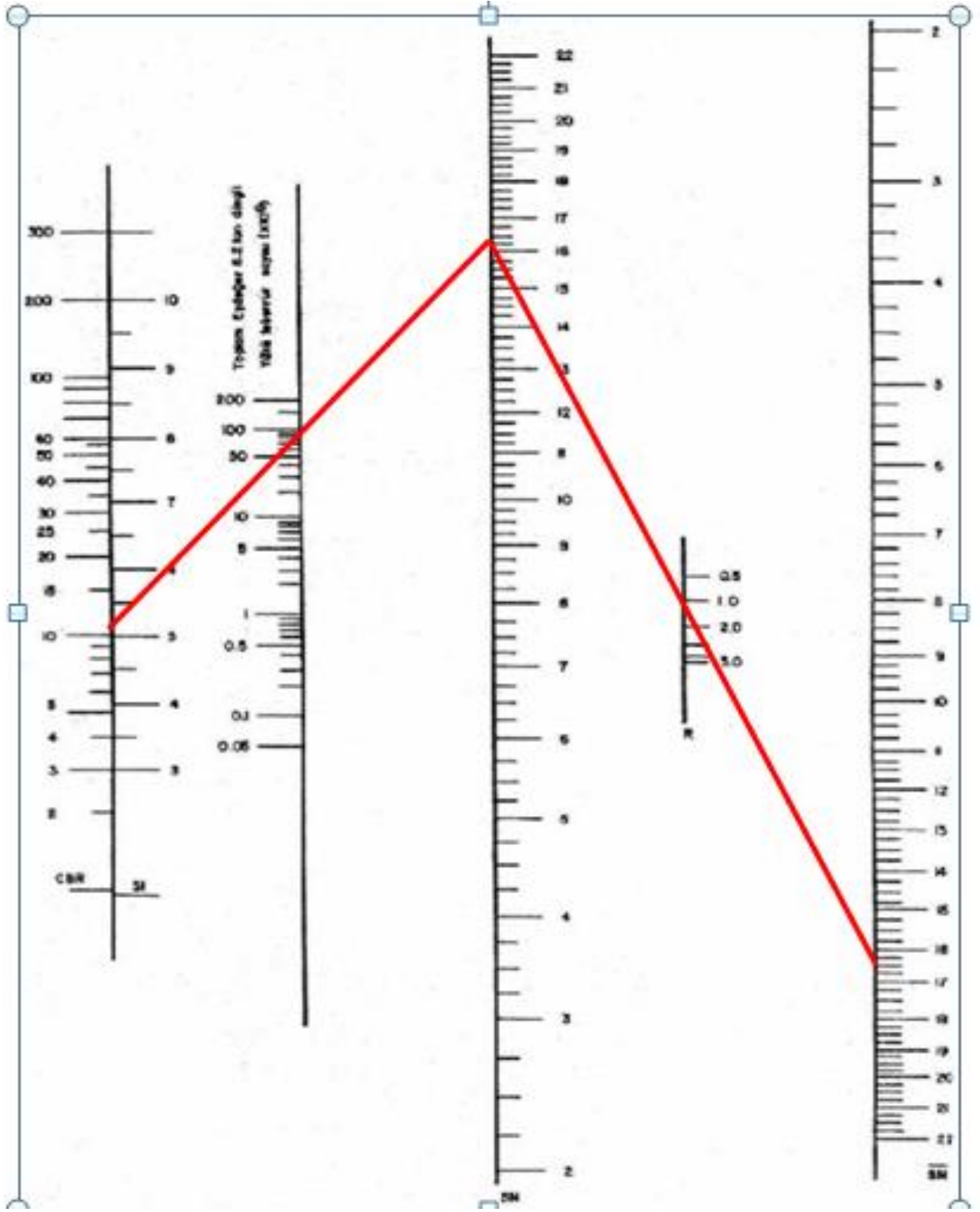
Tablo 5.12’de Günlük Wg hesaplama tablosu verilmiştir. $SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 + \dots$ Şekil 5.24’te ise $P_t = 2,5$ için Kaplama Dizayn Abağı (AASHTO, 1972) gösterilmiştir.

Görüldüğü gibi, trafik hacminin yüzde 90’ı otomobil olmakla beraber kaplamaya verebildiği hasar miktarı ancak ve ancak 47 adettir. Bu da 8,2 ton tek dingilli 12 kamyon kadardır. Dolayısıyla kaplama kalınlığına ve zaman içinde bozulmasına ağır taşıt sayısı etki etmektedir.

Tablo 5.13 : Tabaka Katsayıları Tablosu

TABAKA TİPİ	M.S. (kg)	CBR %	SBD kg/cm ²	a katsayısı
a) BSK TABAKALARI				
Taş Mastik Asfalt (TMA)				0.44
Asfalt Betonu Aşınma	≥900			0.42
Asfalt Betonu Binder	≥750			0.4
Bitümlü Temel	≥600			0.36
b) TEMEL TABAKASI				
Çimento Bağlayıcı Granüler Temel			35-55	0.23
Plent-Miks Temel		≥120		0.15
Granüler Temel		≥100		0.14
c) ALTTEMEL TABAKASI				
Kırmataş Alttemel		≥50		0.13
Kum-Çakıl Alttemel		≥30		0.11

Şekil 5.24 : $P_t = 2,5$ için Kaplama Dizayn Abağı

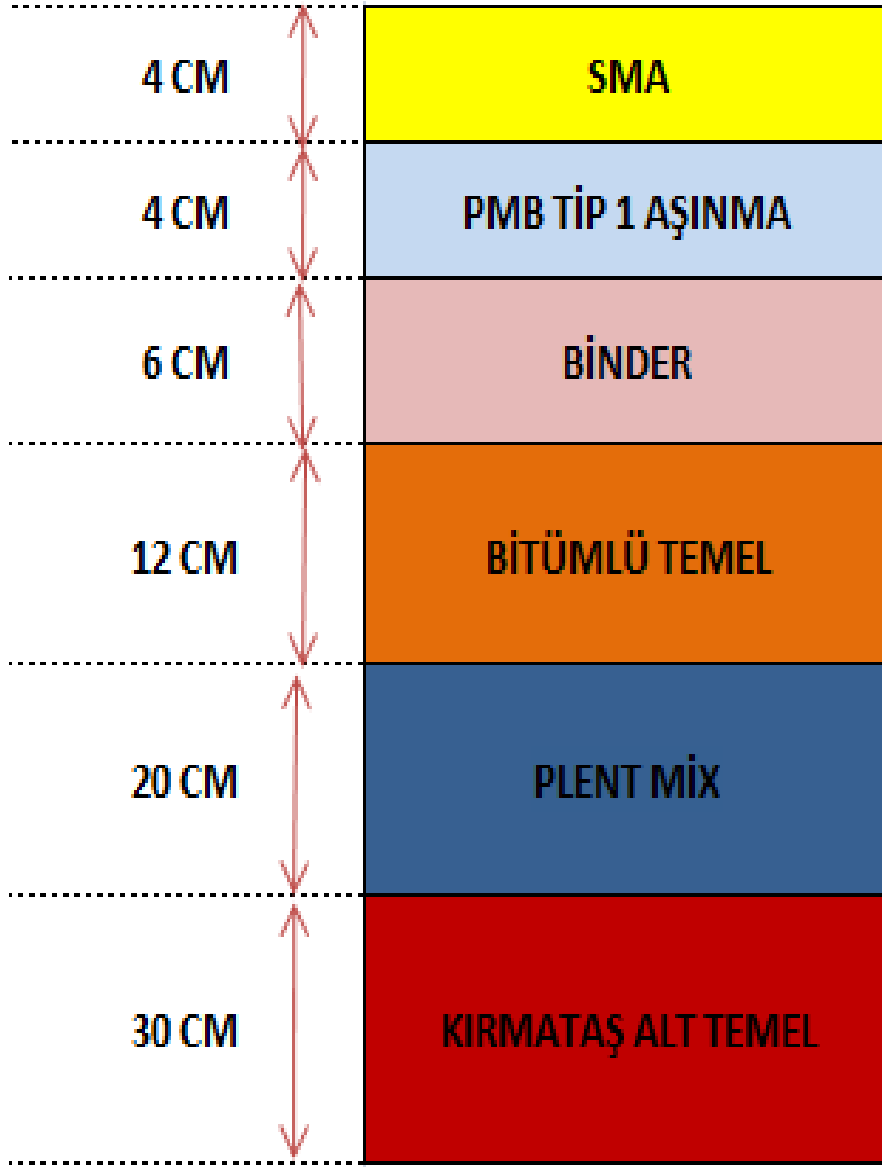


Kaynak : AASHTO 1972

Şekil 5.24 kaplama dizayn abağına göre SN değeri ; 16,5 olarak tespit edilmiştir.

İstanbul için R Bölge Faktörü 1 olarak alınmıştır.

Şekil 5.25 : Seçilen Tabaka Kalınlıkları



Şekil 5.25'te D-100 karayolunda seçilen BSK tabaka kalınlıkları gösterilmiştir.

Tablo 5.14'te; Şekil 5.25'te seçilen tabaka kalınlıklarına ve Tablo 5.13'teki tabaka katsayılarına göre hesaplanan SN (üstyapı hesaplama tablosu) değerleri gösterilmiştir.

Tablo 5.14 : SN Üstyapı Hesaplama Tablosu

	Tabaka cinsi	a Değerleri	SN Değerleri	
KAPLAMA TABAKASI	Aşınma	0,42-0,44	$SN_1=0,44*4 + 0,42*4 = 3,44$	SN_{TOPLAM} = 17,06
	Binder	0,40	$SN_2=0,40*6=2,40$	
TEMEL TABAKASI	B.temel	0,36	$SN_3=0,36*12=4,32$	
	Plent mix	0,15	$SN_4=0,15*20=3,00$	
ALT TEMEL TABAKASI	Kırmataş	0,13	$SN_5=0,13*30=3,90$	

$$SN = a_{SMA} * D_{SMA} + a_{MOD.AŞINMA} * D_{MOD.AŞINMA} + a_{BİNDER} * D_{BİNDER} + a_{B.TEMEL} * D_{B.TEMEL} + a_{PMT} * D_{PMT} + a_{KİRMATAŞ} * D_{KİRMATAŞ}$$

Şekil 5.24'te yol abağından SN değeri 16,5 bulunmuştu. Tablo 5.14'te hesaplanan değer 17,06 > 16,50 olduğu için seçtiğimiz kesitler yeterlidir.

6. ASFALTIN UYGULANMASI

Ön hazırlık çalışmaları ve gerekli trafik izinlerinin alınmasından sonra, oluşturulan iş programına uygun olarak D - 100 karayolu Çobançeşme (havaalanı) kavşağından Zincirlikuyu istikametine doğru asfalt kazıma işlemlerine başlanılmıştır.

Yapılan işlemler sırasıyla serim ekipman listesinin belirlenmesi, serimin oluşturulması, kullanılacak asfalt tiplerinin belirlenmesi ve gerekli dizaynların yapılması; soğuma, üretim planlaması ve karot deneylerinin gerçekleştirilmesi; asfalt tabaka kalınlıklarının, sıkışma değerinin hesaplanması; proje kapsamında öngörülen asfalt dizaynının oluşturulması ve performans deneylerinin gerçekleştirilmesidir. Ardından uygulama sonrasında yapılan tespitler açıklanmıştır.

6.1. SERİM

Uygulama projesi kapsamında bakım ve kontrolleri yapılan, ekipmanlar hazır hale getirildi. Bu ekipmanlar Tablo 6.1’de ifade edilmektedir. Şekil 6.1’de serime ait bir fotoğraf karesi gösterilmektedir.

Şekil 6.1 : Serime ait bir fotoğraf



Tablo 6.1 : Uygulama ekipman listesi

SAHA EKİPMAN SAYILARI		
Araç Cinsi	Adet	Brim
Finişer	6	Ad.
Kazıyıcı	5	Ad.
Silindir	14	Ad.
Küçük silindir	2	Ad.
Vakumlu süpürge	3	Ad.
Distrübütör	3	Ad.
Nakliye tırı	5	Ad.
Trafik ekibi	6	Ad.
mekanik süpürge	2	Ad.

6.2. ASFALT TİPLERİ VE UYGULANAN DİZAYNLAR

Serim ekipman listesi çıkarıldıktan sonra kullanılacak olan asfalt tiplerinin dizaynı KTŞ' ye uygun olarak hazırlanarak plantlerde gerekli ayarlamalar yapılmıştır. Asfalt tipleri ve uygulanan dizaynlar Tablo 6.2'de ifade edilmiştir.

Tablo 6.2 : D-100 Karayolu Asfalt Dizaynları

	Ürün adı	Binder 0/25	Binder 0/25 R	Tip-1 0/20 SBS	Tip-1 0/20 SBS	SMA Tip-2 0/13 SBS
Malzeme tipi	SAP Kodu	3004	3504	3028	3030	3007
3 No Mıcır (Kalker)	%	20	20			
2 No Mıcır (Kalker)	%	20	20	10	10	
1 No Mıcır (Kalker)	%	20	15	45	45	
1 No Mıcır (Bazalt)	%					65
Taş Tozu (Kalker)	%	40	25	45	45	30
Ekstra filler (Kalsit)	%					5
Fiber (Viatop)	%					0,3
RAP	%		20			
50/70 Bitüm	%	4,25	3,95			
Modifiye Bitüm(%3,5 SBS)	%			4,8		
Modifiye Bitüm(%5 SBS)	%				4,8	6,1

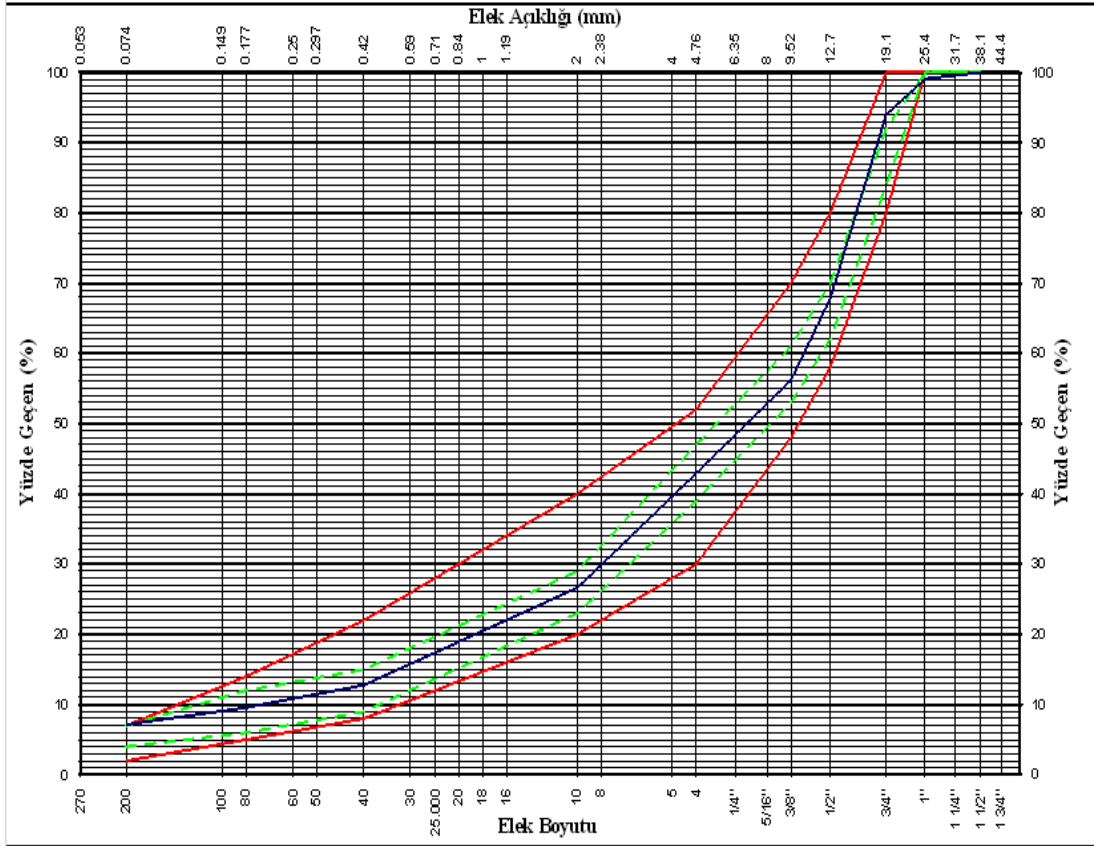
Bu tabloda adı geçen asfalt tipleri aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

6.2.1. Binder Tabakası

Yoğun gradasyonlu geleneksel tip asfaltlar olup, bir temel tabakası ile aşınma tabakası arasındaki ara tabakadır. Üzerine gelen trafik yüklerinin temel tabakasına yayılarak iletilmesini sağlarlar. Şekil 6.2’de binder asfalt dizaynı gösterilmiştir.

Şekil 6.2 :Binder asfalt dizaynı (İsfallt arge, 2009)

BİNDER	Pratik Yoğunluk	Boşluk	Asf. Dolu Boşluk	Stabilite	Akma	Bitüm %'si	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.80	No.200
ŞARTNAME		4,00	60,00	750	2,00	-0,30	100	100	80	58	48	30	20	8	5	2
		6,00	75,00		4,00	+0,30	100	100	100	80	70	52	40	22	14	7
DİZAYN	2,417	4,60	66,00	1210	3,30	4,25	100,0	100,0	88,2	66,2	56,9	42,7	26,5	12,2	8,5	6,0
İŞYR. KAR.						4,10	100	100	84	62	53	39	23	9	6	4
						4,70	100	100	92	70	61	47	29	15	12	7
SONUÇ	2,450	3,00	75,34	1450	3,72	4,38	100,0	99,1	94,0	67,8	56,2	42,9	26,6	12,8	9,6	7,2

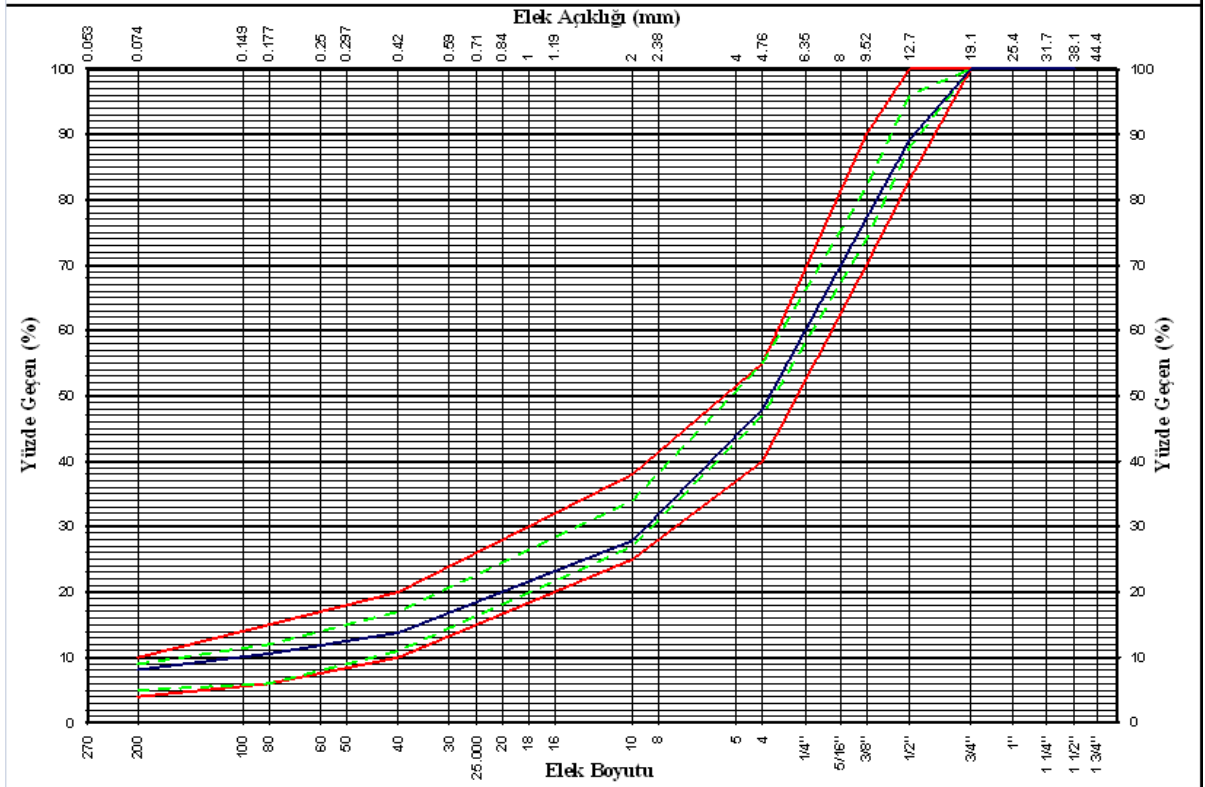


6.2.2. Modifiye Bitüm Katkılı Aşınma Tabakası

Yol yüzeyinin düzgünlüğünü dolayısı ile sürüş konforunu arttırmak ve deformasyonların oluşumunu engellemek amacıyla binder tabakası ile taş mastik asfalt tabakası arasında serilen ince katmanlı modifiye edilmiş asfalt tabakasıdır. Modifiye bitümle yapılan karışımlarda amaçlanan, yol kaplamalarının yorulma ve tekerlek izine karşı mukavemetini arttırmaktır. Şekil 6.3'te Modifiye Tip 1 asfalt dizaynı gösterilmektedir.

Şekil 6.3 : Modifiye Tip 1 Asfalt dizaynı (İsfalt arge, 2009)

MODİFİYE TİP-1	Pratik Yoğunluk	Boşluk	Asf. Dolu Boşluk	Stabilite	Akma	Bitüm %'si	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.80	No.200
ŞARTNAME		3,00	65,00	900	2,00	-0,30	100	100	100	83	70	40	25	10	6	4
DİZAYN	2,410	4,10	70,00	1490	2,90	4,80	100,0	100,0	100,0	91,9	78,3	50,5	29,6	13,5	9,4	6,5
İŞYR. KAR.						4,50	100	100	100	88	74	47	27	11	6	5
						5,10	100	100	100	96	82	55	34	17	12	9
SONUÇ	2,417	3,43	74,30	1644	3,41	4,71	100,0	100,0	100,0	89,1	77,1	48,0	27,9	13,8	10,6	8,1



6.2.3. Taş Mastik Asfalt Tabakası

Taş Mastik Asfalt (SMA) 1960'lı yılların sonunda Almanya'da çivili kar lastiklerinin oluşturduğu plastik deformasyonlara karşı koymak amacıyla geliştirilmiş bir karışım tipidir. Bugün SMA Avrupa ülkeleri ile Japonya ve ABD'de de kullanılmaktadır. SMA, iri agregadan oluşmuş bir iskelet ile boşlukları dolduran ince agrega filler-bitüm harcının (mastik harç) karışımıdır. Kaba agrega yüksek dane teması ve iç kenetlenme ile trafik yüklerini taşır. Mastik harç ise boşlukları doldurarak yüksek bitüm oranı nedeniyle durabiliteyi artırır. SMA karışımına, bitüm oranı yüksek olduğundan, bitüm ve bitüm+fillerin karışımından süzülmesini

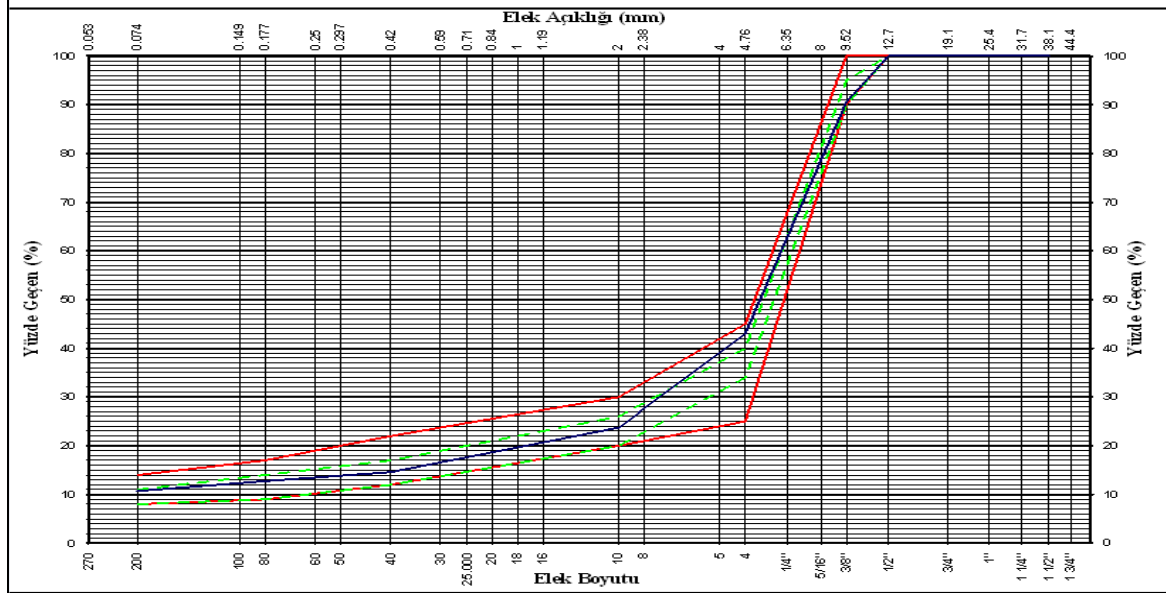
önlemek için, elyaf ilave edilir. SMA yapımında fiber kullanımı bitüm miktarını artırmakta, durabiliteyi yükseltmekte ve plastik deformasyonlara karşı dayanımı artırmaktadır. SMA yapımının amaçları:

- Yüksek hava sıcaklıkları ve ağır dingil yükleri nedeniyle oluşan tekerlek izinde oluklaşma şeklindeki plastik deformasyonlara karşı dayanımı artırmak,
- Düşük sıcaklıklı çatlaklarını geciktirmek,
- Agrega soyulmasına önlemek
- Kesikli gradasyon nedeniyle,yüzey pürüzlülüğünü artırmak, SMA yapımında modifiye bitüm kullanıldığında özellikleri daha da artırılmış olur.

Şekil 6.4'te SMA asfalt dizaynı gösterilmektedir.

Şekil 6.4 : SMA asfalt dizaynı (İsfalt arge, 2009)

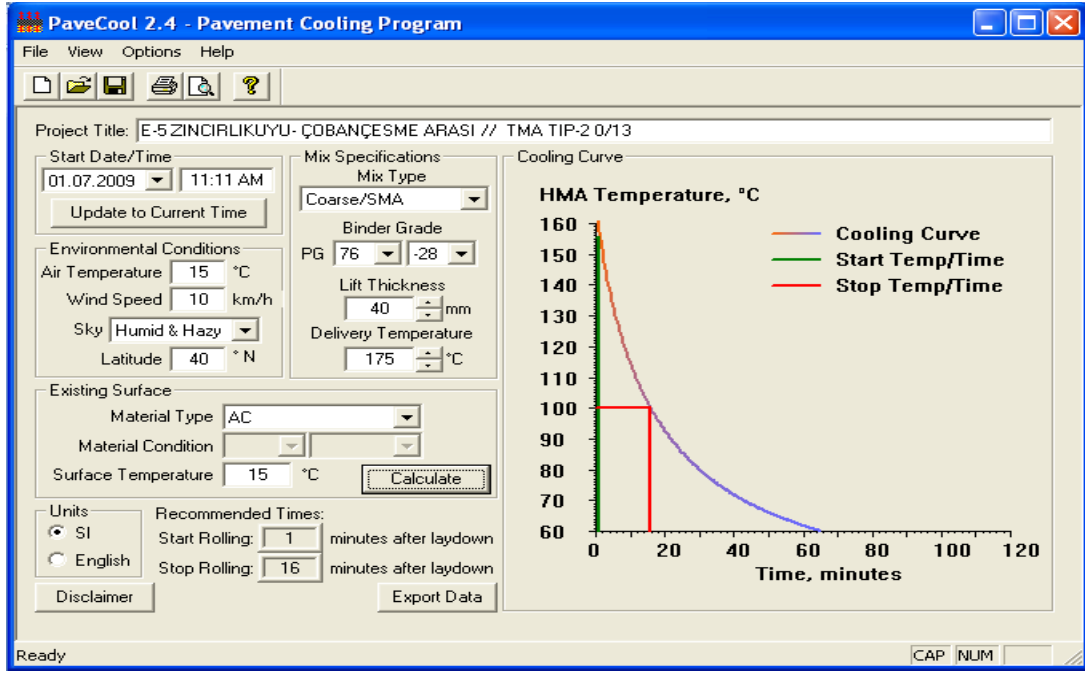
TMA TİP-2 %5 SBS	Pratik Yoğunluk	Boşluk	Asf. Dolu Boşluk	Stabilite	Akma	Bitüm %'si	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No.4	No.10	No.40	No.80	No.200
ŞARTNAME		2,00				-0,30	100	100	100	100	90	25	20	12	9	8
		4,00				+0,30	100	100	100	100	100	45	30	22	17	14
DİZAYN	2,454	3,00	82,00	860	4,30	6,10	100,0	100,0	100,0	100,0	90,6	36,9	23,4	13,5	11,1	9,3
İŞYR. KAR.						5,80	100	100	100	100	90	34	20	12	9	8
						6,40	100	100	100	100	95	40	26	17	14	11
SONUÇ	2,438	5,09	71,77	1246	4,32	6,21	100,0	100,0	100,0	100,0	90,6	43,1	23,7	14,6	12,7	10,7



6.3. SOĞUMA ZAMAN GRAFİĞİ

Aşağıdaki Şekil 6.5'te verilen grafikte plentten belli bir sıcaklıkta çıkan asfaltın, mesafe, hava şartlarına ve süreye bağlı olarak sıcaklık değerlerindeki değişimi göstermektedir.

Şekil 6.5 : Asfalt soğuma grafiği



6.4. ÜRETİM PLANLAMASI

Kullanılan asfaltın planlaması ve fabrika kapasiteleri Tablo 6.3'te ifade edilmiştir.

Tablo 6.3 Asfalt üretim kapasitesi

Fabrika Adı	Plent Adı	Asfalt Tipleri		
		Binder	Aşınma Tip-1	SMA
Habipler	E-mak	180	200	140
Habipler	Bennigoven	130	130	90
Habipler	Cedarapids	280	*	*
Mahmutbey	Marini-1	150	*	*
Mahmutbey	Marini-2	150	*	*
Özel	Ammann		140	90
Özel	Teltomat	*	100	*
Toplam Kapasite		890	570	320

6.5. KAROT DEĞERLERİ

Tablo 6.4'te yapılan karot deneylerini sonuçları ve buna istinaden elde edilen ortalama karot değerleri verilmiştir.

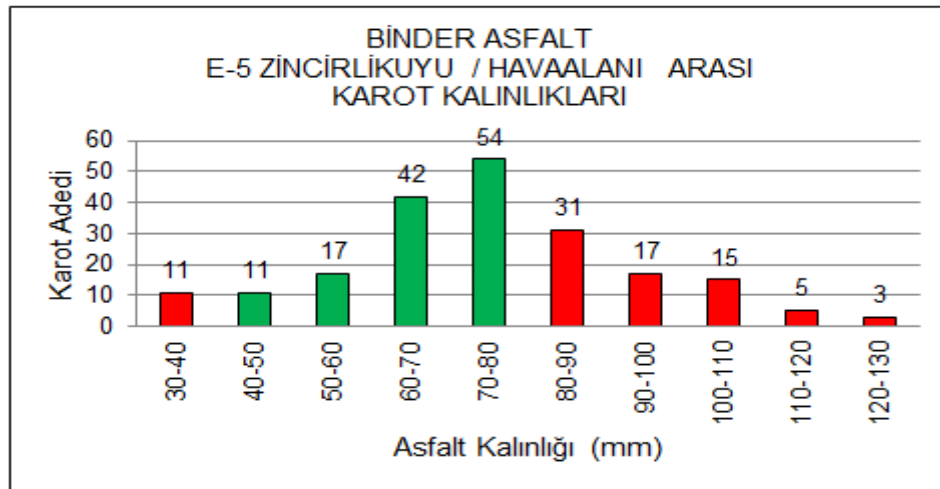
Tablo6.4: Ortalama karot değerleri

Asfalt Tipleri	Karot adeti	Karot Yüksekliği(mm)	Karot Yoğunluğu(gr/cm3)	Labaratuvar Yoğunluğu(gr/cm3)	Sıkışma yüzdesi(%)
SMA	22	47,6	2,358	2,438	96,7
Modifiye Aşınma Tip-1	114	59,5	2,358	2,417	97,7
Binder	195	75,2	2,412	2,45	98,9

6.6. ASFALT TABAKA KALINLIKLARI

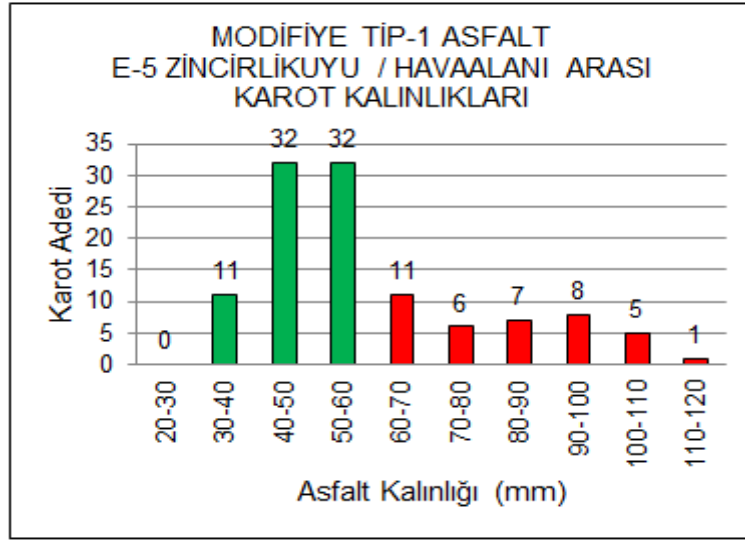
Bu tezin uygulama kısmı, D-100 (E-5) karayolunun Zincirlikuyu kavşağı ile Çobançeşme (Havaalanı) kavşağı arasındaki kısmının asfalt tabakasının kalınlığının belirlenmesi ve bu kalınlıkların değerlendirilmesi şeklindedir. Şekil 6.5'te binder tabakası kalınlık değerleri, Şekil 6.6'da Aşınma Modifiye Tip-1 tabakası kalınlık değerleri, Şekil 6.7'de ise SMA Tip-2 tabakası kalınlık değerleri verilmiştir.

Şekil 6.5 : Binder tabakası kalınlık değerleri (İsfalt arge, 2009)



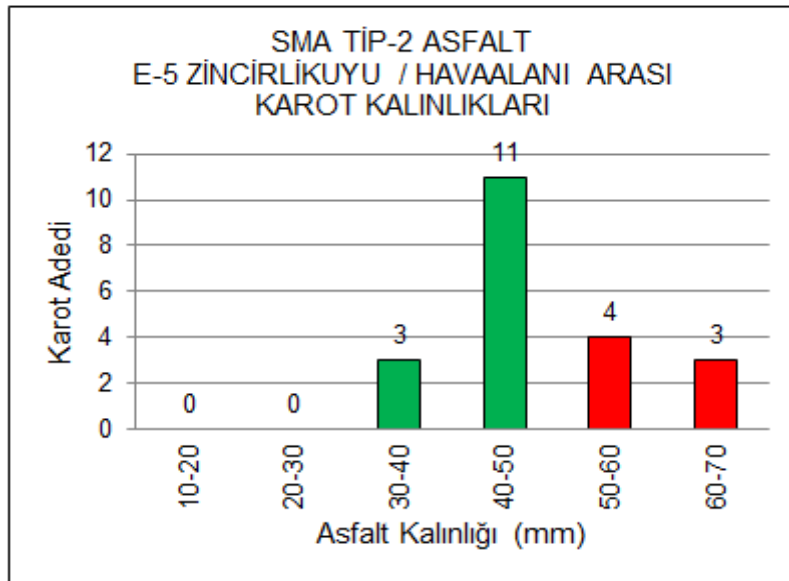
Kaynak : İsfalt ARGE 2009

Şekil 6.6 : Aşınma Modifiye Tip-1 tabakası kalınlık değerleri



Kaynak : İsfalt ARGE 2009

Şekil 6.7: SMA Tip-2 Aşınma Modifiye Tip-1 tabakası kalınlık değerleri

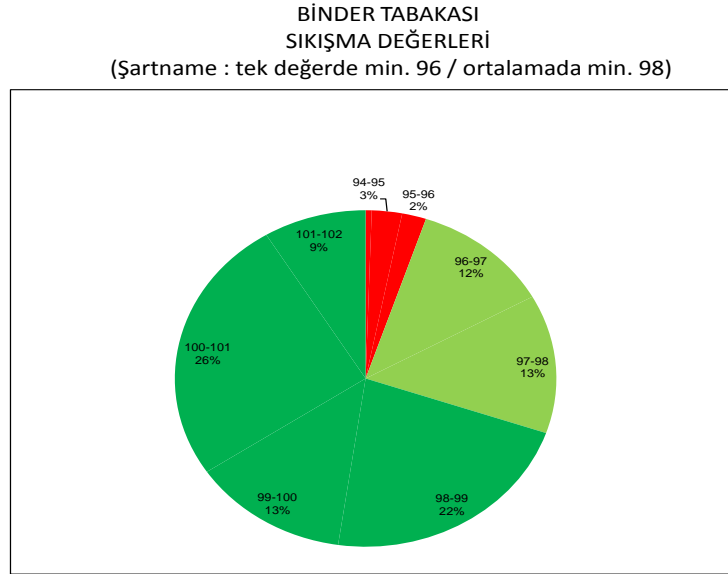


Kaynak : İsfalt ARGE 2009

6.7. SIKIŞMA DEĞERLERİ

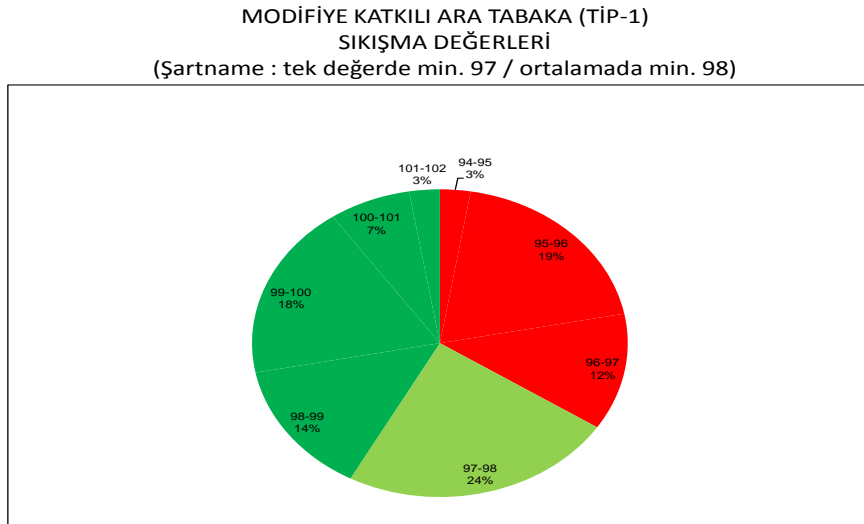
Bu bölümde asfalt tiplerinin sıkışma miktarları verilmiştir. Sırasıyla Şekil 6.8’de binder tabakasının sıkışma değerleri, Şekil 6.9’da modifiye katkılı ara tabaka (Tip-1) sıkışma değerleri, Şekil 6.10’da ise TMA Tip-2 tabakası sıkışma değerleri verilmiştir.

Şekil 6.8: Binder tabakasının sıkışma değerleri (İsfalt arge, 2009)



Kaynak : İsfalt ARGE 2009

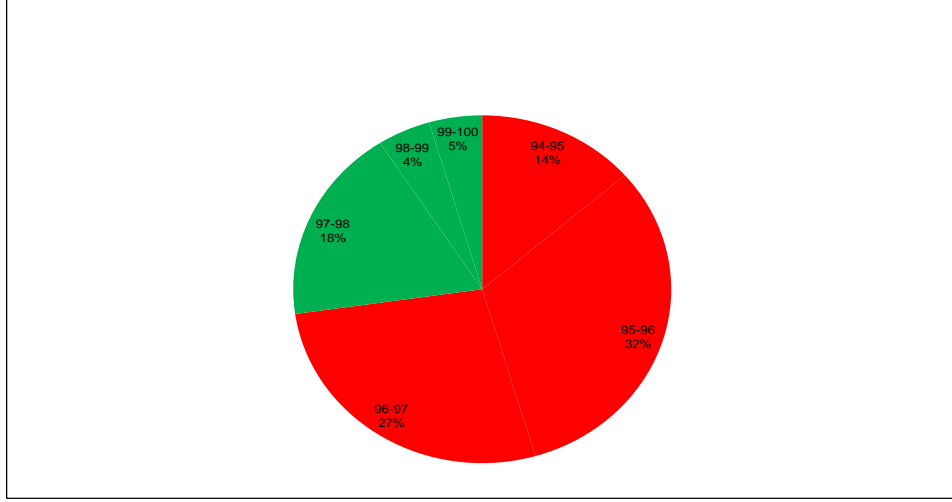
Şekil 6.9: Modifiye katkılı ara tabaka (Tip-1) sıkışma değerleri



Kaynak : İsfalt ARGE 2009

Şekil 6.10: TMA Tip-2 tabakası sıkışma değerleri

TMA TİP-2 TABAKASI
SIKIŞMA DEĞERLERİ
(Şartname : tek değerde min. 97 / ortalamada min. 98)



Kaynak : İsfalt ARGE 2009

6.8. PROJE KAPSAMINDA ÖNGÖRÜLEN ASFALT DİZAYNI

Proje kapsamında öngörülen asfalt dizaynı bu bölümde açıklanmıştır. Şekil 6.11’de asfalt dizaynları verilmiştir.

Şekil 6.11 : Asfalt Dizaynları



Bu şekilde gösterilen kısımda 4 cm Taş Mastik Asfalt (SMA),4 cm Modifiye Katkılı Tip 1 Ara Tabaka ve 6 cm binder tabakası bulunmaktadır. Tablo 6.5'te Zincirlikuyu-Çobançeşme ve Çobançeşme-Zincirlikuyu yönlerinde (geliş-gidiş yönleri veya Edirne-Ankara yönleri olarak da ifade edilebilir) gerçekleştirilen asfalt düzenlemeleri verilmiştir.

Tablo 6.5 : Zincirlikuyu-Çobançeşme Arası Serilen Asfalt Değerleri

ZİNCİRLİKUYU-ÇOBANÇEŞME (geliş)	Gerçekleşen
BİNDER TOPLAMI (tn)	33.248,31
MODİFİYE AŞINMA TİP 1 TOPLAMI (tn)	21.399,03
SMA TOPLAMI (tn)	26.196,78
KAZI TOPLAMI (m3)	16.840,00
ALAN (m2)	244.000
Z.KUYU-ÇOBANÇEŞME TOPLAMI:	80.844,12
ÇOBANÇEŞME - ZİNCİRLİKUYU (gidiş)	Gerçekleşen
BİNDER TOPLAMI (tn)	37.533,90
MODİFİYE AŞINMA TİP 1 TOPLAMI (tn)	24.221,73
SMA TOPLAMI (tn)	25.239,38
KAZI TOPLAMI (m3)	17.335,00
ALAN (m2)	244.300
ÇOBANÇEŞME - ZİNCİRLİKUYU TOPLAMI	86.995,01

Kaynak : İsfalt ARGE 2009

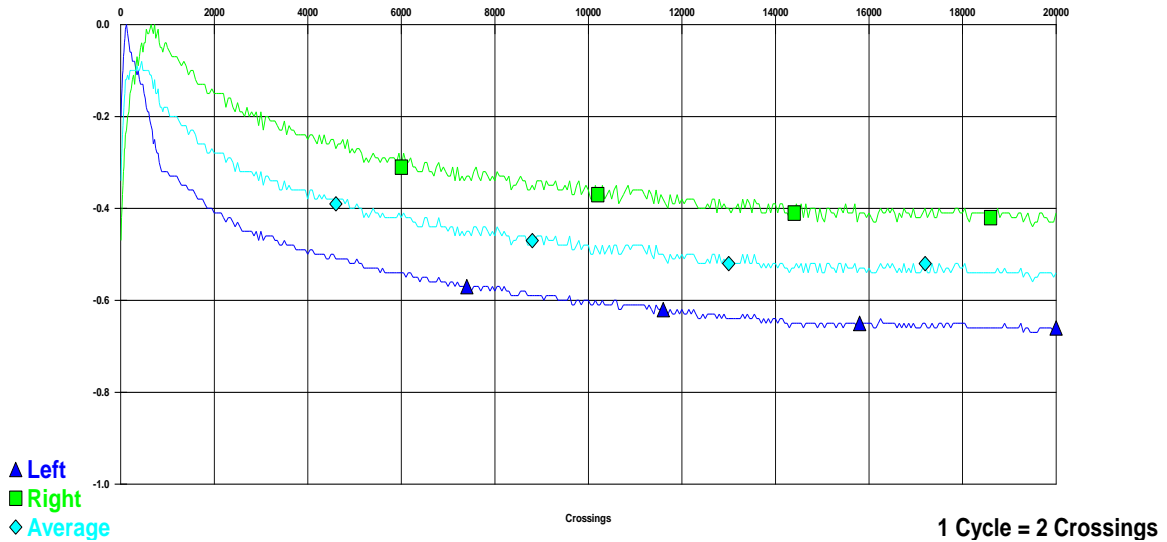
7. D 100 KARAYOLU PERFORMANS DENEYLERİ

Üstyapı performansı, elde edilen hizmet kalitesi ve kabul edilebilir hizmet düzeylerinin başarısı ile ölçülmektedir. Kullanıcılara hizmet düzeyinin öznel ölçüsünü saptamak ve bunu çeşitli fiziksel üstyapı durum ölçümlerine bağlamaya temel oluşturmak üzere geliştirilen hizmet kabiliyeti - performans, üstyapının düzgün, rahat ve güvenli bir seyir sağlama yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Üstyapı fonksiyonel performansının göstergeleri, yüzey geometrik düzgünsüzlüğü, çatlama, tekerlek izi oluşumu, yama ve sökölme gibi yüzey kusurları, üstyapı yapısal performansının göstergeleri ise, defleksiyon ve tekerlek izi derinliği olmaktadır. Bu bölümde D-100 karayolunda yapılan çalışmaların performans deneyleri ve değerlendirmeleri verilmiştir.

7.1 TEKERLEK İZİ TESTİ

Burada, uygulama sırasında ve sonrasında yapılan tekerlek izi testi ve sonuçları ifade edilmiştir. Şekil 7.1'de Aşınma Tip-1 için elde edilen performans deney sonucu, Şekil 7.2'de ise SMA için elde edilen performans deney sonucu verilmiştir.

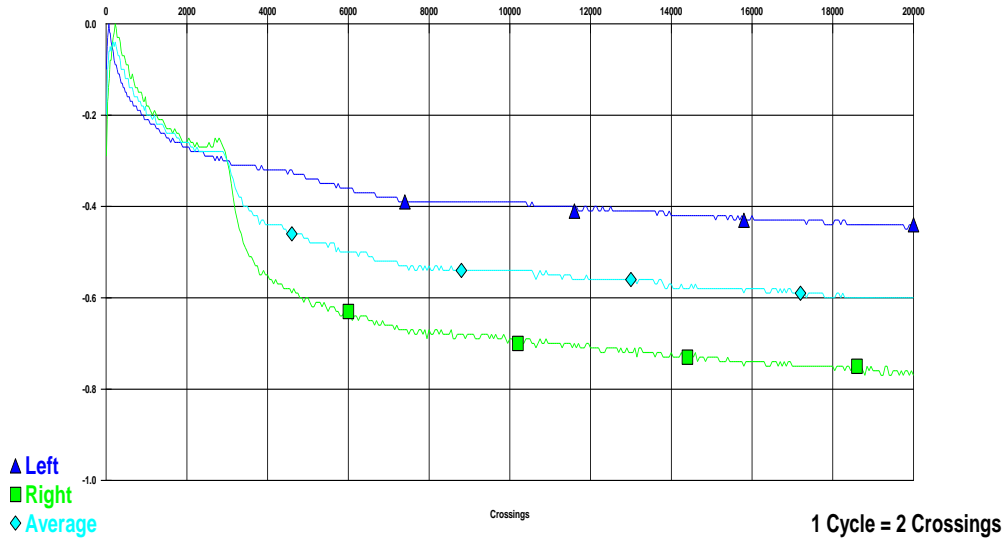
Şekil 7.1 : Aşınma Tip-1 için elde edilen performans deney sonucu



Kaynak : İsfalt ARGE 2009

Bu şekilde, D-100 karayolu için üretilen Aşınma Tip 1 (Modifiye) 171-189; 171 -E-Mak (sol); 189 -E-Mak (sağ); Yükseklik sol:41,1 Sağ:41,1 ; Sıkışma sol:100,8 sağ:101,2 ; Sıkışma sıcaklığı:145c olarak görülmektedir.

Şekil 7.2 : Stone Mastik Asphalt (SMA) için elde edilen performans deney sonucu



Kaynak : İsfalt ARGE 2009

Bu şekilde Habibler SMA Tip-2 Benninghoven'dan 21.08.2009'da gelen numune karışımı görülmektedir. Sıkışma sol:yüzde 100,5 ; sağ:yüzde 100,4; yükseklik sol:41,1 sağ:41,3; sıkıştırma sıcaklığı:145C olduğu görülmektedir. Tablo 7.1'de ise tekerlek izi test sonuçlarının genel gösterimi verilmiştir.

Tablo 7.1 : Tekerlek izi test sonuçlarının genel gösterimi

Malzeme	Fabrika/Plent	Modifiye Katkı Cinsi	Numune Kalınlığı (cm)	Sıkışma (%)	RD Tekerlek İzi Derinliği (mm)	PRD Kalınlığa Göre Tekerlek İzi Oranı (%)
Binder	Habipler Benningoven	–	6,2	100,5	2,58	4,2
Modifiye Binder	Habipler E-mak	Kraton SBS	6,1	101	0,86	1,4
Modifiye Aşınma Tip-1	Habipler E-mak	Kraton SBS	6,1	101	0,54	1,3
Stone Mastik asfalt	Habipler Benningoven	Kraton SBS	6,1	100,5	0,61	1,5

Kaynak : İsfalt ARGE 2009

a) Avrupa Yakası E5 çalışmasında uygulaması yapılan, farklı plentlerden temin edilen binder karışımlarda 1,75mm ile 2,58 mm tekerlek izi derinliği ölçülmüş, Habibler EMAK Plentte modifiye edilen binder tabakası en düşük tekerlek izi derinliği vermiştir (0,86mm).

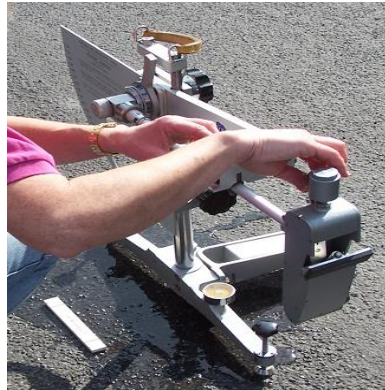
b) Avrupa Yakası E5 çalışmasında uygulaması yapılan, farklı plentlerden temin edilen, modifiye edilmiş aşınma karışımlarda 0,54mm ile 1,03 mm tekerlek izi derinliği ölçülmüş, Habibler EMAK plentte modifiye edilen aşınma tabakası en düşük tekerlek izi derinliği vermiştir(0,54mm).

c) Avrupa Yakası E-5 çalışmasında uygulaması yapılan, farklı plentlerden temin edilen, SMA karışımlarda 0,61mm ile 1,40mm tekerlek izi derinliği ölçülmüş, Habibler Beninghoven plentte üretilen SMA en düşük tekerlek izi derinliği vermiştir(0,61mm).

7.2 SMA KAYMA DİRENCİ TESTİ

Üstyapı performansının güvenlik yönünden değerlendirilmesi, üstyapının kayma direnci vasıtasıyla yapılmaktadır. Kayma direnci ile ilgili veri, üstyapı üzerindeki aşırı kaygan kesimleri belirleme, bakımı planlama ve çeşitli tipte malzeme ve yeni yapım uygulamalarını değerlendirme şeklindeki üstyapı yönetimi amaçları için kullanılabilir. D-100 karayolunda SMA tabakasında dört ayrı noktada BS EN 13036-4 : 2003 standartına göre kayma direnci ölçümü yapılmıştır. D-100 karayolunda Çobançeşme kavşağı – Zincirlikuyu kavşağı arası Kayma direnci ölçümleri yapılmış olup, sonuçları Tablo 7.2’de verilmiştir. En düşük değer Mecidiyeköy sapağında 47 olarak ölçülmüştür.

Şekil 7.3 : SMA Kayma Direnci (SRV) Ölçüm Cihazı (İsfalt arge, 2013)



Kaynak : İsfalt ARGE 2013

Tablo 7.2 : SMA Kayma Direnci Ölçüm Değerleri

Sıra no	Ölçüm noktası	Ölçüm değeri
1	İncirli kavşağı	57
2	Cevizlibağ metrobüs durağı	52
3	Okmeydanı kavşağı	58
4	Mecidiyeköy sapağı	47
Ortalama değer		53,5

Kaynak : İsfalt ARGE 2013

7.3 SMA MAKRO DOKU DERİNLİĞİ TESTİ

Performans deneylerinden birisi de yüzeyde ölçülen makro doku derinliği testleridir.

Tablo 7.3 : SMA Makro doku derinliği ölçümleri

SMA Makro Doku Derinliğinin Tespiti (ASTM E-965)(SMA Tip-2 için min.0,8mm)		
Sıra No	Yolun Adı	MTD (mm)
1	Metrobüs Halıcıoğlu durağı (Edirne Yönü)	1,26
2	Metrobüs Halıcıoğlu durağı (Edirne Yönü)	1,28
3	Haliç köprüsü çıkışı (Edirne Yönü)	1,36
4	Edirnekapı köprüsü çıkışı (Edirne Yönü)	1,35
5	Aksaray yol ayrımı (Edirne Yönü)	1,40
6	Aksaray yol ayrımı (Edirne Yönü)	1,11
7	Cevizlibağ istasyonu (Edirne Yönü)	1,32
8	Cevizlibağ istasyonu (Edirne Yönü)	0,77
9	Zeytburnu metrobüs durağı (Edirne Yönü 0)	0,92
10	Merter Güngören girişi (Edirne Yönü)	1,02
11	Ataköy kavşağı girişi (Ankara Yönü)	0,94
12	Çobançeşme kavşağı girişi (Ankara Yönü)	0,98
ORTALAMA		1,14

Kaynak : İsfalt ARGE 2013

Tablo 7.3'te;D-100 karayoluna ait farklı noktalarda yapılmış SMA Makro doku derinliği ölçümleri verilmiştir. Bu ölçümlerde en küçük değer 0,77 mm olarak Cevizlibağ metrobüs istasyonu karşısında ölçülmüştür. Bu noktanın dışındaki ölçülen değerlerin şartname değeri olan 0.8 mm den büyük olduğu görülmektedir.

7.4D-100 KARAYOLU BOZULMA TESPİTLERİ

Karayollarında bozulma tespitleri, yolun ömrünü arttırmak, gelecekteki hızlı bozulmayı önlemek için gerekli bakım miktarlarını veya üstyapıyı geliştirmek için gerekli iyileştirme miktarlarını değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Yollar yeni yapıldıklarında iyi durumda olup, trafik yükleri ve iklim koşullarının etkisiyle zamanla bozulmaktadır. Bu bozulmalar başlangıçta çok yavaş olup, yalnızca sürekli bakım ile yolların performansını koruyabilmek mümkün olabilmektedir. Ancak,zamanında iyileştirme yapılmaz ise, bozulmalar artarak, çok daha pahalı iyileştirme seçeneklerini gerektiren sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu tespitler ışığında yoldaki bozulmaların tipi, şiddeti ve yoğunluğu değerlendirilerek alınacak önlemler uygulamaya konulur. Kullanılan yöntemler arasında farklılıklar olsa da genellikle ölçülen faktör veya bileşenler bakımından birbirleriyle benzerlik gösterirler. Ölçülen bu faktörler şu şekilde sınıflandırılabilir: yüzey kusurları, sürekli deformasyonlar, çatlaklar, yamalar.

7.4.1 Bozulmaların Sınıflandırılması

Günümüzde kullanılan üstyapı yüzeyi bozukluğu tanımlama kılavuzu örnekleri kullandıkları bir takım parametrelerle birlikte Tablo 7.4'te gösterilmiştir.

Tablo 7.4: ASTM bozulma sınıflandırmaları

Kod	Bozulma	Ölçüm Birimi	Yoğunluk Düzeyi Tanımlama	Bozulma Nedeni
1	Timsah Sırtı Çatlak	Metre kare	Evet	Yük
2	Kusma	Metre kare	Evet	Diğer
3	Blok Çatlak	Metre kare	Evet	İklim
4	Kabarma ve Oturma	Metre	Evet	Diğer
5	Ondülasyon	Metre kare	Evet	Diğer
6	Çökme	Metre kare	Evet	Diğer
7	Kenar Çatlağı	Metre	Evet	Yük
8	Yansıma Çatlağı	Metre	Evet	İklim
9	Kenar/Banket Düşüklüğü	Metre	Evet	Diğer
10	Boyuna ve Enine Çatlak	Metre	Evet	İklim
11	Yama	Metre kare	Evet	Diğer
12	Cilalanma	Metre kare	Hayır	Diğer
13	Oyulma	Sayı	Evet	Yük
14	Demiryolu Geçışı	Metre kare	Evet	Diğer
15	Tekerlek izi	Metre kare	Evet	Yük
16	Toplanma	Metre kare	Evet	Yük
17	Tabaka Kayması Çatlağı	Metre kare	Evet	Diğer
18	Şişme	Metre kare	Evet	Diğer
19	Sökülme ve Ayırışma	Metre kare	Evet	İklim

Kaynak : Shanin 2002

Bu bölümde;D-100 Karayolu'nun Zincirlikuyu – Havaalanı Kavşakları arasında kalan kısmında meydana gelen bozulmaların tespiti, sınıflandırılması ve miktarları ele alınmıştır. Bu tespitler Tablo 7.5 ve Tablo 7.6'da sıralanmıştır.

7.4.1.1. D-100 Karayolu Ankara İstikameti Bozulma Tespitleri

Bu bölümde D-100 karayolunun Ankara istikametinin bozulma tespitleri anlatılmıştır. Tablo 7.5'te bu tespitler görülmektedir.

Tablo 7.5 : D-100 Karayolu Ankara İstikameti Bozulma Tespitleri

Kesit No	Bozulma Kodu	Brim	Düşük	Orta	Yüksek	Bozulma nedeni
1	13	adet		1		Yük
2	11	m2		2		Diğer
3	10	mt		3		İklim
4	2	m2		5		Diğer
5	19	m2	80			İklim
6	19	m2		10		İklim
7	10	mt		20		İklim
8	11	m2		4		Diğer
9	19	m2	100			İklim
10	19	m2	20			İklim
11	3	m2		2		İklim
12	3	m2		1		İklim
13	11	m2		9		Diğer
14	19	m2		10		İklim
15	19	m2	175			İklim
16	11	m2		50		Diğer
17	1	m2		15		Yük
18	6	m2			2	Diğer
19	19	m2		40		İklim
20	11	m2		40		Diğer

D-100 Karayolu' nun Ankara istikametindeki bozulmalar yerinde tespit edilip Tablo 7.5'te gösterilmiştir.Meydana gelen bozulmalar alan olarak incelendiğinde özellikle düşük seviyedeki soyulmaların yoğunlukta olduğu görülmektedir.

D-100 Karayolu Ankara istikametindeki bozulmalara ait örnekler; Şekil 7.4, Şekil 7.5, Şekil 7.6, Şekil 7.7, Şekil 7.8'de gösterilmiştir.

Şekil 7.4 : D-100 Karayolu bozulma örneği²



Şekil 7.4'te fazla bitümün trafik yükleri ve sıcaklığa bağlı olarak yüzeye kusma olarak vurması görülmektedir. Özellikle sıcak havalarda bu bozulmalar daha da belirginleşmektedir.

Şekil 7.5 : D-100 Karayolu bozulma örneği³



Yollarımızda görülen diğer bir bozulmada yapısal kaynaklı olmayan, hatalı şerit çizgilerinin silinmesinden dolayı yolda meydana gelen soyulmalardır. Şekil 7.5'te böyle bir bozulma örneği görülmektedir.

²Bitüm kusması, Cevizlibağ, 2013

³Çizgi silinmesinden kaynaklı soyulma, Cevizlibağ, 2013

Şekil 7.6 : D-100 Karayolu bozulma örneği ⁴



Şekil 7.6’de taşıma gücünden kaynaklı çatlak örneği görülmektedir.

Şekil 7.7 : D-100 Karayolu bozulma örneği ⁵



Şekil 7.7’de sıkışmaya ve boşluk oranına bağlı olarak asfalt yüzeyinde meydana gelen sökülmeler görülmektedir.

⁴Boyuna çatlak, Haliç köprü girişi, 2013

⁵Soyulma, Perpa ticaret merkezi karşısı, 2013

Şekil 7.8 : D-100 Karayolu bozulma örneği ⁶



Şekil 7.8’de Mecidiyeköy Viyadüğü üzerinde altyapı çalışmalarından dolayı, yapılan imalat sonrası yama görülmektedir.

Şekil 7.9: D-100 Karayolu bozulma örneği ⁷



Şekil 7.9’da taşıma gücü yetersizliği ve yetersiz altyapı kaynaklı oluşan timsah sırtı çatlak örneği görülmektedir.

Tablo 7.6 : D-100 Karayolu Ankara İstikameti Bozulma Adetleri ve yüzdeleri

Bozulma nedenleri	Yük	İklim	Diğer	Toplam Bozulma (adet)
Bozulma (adet)	2	9	9	20
Bozulma % leri	10	45	45	100

⁶Yama, Mecidiyeköy viyadük girişi, 2013

⁷Timsah sırtı çatlak, Mecidiyeköy viyadüğü

Tablo 7.6’da D-100 Karayolu Ankara istikameti tespit edilen bozulmaların nedenlerinin yüzdeleri verilmiştir.

7.4.1.2. D-100 Karayolu Edirne İstikameti Bozulma Tespitleri

Bu bölümde D-100 karayolunun Edirne istikametinin bozulma tespitleri anlatılmıştır. Tablo 7.7’de bu tespitler görülmektedir.

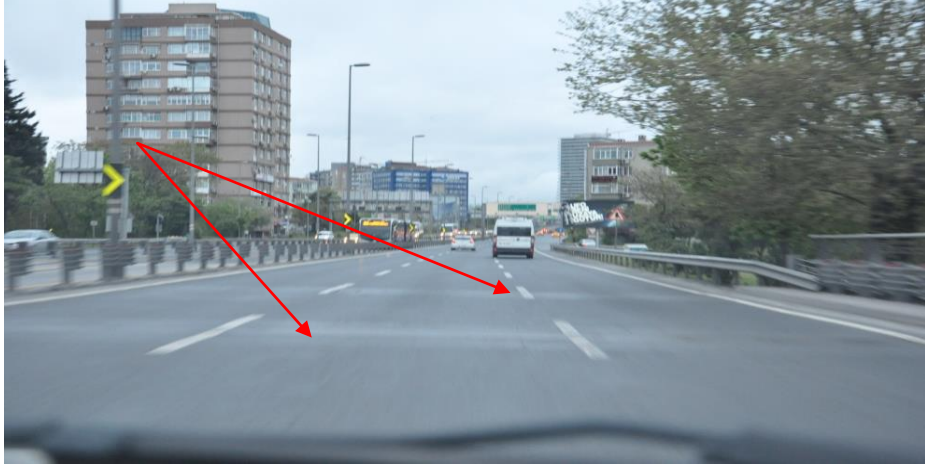
Tablo 7.7 : D-100 Karayolu Edirne İstikameti Bozulma Tespitleri

Kesit No	Bozulma Kodu	Brim	Düşük	Orta	Yüksek	Bozulma nedeni
1	11	m2		40		Diğer
2	1	m2			2	Yük
3	1	m2		7		Yük
4	19	m2	35			İklim
5	1	m2		5		Yük
6	11	m2		10		Diğer
7	19	m2	80			İklim
8	2	m2		3		Diğer
9	11	m2		5		Diğer
10	19	m2	30			İklim
11	2	m2			1	Diğer
12	19	m2	35			İklim
13	19	m2	10			İklim
14	2	m2		2		Diğer
15	8	mt		11		İklim
16	8	mt		11		İklim
17	19	m2	4			İklim
18	11	m2		6		Diğer
19	11	m2		2		Diğer
20	19	m2	50			İklim
21	11	m2		10		Diğer
22	19	m2	30			İklim
23	11	m2		4		Diğer
24	11	m2		5		Diğer
25	11	m2		3		Diğer
26	19	m2	6			İklim
27	11	m2		10		Diğer

D-100 Karayolu’nun Edirne istikametindeki bozulmalar yerinde tespit edilip Tablo 7.7’de gösterilmiştir. Özellikle bu kesimde de soyulmaya bağlı bozulmaların fazla olduğu

görülmektedir.D-100 Karayolu Edirne istikametindeki bozulmalara ait örnekler; Şekil 7.10, Şekil 7.11, Şekil 7.12, Şekil 7.13, Şekil 7.14'te gösterilmiştir.

Şekil 7.10: D-100 Karayolu bozulma örneği⁸



Şekil 7.10'da Mecidiyeköy viyadük girişinde altyapı çalışmalarına bağlı olarak yapılan yama tamiratları görülmektedir.

Şekil 7.11: D-100 Karayolu bozulma örneği⁹



⁸Yama, Mecidiyeköy viyadük girişi

⁹Kusma, Darülaceze karşısı

Şekil 7.11’de fazla bitümün trafik yükleri altında sıcaklığa bağlı olarak kasma olarak yüzeye vurması gözükmemektedir.

Şekil 7.12: D-100 Karayolu bozulma örneği¹⁰



Şekil 7.12’de sıkışmaya ya da boşluk oranına bağlı meydana gelen soyulma örneği görülmektedir.

Şekil 7.13: D-100 Karayolu bozulma örneği¹¹



¹⁰Soyulma, Edirnekapı köprüsü altı

¹¹Yama, Cevizlibağ

Şekil 7.14: D-100 Karayolu bozulma örneği ¹²



Şekil 7.13 ve Şekil 7.14’te meydana gelen bozulmaların yamayla tamir edilmiş hali görülmektedir. Karayolunun bu kesimindeki problem, özellikle yan tarafında bulunan yeşillendirme sahasındaki drenaj sisteminin yetersiz olmasından dolayı altyapıda meydana gelen bozulmalardır.

Tablo 7.8 : D-100 Karayolu Edirne İstikameti Bozulma Adetleri ve Yüzdeleri

Bozulma nedenleri	Yük	İklim	Diğer	Toplam Bozulma (adet)
Bozulma (adet)	3	11	13	27
Bozulma % leri	11	41	48	100

Tablo 7.8’de, D-100 Karayolu Edirne istikameti tespit edilen bozulmaların nedenlerinin yüzdeleri verilmiştir.

¹²Yama, Havaalanı kavşağı

7.4.2. Bozulmaların Değerlendirilmesi

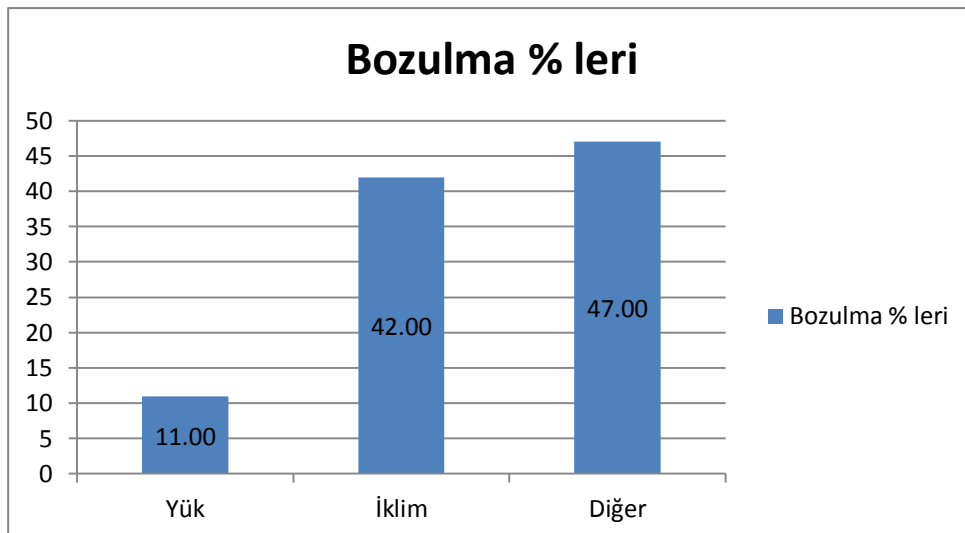
Bu bölümde verilen bilgiler ışığında, gerçekleşen bozulmaların değerlendirilmesi yapılmıştır.

Tablo 7.9 : D-100 Karayolu Toplam Bozulma Adetleri ve Yüzdeleri

Kısım No	Bozulma Tipleri			Toplam Bozulma (adet)
	Yük	İklim	Diğer	
Kısım 1 (Edirne İstikameti)	2	9	9	20
Kısım 2 (Ankara İstikameti)	3	11	13	27
Toplam	5	20	22	47
Bozulma % leri	11	42	47	100

Tablo 7.9'dan de görüldüğü gibi ağıdaki bozulmalar çoğunlukla “diğer” nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bu bilgiler ışığında yolda görülen bozulmaların çoğunlukla yapım veya bakım hataları gibi sebeplerin yanında karla mücadele gibi çalışmalarda yapılan uygulamalardan kaynaklandığı söylenebilir. Bu nedenle özellikle karla mücadelede kullanılan kimyasal maddelerin üstyapıya olan zararlı etkilerinin detaylıca araştırılmasından sonra üstyapılarda kullanılması gerektiği rahatlıkla söylenebilir.

Şekil 7.15 : D-100 Karayolu bozulma nedenleri ve yüzdeleri



Şekil 7.15'te Karayolu Zincirlikuyu – Havaalanı Kavşakları arası tespit edilen bozulma nedenlerinin yüzde değerleri verilmiştir.

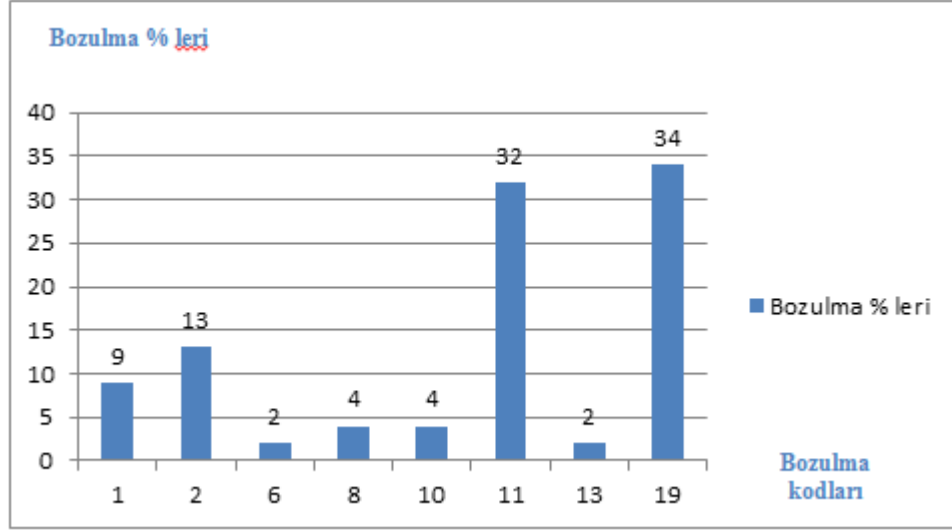
Tablo 7.10 : D-100 Karayolu Bozulma tipleri ve yüzdeleri

Bozulma kodu	Cinsi	Bozulma adeti			Bozulma (%) leri
		Kısım 1 (Edirne İstikameti)	Kısım 2 (Ankara İstikameti)	Toplam	
1	Timsah Sırtı Çatlak	1	3	4	9
2	Kusma	3	3	6	13
6	Çökme	1		1	2
8	Yansıma Çatlağı		2	2	4
10	Boyuna ve Enine Çatlak	2		2	4
11	Yama	5	10	15	32
13	Oyulma	1		1	2
19	Sökülme ve Ayrışma	7	9	16	34
Toplam Bozulma		20	27	47	100

Tablo 7.10'dan de görüldüğü gibi tespit edilen toplam 47 adet bozulmadan 16 adedi sökülme ve ayrışmalar, 15 adedi yamalar, 6 adedi kusmalar, 4 adedi timsah sırtı çatlaklardan oluşmaktadır. Bunu 2 adet bozulmayla yansıma çatlağı, 2 adetle boyuna ve enine çatlaklar, 1 er adetle çökme ve oyulma takip etmektedir. Yüzde 34 olan sökülme bozulmalarının sebepleri; Yetersiz sıkıştırma, asfalt boşluk oranının fazla olması, filler oranının fazla olmasını söyleyebiliriz. Yüzde 32 olan yamaların sebebi olarak ta sonradan yapılan altyapı çalışmaları ve asfalt tamiratları gösterilebilir. Yüzde13 olan kusma bozulmalarının nedenlerini, yapım sırasında çok fazla bitüm kullanılması ve özellikle sıcak havalarda trafik etkisi ile bitümün agregaya üzerine çıkması, çok fazla astar malzemesi kullanımı, çok fazla agregaya soyulması şeklinde sıralanabilir. Yüzde 9 olan timsah sırtı çatlakları daha çok en sağ

şeritte tespit edildi. Kaplama kenarında yetersiz tasıma gücü ve üstyapının kenarında aşırı trafik yüklenmesi üstyapı kenarında ve bankette yetersiz drenaj timsah sırtı çatlaklarının oluşumundaki temel nedenlerdir.

Şekil7.16 : D-100 Karayolu Bozulma tipleri ve yüzdeleri



Şekil 7.16'da D-100 Karayolu Zincirlikuyu – Havaalanı Kavşakları arası tespit edilen bozulma tiplerinin Yüzde değerleri verilmiştir.

Tablo 7.11 : D-100 Karayolu Bozulma Alanlarının Toplam Alana Kıyaslama Tablosu

Sıra no	Kısım	Bozulma alanı toplamı (m2)	Toplam yol alanı (m2)	% değer
1	Kısım 1 (Edirne İstikameti)	395	244.000	0,2
2	Kısım 2 (Ankara İstikameti)	565	244.300	0,2

Tablo 7.11'de görüldüğü gibi meydana gelen bozulma alanları toplam alan içerisinde oldukça az bir kısım teşkil etmektedir. Buna rağmen bozulan kısımların artmaması için gerekli tedbirlerin alınması, mevcut bozulmaların iyileştirilmesi gerekmektedir. Zamanında yapılmayan bakım çalışmaları ileride daha yüksek bir maliyet olarak geri dönecektir.

8. SONUÇLAR

Ekonomik kalkınma ve yaşam standartlarının yükselmesi ile toplumların konforlu, güvenli sürüş kalitesi talebi, yol üstyapılarının daha yüksek performanslı ve bozulmalara karşı daha dirençli olarak tasarlanmasını zorunlu hale getirmektedir. Trafik hacmindeki ve dingil yüklerindeki artışlar, üretim hataları ve iklim koşulları, yollarda tekerlek izi oluşumu, yorulma çatlakları ve düşük sıcaklık çatlakları ve suya karşı duyarlılık gibi bozulmalara sebep olmakta, bu durum da yolun öngörülen ömür ve konfor düzeyini düşürmektedir. Yollardan beklenen hizmet düzeyi de büyük ölçüde yol üstyapılarında kullanılan bitümlü bağlayıcının özelliklerine bağlıdır. Bu özelliklerin en önemlilerinden biri sıcak iklim koşullarıdır. Ülkemizde karayolu ulaşımı, alternatifi çok az olan bir ulaşım türüdür. Modern ülkelerde alternatif ulaşım sistemleri her geçen gün teknolojinin de desteğiyle hızlı bir biçimde gelişmekte iken ülkemizde çok daha az bir ivmeyle artmakta ancak bu artış yine de karayolu ulaşımının vazgeçilmez olmasının önüne geçememektedir. Bu da karayolunun gerek yapımı, gerekse yapım sonrası onarımlarının doğru ve verimli olmasını daha da önemli bir hale getirmektedir.

Maliyet ve sürüş konforundan taviz vermeden, yapım sonrası oluşacak bozulmaların ve bunların onarımlarının minimum seviyede tutulması, yol üst yapısında hedef olmak zorundadır. Türkiye şartlarında, tasarım yönteminin ve yanlış malzeme seçimi, trafiğin hızlı ve kontrolsüz şekilde artması, iklimsel koşullarının ciddi etkisi, yol yapımı sırasında projeye uygun olmayan altyapı inşası başlıca bozulma sebepleridir. Ulaşımın çok ciddi bir kısmının karayolu ile yapıldığı ülkemizde, bozulmaların doğru tespiti, en verimli ve uzun ömürlü müdahalenin önemi bu şekilde ortaya çıkmaktadır. Karayolunun yapımından sonra belirli aralıklarla kontrolünün yapılması; bunu yaparken de teknolojinin sağladığı kolaylık ve hızdan faydalanmak gerekmektedir. Bu da ancak teknolojinin sağladığı yeniliklerin takibi ve zaman kaybetmeden uygulamada kullanılmasıyla mümkün olabilir. Böyle bir sistem içinde gerek yapım maliyeti ve yapım sonrası onarım maliyeti, gerekse konfor, karayolunun en büyük sorunları olmaktan çıkacaktır.

Yukarıda belirlenen bilgiler ışığında 2009 yılında yapılan D-100 Karayolu Zincirlikuyu Kavşağı ile Çobançeşme Kavşağı arasında kalan 18 km lik yol aksı 2009 yılında mevcut asfalt dizaynlarının dışında, İstanbul şehiriçi yollarında yeni uygulanmaya başlayan SMA(Stone Mastic Asphalt) kaplamasıyla yenilenmiştir. Aradan geçen 4 yıllık (2009-2013) süre zarfında D-100 Karayolunun bu kesimi yapılan altyapı çalışmaları dışında herhangi bir tamirat ve bakım görmemiştir. Gerek projeye başlamadan önce gerekse proje uygulama safhalarında

yapılan tespitler ve altyapı iyileştirmeleri karayolunun bozulmamasındaki en büyük etkenlerden olmuştur. Özellikle uygulama esnasında Asfaltın plentten çıkışından sahadaki, serim ve silindiraj sıcaklıkları, sıkışma değerleri sürekli kontrol edilmiştir. Geline noktada şu sonuçları çıkartılabilir.

1-Yapılan incelemelerde D-100 Karayolunun bu kesiminde çok ciddi bozulmalar görülmemiştir. Tespit edilen bozulmalarda ana etken diğer unsurlar olmuştur. Bu unsurları; sonradan yapılan altyapı çalışmaları, şerit çizgi düzeltmeleri ve çeşitli kazılardan dolayı meydana gelen unsurlar olarak sıralanabilir. İstanbul gibi şehiriçi taşıt trafiğinin çok yoğun olduğu bir kentte, standartlara uygun yapılan bir yolun bakımlarının yapıldığı takdirde uzun süre hizmet verebildiği görülmüştür.

2-2009-2013 yılları arasındaki İstanbul ilindeki araç sayısı yüzde 15 artış göstermiştir. Özellikle bu artış Otomobilde yüzde 17 iken, otobüste yüzde 32 olmuştur. Dingil yükü fazla olan araçlardaki artışlar bu bozulmalarda etkili olmuştur.

3-AASHTO Metoduyla yapılan üstyapı kalınlık hesabı sonucu çıkan veriler yeterli olmuş, taşıma gücüyle ilgili bir sıkıntı görülmemiştir. Ancak aradan geçen 4 yıllık süre zarfında meydana gelen bozulmalarının iyi analiz edilip elde edilen veriler ışığında yoğun trafik yükleri altında tabaka kalınlıklarının yeterli olup olmadığının yeniden araştırılması gereken bir sonuç olarak karşımıza çıkmıştır.

3-Kullanılan SMA dizaynı, daha fazla asfalt bağlayıcı kullanıldığından ötürü, serme ve sıkıştırma anında bağlayıcının drenajını önlemek amacıyla karışıma katılan stabilizör (selüloz ve mineral elyaf) karışımın segregasyonunu önleyerek karışımın daha homojen olmasını sağladığı gibi daha çok asfalt bağlayıcı kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Böylece hem stabilite açısından hemde performans (sürüş konforu ve emniyeti) açısından daha üstün bir aşınma tabakası elde edilebilmektedir. Çünkü SMA kaplamalarında yüzey pürüzlülüğü daha fazla, teker gürültüsü daha az ve yağışlı havalarda sürüş emniyeti daha yüksektir. sahip olduğu yüksek durabilite özelliğinden dolayı yenilenme süresi daha uzundur. Bu nedenle yüksek trafik hacmine sahip yollar ile yükleme-boşaltma- depolama yapılan kaplamalı sahalar (liman, havaalanı, apronları, vb.) için ideal bir asfalt kaplama olarak kullanılmaktadır. Ancak bunun yanında kullanılan agrega ve bitümden dolayı maliyeti de yüzde 20 oranında

arttırmaktadır. Yolun ömrü ve bakım maliyetleri göz önüne alındığında bu çok önem arz etmemektedir.

4-SMA tabakasında kullanılan bitüm modifiye edilerek yol üstyapılarının tekerlek izi oturması, agrega soyulması, ondülasyon, düşük sıcaklık çatlakları vb. olumsuzluklara karşı dirençli olmaları amaçlanmış, yapılan tekerlek izi ve kayma direnci deneylerinde iyi sonuçlar alınmıştır.

5-Karayollarında yolların ömrünü uzatmak için özellikle bakım ve kontroller zamanında yapılmalıdır. Şehiriçi yollarda yolun düşmanı olan dingil yükü fazla olan araçların tonajları kontrol edilmelidir.

6-Özellikle trafik kazalarından sonra yola akan petrol türevleri malzemelerin SMA tabakasındaki bozulmaları hızlandırdığı tespit edilmiştir. Bu malzemelerin bozulmalara etkisi ayrıca araştırılmalı, katkı maddesi olarak kullanılan fiber yerine farklı malzemeler (sönmüş kireç..) kullanılarak bozulmalara karşı dirençleri gözlenmelidir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

AASHTO, 1972, *Guide for Design of Pavement Structures*

Ağar, E., Öztaş, G. ve Süttaş, İ., 1998, *Beton Yollar (Rijit Yol Üstyapıları)*, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul

Gorsky, M., 1996, *Monitoring Maintenance Management Viagerenda the HDM Model International Advanced Training Course on road and Bridge Construction and Management*

İsfalt A.Ş., 2001, *Asfalt ve Uygulamaları El Kitabı*, İstanbul

Karayolları Genel Müdürlüğü, 1995, *Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi*, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara

Tunç, A., 2001, *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*, 840s, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul

Tunç, A., 2004, *Esnek Kaplama Malzemeleri Elkitabı*, 352s. Asil Yayın Dağıtım, Ankara

Umar, F. ve Ağar, E., 1991, *Yol Üstyapısı*, İTÜ. Rektörlüğü, İstanbul

Sürelî Yayınlar

Alataş T., Ahmetzade, P., Doğan, Y., 2006, *Bitümlü Sıcak Karışımlarda Kullanılan Agregaların Cinsinin Kaplamanın Fiziksel Özelliklerine Etkisi*, Science of Eng. J. of Fırat Univ., 18(1), 81-89

Diğer Yayınlar

Özen H., 2004, Karayolu Üstyapısı Ders Notları, İstanbul (yayınlanmamış)

Dünder, G., 1998,*Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemlerinin Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 61-94

Karavaşin, M., 1993, *Resilient Behaviour of granular materials for Analysis of highway Pavements*, Doktora Tezi, Nottingham Üniversitesi

Kırbaş, U., 2007, *Üstyapı Yönetim Sistemi Ve Beşiktaş İlçesi Örneğinde Uygulama Olanaklarının Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Muhammet DİVLİ
- Sürekli Adresi** :İ.B.B. İSFALT A.Ş.
- Doğum Yeri ve Yılı** : 30.03.1974
- İlk Öğretim** : Mehmet Akif Ersoy İlkokulu
- Orta Öğretim** : Gölcük Barbaros Hayrettin Lisesi
- Lisans** : Selçuk Üniversitesi Müh. Mim. Fakültesi İnşaat Mühendisliği
- Yüksek Lisans** : Bahçeşehir Üniversitesi - 2013
- Enstitü Adı** : Fen Bilimleri Enstitüsü
- Program Adı** :Kentsel Sistemler Ve Ulaştırma Yönetimi
- Yayımları** :“D-100 (E-5) Karayolunun Zincirlikuyu Kavşağı – Çobançeşme (Havaalanı) Kavşağı Arası Üstyapı Yenileme Çalışması ve SMA (Stone Mastic Asphalt) Tabakasının Performans Analizi” isimli yüksek lisans tezi
- Çalışma Hayatı** : 2001..... Özel sektör