

**ESNEK ÜSTYAPI KAPLAMALARINDAKİ
HASAR ÖZELLİKLERİNİN BAKIM
MALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

M. Emin Cihangir BAĞDATLI

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Y. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

2010

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESNEK ÜSTYAPI KAPLAMALARINDAKİ
HASAR ÖZELLİKLERİNİN BAKIM
MALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

M. Emin Cihangir BAĞDATLI

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Y. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

Tekirdağ - 2010

Her hakkı saklıdır

Y.Doç Dr. M. Şükrü YILDIRIM danışmanlığında, M. Emin Cihangir BAĞDATLI tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri Başkanı: Prof. Dr. Sabit OYMAEL

İmza :

Üye: Y. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

İmza :

Üye: Y. Doç. Dr. İ. Feda ARAL

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı
kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ESNEK ÜSTYAPI KAPLAMALARINDAKİ HASAR ÖZELLİKLERİNİN BAKIM MALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

M. Emin Cihangir BAĞDATLI

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Y. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

Ulaştırma, bir ülkenin sosyo-ekonomik yapısının en önemli temellerinden biridir. Ülkemizde aktivitesi en yüksek ulaşırma sistemini karayolları oluşturmaktadır. %77'si sathi kaplamalı yollar; %17'si asfalt betonu yollar olmak üzere toplam 64 bin 319 km karayolu ağıyla, ülkemizin tamamına yakını esnek üstyapı kaplamalı yollarla çevrilmiştir.

Artan nüfus ve gelişen teknolojiye paralel olarak ortaya çıkan karayolu ihtiyacını karşılamak amacıyla inşa edilen esnek üstyapıların artması, bakım ve rehabilitasyon işlerinin de göz önünde tutulmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda, üstyapı bakım ve onarım maliyet analizleri ile ilgili birçok bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. Bugüne kadar karayolu üstyapısı bozulmaları ile ilgili yapılan maliyet araştırmalarında genellikle ön varsayımlı modeller üzerinde tahminlere dayalı fiyat analizleri yapılmıştır. Bu değerler, varsayımlara göre yapıldığı için çoğu kez gerçek sonuçlarla birebir örtüşmeyebilmektedir. Bu çalışmada, yol üstyapısında oluşan deformasyon örnekleri üzerinde incelemeler yapılarak maliyet analizleri belirlenmeye çalışılmıştır. Projelendirme safhasında dikkate alınan ön veriler; trafik, iklim ve bölge, malzeme ve üstyapı taban faktörlerine bağlı olarak üstyapıda etkili oldukları deformasyonlar, bakım maliyetleri açısından incelenmiştir.

Yapılan bu çalışmada, esnek yol üstyapılarının projelendirme aşamasında dikkate alınan parametrelerden, üstyapı hasarlarında en etkili kriterin malzeme faktörü olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, esnek üstyapılarda iklim ve bölge etkisiyle meydana gelen kabarma oluşumunun, karayolları bakım maliyetleri üzerinde en etkili hasar olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, agrega cıllanması, sökülme ve büzülme çatlaklarının bakım maliyetleri üzerindeki etkisi en düşük fiziksel deformasyonlar oldukları sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: karayolu, esnek üstyapı, bakım maliyeti, fiziksel deformasyonlar, bakım ve onarım

2010, 71 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

THE EFFECTS OF CHARACTERISTICS OF DAMAGE ON MAINTENANCE COSTS FOR FLEXIBLE PAVEMENTS

M. Emin Cihangir BAĞDATLI

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. M. Şükrü YILDIRIM

Transportation is one of the most important basis for social and economical structure of a country. Highways make up the highest activity system of transportation in our country. Almost the whole highways web of our country, which is 64.319 in total, was built in flexible pavements, of whose 77% are surface paved, and 17% are asphalt concrete.

Increasing the flexible pavements constructed in order to meet the need for roads occurring in parallel with the growing population and developing technology have made maintenance and rehabilitation works to become mandatory to be taken into consideration. Therefore, many scientific researches related to pavement maintenance and repair costs analysis are carried out. So far, cost analyses on preliminary estimate models have generally been made in cost researches to do with road pavement deterioration. These values may not exactly coincide with real results since they base on assumptions. In this study, cost analysis is determined by examining samples of deformation occurring on flexible road pavements. Depending on preliminary data taken into account in design phase; traffic, climate and region, material and basement of pavement factors, deformations which they effect on pavement are examined in terms of maintenance costs.

As a result of this study, it is revealed the most effective one of parameters taken into account in design phase on damages of flexible pavement is material factor. However, it is determined swelling occurring on flexible pavements because of climate and region effects have been most effective damage on maintenance costs. Besides, it is concluded that physical deformations that have been least effective on maintenance costs are aggregate polished, decomposing and shrinkage cracks.

Keywords: highway, flexible pavement, maintenance cost, physical deformations, maintenance and repair

2010, 71 pages

TEŞEKKÜR

Çalıőmam esnasında yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan değerli danışman hocam Y. Doç. Dr. M. Şükrü YILDIRIM'a,

Kıymetli fikir ve yönlendirmeleriyle bana ıőık tutan ağabeyim Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Arő. Gör. M. Cüneyt BAĀDATLI'ya,

Manevi desteğiyle hayatımın her anında katkısı bulunan aileme,

Birlikteliğimiz boyunca varlığını her zaman yanımda hissettiğim, sevgisiyle bana güç veren Esra DUDOĀLU'ya teşekkür ve őükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	7
4. ESNEK YOL ÜSTYAPILARI.....	8
4.1. Esnek Yol Üstyapı Kaplamaları ve Türleri.....	8
4.1.1. Sathi (yüzeysel) kaplamalar.....	9
4.1.1.1. Tek katlı sathi kaplama.....	10
4.1.1.2. Çok katlı sathi kaplama.....	11
4.1.1.3. Kum örtme tabaka.....	11
4.1.2. Bitümlü sıcak karışım kaplamaları.....	11
4.1.2.1. Stabilite.....	12
4.1.2.2. Rijitlik.....	12
4.1.2.3. Durabilite.....	12
4.1.2.4. Yorulma mukavemeti.....	13
4.1.2.5. Esneklik.....	13
4.1.2.6. Geçirimsizlik.....	13
4.1.2.7. Kayma direnci.....	14
4.2. Esnek Üstyapılardaki Fiziksel Deformasyonlar.....	14
4.2.1. Deformasyonlar.....	15
4.2.1.1. Tekerlek izi oluşumu.....	15
4.2.1.2. Ondülasyon.....	16
4.2.1.3. Çökme.....	17
4.2.1.4. Kabarmalar.....	17
4.2.2. Ayrışmalar.....	17
4.2.3. Çatlamalar.....	18
4.2.3.1. Timsah sırtı çatlaklar.....	19
4.2.3.2. Büzülme çatlakları.....	20
4.2.3.3. Kenar çatlakları.....	20
4.2.3.4. Ek yer çatlakları.....	20
4.2.3.5. Kayma (öteleme) çatlakları.....	20
4.2.3.6. Yansıma çatlakları.....	21
4.3. Esnek Yol Üstyapı Kaplamalarındaki Hasar Onarımları.....	21
4.3.1. Bölgesel yamanması.....	22
4.3.2. Çökmelerin onarımı.....	22
4.3.3. Tekerlek izi ve olukların onarımı.....	22
4.3.4. Ondülasyon ve yığılmaların onarımı.....	23
4.3.5. Çatlakların yalıtımı ve dolgusu.....	24
4.3.6. Kabarmaların onarımı.....	25
4.3.7. Sökülmelerin onarımı.....	25
4.3.8. Çukurların onarımı.....	26
4.3.9. Kaygan yüzeylerin onarımı.....	26

5. ESNEK ÜSTYAPI PROJELENDİRME KRİTERLERİ VE BAKIM MALİYETLERİ..	27
5.1. Esnek Üstyapılardaki Projelendirme Kriterleri.....	27
5.1.1. Trafik.....	27
5.1.2. İklim ve çevre faktörü.....	28
5.1.3. Üstyapı malzemeleri.....	29
5.1.4. Üstyapı tabanı.....	30
5.2. Bakım Maliyetleri.....	31
6. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	36
6.1. Trafik Faktörünün Etkisiyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi....	37
6.1.1. Tekerlek izi oluşumu.....	37
6.1.2. Ondülasyon oluşumu.....	38
6.1.3. Kenar çatlakları	40
6.1.4. Kayma (öteleme) çatlakları.....	42
6.1.5.Yansıma çatlakları.....	43
6.2. İklim ve Bölge Faktörü Etkisiyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi.....	45
6.2.1. Kabarma oluşumu	45
6.2.2. Çökme oluşumu	47
6.3. Üstyapı Malzeme Faktörü Etkisiyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi.....	49
6.3.1. Çukur oluşumu.....	50
6.3.2. Sökülmeler.....	51
6.3.3. Agrega soyulması.....	52
6.3.4. Agrega cilalanması.....	53
6.3.5. Kasma oluşumu.....	54
6.3.6. Ek yer çatlakları.....	55
6.3.7. Büzülme çatlakları.....	56
6.4. Üstyapı Tabanı Etkisiyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi.....	59
6.4.1. Timsah sırtı çatlakları.....	60
7. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	63
8. KAYNAKLAR.....	68
ÖZGEÇMİŞ.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

m^3	metreküp
m^2	metrekare
kg/m^3	kilogram / metreküp
cm	santimetre
km	kilometre
mm	milimetre
cm^2	santimetrekare
%	yüzde
m	metre
TL	Türk Lirası
TL/m^2	Türk Lirası / metrekare
t/m^3	ton / metreküp
da	dekar
sa	saat
kg	kilogram
F_{ab}	eşdeğer asfalt betonu fiyatı

2. Kısaltmalar

KGM	Karayolları Genel Müdürlüğü
BSK	Bitümlü Sıcak Karışım
CBR	Kaliforniya Taşıma Oranı
RN	Sürüş Konforu Sayısı

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 3.1. Esnek üstyapı kaplamalı yola ait bir görünüş.....	7
Şekil 4.2. Esnek yol kaplamalarındaki hasarlar.....	14
Şekil 4.3. Esnek yol kaplamalarında ondülasyona ait bir görünüş.....	16
Şekil 4.4. Ayrışma nedeniyle oluşan yüksek şiddette bir çukur.....	18
Şekil 4.5. Esnek yol kaplamalarında timsah sırtı çatlaklara ait bir görünüş.....	19
Şekil 4.6. Esnek yol kaplamalarında hasar onarımına ait bir görünüş.....	21
Şekil 5.1. Bir yol üstyapısının performans eğrisi.....	32
Şekil 6.1. Esnek üstyapı kaplamalı yola ait bir görünüş.....	36
Şekil 6.2. Esnek üstyapılarda trafik etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri.....	44
Şekil 6.3. Esnek üstyapılarda iklim ve bölge faktörü etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri.....	49
Şekil 6.4. Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri...	59
Şekil 6.5. Esnek üstyapılarda üstyapı tabanı etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri.....	62
Şekil 7.1. Trafik faktörü.....	64
Şekil 7.2. İklim ve bölge faktörü.....	64
Şekil 7.3. Malzeme faktörü.....	64
Şekil 7.4. Üstyapı taban faktörü.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 5.1. 2008 yılına ait karayolları bakım maliyetleri.....	33
Çizelge 6.1. Esnek üstyapılarda tekerlek izi oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	38
Çizelge 6.2. Sathi kaplamalarda ondülasyon oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	39
Çizelge 6.3. BSK kaplamalarda ondülasyon oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	40
Çizelge 6.4. Esnek üstyapılarda kenar çatlak oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	41
Çizelge 6.5. Esnek üstyapılarda kayma çatlak oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	42
Çizelge 6.6. Esnek üstyapılarda yansıma çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	43
Çizelge 6.7. BSK kaplamalarda kabarma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	46
Çizelge 6.8. Sathi kaplamalarda kabarma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	47
Çizelge 6.9. Esnek üstyapılarda çökme oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	48
Çizelge 6.10. Esnek üstyapılarda çukur oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	51
Çizelge 6.11. Esnek üstyapılarda sökülmelerin onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması....	52
Çizelge 6.12. Sathi kaplamalarda agrega soyulmasının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	53
Çizelge 6.13. Esnek üstyapılarda agrega cilalanmasının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	54
Çizelge 6.14. Esnek üstyapılarda kuma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	55
Çizelge 6.15. Esnek üstyapılarda ek yer çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	56
Çizelge 6.16. Esnek üstyapılarda büzülme çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	57
Çizelge 6.17. BSK kaplamalarda timsah sırtı çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	60
Çizelge 6.18. Sathi kaplamalarda timsah sırtı çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması.....	61
Çizelge 7.1. Esnek üstyapılardaki projelendirme kriterlerinin etkisiyle oluşan deformasyonlar ve bakım maliyetleri.....	65

1. GİRİŞ

Ulaştırma, bir ülkenin sosyo-ekonomik yapısının en önemli temellerinden biridir. Ulaşım; kara, deniz ve hava yollarıyla kurduğu ağ ile toplumsal, ekonomik ve kültürel iletişimi taşıyan önemli bir unsur olmaktadır. Ülkelerin kalkınmışlık düzeyinin belirlenmesinde önemli bir gösterge olan ulaştırma; sanayi, ticaret, tarım ve turizm gibi en önemli iktisadi faaliyetlere dinamizm kazandırmaktadır.

Türkiye’de ulaştırmanın en önemli bölümünü karayolları oluşturmaktadır. Uzunluk olarak; 2 bin 100 km otoyol, 31 bin 271 km devlet yolu ve 30 bin 948 km il yolu olmak üzere toplam 64 bin 319 km karayolu ağına sahip Türkiye’nin; %77’sini sathi kaplamalı yollar, %17’sini asfalt betonu yollar, %6’sını da diğer yollar oluşturmaktadır (KGM 2010a). Türkiye’de mevcut karayolların büyük bölümü sathi ve asfalt betonu kaplamalar olarak esnek üstyapı şeklinde inşa edilmiştir.

Esnek üstyapılar, uzun yıllardan beri karayolu inşaatlarında uygulanan bir kaplama türüdür. Türkiye’de mevcut yatırımlar; bu konuda uzmanlaşmış ekipler, tesis ve makine sayısının yeterli olması gibi faktörler nedeniyle esnek üstyapı kaplamaları, yaygın olarak uygulanmaktadır. Ayrıca esnek üstyapı malzemesi olan bitümlü karışımlar, hızlı ve kolay inşaat imkânıyla şehir içi ve şehir dışı yollarda trafik sıkışıklığına neden olmadan, güvenli ve hızlı bir şekilde yolun trafiğe açılmasını sağlaması yönünden uygun olmaktadır. Düşük trafik yoğunluğunda, esneklik özelliğinden dolayı daha ince bir tabaka halinde uygulanabilmesi, uzun süre bağlayıcı özelliğini kaybetmemesi, içerisinde yer alan bitüm ve agreganın kısmen geri dönüştürülebilir olması gibi nedenlerden dolayı da tercih edilen bir üstyapı malzemesi olmaktadır.

Günümüzde, yol yapım teknolojisinin önde gelen ülkelerinden biri olan Amerika Birleşik Devletlerinde; yaklaşık 3,5 milyon km uzunluğundaki karayollarının %97’si, asfalt kaplamalıdır. Üstyapıda uygulanan bu bitümlü karışımlar, ağır ve hafif trafikli yollarda soğuk ve sıcak karışım şeklinde çeşitli yüzey kaplama tipleri ile farklı servis imkânları sunmaktadır.

Türkiye’de; devlet, il ve otoyollarının üstyapı kaplamalarının tamamına yakını asfalt karışımlar ile inşa edilmekte olup, bu amaçla yılda ortalama 10 milyon ton bitümlü karışım kullanılmaktadır. Son zamanlarda, Türkiye genelinde artan yol yapım çalışmalarında da görüldüğü gibi, üstyapı kaplamalarında kullanılan asfalt, bugün ve gelecekte yol yapımında da popülaritesini sürdürebilir olarak önemini koruyacaktır.

Karayolu ulaştırmasında dikkate alınması gereken en önemli unsurlardan biri de ekonomidir. Türkiye’de halen inşası hızla artan esnek yol kaplamaları, taşıt sayısı ve çeşitliliğindeki artış nedeni ile ekonomik verilerin ne denli önem arz ettiğini gözler önüne sermektedir. Trafik hacmi ve buna bağlı olarak, kaplama gerilmelerindeki artış, üstyapı problemlerinin daha sık yaşanmasına ve yolların servis ömürlerinde azalmalara sebep olmaktadır. Bu durum ise ekonomik yönden büyük kayıpları beraberinde getirmektedir. Ayrıca yol yapımında kullanılan malzemelerin, beklenen performans limitinin altında kalması ve iklim-bölge şartlarının yol üzerindeki olumsuz etkileri de yolun hizmet ömrünü en aza indirmektedir. Ekonomik ömrü içerisinde yoldan ekonomik bir şekilde faydalanmanın veya başka bir deyişle yolun hizmet ömrünü uzatmanın tek çözümü, gerekli düzeyde yeterli bakım yaparken, yol üstyapısının dayanımını onarım çabalarıyla yükseltmektir. Bu yaklaşımla karayolunun işletimi yıllar boyunca en ekonomik düzeyde tutulmuş olacaktır. Bu bağlamda karayollarının gerek ilk yapım maliyetlerinde, gerekse bakım harcamalarındaki ekonomik yaklaşımlar, uzun vadede ülke ekonomisi ile olan olumlu veya olumsuz ilişkisi göz ardı edilmemesi gereken bir gerçek olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada, esnek yol üstyapılarda meydana gelen hasarların onarımlarına ait birim maliyet analizleri yapılmıştır. KGM’nin izlediği onarım metotları doğrultusunda yapılan bu maliyet analizleri sonucunda, esnek yol üstyapılarındaki fiziksel deformasyonların onarım maliyetleri ayrı ayrı belirlenmiştir. Böylece karayolu esnek üstyapılarında hasar özelliklerinin bakım maliyetleri üzerindeki etkileri tespit edilmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Karayolu ulaştırma teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, ortaya çıkan karayolu ihtiyaını karşılamak amacıyla inşa edilen styapıların artması, daha fazla kaynağın üstyapı bakım ve rehabilitasyon işlerine aktarılmasını zorunlu kılmıştır (Terzi 2004). Bununla birlikte taşıt sayısının artmasıyla yol üstyapı bakım ve onarım çalışmaları ayrı bir önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, birçok bilimsel araştırmalar yapılmıştır. Bu alışma kapsamında hazırlanan araştırmalara geçilmeden önce; yol üstyapı hasar, onarım ve bakım-onarım maliyetleri üzerine daha önceden yapılan çalışmalardan bir kısmı sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Steiner ve Lynch (1980), karayolu bakımı için bir fayda/maliyet yaklaşımı geliştirmişlerdir. Yol durumu envanteri, yıllık ortalama günlük trafik, seyahat süresi ve taşıt işletme maliyetleri ile yol bakım maliyetlerini girdi verileri olarak kullanmışlardır. Fayda/maliyet oranı kullanılarak bakım önceliğini tespiti konusunda somut veriler elde etmeye çalışmışlardır.

Sharaf ve Sinha (1984a), rutin bakım maliyeti ile ilgili bir model geliştirmek için trafik verilerini kullanan bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemi, örnek bir alan üzerinde uygulamışlardır. Yapılan alışmalar sonucunda, üstyapı bakım maliyetleri ile üstyapı yaşı ve trafik düzeyi arasında önemli bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Indiana eyaletindeki karayolu sistemi için üstyapı olağan bakım maliyetlerinin zmlenmesini sağlamışlardır.

Sharaf ve Sinha (1984b), Data tabanını, 1980-1983 yılları arasındaki üstyapı bakım kayıtlarından oluşturmuşlardır. Öncelikle, her bir bakım-onarım uygulaması maliyetlerini değerlendirerek toplam maliyet eğrilerini tespit etmişlerdir. Ardından, işçi ve malzeme kullanım verileri kullanılarak oluşturulan kaynak-tüketim eğrilerini zmlemişlerdir. Sonuçta, istatistiksel bir korelasyon bağı ile gelecek yıllardaki bakım düzeyi ve önceki yıllardaki bakım harcamaları arasındaki bir ilişki belirlemişlerdir.

Riggins ve ark. (1985), yaptıkları çalışmalarda, üstyapı servis yeteneği indeksi ile başlıca dört bozulma tipini kullanarak üstyapı performansı tahmin modeli geliştirmişlerdir. Ayrıca esnek üstyapı tasarımında bu yöntemin uygulaması ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Carnahan ve ark. (1986), üstyapı bozulmaları için optimum bakım kararlarını elde edebilen bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemi, beklenen bakım maliyetini minimuma indirirken, üstyapı performans gereklerini de yerine getirebilecek şekilde tasarlamışlardır. Optimizasyon için, Markov modelini kullanmışlardır. Örnek veriler kullanarak modelin kullanılabilirliğini göstermişlerdir.

Markov ve ark. (1987), yol üstyapı bakımı ve rehabilitesi için dinamik kontrol kuramı geliştirmişlerdir. Bu kuramın, karayolu altyapısını yönetmek adına etkili bir yöntem olduğunu göstermişlerdir. Bu kuram, dinamik amaç fonksiyonu ve dinamik kıstaslar açısından üstyapı bakımı ve rehabilitasyonunu biçimlendirmiştir.

Hajek ve Phang (1989), yaptıkları çalışmalarda, mevcut bütçeye göre optimal bakım metodunu seçmeyi amaçlamışlardır. Proje stratejilerinin formülasyonu, fon gereksinimlerinin değerlendirilmesi ve önceliklerin belirlenmesi amacıyla, Stanford'taki 75 kesime ait verileri kullanmışlardır. Çalışmalarının temel bileşenini, her bir üstyapı yönetim kesimi için üstyapı bakım veya onarım stratejisini önerildiği eylem planı olarak tanımlamışlardır. Hazırladıkları bu eylem planını, yöresel çalışanların tecrübeleri ile ilişkilendirmişlerdir. Toplam üstyapı ağında maksimum faydayı elde etmek için optimizasyon yöntemi olarak doğrusal programlama yöntemini kullanmışlardır.

Fwa ve Sinha (1991), farklı üstyapı performans düzeylerinin maliyet hesabı için iki yaklaşım önermişlerdir. İlk yaklaşımda, çeşitli stratejilerin tüm üstyapı performansındaki farklılıklarını karşılaştırmak için, bir performans ölçümü kullanmışlardır. Diğer yaklaşımda ise, ölçülebilir yararlar ve üstyapı servis yeteneği değerleri arasında bir ilişki kurmaya çalışmışlardır. Yaptıkları sayısal bir örnek, ekonomik çözümleme içindeki üstyapı performans düzeyinin ömür-döngü maliyet çözümlemesinde önemli miktarda etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, üstyapı performansı ile ekonomik çözümlemenin birleştirilmesinin farklı üstyapı stratejilerinin daha iyi değerlendirilmesini sağlayacağını belirlemişlerdir.

Tayebali ve ark. (1992) göre, asfalt karışımın yorulma dayanımı; tekrarlı eğilme etkisine kırılmadan karşı koyabilme yeteneğidir. Yorulma, asfalt betonundaki bozulma formlarından birisi olup tekrarlı trafik yükleri etkisiyle ortaya çıkar. Yorulma davranışının dizaynda göz önüne alınabilmesi için çevre ve trafik koşulları altında farklı karışımların yorulma karakteristikleri göz önüne alınmıştır.

Isacson ve Lu (1995), polimerlerin yollarda kullanılmasını ve plastik deformasyon, yorulma çatlağı, termal çatlamlar, yaşlanma ve kayma dayanımı gibi üstyapı özelliklerine olan etkilerini incelemişlerdir. Polimerler için deney aletleri tanıtılmıştır. Ayrıca konu ile ilgili olan polimer standartları sunulmuştur.

Otto ve Ariaratnam (1999), performans ölçüm sistemlerinin genel kuramlarını açıklamış ve karayolu bakımında, bu kuramların uygulamalarının örneklerinden bahsetmişlerdir.

Tsunokawa ve ark. (2002), üstyapı tasarım standartlarının sanayileşmiş ülkeler ile gelişmiş olan ülkeler arasında farklılık gösterdiğini belirlemişlerdir. Aynı tasarım standartlarını kullanmanın, ilk yapım maliyeti ile bakım maliyetleri arasındaki ve kuruluş maliyetleri ile kullanıcı maliyetleri arasındaki farklılıklar nedeniyle ekonomik olmadığını göstermişlerdir.

Uzan (2004), çalışmasında, esnek üstyapı kaplamalarındaki kalıcı deformasyonun değerlendirilebilmesi için mekanistik-ampirik bir model geliştirmiştir. Bu model, oransal malzeme özelliklerini kullanmaktadır. Aynı zamanda analiz aracı olarak da kullanılabilir. Geliştirdiği yöntem, basit yaklaşımları ve doğrusal elastik ile doğrusal olmayan sonlu eleman yaklaşımlarını karşılaştırabilmektedir. Ayrıca tavsiye edilen yöntem, tüm tasarım periyodunda her saatteki gerçek sıcaklık dağılımını kullanması şeklindedir.

Chen ve ark. (2004), trafik yükleri etkisi altındaki üstyapının, tüm tabakalarının tekerlek izi derinliği ve yığılımlı plastik gerilmelerindeki artışlar nedeniyle oluşan malzeme özelliği değişimini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu bağlamda, bir mekanistik ampirik model geliştirmişlerdir.

Kuloğlu ve ark. (2004), esnek üstyapılarda meydana gelen bozulmalara ait ayrışmalar sınıfına giren kuma olayını, yeni bir yöntem geliştirerek deneysel olarak incelemişlerdir. Sonuçta, agrega gradasyonundaki ince malzeme miktarının kuma olayında etkili olduğunu, kuma miktarı ile sıcaklık, trafik yükü ve bitüm miktarı arasında lineer bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Taşdemir ve Ağar (2005), düşük sıcaklık çatlakları üzerinde, bitümlü bağlayıcı oranı, katkı türleri, hava boşluğu oranı ve yaşlandırma sürelerinin etkilerini ayrıntılı olarak inceleyebilmek amacıyla, deneysel çalışma gerçekleştirmişlerdir. Deney sonuçları üzerinde genel lineer model işlemleri kullanılarak kovaryans analizi yapmışlardır. Bitümlü bağlayıcı oranı ve hava boşluğu oranının, karışımın kırılma sıcaklığı üzerinde etkili olmadığı belirlemiştirler. Katkı türüne göre, kırılma sıcaklığının değiştiği, yaşlanma süresi arttıkça, kırılma sıcaklığının yükseldiği görülmüştür.

Ahmedzade ve Göktepe (2009), farklı trafik hızları ve sıcaklıkları kullanılarak KRATON D 1101 ve Elvaloy®RET modifiye bitümlerini DSR deneyine tabi tutmuşlardır. Deney sonucunda, belirlenen kompleks kayma modülü ve faz açısı değerleri kullanılarak tekerlek izi dayanım parametresi olan $G^*/\sin\delta$ değeri saptanmış ve bu polimerli bitümlü bağlayıcının tekerlek izi dayanımına etkisini belirlenmiştir.

Kutluhan ve Ağar (2009), bitümlü sıcak karışımların kalıcı deformasyon davranışında sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Yapılan deney ve çalışmalar neticesinde tekerlek izi miktarı ile sıcaklık arasında üssel bir ilişki olduğunu belirlemiştirler.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Karayolu esnek üstyapılarında projelendirme aşamasında ön veri olarak bir takım parametreler dikkate alınmaktadır. Bu parametreler; trafik, iklim ve bölge, malzeme ve üstyapı tabanı olarak sıralanmaktadır. Söz konusu parametrelerin etkisiyle meydana gelen fiziksel deformasyonların, karayolu bakım maliyetleri üzerindeki etkisini araştırmak, bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Bu bağlamda, yapılan literatür çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında yapılacak maliyet analizleri için bazı kabuller yapılmıştır. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yol üstyapılarında yapılan hasar onarımları ile ilgili bakım işlemlerine ait yöntemler esas alınarak maliyet analizleri yapılmıştır. Analizlerde dikkate alınan materyaller şöyledir;

- Kaplama türleri; Bitümlü sıcak karışım kaplama ve sathi kaplamalardır.
- Üstyapı özellikleri;
 - Bitümlü sıcak karışım kaplama için; Aşınma tabakası: 3 cm, Binder: 5 cm, Temel tabakası ve cinsi: 15 cm plentmiks temel, Alt Temel tabakası ve cinsi: 20 cm granüler alt temeldir.
 - Sathi kaplama için; Yüzey (sath) tabakası: 2 cm, Temel tabakası ve cinsi: 20 cm granüler temeldir.
- Üstyapı hasarları; Kabarma, çökme, ondülasyon, tekerlek izi oluşumu, çukur, sökülme, agrega soyulması, agrega cilalanması, kenar çatlakları, kayma (öteleme) çatlakları, yansıma çatlakları, ek yer çatlakları, büzülme çatlakları, timsah sırtı çatlaklarıdır.
- Lokal hasar özellikleri; Ebatları: 1 m (en) x 1 m (boy), Alan: 1 m² dir. Derinlikler: Hasar türü ve özelliğine bağlı olarak 2 cm, 5 cm ve 8 cm alınmıştır.
- Hasar onarımları, fiziksel deformasyonun cinsine bağlı olarak esaslı onarım olarak yapıldığı kabul edilmiştir.

Yapılan kabuller doğrultusunda, karayolu üstyapısında meydana gelebilen bu fiziksel deformasyonların onarımları, KGM Bakım Dairesi Başkanlığı onarım metotları doğrultusunda yapıldığı kabul edilerek, her bir fiziksel deformasyon için birim bakım maliyet analizleri yapılmıştır. Maliyet analizlerinde kullanılan tüm birim fiyatlar Program ve İzleme Dairesi Başkanlığı Keşif ve Şartname Şubesi Müdürlüğü 2010 yılı yol, köprü, bitümlü kaplamalar, bakım ve trafik işlerine ait birim fiyat listesine göre belirlenmiştir.

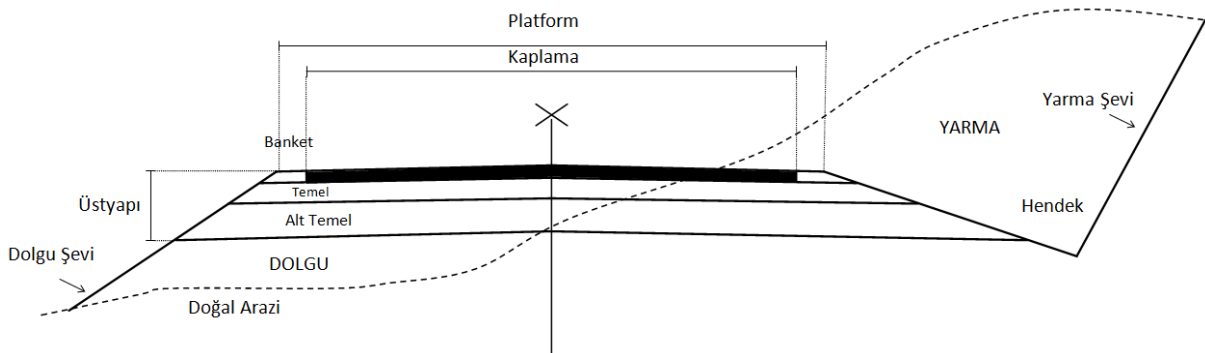
4. ESNEK YOL ÜSTYAPILARI

4.1. Esnek Yol Üstyapı Kaplamaları ve Türleri

Günümüzde, tüm dünyada ve Türkiye'deki karayolu inşaatlarında en çok tercih edilen kaplama türü esnek üstyapı kaplamalarıdır. Trafik hacmi ve dingil ağırlıkları göz önünde bulundurularak gerek üstyapı performansı gerek kaplama ömrü açısından farklı karışım olanakları sağlayan esnek kaplamalar genel anlamda iki sınıfta değerlendirilmektedir. Bunlar;

- Sathi (yüzeysel) kaplamalar,
- Bitümlü sıcak karışım kaplamalardır.

Yol üstyapı kaplaması; karayolu ulaştırmasında seyir halindeki taşıtlara düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak, trafiğin aşındırıcı etkilerine karşı koymak, yapıya sızan yüzeysel suları azaltmak ve temel tabakasına iletilen kayma gerilmelerini minimize etmek amacıyla temel tabakası üzerine inşa edilen yapıdır (İlıcılı ve ark. 2001). Kaplama tabakası altında yer alan ve trafik yüklerini dağıtmak, üstyapıyı su ve don etkilerinden korumak amacıyla kırmataş, doğal kum ve çakıldan oluşan yapıya temel adı verilmektedir. Trafik yükünü taban zeminin üzerine dağıtmak, su ve don etkilerine karşı tampon görevini üstlenmek amacıyla temel tabakasının altında yer alan kum, çakıl, yüksek fırın curufu ve benzeri dengeli granüler malzemeden oluşan yapıya alt temel tabakası denilmektedir (Hatipoğlu 1997). Esnek yol üstyapısı genel anlamda kaplama, temel ve alt temelden oluşan yapıdır. Şekil 4.1'de bir yol en kesitini oluşturan elemanlar ve yol üstyapısı görülmektedir.



Şekil 4.1. Tipik bir yol en kesiti ve esnek üstyapısı

4.1.1. Sathi (yüzeysel) kaplamalar

Sathi kaplamalar gerek üst yapı inşaatında, gerekse üst yapı bakım işinde yaygın olarak kullanılan bir kaplama tipidir. Bu tip kaplamaların serilmesi kolay, maliyeti ucuzdur. Trafik aşındırmasına karşı direnç gösterecek bir koruyucu kaplama özelliğindedirler. Ayrıca alttaki tabakaları sudan korurlar. Yük taşıma yeteneğinin az olması nedeniyle, üst yapının yük taşıma kapasitesinin hesaplarında dikkate alınmazlar.

Sathi kaplama dizaynı ve uygulaması doğru olarak kullanıldığında iyi bir kaplama performansı sergileyebilir. Ancak bu, kaplamanın her yerde ve her durumda kullanılabileceği anlamına gelmez. Sathi kaplamanın kullanılıp kullanılmayacağına karar vermeden önce mevcut malzemelerin, üst yapı tabakalarının durumunun bir değerlendirilmesiyle birlikte, trafik gereksinimlerinin dikkatli bir biçimde incelenmesi gerekir.

Sathi kaplamalar genellikle 25 mm'den daha az kalınlığa sahip kaplamalardır. Bu yüzden ince kaplamalar olarak bilinirler. Sathi kaplamalar hazırlanmış bir temel üzerine önce bitümlü bağlayıcı, arkasından agrega tatbiki şeklinde inşa edilirler. Bu tip kaplamalar, temel ve alt temel tabakası üzerine oturan, herhangi bir hareketli yük taşıma kapasitesi bulunmayan, yol yüzeyinde düzgün yuvarlanma ve yeterli sürtünme sağlayan ve yüzeydeki suların alt tabakalara ulaşmasını engelleyen bir kaplama türüdür (Terzi ve ark. 2007).

Sathi kaplamaların avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- Hafif ve orta derece trafikli, granüler temelli yollar için uzun ömürlü ve ekonomik yüzeyler sağlamak,
- Yüzey suyunun granüler temellere veya yaşlanmış ve çatlamış eski kaplamalara sızmasını engelleyerek temel tabakasının stabilitesini arttırmak,
- Boşlukları tıkamak, kaplama yüzeylerindeki gevşek agrega parçacıkları arasında bağ kurmak ve bunları bağlamak,
- Trafik tarafından yıpranmış ve agregaları cilalanmış yol yüzeylerini yenilemek,
- Yaşlanmış ve okside olmuş eski asfalt kaplamaları onarmak,
- Ertelenmiş kaplama yapımları veya aşamalı yapım durumlarında geçici kaplama görevi görmek,

- Asfalt tabakaların granüler tabakasına yapışmasına astar tabakası olarak yardımcı olmak,
- Asfalt tabakanın birbirine veya yeni bir tabakanın eskisine yapışmasını sağlamak,
- Düşük hacimli yollarda toz kontrolü sağlamak,
- Kayma direnci yüksek yüzeyler elde etmektir.

Sathi kaplamaların sağladığı avantajların yanında bazı dezavantajları da vardır. Bu hususlar şu şekilde sıralanabilir;

- Teker gürültüsü çok fazla, sürüş konforu da nispeten düşüktür.
- Yüksek sürtünme direncinden ötürü, taşıt işletme giderleri de yüksektir.
- Gevşek veya zamanla gevşeyen agregaların taşıtlar tarafından sıçratılması sonucu arkadan gelen taşıtlara hasar verebilmektedir.
- Rutin bakım ve onarım ihtiyacı fazla olduğundan dolayı bakım/onarım masrafları nispeten daha yüksektir (Terzi ve ark. 2007).

Ağır trafikli yollardan düşük hacimli sokaklara kadar her çeşit yolda uygulanabilen, yapımı kolay ve maliyeti ucuz olan yüzeysel kaplamalar üç gruba ayrılmaktadırlar. Bunlar;

- Tek katlı sathi kaplamalar,
- Çok katlı sathi kaplamalar,
- Kum örtme tabakalardır.

4.1.1.1. Tek katlı sathi kaplama

Tek katlı sathi kaplama, bir aşındırma tabakası ve su geçirmez bir tabaka olarak kullanılır. Asfalt püskürtmesinden sonra hemen aynı boyuttaki tek kat agrega tabakasının serilmesiyle oluşur. Bu tabakanın kalınlığı; sathi kaplamada kullanılan nominal maksimum boyuttaki agrega taneciklerinin büyüklüğüne bağlıdır.

4.1.1.2. Çok katlı sathi kaplama

Çok katlı sathi kaplama, tek katlı sathi kaplamadan daha dayanıklıdır. Birbirini izleyen iki veya daha fazla asfalt ve agrega uygulamasından oluşur. Birbirini izleyen her tabaka için örtme agregasının nominal boyutu, daha önce gelenin yarısından büyük olmamalıdır.

4.1.1.3. Kum örtme tabaka

Kum örtme tabaka, ince agregayla kaplanmış asfalt malzemesinin yola serilmesiyle meydana gelir. Cilalı üstyapının kayganlığa karşı direncini arttırmak veya hava ve su sızdırmalarına karşı koymak için uygulanır. Kum örtme tabakalarının yapım yöntemleri tek tabaka sathi kaplamalarınıninkilerle aynıdır (İsfalt 2001).

4.1.2. Bitümlü sıcak karışım kaplamaları

Bitümlü sıcak kaplamalar (BSK), belirli bir gradasyona sahip kaliteli agreganın asfalt çimentosu ile sıcak karışımından elde edilir. BSK kaplamalar en iyi performansını, gradasyonu tam olarak kontrol edilen agrega ve bağlayıcı olarak asfalt çimentosu kullanılarak elde edildiğinde gösterir. Stabilitesini kohezyon ve içsel sürtünmeye bağlı olarak kazanır. Bitümlü sıcak karışımlar, bir asfalt plentinde veya farklı bir karışım yöntemiyle agrega ile asfalt bağlayıcının sıcak olarak karıştırılıp yola nakledilmesi, sonrasında sıcak olarak sıkıştırılmaları veya sıvı asfaltlar (katbek veya emülsiyon) ile soğuk olarak bir plentde karıştırılıp yolda sıkıştırılmış olmalarına göre iki farklı şekilde imal edilirler. İmalat türlerinden Türkiye’de en çok kullanılanı; agrega ve bitümün sıcak olarak karıştırılması, nakledilmesi ve sıcak olarak serilerek sıkıştırılma metodudur.

Türkiye’de yaygın olarak kullanılan bitümlü sıcak karışımlar, hem bitümlü bağlayıcının hem de agreganın uygun ısıya kadar ısıtılıp uygun oranlarda plentte karışımı ile elde edilmektedir. Bu tip kaplamalar, yüksek standartlı yolların esnek kaplamalarının üst tabakalarında kullanılmaktadır.

BSK’ların hizmet ömürleri süresince yüksek performans göstermeleri için uygulandıkları bölgenin koşullarına bağlı olarak yeterli stabilite, rijitlik, durabilite, yorulma mukavemeti, esneklik, geçirimsizlik ve kayma direncine sahip olmaları gerekmektedir.

4.1.2.1. Stabilite

Stabilite, yol kaplamaların trafik yükü altında oluşacak deformasyonlara karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır. Stabilitenin yüksek olması rijitliği arttırmaktadır. Bu ise yüksek sıcaklıklarda deformasyon olasılığını azaltırken düşük sıcaklıklarda çatlama olasılığını arttırmaktadır. Bu yüzden stabilitenin belirli bir optimum değerinde olması istenmektedir. Stabilite, laboratuarlarda Marshall Stabilite Deneyi ile tespit edilmektedir.

4.1.2.2. Rijitlik

Bitümlü sıcak karışımlar, termoplastik ve viskoelastik malzemeler olduklarından dolayı mekanik özelliklerinin belirlenmesinde rijitlik modülü kullanılmaktadır. Rijitlik, BSK'ların yükleme süresi ve ısı etkisi altında deformasyon ve gerilme arasındaki ilişkinin ifadesidir. Bu nedenle, yükleme süresi ve ısı azaldıkça, asfaltın katılığı ve karışımın yoğunluğu artış gösterdikçe karışımın rijitliği de artmaktadır.

Optimum bitüm içeriğinin altında veya üstünde bağlayıcı kullanılması durumunda ise rijitlik azalmaktadır. BSK'ların rijitliğinin tespiti için laboratuarlarda indirekt çekme deneyi yapılmaktadır.

4.1.2.3. Durabilite

Durabilite, çevre ve trafik koşullarının aşındırma etkisine direnç göstermesi olarak ifade edilmektedir. BSK'larda, agregaların kırılmasına ve ufalanmasına, bağlayıcının özellik değiştirmesine ve soyulmasına karşı dayanıklı olması istenmektedir. Durabilitenin artırılması, bağlayıcı oranının yüksek tutulmasına, asfalt film kalınlıklarının fazlalaştırılmasına, yüksek kıvamlı bağlayıcı kullanılmasına, iyi bir sıkışma sağlayarak ve yoğun gradasyonlu ve sağlam agregalar kullanılmasına bağlıdır (Kuloğlu 2006).

4.1.2.4. Yorulma mukavemeti

Bitümlü sıcak karışımın, taşıyabileceği maksimum çekme mukavemeti aşılmadan, yorulma çatlakları oluşuncaya kadar uygulanan maksimum yük tekerrür sayısına yorulma mukavemeti denilmektedir. Kaplama kalınlığı arttırılarak ve yoğun gradasyonlu agregalar kullanılarak rijitliğin artması sağlanabilmektedir. Rijitliği yüksek olan sıcak karışımlarda deplasmanın az olması yorulma mukavemetini arttırmaktadır. Bunun yanı sıra bağlayıcının miktarının arttırılması ve kıvamı düşük bağlayıcı kullanılması, daha esnek bir karışım elde edilmesini sağlayarak yorulma mukavemetini de arttırmaktadır. Optimum bitüm içeriğinden az bağlayıcı kullanılması bitümlü sıcak kaplamaların yorulma mukavemetini azaltmaktadır.

4.1.2.5. Esneklik

Sıcak karışım kaplamalarda düşük sıcaklıklar için esneklik çok önemlidir. Yeterli esnekliğe sahip karışımlar, düşük sıcaklıklarda eğilmeden kaynaklanan çatlak oluşmasına izin vermeyerek kaplama ömründe artış sağlamaktadır. Optimum bağlayıcı içeriğinden az bağlayıcı muhteva eden karışımların esneklik oranı da düşüktür.

4.1.2.6. Geçirimsizlik

BSK'larda geçirimsizlik, kaplama içerisine su ve havanın nüfuz etmesinin bir ölçütüdür. Geçirimsizlik arttıkça, hava ve suyun etkisiyle bağlayıcının yaşlanması hızlanmakta, soyulma mukavemeti azalmakta ve donma-çözülme tekrarı sonucu agregalar parçalanması artmaktadır. Geçirimsizlik; agregalar gradasyonunun yoğunluğu, bağlayıcı miktarı, sıkışma oranına ve karışımın yoğunluğuna bağlı olarak artmaktadır. Karışımın boşluk oranının yüksek ve bağlayıcı miktarının yetersiz olması durumunda ise geçirgenlik artmaktadır (Tunç 2004).

4.1.2.7. Kayma direnci

Kayma direnci, araçların frenleme sırasında emniyetle durabilmesi ve kurplarda savrulmaması için teker ile kaplama arasında gerekli sürtünme direncini ifade etmektedir. Bitümlü sıcak karışımlarda, pürüzsüz yüzeylerinden dolayı özellikle yağışlı havalarda keskin kurplarda ve eğimin fazla olduğu yerlerde sürüş emniyeti azalmaktadır. Kaplama üzerine, aşınma direnci yüksek tek boyutlu kırmataş serilip kaplamaya gömülmesi veya sathi kaplama uygulanması bu bölgeler için uygun çözümler olacaktır. Bağlayıcı oranının aşırı olması durumunda yol ile tekerlekler arasındaki sürtünme kuvveti ve sürüş emniyeti azalmaktadır (Kuloğlu 2006).

4.2. Esnek Yol Üstyapılarındaki Fiziksel Deformasyonlar

Esnek kaplamalı yollarda meydana gelen kusurların genel olarak nedenleri; trafik etkisi, iklim ve çevre etkisi, yapım ve dizayn hataları, malzeme hatalarının etkisi olarak sıralanabilmektedir. Şekil 4.2’de esnek yol kaplamalarında görülen hasarlara ait iki adet görüntü verilmiştir.



Şekil 4.2. Esnek yol kaplamalarındaki hasarlar

Esnek kaplamalarda oluşan kusurlar üç başlık halinde toparlanabilir. Bunlar;

- Deformasyonlar,
- Ayrışmalar,
- Çatlamlardır.

4.2.1. Deformasyonlar

Deformasyonlar, asfalt kaplama imalatından bir süre sonra görülen yapısal bozukluklardır. Bunlar kalıcı deformasyonlar (kalıcı şekil değiştirmeler) şeklinde olup yol eksenini boyunca veya belirli kesimlerde yolun tüm kesitinde veya belirli kısımlarda bölgesel şekilde görülebilmektedir. Sürüş konforu ve emniyeti açısından önemli sakıncaları olan bu kusurların hizmet seviyesi düşük olduğundan dolayı, bölgesel tamir-onarım veya takviye tabakası yapılması gerekir.

Deformasyonlar genellikle düşük stabiliteli bitümlü sıcak karışımların imalatından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte kaplama tabakalarının yetersiz sıkıştırılması, aşınma tabakasındaki aşırı filler ve bitüm kullanımı, alt tabakalarda ve zeminde aşırı hacim değişikliği olması, tabaka kalınlıklarının yetersiz oluşu, yetersiz drenaj gibi nedenlerinde deformasyon oluşunda önemli etkenler olduğu unutulmamalıdır.

Üstyapı deformasyonu, yol trafiğe açıldıktan sonra tabii zeminde ek sıkışma veya hareket şeklinde görülen zayıflığın veyahut da temel tabakasında oluşan ek sıkışmanın sonucudur. Bunlara bazen çatlaklarda eşlik etmekte olup, her iki durumda da trafik için tehlike oluşmakta, su birikmesi durumu ortaya çıkmakta ve sonuçta sorunlar daha da büyümektedir. Deformasyonlar çeşitli formlarda ortaya çıkmaktadır. Bunlar;

- Tekerlek izi oluşumu,
- Ondülasyon,
- Çökme,
- Kabarmadır.

4.2.1.1. Tekerlek izi oluşumu

Tekerlek izi ve oluklanmalar, asfalt betonu veya rodmiiks karışım tipi kaplamalarda tekerlek etkisiyle oluşmaktadır. Oluklar (tekerlek izleri), kaplamanın altındaki bir veya bir den fazla tabakada, trafik tesirinin neden olduğu konsolidasyon veya yanal hareketler veya trafik tesiriyle kaplamanın kendisinden oluşan yer değiştirmeler sonucu oluşurlar. Oluklanmalar, aynı zamanda trafiğin geçtiği izler boyunca kalıcı deformasyonların birikiminden oluşmaktadır. Genellikle ağır trafikli ve çok dalgalı arazilerde sorun olmaktadır.

4.2.1.2. Ondülasyon

Bu tip deformasyonlar yaya geçitleri, kavşaklar, otobüs durakları, aşırı eğimli vb. kesimlerde dalgalanma şeklinde görülür. Şekil 4.3'te esnek kaplamalardaki ondülasyona ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 4.3. Esnek yol kaplamalarında ondülasyona ait bir görünüş

Esnek kaplamalı yollarda, ondülasyon genel olarak aşağıdaki nedenlerden kaynaklanmaktadır. Bunlar;

- Düşük stabiliteli karışımlar,
- Yetersiz aşınma tabakası kalınlığı,
- Yüksek penetrasyonlu asfalt veya çok düşük viskosite,
- Karışımda optimum değerden fazla bitüm kullanımı,
- Zayıf yapıştırma tabakası,
- Binder tabakası eksikliği,
- Çok dik kesimlerde ağır taşıtların durma ve kalkma hareketi,
- Kavşaklarda, otobüs duraklarında vb. kesimlerde frenleme ve kalkma hareketleridir.

Bu tip deformasyonlar bölgesel olduklarından dolayı hasarlı kesimler kazılıp atıldıktan sonra, yerine uygun bir karışım konulup sıkıştırılarak tamir edilmeleri mümkündür.

4.2.1.3. Çökme

Çökmeler, çatlakları içeren veya içermeyen ve asıl kaplama sathına göre alçakta kalmış lokalize alanlardır. Derinlikleri 2,5 cm veya daha fazla olabilmekte ve yağmurlardan sonra içlerinde su birikmektedir. Bu çöküntüler üzerinde su birikmekte ve sadece bir bozulma olmayıp, aynı zamanda motorlu taşıt sürücüler için de tehlike oluşturmaktadır.

Çökmeler, üstyapının dizayn edildiği trafikten daha ağır trafiğe maruz kalmasından tabii zemin içindeki hareketler veya konsolidasyon sonucunda meydana gelmektedir. Çökmeler zamanla genişleyerek, yolun elden çıkmasına da neden olurlar. Bu nedenler şöyledir;

- Temel ve alt temelin yetersiz olarak sıkıştırılması,
- Kaplamanın yapım sırasında yetersiz olarak belirli bir bölgede sıkıştırılması,
- Yetersiz drenaj nedeniyle suyun temel altında birikimi,
- Temel ve alt temel malzemelerinin kille karışması,
- Kaplamanın taşıyabileceği daha ağır trafik yükü ile karşılaşmasıdır.

4.2.1.4. Kabarmalar

Kabarma, kaplamanın tabii zeminin veya üst yapının bir kısmının şişmesi sonucunda yukarı yönde yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır. Bu tip bozulmanın en yaygın sebebi, üstyapı içindeki granüler tabakalar veya zemin içinde oluşan buzun genişlemesidir. Kabarma aynı zamanda bazı zeminde şişmeye neden olan nemden de kaynaklanabilmektedir.

4.2.2. Ayrışmalar

Bu tip hasarlar, aşınma tabakasının trafik etkisi ile küçük parçalar halinde kopma ve parçalanma şeklinde görülür. Aşınma tabakasından agrega danelerinin koparak ayrılmasından kaynaklanır. Ayrışmalar genel olarak;

- Yapım hataları,
- Düşük kaliteli malzeme (kirlili ve ıslak agrega kullanımı),
- Serim sırasındaki segregasyon,
- Homojen olmayan karışım,
- Yetersiz ve yüksek penetrasyonlu asfalt (yetersiz adezyon) gibi nedenlerden oluşur

Bu tip hasarlar bakım ve onarım ile başlangıçta önlenmediği takdirde trafik etkisi ile hasar alanı giderek artış göstererek kaplamanın yeniden yapılmasını zorunlu hale getirecektir. Şekil 4.4'te ayrışma nedeniyle oluşmuş yüksek derecede hasarlı bir çukur görülmektedir.



Şekil 4.4. Ayrışma nedeniyle oluşan yüksek şiddette bir çukur

Ayrışmalar; kaplamanın ayrışmaya karşı düşük direncinden dolayı oluşan çanak şeklindeki çap ve derinlikteki çukurlar, aşınma tabakasının parça veya tabaka halinde soyulması nedeniyle oluşan sökülmeler; agrega soyulması, agrega cilalanması ve asfaltın terlemesi veya kusması sonucunda ortaya çıkan kaygan yüzeyler olarak sınıflandırılır. Bunlar sürüş emniyeti açısından önemli tehlikeler arz eder.

4.2.3. Çatlamalar

Genellikle dingil yüklerinden ve bunların fazla tekrarından oluşurlar. Dingil yükünün kaplama tabakasında meydana getirdiği gerilmeler kaplama malzemesinin mukavemetini aştığı zaman çatlamlar oluşur. Ayrıca araçların ani hızlanma veya yavaşlamalarıyla ortaya çıkan yatay doğrultudaki kuvvetler de neden olabilir. Bu etkilerin dışında bir takım dış etkiler kendi başlarına veya trafik etkisiyle birlikte çatlaklıklara neden olabilir.

Çatlamada asfaltın çekme mukavemeti en önemli rol oynar. Soğuk havalarda çekme mukavemeti artış gösterirken, yavaş yüklemelerde ise düşmektedir. Çatlamalar şu şekilde sıralanabilir;

- Timsah sırtı çatlaklar,
- Büzülme çatlakları,
- Kenar çatlakları,
- Ek yerleri (derz) çatlakları,
- Kayma (ötelenme) çatlakları,
- Yansıma çatlaklarıdır.

4.2.3.1. Timsah sırtı çatlaklar

Timsah sırtı çatlaklar, küçük blok dizisi oluşturan birbirine bağlı timsah sırtı veya kümes teli görünümündeki çatlaklardır. Bunlar genellikle yapısal olarak yetersiz bozuk bir granüler temel veya zayıf bir tabii zemin ile ilişkilidir. Şekil 4.5'te timsah sırtı çatlakla ilgili bir görüntü verilmiştir.



Şekil 4.5. Esnek yol kaplamalarında timsah sırtı çatlaklara ait bir görünüş

Timsah sırtı çatlakların muhtemelen doygun bir temel veya tabii zeminden kaynaklanmasından dolayı, düzeltme işlemleri ıslak malzemenin çıkartılmasını ve muhtemelen bir drenaj sistemi tesis edilmesini kapsamaktadır.

4.2.3.2. Büzülme çatlakları

Büzülme çatlakları, genellikle keskin köşeler veya açılar içeren geniş blok serileri oluşturan birbirine bağlı çatlaklardan oluşmaktadır. Büzülme çatlaklarının asfalt karışım hacmindeki bir değişim mi yoksa temel veya tabi zeminin hacmindeki değişikliklerden mi kaynaklandığını belirlemek genellikle çok zordur. Sıklıkla bu tür çatlaklar düşük penetrasyonlu bitüm içeren ince agregalı asfalt karışımlarının hacmindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır.

4.2.3.3. Kenar çatlakları

Kenar çatlakları, kaplama kenarı yakınındaki boyuna çatlaklar olup, bankete doğru dallanan enine çatlakları da içerebilmektedir. Kenar çatlakları genellikle asfalt kaplaması için bir yanal veya banket desteğinin bulunmamasından kaynaklanmaktadır. Diğer sebepler arasında çatlak alanının altındaki temel malzemesinin oturması veya çökmesi de sayılabilir. Bu olumsuzluk, kötü drenaj, don kabarması veya çevredeki zeminin kuruması sonucunda büzülmeden ortaya çıkmaktadır.

4.2.3.4. Ek yer çatlakları

Bu tip çatlaklar, kaplamanın inşaatın sırasında malzemenin finişerle şeritler halinde serilmesi ile boyuna ve ayrıca mesai sonlarında serimin tamamlanması ile enine oluşan, ek yerlerinin sıkıştırma tekniğine uygun olmayan işçilik ve sıkıştırma yapılması halinde zamanla oluşmaktadır. Eğer serim ve özellikle sıkıştırma sırasında gerekli özen gösterilirse bu tip çatlaklar meydana gelmeyecektir.

4.2.3.5. Kayma (ötelenme) çatlakları

Bu çatlaklar, tabakaların birbirine göre yanal hareketlerinden oluşur. Genellikle asfalt betonu veya rodmiiks tabakasının temel üzerinde kayması nedeniyle hilal şeklinde meydana gelirler. Ağır araçların ani fren yaptıkları yerlerde ve taşıtların kaplama üzerinde meydana getirdiği kaydırma kuvvetlerinden dolayı oluşabilirler. Bu çatlaklar tekerleklerin satha yaptığı tesire göre parabolik şekilde oluşurlar.

4.2.3.6. Yansıma çatlakları

Yansıma çatlakları, asfalt takviye tabakalarında ortaya çıkmaktadır. Bu çatlaklar alttaki kaplama yapısındaki çatlak oluşumunu yansıtmaktadır. Bu tür çatlaklara genellikle portland çimentosu betonu kaplamalar ve çimento ile stabilize edilmiş temeller üzerine serilen takviye tabakalarında rastlanmaktadır. Alt tabakadaki çatlakların zamanla üst tabakada oluşmasından ötürü alttaki tabakanın çatlakları üst tabakaya yansımış olmaktadır. Alt tabakadaki çatlak nedenleri başlıca; düşük ısılar, günlük ısı değişimleri, trafik yükleri olarak ele alınabilir.

4.3. Esnek Yol Üstyapı Kaplamalarındaki Hasar Onarımları

Yol bozulmalarının giderilmesi, nedenlerinin iyice anlaşılmasına bağlıdır. Aksi durumda nedeni hiç anlamayan veya araştırılmayan bir yolun bozulan kesiminin bakım ve onarım hizmetleri, mevcut aksaklıkları gidermekten uzak kalır. Bu bağlamda esnek yol kaplamalarında çeşitli nedenlerle meydana gelen hasar onarımları başlıklar halinde aşağıda incelenecektir. Şekil 4.6'da esnek kaplamalarda hasar onarımına ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 4.6. Esnek yol kaplamalarında hasar onarımına ait bir görünüş

4.3.1. Bölgesel yamanması

Kusurlar kaplamanın belirli bölgelerinde oluşmuş ise kaplamanın tümünü söküp yeniden kaplama yapılması veya üzerine takviye tabakası yapılması yerine kusurlu bölgeler sökölüp bitümlü karışımlar ile yama yapılarak onarılmalıdır. Yamalar en yaygın olarak kullanılan bakım metotlarından biridir. Timsah sırtı çatlaklı kesimler ile çukur, lokal oturma, tekerlek izinde oturma, segregasyon ve ötelenmelerin olduğu kesimlerde yama uygulaması yapılabilir. Bölgesel yama işleminde; bozulmanın meydana geldiği kesimler düzgün bir dikdörtgen şeklinde kesilip, bozulmanın sona erdiği bitümlü tabakaya kadar kazılarak atılır.

Kazıma işlemi, en alt tabakada minimum silindirme genişliği kadar yapılır. Bu genişlik, yukarı doğru her bir tabakada bir alt tabakaya göre her yönde yarım metre arttırılarak basamaklı bir şekilde yapılmalıdır. Açılan kazı tabanı ve kazı yüzeyleri, uygun yapıştırıcı püskürtülerek aynı türden bitümlü sıcak karışım malzemeleri ile doldurulur. Sıcak karışım silindirler veya konkasörlerle sıkıştırılarak yama işlemi tamamlanır.

4.3.2. Çökmelerin onarımı

Deformasyona uğramış kesimler kazılıp atıldıktan sonra, plentmiks sıcak asfalt karışımıyla doldurulabilir. Asıl kaplamayla aynı düzeyde olacak biçimde sıkıştırılarak bu tip kusurlar kolaylıkla giderilebilir. Çökmelerin onarım işlemi sırasında hasarın olduğu bölge kazılıp temizlenerek ince bir yapıştırma tabakası tatbik edilir. Yapıştırma tabakası kürünü alınca çökmüş olan kısım bitümlü sıcak karışım ile doldurulur. Malzeme sıkıştırılarak çöken bölgenin esas kaplama ile aynı seviyeye gelmesi sağlanır. Yapılan yama vibrasyonlu kompaktör veya silindir yardımıyla iyice sıkıştırılır. Su sızmasına mani olmak için yamanın üzerine kumlu bir koruyucu tabaka tatbik edilerek, onarım işlemi tamamlanır.

4.3.3. Tekerlek izi ve olukların onarımı

Tekerlek izi oluşumunun nedeni belirlenmelidir. Bazı durumlarda sebep olarak teşhis edilen kaplama tabakasının sökölmesi gerekmektedir. Daha az ciddi durumlarda tekerlek izleri veya oluklar düz bir kota göre frezelenmekte veyahut da sıcak asfalt karışımı ile doldurulup ardından bir takviye tabakası örtüsü işlemi uygulanmaktadır.

Oluşan oluklar, sıcak asfalt karışımıyla doldurulup tesviye edilir. Daha sonra plentmiks asfalt karışımı kullanılarak ince bir takviye tabakası inşa edilir. Tekerlek izinde oturmaların onarımında aşağıdaki gibi bir iş sırası uygulanır;

- Bir master veya ip kullanılarak olukların hudutları tespit edilir, ince bir yapıştırma tabakası tatbik edilir,
- Aşınma tabakası doldurulurken, olukların oluştuğu kısımlara bir serici ile serilir, serilen malzemenin teşkil ettiği tabakanın kalınlığı kenarlara doğru gidildikçe azalmalı ve oluğun sınırlarına gidildikçe inceltilerek eski kaplamaya uyulmalıdır.
- Serilen malzeme lastik tekerlekli silindir veya çelik bandajlı silindir ile sıkıştırılır,
- Plentmiks bitümlü sıcak karışımdan sonra bir takviye tabakası yapılır,
- Eğer aşınma tabakası inşa edilmeyecekse, suyun sızmaması için yamanın üzerine bir kumlu silkot koruyucu tabakası yapılır. Kumlu tabaka inşa edilirken fazla bitümlü malzeme kullanmamaya özen gösterilmelidir (KGM 1998).

4.3.4. Ondülasyon ve yığılmaların onarımı

Eğer ondülelerin oluştuğu üstyapı granül bir temelle ince bir sathi kaplamadan oluşuyorsa, bozukluğu onarmak için sathi kaldırarak çıkan malzemeyi temel malzemesiyle karıştırıp sıkıştırmak gerekir. Eğer üstyapı bir bitümlü temelle 15 cm'den daha kalın bir kaplamayı içeriyorsa, fazla yüksek olmayan ondüler sıcak sıyrıcıyla düzeltilir. Daha sonra bir koruyucu tabaka veya plentmiks asfalt karışımıyla kaplanır.

Yığılmaların, yeterli ve sürekli bir biçimde onarımı için yığılmaları içeren kesimde kaplamanın tamamen kaldırılarak bu kısmın yeniden yamanması şarttır. Bunun için sathi kaplamalarda öncelikli olarak freze ile sathi sert olan tabakaya kadar kazıma yapılır. Yeterli olmayan temel tabakasında en az 10 cm tabaka kalınlığında yama yapılır. Yeterli miktar su kullanılarak temel sıkıştırılır ve ince tesviyesi yapılır. Sıkıştırılan temelin üzerine bir astar tabakası tatbik edilerek yeni sathi kaplama yapılır. Bitümlü sıcak karışım kaplamalarında ise öncelikli olarak freze ile kaplama sathındaki ondüleler düzeltilir. Daha sonra düzeltilmiş olan kaplama kısmına plentmiks veya bitüm emülsiyonlu akıcı harç ile bir koruyucu tabaka veyahut da gerek görüldüğü takdirde, bitümlü sıcak karışım ile takviye tabakası tatbik edilir.

4.3.5. Çatlakların yalıtımı ve dolgusu

Arzu edilen düzeyde çatlak yalıtımı sağlamak üzere kullanılan malzemeler çok çeşitlilik arz etmektedir. Bir malzemenin çatlak yalıtımda iyi sonuç verebilmesi için bulunması gereken özellikler aşığıdaki gibidir;

- İyi bir aderans,
- Esneklik ve uzayabilirlik,
- Uygulama kolaylığı,
- Yumuşamaya karşı direnç,
- İz oluşumuna karşı direnç,
- Asfalta uyumdur.

Bu özelliklere sahip veya bu özelliklere en yakın malzeme, çatlak onarımlarında en iyi sonuçları vermektedir. Aksi takdirde suyun çatlak boyunca, temel ve alt temele sızarak kaplamadaki bozuklukları arttırmakta ve yol üstyapısı ömrünün beklenenden daha kısa olmasına neden olmaktadır. Çatlakların dolgusu, hem çatlaklar boyunca suyun geçişine mani olarak üstyapının kısa zamanda bozulmasını engellemekte, hem de çatlak kenarları boyunca meydana gelen agrega kaybının önüne geçmektedir. Çatlak dolgusu, suyun atlağa girişini azaltmak için çatlağın basınçlı hava ile temizlenip uygun dolgu malzemesi ile doldurulmasıyla sağlanmaktadır. Genel olarak, çatlak dolgusu hareketsiz çatlaklarda veya şiddetli bozulmuş çatlaklarda asıl takviye tabakasının öncesinde yolun, belli bir süre hizmet vermesini sağlamak için kullanılmaktadır.

Çatlak genişliğinin 3 mm'den küçük olması halinde bir müdahaleye gerek görülmemektedir. Fakat bu çatlakların yol yüzeyinde yaygın bir hal alması durumunda BSK, ince yüzey kaplama veya harç tipi kaplama işlemi uygulanacaktır. Çatlak genişliği 3-20 mm arası olan enine çatlaklarda çatlak yalıtımı, boyuna çatlaklarda ise çatlak dolgusu yapılmaktadır. Çatlak genişliğinin 20 mm'den büyük olması durumunda ise harç tipi kaplama veya ince taneli BSK malzemesi ile çatlaklar doldurulmaktadır.

Yol yüzeyinin yüksek derecede timsah sırtı çatlaklarla bozulduğu, tekerlek izinde oturmaların ve taban zemininden gelen oturmaların olduğu çatlak kesimlerinde çatlak yalıtımı veya dolgu uygulaması uygulanmamalıdır. Çatlakların oluk açmaya veya istenilen şekilde doldurulmaya imkân vermeyecek şekilde sık olması halinde, yama uygulanması yapılacaktır.

4.3.6. Kabarmaların onarımı

Sathi tabakasının yerel olarak yukarıya doğru deplasmanından oluşan kabarmaların önlenmesi için, don tesirinin olmayacağı bir biçimde yol geçkisi geçirilmelidir. Ayrıca doğal zeminin uygun sıkıştırılması ve yeterli drenajın sağlanması şeklinde gerekli tedbirler alınmalıdır. Kabarma onarımları şekline göre çökme veya ondülasyon onarımı gibidir.

4.3.7. Sökülmelerin onarımı

Asfalt kaplamalarda sökülmelerin oluşması, kaplamanın poroz hale gelmesi ve kaplamanın eskimiş ve bitümün okside olması genellikle kaplama üzerine bir sathi kaplama yapılmasını gerektiren durumlardır. Bu işlem; ara sıra onarım, kimi zamanlarda koruyucu bakım olarak uygulanır. Sathi kaplama var olan bir bozukluğu gidermek amacıyla yapılmışsa bu onarımdır. Arzu edilmeyen bir bozukluğun oluşmasını önlemek için yapılmış ise bunu koruyucu bakım işlemi saymak gerekir. Sökülmelerin onarımı sırasında bütün yabancı maddeler ve yerinden çıkmış agregalar süpürülerek yüzey temizlenir. Ardından bir karartma örtüsü uygulanır. Kaplamanın bünyesine göre su ile eşit oranda karıştırılmış asfalt emülsiyonu püskürtülür. Mevcut kaplama yüzeyinin durumuna ve trafik hacmine bağlı olarak, yol yüzeyine asfalt emülsiyonlu akıcı harç tipi koruyucu tabaka, agregalı koruyucu tabaka veya plentmiks karışım ile yapılan sathi tabakadan biri uygulanır.

4.3.8. Çukurların onarımı

Çukurlar temizlendikten sonra, sıcak asfalt yama karışımıyla doldurularak geçici onarım işlemi yürütülür. Esaslı onarımda çukurun etrafı ve tabanı gevşememiş sağlam kısımlara kadar kesilerek temizlenir. Daha sonra çukurun temeli ve kaplama kısmı yeni malzemeyle doldurulur. Bu işlem sırasında öncelikli olarak yamanacak olan çukur, dikdörtgen şeklinde çizilerek sınırlandırılır. Çukur düşey olarak kesilerek çukurun içi temizlenir. Daha sonra çukurun temel tabakasındaki kalan kısmı, yeni temel malzemesi ile doldurularak sıkıştırılır. Çukurun tabanına ve yan yüzeylerine MC-30 tipi katbek bitümünden bir astar tabakası sürülerek, kürünü tamamlayancaya kadar beklenir. Çukur 7,5 cm veya daha tabakalar halinde doldurulup, her tabaka ayrı ayrı silindirler. Yama yüzeyine agregalı koruyucu tabaka uygulanarak işlem tamamlanır.

4.3.9. Kaygan yüzey onarımları

Terleme veya kasma bozukluğu; çoğu kez sürekli olarak sıcak kum, sıcak cüruf veya elek altı malzemesi uygulanmasıyla giderilebilir. Terlemenin veya kismanın az olduğu durumlarda, agregalar kullanılarak bir sıcak karışım yapmak veya agregalı koruyucu tabaka uygulamak yeterli bir çözüm olabilir. Bitümlü malzeme oranı düşük olan sıcak karışımla yapılan bir düzeltme tabakasındaki fazla bitümlü malzemeyi gidermekte yararlı olabilir. Ancak sathıta sökülmelere engel olmak için, düzeltme tabakası üzerine yeni bir aşınma tabakası yapmak gerekir.

Kayma direnci azalan bir yol sathının onarımı için en iyi çözüm; sathi kaplamaya kumlu koruyucu tabaka veya agregalı koruyucu tabaka tatbik edilmesidir. Kullanılacak agregalar cüruf, silisli kum veya cilalı hale gelmeyeceği denenmiş malzeme gibi dayanıklı ve aynı zamanda da dişli olmalıdır.

5. ESNEK ÜSTYAPI PROJELENDİRME KRİTERLERİ VE BAKIM MALİYETLERİ

5.1. Esnek Üstyapılardaki Projelendirme Kriterleri

Dayanıklı, aşınma direnci yüksek, kalıcı deformasyonlara karşı dirençli, minimum bakım maliyeti gerektiren ve uzun ömürlü olması beklenen yol üstyapılarının tasarımında belli başlı projelendirme kriterleri bulunmaktadır. Bunlar; güvenli trafik akışı, minimum erişim süresi ve taşıt işletme maliyetleri, sürücü konforu ve memnuniyetinin temini sağlayacak temel faktörlerdir.

Esnek üstyapıların tasarımında dikkate alınan projelendirme kriterleri ana başlıklar halinde şu şekildedir;

- Trafik,
- İklim ve çevre faktörü,
- Üstyapı malzemeleri,
- Üstyapı tabanıdır.

5.1.1. Trafik

Trafik hesaplamasında; farklı dingil yükü ve konfigürasyondaki araçlardan oluşan gerçek trafik verileri, referans olarak alınan standart dingil yükü geçiş sayısına dönüştürülmektedir. Dingil yüklerini yolda oluşturduğu etki malzemeye ve üstyapı tipine bağlıdır. Üstyapılar yolun en yoğun trafik şeridinde ve ağır trafiğe göre dizayn edilirler. Yeni bir yol için belirlenen trafik sayımları ve trafik kompozisyonundan, yıllık trafik artışına bağlı olarak proje ömrünce taşınacak trafik miktarı tespit edilmektedir. Dizaynda tekerlek yükü altındaki gerilme ve deformasyonların kabul edilebilir limitler içinde kalabilmesi için, kullanılan malzeme ve tabaka kalınlıkları arasında bir optimizasyon sağlanması gerekmektedir (Temren ve ark. 2004).

5.1.2. İklim ve çevre faktörü

İklim ve çevre şartları üstyapının; deformasyonunu, dayanımını ve durabilitesini etkileyen önemli bir faktördür. Sıcaklık, farklı tip üstyapıların davranışlarını farklı şekilde etkilemektedir. Esnek üstyapıda kaplamanın ulaşacağı maksimum sıcaklık, karışım dizaynında önemli bir parametredir.

Donma ve çözülme olaylarına karşı üstyapı dayanımı da çok önemlidir. Donma ve çözülme olaylarında, üstyapı tabanı ve diğer tabakalarda kullanılan malzemelerin taşıma gücünde bariz kayıplar söz konusu olabilmektedir.

Üstyapı dizaynında iklime bağlı olarak değerlendirilmeye alınan veriler aşağıda belirtilmiştir. Bunlar;

- Su toplama ve drenaj sistemlerinin oluşturulması için yağış bilgileri,
- Bitümlü malzemelerin düşük sıcaklığa bağlı yorulma davranışı ve yüksek sıcaklıklarda oluşan tekerlek izi oturmasına karşı direnci için yolun bulunduğu mevkideki sıcaklık değişimleri,
- Yöredeki donma ve çözülme olayları ile bu olayların şiddetidir.

Esnek üstyapılarda aşınma tabakasında kullanılan malzemenin akarsuları kirletmemesi, gaz ve toksit buhar çıkarmaması gerekmektedir. Bakım sırasında kullanılan orijinal malzeme miktarını azaltmak için, geri dönüşümlü malzemelerin seçimi önemlidir. Öncelikle aşınma tabakasının; yapım, bakım ve işletme sırasındaki çevresel etkilerinin dikkate alınması, sağlık ve güvenlikle ilgili zorunlu şartlara uygun malzeme ve karışımların bu tabakada kullanımı sağlanmalıdır (Temren ve ark. 2004).

5.1.3. Üstyapı malzemeleri

Standartlarda ve şartnamelerde tanımlanmış olan üstyapı malzemelerinin mekanik ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak, üstyapının hangi tabakasında kullanılacağı ve tabaka kalınlıkları tespit edilmektedir. Bu malzemelerin mekanik dayanımları, deformasyon özellikleri, yorulma davranışları laboratuvar ve arazi çalışmalarından elde edilmektedir. Üstyapı tabaka kalınlıklarının hesabında, bu tabakalarda kullanılacak malzemelerin mekanik özellikleri dikkate alınmaktadır.

Dizayn edilen üstyapı, ancak iyi bir yapım kalitesi ile beklenen performansı verebilmektedir. İyi bir üstyapı performansı, kaliteli ve homojen malzeme, istenilen karışım özelliklerinin sağlanması ve verilen kalınlığın uygulanması ile mümkün olabilmektedir.

Yukarıda belirtilen veriler esas alınarak, kabul edilmiş bir yöntemle tespit edilen üstyapı kalınlıklarının pratikte uygulanabilirliğinin kontrol edilmesi ve gerekiyorsa kalınlıkların yapım şartlarına uygun olarak yeniden düzenlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, malzemenin maksimum dane boyutuna bağlı olarak, maksimum ve minimum sıkıştırma kalınlığı ile yüzey düzgünlüğü verilen kalınlığın uygulanabilirliğinin kontrolü için dikkate alınan kriterlerdendir.

Esnek üstyapılarda, aşınma tabakasında kullanılacak malzeme, trafiğe, iklim şartlarına ve yolun servis kalitesine bağlı olarak seçilmelidir. Tabakanın maruz kalacağı gerilmelere bağlı olarak, yorulma, tekerlek izi ve termal şartlara dirençli karışım dizaynları geliştirilmiş olup, gerektiğinde malzemenin iyileştirilmesi için polimer gibi özel katkılarda kullanılmaktadır. Üstyapı dizaynında standartlarla belirlenmiş olan malzemeler dikkate alınmaktadır. Ancak yerel malzemelerin uygun olmayışı ve ekonomik nedenlerle standartlarda ve şartnamelerde olmayan malzemelerin de istenilen şartları sağlaması koşulu ile kullanımı mümkün olabilmektedir. Ağır trafik şartlarında yüzeye yakın üstyapı malzemelerinin seçiminde daha titiz davranılması gerekmektedir. Öncelikle istenilen performansa ve hedeflere göre, farklı özelliklerdeki karışımlardan en uygun olanı seçilmelidir. Ayrıca seçilen malzemeyle oluşturulan tabakanın ilk maliyeti ile ömür boyu bakım maliyeti dikkate alınarak, ekonomik analiz yapılması ve kararın buna bağlı olarak verilmesi gerekmektedir.

5.1.4. Üstyapı tabanı

Üstyapı tabanında kullanılan malzemenin en yağışlı iklim şartlarındaki taşıma gücü projelendirme parametresi olarak alınmaktadır. Ancak temel tabakaları ve üstyapı tabanının drenajı, üstyapı mukavemeti açısından önemli bir faktördür. Su ve drenaj şartlarına bağlı olarak üstyapı tabanının uzun vadedeki taşıma kapasitesi, üstyapı dizaynını önemli ölçüde etkilemektedir (Temren ve ark. 2004).

Taban zemininin üstyapı projelendirilmesine esas olan taşıma gücü, CBR değeri ile tanımlanır. CBR değeri dinamik yaş CBR deneyi ile bulunur. Taban zeminlerinin taşıma gücü (CBR değeri) bulunurken tesviye yüzeyinin altındaki 40 cm'lik kesimi dikkate alınmalıdır. Üstyapı projelendirilmesi sırasında tesviye yüzeyi henüz hazırlanmamışsa, CBR değeri belirlenirken taban zemininin oluşturulacağı malzemeler dikkate alınmalı, bu malzemelerin hangi km'ler arasına çekileceği projede açıkça belirtilmelidir.

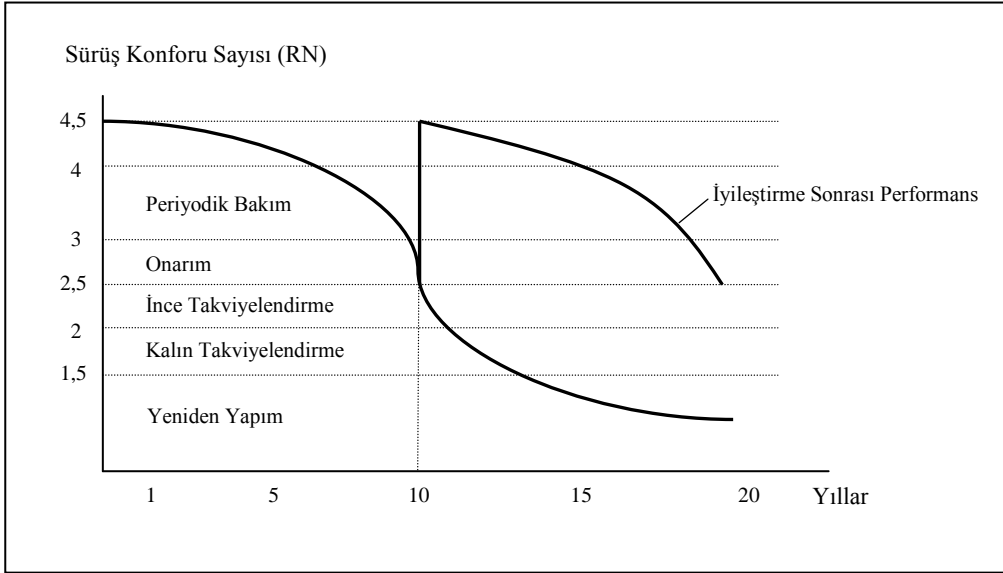
Yol geçkisi boyunca taban zemini sistematik bir değişiklik gösteriyorsa, her değişik taban zemininin sınırları belirlenmeli ve bu kesimleri temsil edecek CBR deneyleri yapılmalıdır. Taban zeminlerinin sistematik bir değişme göstermediği veya değişik taban zemini çok kısa olduğu durumlarda, üstyapı projelendirilmesine esas olacak CBR değeri, düzensiz aralıklarla yapılacak yeterli sayıda CBR deneyleri sonunda bulunacaktır. Taban tesviye yüzeyinin hazırlanmasından sonra yapılacak son taban etüdü ile projede, CBR değerleri yeniden kontrol edilmeli, üstyapı projelendirilmesinde esas alınan CBR değerlerinden farklılık gösteriyorsa, üstyapı kalınlıkları yeniden hesaplanmalıdır (Giriş 2007).

5.2. Bakım Maliyetleri

Yol kaplamalarındaki bakım maliyetleri; seçilen yol kaplaması tipi, üstyapının taşıyacağı trafiğin hacmi ve karakteri, taban zeminin taşıma gücü, bölge ve iklim şartları ve yolun hizmet ömrüne göre farklılıklar göstermektedir. Ancak bu farklılıklar göz önünde bulundurularak yol kaplaması bakım maliyetleri hakkında kesin yorum yapılabilmektedir. Bakım maliyeti, yolun hizmet ömrü boyunca bulunduğu bölgenin iklim ve çevre şartları göz önünde bulundurularak, üzerindeki trafiğin etkisiyle sahip olduğu kaplamanın uğramış olduğu hasar ve bu hasarlarının onarımlarının tamamını ihtiva eder. Yani bir yolun bakım maliyeti birçok nedene bağlıdır. Dolayısıyla bir yol için kesin ve her zaman öngörülen bir bakım maliyetinden söz etmek mümkün değildir.

Genellikle 20 yıllık bir süre için projelendirilen bitümlü sıcak kaplamalar ve 10 yıllık bir süre hizmet ömrüyle inşa edilen sathi kaplamaların bakım maliyetleri, yolun kullanılan servis ömrüyle orantılı olarak artış göstermektedir. Bitümlü sıcak kaplamalı yollarda görülen yerel bozuklukların her kış mevsimi sonunda bakımı dışında, ilk 5 yıldan sonra, küçük onarımlar ve yüzey kaplaması gerekebilmekte, 10. yılda; yol yüzeyinin büyük bir olasılıkla yenilenmesi ve pürüzlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. 15. yılında, ilk yolun yüzey yapısının restore edilmesi zorunlu hale gelmektedir. 20. yılın sonunda ise, esnek üstyapılı yol, tasarım ömrünün sonuna geleceğinden, yapının yeni bir üstyapı ile takviyesi zorunlu olmaktadır. Bunların dışında, temel ve alt temel tabakalarının onarım ve değiştirilmesi gibi çok önemli bakım çalışmaları gerekli olabilmektedir. Sathi kaplamalarda ise bozulmalar, yol inşasının yapıldığı ilk yıldan itibaren başlayarak düzenli ve devamlı bir bakımı gerektirmektedir.

Üstyapı bakımında ve bakım maliyetlerinde dikkat edilmesi gereken en önemli husus seçilen esnek yol üstyapı sınıfı göz önünde bulundurularak, üstyapı bakım ve yönetim sistemi belirlenmesidir. Ancak, zamanında yapılan bir bakım stratejisi ile ekonomik yol ömrü minimum maliyetle uzatılabilir. Şekil 5.1’de bir yol üstyapısının performans eğrisi verilmiştir.



Şekil 5.1. Bir yol üstyapısının performans eğrisi (Temren 2005)

Yol üstyapısının performansı, doğru bir bakım sistemi ve zamanlaması ile üst düzeyde tutulabilmektedir. Aynı zamanda bu durum bakım maliyetleri açısından da önemlidir. Bir yolun bakımı ne kadar gecikirse, kaplama onarımının maliyeti de o kadar yüksek olacaktır. Ayrıca kaplamaya erkenden bakım yapılırsa, gereksiz yere harcama yapılmış olur. Bu bağlamda, minimum bakım maliyeti ve maksimum performans, optimum zamana bağlıdır. Esnek yol üstyapıları için uygulanan çeşitli bakım yöntemlerinin optimum zamanlarına ait bir yaklaşım aşağıda yer almaktadır. Bunlar;

- Karartma tabakası için 1-3 yıl,
- Çatlak bakımı için 2-4 yıl,
- Sathi kaplamalar için 5-7 yıl,
- Harç tipi örtme kaplama için 5-7 yıl,
- İnce örtücü tabaka için 5-10 yıldır (Hicks ve ark. 2000).

Halen Türkiye geneline yayılmış bir üstyapı yönetim ve bakım stratejisi bulunmamaktadır. Bu durum ekonomi açısından olumsuz bir etken olduğu şüphesizdir. Ancak, Karayolları Genel Müdürlüğü her yıl yol bakım maliyetlerinin istatistikî bilgilerini düzenli olarak yayımlamaktadır. Elde edilen bu bilgiler ışığı altında, yolların bir sonraki sene hasar onarımlarına ait stratejiler ve bakım maliyetlerine ait bütçeler belirlenmektedir. Çizelge 5.1'de KGM tarafından her yıl yayımlanan karayolları bölgeleri bakım harcamalarına ait örnek bir çizelge verilmiştir.

Çizelge 5.2. Karayolları bakım maliyetleri (KGM 2008)

Karayolu Bölgeleri	Trafik Hizmetleri			Stabilize Yol Bakımı			Asfalt Yol Bakımı			Kar Mücadelesi			1 km yol bakım maliyeti (TL)
	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	
1.Bölge (İstanbul)	3.297	5.410.075	1.641	17	0	0	3.280	38.345.981	11.691	3.282	1.937.740	590	13.922
2.Bölge (İzmir)	5.044	8.504.226	1.686	44	0	0	5.000	37.239.331	7.448	5.044	724.217	144	9.277
3.Bölge (Konya)	5.094	4.211.647	827	11	97.497	8.863	5.083	26.017.311	5.118	5.021	5.105.498	1.017	6.962
4.Bölge (Ankara)	3.512	4.729.509	1.347	59	0	0	3.453	25.782.496	7.467	3.416	9.105.300	2.665	11.479
5.Bölge (Mersin)	4.673	6.250.440	1.338	126	0	0	4.547	22.811.501	5.017	4.505	5.015.615	1.113	7.468
6.Bölge (Kayseri)	3.759	2.143.775	570	41	0	0	3.718	28.163.126	7.575	3.759	5.454.094	1.451	9.596
7. Bölge (Samsun)	4.418	6.697.640	1.516	131	0	0	4.287	32.688.248	7.625	4.234	2.634.179	622	9.763
8. Bölge (Elazığ)	3.735	2.726.475	730	353	2.259.934	6.402	3.382	36.743.495	10.864	3.328	5.990.724	1.800	13.395

Karayolu Bölgeleri	Trafik Hizmetleri			Stabilize Yol Bakımı			Asfalt Yol Bakımı			Kar Mücadelesi			1 km yol bakım maliyeti (TL)
	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	Bakım (km)	Bakım Harc. (TL)	Birim Maliyet (TL)	
9.Bölge (Diyarbakır)	4.173	5.370.048	1.287	286	3.525.593	12.327	3.887	21.622.396	5.563	3.799	4.991.825	1.314	8.164
10.Bölge (Trabzon)	3.027	4.393.950	1.448	451	740.743	1.642	2.576	30.438.707	11.816	2.952	3.208.004	1.087	14.351
11.Bölge (Van)	2.990	4.266.756	1.427	581	25.312	44	2.409	25.631.150	10.640	2.640	8.760.456	3.318	15.385
12.Bölge (Erzurum)	3.324	4.290.494	1.291	197	252.674	1.283	3.127	29.528.072	9.443	3.238	7.596.633	2.346	13.080
13.Bölge (Antalya)	3.372	4.386.181	1.301	39	2.869	74	3.333	23.034.717	6.911	3.363	4.327.683	1.287	9.499
14.Bölge (Bursa)	4.640	6.499.753	1.401	64	0	0	4.576	39.848.504	8.708	4.640	1.160.689	250	10.359
15. Bölge (Kastamonu)	2.839	3.331.140	1.173	29	0	0	2.810	24.331.000	8.659	2.839	3.287.305	1.158	10.990
16. Bölge (Sivas)	3.032	2.971.963	980	201	128.792	641	2.831	20.383.758	7.200	2.431	8.515.780	3.503	11.683

Çizelge 5.1’de, Karayolları Genel Müdürlüğüne ait 16 adet bölge yer almaktadır. Bu bölgelerin sahip oldukları toplam karayolu bakım ve onarım harcamaları; trafik hizmetleri, stabilize yol bakım, asfalt yol bakım, kar mücadelesi olmak üzere dört ana başlık halinde verilmiştir. Bunlar; km cinsinden bakım yapılan yol uzunluğu, TL cinsinden bakım harcamaları ve kilometre başına düşen birim bakım maliyetleri olarak çizelgede yer almıştır. Karayollarına ait bölgelerin toplam bakım maliyetlerinin kilometre başına düşen değeri ise tablonun en solunda verilmiştir. Örnek olarak; KGM 3. Bölgesi (Konya) trafik hizmetleri verilen 5.094 km yol uzunluğuna sahiptir. 2008 yılında bölgede yer alan toplam yol boyundaki kenar taşlarının ve trafik işaret levhalarının onarım veya yenilenmesi ve yollardaki trafik güvenliği ile ilgili trafik hizmetleri kapsayan toplam 4.211.647 TL harcama yapılmıştır. Yapılan bu harcamanın km başına düşen değeri 827 TL’dir. Bölgede 11 km stabilize yol, 5.083 km asfalt kaplamalı yol bulunmaktadır. Stabilize yollarda bakım için gerekli dere veya ocak malzemelerinin temini, yola taşınması ve reglajı gibi etkinlikleri kapsayan toplam 97.497 TL harcama yapılmıştır. Asfalt kaplamalı yollarda bozulmaların; yama işleri, banket ve hendeklerin onarımı, şevlerin temizlik işleri, drenaj çalışmaları, yol boyu geliştirme etkinlikleri, yol üzerindeki köprü, menfez, box ve istinat duvarları gibi sanat yapılarının bakım, onarıma yönelik çalışmalar ile deniz ve sel hasarlarına karşı her türlü tahkimat çalışmaları v.b işleri için 26.017.311 TL harcama yapılmıştır. Yapılan harcamaların stabilize yollardaki km başına düşen değeri 8.863 TL iken, asfalt kaplamalı yollardaki km başına düşen değeri 5.118 TL’dir. 2008 yılı kış aylarında bölgede 5.021 km yolda kar mücadelesi yapılmıştır. Kar mücadelesi için yapılan toplam harcama 5.105.498 TL değerindedir. Bu harcamanın km başına düşen miktarı 1.017 TL’dir. 3. Bölgede 2008 yılı içerisinde yapılan toplam tüm bakım harcamalarının km başına düşen miktarı 6.962 TL’dir. Yani, diğer bir deyişle karayolları 3. bölgede bir km için toplam 6.962 TL bakım harcaması yapılmıştır.

Yukarıdaki örnekte gösterildiği üzere, verilen bilgiler doğrultusunda, Karayolları Genel Müdürlüğü her yıl bölgelerdeki bakım maliyetlerinin incelemelerini detaylı olarak yapmaktadır. Bu bilgiler ışığında, Genel Müdürlük bir sonraki sene için bölgelerin yol bakım stratejilerini belirlemekte ve bütçelerini ayarlamaktadır. Karayolları bakımı için uygulanan bu metodun mali ve teknik açıdan olumlu veya olumsuz yönleri bulunmaktadır. Bu nedenle, yöntemin uygunluğunun detaylı olarak analiz edilmesinin bir gereklilik olduğu görülmektedir.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI

Nüfus artışı ve teknolojinin gelişmesine paralel olarak her yıl artan ulaşım talebi, yeni yolların inşasını ve mevcut yolların yenilenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle esnek yol üstyapı kaplamaları, her geçen gün önemini bir derece daha arttırmaktadır. Esnek üstyapılar ilk yapım aşamasında önemli avantajlara sahip olmakla beraber gerek bakım safhasında; gerek uygulama ve gerekse maliyet açısından birçok farklı parametreleri içermektedir. Bu çalışma ile esnek yol üstyapılarında bakım maliyetlerine etki eden faktörler incelenmiştir. Şekil 6.1’de esnek yol üstyapı kaplamasına ait bir görüntü verilmektedir.



Şekil 6.1. Esnek üstyapı kaplamalı yola ait bir görünüş

Bu çalışmada, konu ile ilgili yapılan literatür çalışmaları sonucunda elde edilen veriler ışığında, esnek üstyapılarda meydana gelen fiziksel deformasyonlar ve onarımları incelenmiştir. Yol üstyapısı için söz konusu olan her bir deformasyona ait birim onarım maliyetleri analiz edilmiştir. Hasarlar, esnek üstyapıların projelendirme aşamasında dikkate alınan esasların deformasyon oluşumundaki etkileri göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Maliyet analizleri yapılırken, ön görülen kabuller ışığında ele alınan fiziksel deformasyon örneklerinin, KGM’nin bakım ve onarım metotları doğrultusunda imalatlarının gerçekleştirildiği kabul edilmiştir.

Yapılan maliyet analizlerinde kullanılan tüm birim fiyatlar Program ve İzleme Dairesi Başkanlığı Keşif ve Şartname Şubesi Müdürlüğü 2010 yılı yol, köprü, bitümlü kaplamalar, bakım ve trafik işlerine ait birim fiyat listesine göre belirlenmiştir.

6.1. Trafik Faktörü Etkisiyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi

Karayolu trafiğinde treyler, kamyon, otobüs, orta yüklü ticari taşıt ve otomobil olmak üzere beş tip taşıt yer almaktadır. Bunlar içerisinde yol yapısına en büyük etki kamyon ve treyler tarafından verilmektedir. Aşırı yükleme ile karayoluna çıkabilen bu iki araç tipi otobüs, orta yüklü ticari taşıt ve otomobilin verebileceği hasar ve zararın çok daha fazlasını yola etkimektedir. Watson J.P. (1989)'ya göre bir otomobilin ortalama bir dingil yükü 250 kg iken bir kamyonun ortalama bir dingile düşen yük miktarı 4.000 kg'dır. Bu ise, Türkiye karayollarına göre hesabı yapıldığında, bir kamyon dingil yükünün yol kaplamasına verdiği zararın ortalama 198.600 otomobil dingil yükünün kaplamaya verdiği zarara eşit olduğunu göstermektedir.

Trafik faktörü, ağır taşıt trafiği nedeniyle pek çok karayolu fiziksel deformasyonlarında etkili olmakla birlikte, en etkin olduğu hasarlar tekerlek izi oluşumu, kenar çatlakları, kayma (öteleme) çatlakları, yansıma çatlakları ve ondülasyonlar olarak sıralanabilmektedir. Trafik etkisiyle oluşan bu hasarların bakım, onarım ve maliyetleri aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

6.1.1. Tekerlek izi oluşumu

Tekerlek izi oluşumu, trafik tesirinin neden olduğu konsolidasyon, yanal hareketler veya trafik tesiriyle kaplamada oluşan yer değiştirmeler sonucu meydana gelen bozulmalardır. Çizelge 6.1'de Bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda trafik faktörü etkisi ile oluşan tekerlek izi oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 5 cm alınmıştır.

Esnek üstyapılarda trafik etkisiyle oluşan tekerlek izi oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,05 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri çizelgede hesaplanmış olup bu boyutlardaki bir tekerlek izinin onarım maliyeti 15,37 TL olarak belirlenmiştir. Lokal hasara asfalt yama yapıldığı ve kompaktör ile sıkıştırıldığı görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine plentmiks sıcak karışım malzemesi, yapıştırıcı, bitüm malzemesi, distribütör ve sıkıştırma fiyatları dahildir. Yama üzerine su sızıntılarını önlemek için kumlu koruyucu tabaka (silkot) uygulaması yapılmış olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.1. Esnek üstyapılarda tekerlek izi oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,05 m	0,05	m ³	218,46	10,92
3	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					15,37 TL	

6.1.2. Ondülasyon oluşumu

Yaya geçitleri, kavşaklar, otobüs durakları, aşırı eğimli vb. kesimlerde dalgalanma şeklinde görülen deformasyonlardır. Çizelge 6.2’de Sathi kaplamalarda trafik faktörü etkisi ile meydana gelen ondülasyon oluşumlarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm alınmıştır.

Sathi kaplamalarda trafik etkisiyle oluşan ondülasyon oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,02 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri incelenmiştir. Hasarın bulunduğu bölge kesilerek kaplama dahil olmak üzere 12 cm kazıldığı görülmektedir. Hasarın onarımı için temelin minimum 10 cm kazılarak dolgu yapılması gerekmektedir (KGM 1998). Kazılan temel stabilize dolgu ile doldurularak sıkıştırılmış ve üzerine sathi yama yapılmış olduğu görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine rodmiks malzemesi, astar bitümlü malzeme, distribütör fiyatları dahildir. Yama üzerine su sızıntılarını önlemek için distribütör makinesiyle silkot uygulaması yapıldığı görülmektedir. Lokal hasara yapılan onarım için harcanan toplam miktar 21,77 TL'dir.

Çizelge 6.2. Sathi kaplamalarda ondülasyon oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-035	Sathi kaplamalı yollarda bitümlü yama altlarına stabilize temel yapılması işçiliği (Stabilize temel malzemesi idareden) 1 m x 1 m x 0,1 m	0,1	m ³	139,24	13,92
3	B-030	Rodmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,02 m	0,02	m ²	169,86	3,40
4	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1 m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					21,77 TL	

Çizelge 6.3'te Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda trafik faktörü etkisi ile meydana gelen ondülasyon oluşumlarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 5 cm alınmıştır.

Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda meydana gelen ondülasyon oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,05 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri incelenmiştir. Lokal hasarın kalıcı onarımı için yama uygulaması yapıldığı görülmektedir. Geçici onarım yapılmak istenirse ondülelerin olduğu bölgeler freze ile düzeltilerek kaplama üzerine asfalt emülsiyonlu akıcı harç ile koruyucu bir tabaka tatbik edilmektedir.

Çizelge 6.3. BSK kaplamalarda ondülasyon oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,05 m	0,05	m ³	218,46	10,92
3	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					15,37 TL	

6.1.3. Kenar çatlakları

Kenar çatlakları, kaplama kenarı yakınındaki boyuna çatlaklardan oluşan bir bozulma türüdür. Çizelge 6.4'te Bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda trafik faktörü etkisi ile meydana gelen kenar çatlakları oluşumlarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Çatlak derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda trafik etkisiyle oluşan kenar çatlakları oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetlerine ait değerler verilmiştir. Kenar çatlak oluşumu onarımının birim maliyeti 8,80 TL olarak hesaplanmıştır. Hasarın bulunduğu bölge makine yardımıyla süpürülüp temizlenerek kopan parçalar uzaklaştırılmış, çatlakların aralarını doldurmak amacıyla asfalt emülsiyonlarla astar oluşturulmuş, daha sonra hasarın bulunduğu bölgeye bitümlü yapıştırıcı uygulanarak plentmiks malzemesi dökülmüş ve serilen malzeme sıkıştırılarak hasarın onarımı tamamlanmış olduğu görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine; plentmiks sıcak karışım malzemesi, yapıştırıcı, bitüm malzemesi ve distribütör ve sıkıştırma fiyatları dahildir.

Çizelge 6.4. Esnek üstyapılarda kenar çatlak oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	4378	Beton ve her nevi asfalt yolların makine ile süpürülmesi	0,001	da	8,65	0,01
3	4393	Distribütör makinesi asfalt emülsiyonlu malzeme püskürtülmesi	0,001	da	31,49	0,03
4	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,02 m	0,02	m ³	218,46	4,37
TOPLAM					8,80 TL	

6.1.4. Kayma (öteleme) çatlakları

Kayma çatlakları genellikle asfalt betonu veya rodmiiks tabakasının temel üzerinde kayması nedeniyle hilal şeklinde meydana gelen bozulmalardır. Çizelge 6.5'te Bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda trafik faktörü etkisi ile meydana gelen kayma (öteleme) çatlakları oluşumlarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Çatlak derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Esnek üstyapılarda trafik etkisiyle meydana gelen kayma (öteleme) çatlakları oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Hasarın onarımı için harcanan toplam maliyet 8,78 TL olarak hesaplanmıştır. Sökülen kaplamanın altında meydana gelen tabakanın sathi makine yardımıyla süpürülerek temizlenmiş, meydana gelen çukura ince bir yapıştırma tabakası tatbik edilmiş olup plentmiks malzemesi ile doldurularak kompaktör yardımıyla sıkıştırılmış olduğu görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine plentmiks sıcak karışım malzemesi, yapıştırıcı, bitüm malzemesi ve distribütör ve sıkıştırma fiyatları dahildir.

Çizelge 6.5.Esnek üstyapılarda kayma çatlak oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	4377	Kaplama altının makine ile süpürülmesi	0,001	da	17,09	0,02
3	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,02 m	0,02	m ³	218,46	4,37
TOPLAM					8,78 TL	

6.1.5. Yansıma çatlakları

Yansıma çatlakları, alt tabakada yer alan çatlakların zamanla üst tabakada oluşmasından dolayı meydana gelen bozulmalardır. Çizelge 6.6'da Esnek üstyapılarda trafik faktörü etkisi ile meydana gelen yansıma çatlakları oluşumlarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Çatlak derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Esnek üstyapı kaplamalarında trafik etkisiyle meydana gelen yansıma çatlakları oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri çizelgede 6.6'da verilmiştir. Hasarın onarımı için çatlaklar süpürülerek temizlenmiş ve çatlaklara tecrit uygulaması yapılmıştır. KGM tarafından yapılan tecrit uygulaması şu şekildedir;

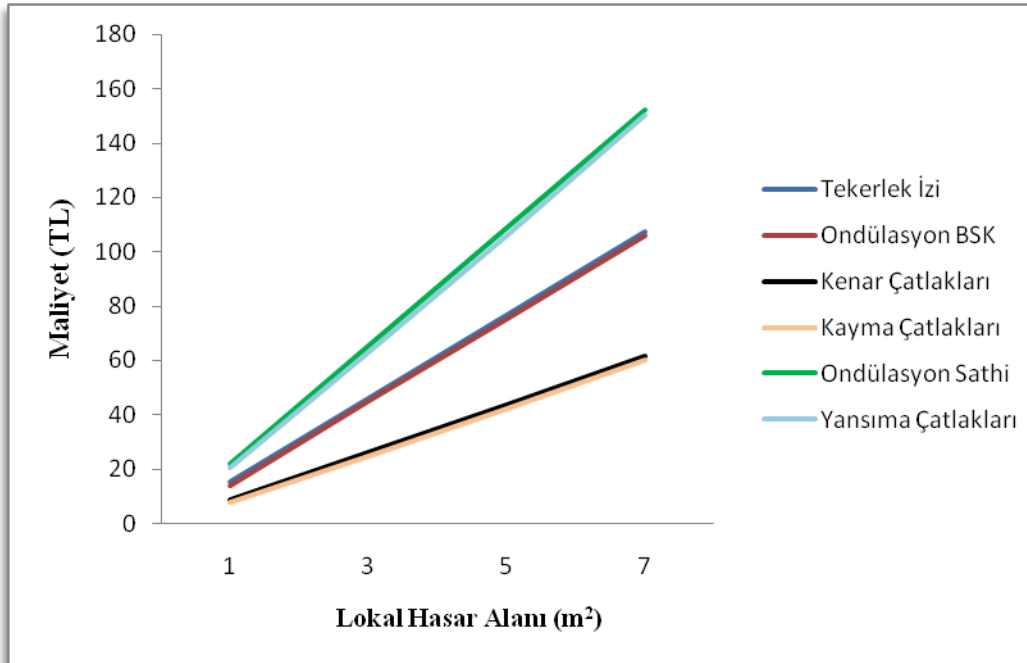
Uygulaması öncesinde yüzey; temizleme, yıkama ve gerektiğinde kurutulma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Tecrit yapılacak yüzey için bitümlü tecrit emülsiyonu, kanaviçe bezi ve ince taneli kum iş başında temin edilmektedir. Uygulama sırasında; m² ye en az 0,6 kg isabet edecek şekilde bitümlü tecrit astar emülsiyonu sürülmektedir. Bu tabaka kuruduktan sonra m² ye en az 1,5 kg isabet edecek şekilde bitümlü tecrit emülsiyonu uygulanmaktadır. Bunun üzerine de kenarlarda en az 10 cm bindirme payı bırakılarak m² si en az 0,3 kg olmak üzere iyi nitelikte ve hiç kullanılmamış yeni kanaviçe bezi serilmektedir. Kanaviçe bezinin üzerine; m² ye en az 1,5 kg isabet edecek şekilde bitümlü tecrit emülsiyonu sürülerek, üzerine de çok ince taneli kum ile kuşlama işlemi yapılarak kanaviçeli tecrit uygulaması tamamlanmaktadır. Onarım için yapılan toplam maliyet 21,6 TL olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.6. Esnek üstyapılarda yansıma çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	3650	Kanaviçeli tecrit	1	m ²	17,21	17,21
TOPLAM					21,6 TL	

Trafik faktörünün doğrudan etkisiyle esnek üstyapılarda meydana gelen hasarlara ilişkin 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlardaki deformasyon örneklerinin onarımı ve onarımı için harcanan maliyetlerin hesaplanması; Çizelge 6.1 - 6.2 - 6.3 - 6.4 - 6.5 - 6.6'da görülmektedir. Elde edilen bu maliyet değerlerinin hasar alanı artışıyla olan değişimi aşağıda Şekil 6.2'de verilmiştir.

Esnek üstyapılarda trafik etkisiyle oluşan bozulma türlerinin hasar alanı miktarındaki artış ile onarım maliyetlerindeki değişimi grafikte görülmektedir. Trafik etkisiyle oluşan hasarlardan; tekerlek izi oluşumu, kenar çatlakları, kayma çatlakları, yansıma çatlakları bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda aynı onarım maliyetlerini gösterdiklerinden, bu hasarlar esnek üstyapılardaki farklı kaplama türleri için ayrı ayrı gösterilmemiştir. Esnek üstyapılarda ondülasyon oluşumunun onarımı farklı kaplama türleri için değişiklik gösterdiğinden, maliyetler grafikte ayrı ayrı gösterilmektedir. Trafik etkisiyle oluşan tekerlek izi oluşumu ve BSK kaplamalarda ondülasyon oluşumunun onarım maliyetleri ile kenar çatlakları ve kayma çatlaklarının onarım maliyetlerinin aynı olduğu grafikte de görülmektedir. Esnek üstyapılarda trafik faktörünün etkisi ile meydana gelen ve hasar alanındaki artış ile onarım maliyeti en fazla artış gösteren deformasyon, grafikte görüldüğü üzere sathi kaplamalardaki ondülasyon oluşumudur.



Şekil 6.2. Esnek üstyapılarda trafik etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri

6.2. İklim ve Bölge Faktörü Nedeniyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi

Çevre ve iklim koşulları, üstyapı projelendirilmesinde dikkate alınan önemli bir konu olduğu gibi, yolun servis ömrü boyunca bakım maliyetlerini etkileyen de bir faktördür. Bu bağlamda iklim ve bölge koşullarının, üstyapı davranışını ve performansını oldukça etkilediği belirlenmiştir. Yağışsız ve kurak bir bölgede iyi sonuç veren üstyapı tipi, yağışlı bir bölgede çevre ve iklim şartlarından dolayı daha kısa bir hizmet ömrüne sahip olabilmektedirler. Koşullar uygun olmadığı zaman trafik yükünün yola verdiği zarar, uygun koşullar altında vereceği zarardan çok daha büyüktür.

İklim ve bölge faktörünün etkisiyle esnek üstyapılarda meydana gelen fiziksel deformasyonlar genellikle trafik faktörünün etkisiyle ortaya çıkmakta olup yolun ekonomik servis ömrünü oldukça azaltmaktadır. Bu faktör, yol kaplamalarındaki pek çok fiziksel deformasyonda etkili olup, doğrudan en etkin olduğu hasarlar donma ve çözülme etkisiyle oluşan kabarma ve çökme bozulmalarıdır. Bununla birlikte ısı ve rutubet farklarının sebep olduğu genişleme veya büzülme nedeniyle de meydana gelen yansıma çatlakları da bu grupta yer almaktadır. İklim ve bölge faktörü etkisiyle oluşan bu hasarların bakım, onarım ve maliyetleri aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

6.2.1. Kabarma oluşumu

Kabarma, kaplamanın tabii zeminin veya üst yapının bir kısmının şişmesi sonucunda yukarı yönde yer değiştirmesinden kaynaklanan bir bozulma türüdür. Çizelge 6.7’de Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda iklim ve bölge faktörü etkisiyle meydana gelen kabarma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 8 cm alınmıştır.

Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda iklim ve bölge faktörü etkisiyle meydana gelen kabarma oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,08 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Hasarın onarımı için aşınma ve binder tamamen kaldırılarak derin yama uygulaması yapıldığı görülmektedir. Lokal hasarın onarımı için yapılan toplam harcama bedeli 21,93 TL’dir.

Çizelge 6.7. BSK kaplamalarda kabarma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,08 m	0,08	m ³	218,46	17,48
3	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					21,93 TL	

Çizelge 6.8’de Sathi kaplamalarda iklim ve bölge faktörü etkisiyle meydana gelen kabarma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm alınmıştır.

Sathi kaplamalarda iklim ve bölge faktörü etkisiyle meydana gelen kabarma oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,02 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Hasarın onarımı sathi kaplamalardaki ondülasyon oluşumunun onarımı ile aynı olduğu çizelgede görülmektedir. Lokal hasarın bulunduğu bölge kesilerek kaplama dahil olmak üzere 12 cm kazıldığı görülmektedir. Hasarın onarımı için temelin minimum 10 cm kazılarak dolgu yapılması gerekmektedir (KGM 1998). Kazılan temel stabilize dolgu ile doldurularak sıkıştırılmış ve üzerine sathi yama yapılmış olduğu görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine rodmiks malzemesi, astar bitümlü malzeme, distribütör fiyatları dahildir. Yama üzerine su sızıntılarını önlemek için distribütör makinesiyle silkot uygulaması yapılmaktadır. Yapılan onarım için harcanan toplam maliyet 21,77 TL olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 6.8. Sathi kaplamalarda kabarma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-035	Sathi kaplamalı yollarda bitümlü yama altlarına stabilize temel yapılması işçiliği (Stabilize temel malzemesi idareden) 1 m x 1 m x 0,1 m	0,1	m ³	139,24	13,92
3	B-030	Rodmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,02 m	0,02	m ²	169,86	3,40
4	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1 m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					21,77 TL	

6.2.2. Çökme oluşumu

Çökmeler, çatlakları içeren veya içermeyen ve asıl kaplama sathına göre alçakta kalmış lokalize alanlardır. Çizelge 6.9’de Esnek üstyapılarda iklim ve bölge şartları etkisi ile oluşan çökme oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 5 cm alınmıştır.

Meydana gelen çökme oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,05 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Bu boyutlardaki bir çökmenin onarım maliyeti 15,37 TL’dir. Lokal hasara yapılan iş, sıcak asfalt yama ile esaslı onarım olup serilen malzeme kompaktör ile sıkıştırıldığı görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine plentmiks sıcak karışım malzemesi, yapıştırıcı, bitüm malzemesi, distribütör ve sıkıştırma fiyatları dahildir. Yama üzerine su sızıntılarını önlemek için distribütör makinesi yardımıyla silkot uygulaması yapılmış olduğu görülmektedir.

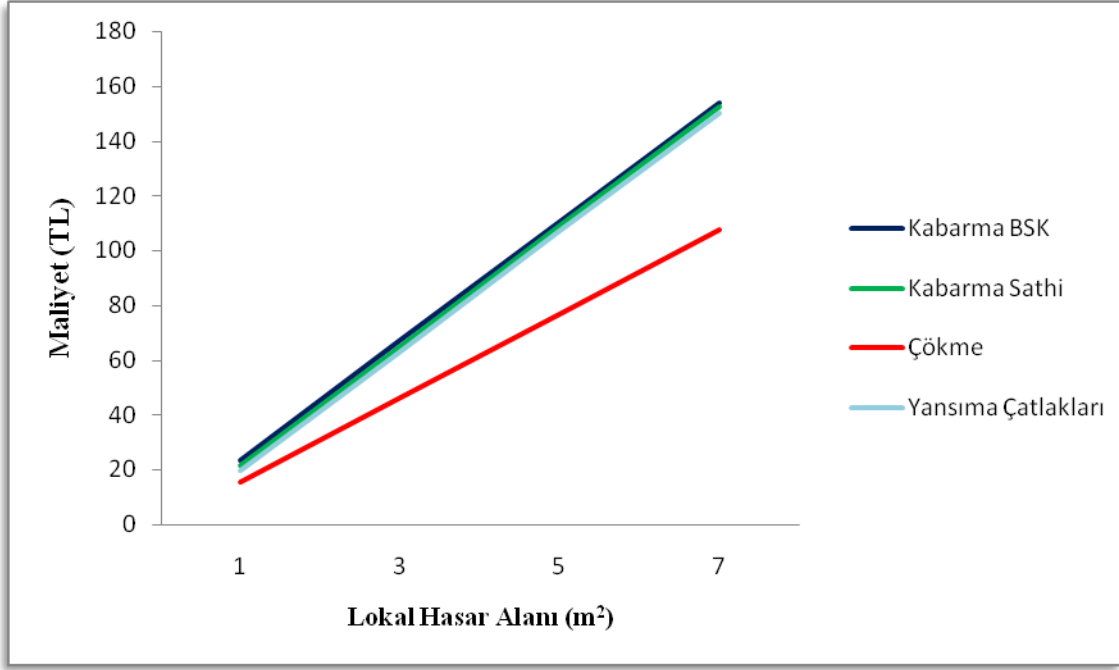
Çizelge 6.9. Esnek üstyapılarda çökme oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,05 m	0,05	m ³	218,46	10,92
3	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					15,37 TL	

Esnek üstyapılarda iklim ve bölge faktörü etkisiyle meydana gelen yansıma çatlaklarının onarımı ve maliyet analizlerine ilişkin açıklamalar trafik faktörünün bakım maliyetleri üzerine etkisi başlığı altında yer alan Çizelge 6.6’da verilmiştir.

Esnek üstyapılarda iklim ve bölge faktörünün doğrudan etkisiyle meydana gelen hasarlara ilişkin olarak 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlardaki fiziksel deformasyon örneklerinin onarımı ve yapılan onarımın maliyet analizleri Çizelge 6.7 - 6.8 - 6.9’da görülmektedir. Elde edilen bu maliyet değerlerinin hasar alanı artışıyla olan değişimi aşağıda Şekil 6.3’te verilmiştir.

Şekil 6.3’te görüldüğü gibi kabarma oluşumunun onarımı, esnek üstyapıların farklı kaplama türlerinde değişiklik gösterdiğinden maliyetler grafikte ayrı ayrı gösterilmektedir. İklim ve bölge şartları nedeniyle oluşan yansıma çatlakları ve çökme oluşumunun onarımı bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda aynı olduklarından, bu hasarın onarım maliyetleri esnek üstyapılardaki farklı kaplama türleri için ayrı ayrı gösterilmemiştir. Şekil 6.3’te görüldüğü üzere esnek üstyapılarda iklim ve bölge faktörünün etkisi ile meydana gelen ve hasar alanındaki artış ile onarım maliyeti en fazla artış gösteren deformasyon, bitümlü sıcak karışım kaplamalarda kabarma oluşumdur.



Şekil 6.3. Esnek üstyapılarda iklim ve bölge faktörü etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri

6.3.Üstyapı Malzeme Faktörü Etkisiyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi

Üstyapı malzeme faktörü, hizmet ömrü boyunca bir karayolunun deformasyon oluşumundaki en etkili nedenlerden biridir. Malzeme faktörü, trafik ve iklim şartlarının etkisiyle pek çok fiziksel deformasyonun nedenini oluşturmaktadır. Uygun dolgu malzemesi seçilmemesi, asfalt tabaka kalınlıklarının şartnameye göre yapılmaması, kaplama malzemesi olarak kullanılan agrega ve bitümlü malzemenin yanlış seçimi ve kalite eksiklikleri, yetersiz veya aşırı sıkıştırma, uygun olmayan hava sıcaklığında ve şartlarında bitümlü karışım imalatı, kalitesiz işçilik vb. nedenler üstyapı bozulmalarına yol açan başlıca malzeme etkileridir.

Sathi ve asfalt betonu kaplamalarda kullanılacak agreganın; yabancı maddelerden arındırılmış, sağlam ve şartnameye uygun granülometriye sahip olmaması, iyi seçilmeyen veya kontrol edilmemiş granülometrilili, kirli, çabuk cilalanan ve yüksek oranda yuvarlak agrega içeren malzemelerin kullanımı, malzeme faktörünün etkisini oluşturan üstyapı bozulmaları nedenlerindedir. Bununla birlikte, gerekli oranlarda kullanılmayan bitümlü bağlayıcı, asfalt betonu kaplamalar için; filler yüzdesinin optimal düzeyde olmaması, yetersiz veya aşırı karıştırma, yetersiz sıkıştırma, astar veya yapıştırma tabakalarının gerekli özenle yapılmaması, serme ve sıkıştırma sıcaklıklarının düşük olması, yapım sırasında karışımın ayrılmaya uğraması üstyapı hasarlarındaki diğer malzeme faktörü etkileridir. Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisiyle meydana gelen fiziksel deformasyonlar trafik ve iklim faktörünün etkisiyle ortaya çıkmakta olup, yolun servis ömrünün azalmasındaki en önemli etkindir.

Bu faktör, yol kaplamalarındaki pek çok fiziksel deformasyonda etkili olup, doğrudan en etkin olduğu hasarlar; çukur oluşumu, sökülmeler, agrega soyulması, agrega cilalanması, kuma, ek yer çatlakları, büzülme çatlakları, kenar çatlakları, ondülasyon ve çökme oluşumudur. Meydana gelen bu hasarların bakım, onarım ve maliyet analizleri yapılarak, aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

6.3.1. Çukur oluşumu

Çukur oluşumu, kaplamanın ayrılmaya karşı düşük direncinden dolayı oluşan çanak şeklindeki çap ve derinlikteki bozulmalardır. Çizelge 6.10'da Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisiyle meydana gelen çukur oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 5 cm alınmıştır.

Esnek üstyapılarda trafik etkisiyle oluşan çukur oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmış olup, çukur oluşumunun birim maliyeti 15,41 TL olarak hesaplanmıştır. Hasarın bulunduğu bölge kesilerek distribütör makinesi yardımıyla astar püskürtülmüş, daha sonra makine yardımıyla süpürülüp temizlenerek kopan parçalar uzaklaştırılmış, kopan parçalardan temizlenen bölgeye bitümlü yapıştırıcı uygulanarak plentmiks malzemesi dökülmüş ve serilen malzeme sıkıştırılarak hasarın onarımı yapılmış olduğu görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine plentmiks sıcak karışım malzemesi, yapıştırıcı, bitüm malzemesi ve distribütör ve sıkıştırma fiyatları dahildir.

Çizelge 6.10. Esnek üstyapılarda çukur oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	4393	Distribütör makinesi ile astar bitümlü malzemesi püskürtülmesi	0,001	da	31,49	0,03
3	4378	Beton ve her nevi asfalt yolların makine ile süpürülmesi	0,001	da	8,65	0,01
4	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,05 m	0,05	m ³	218,46	10,92
5	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1 m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					15,41 TL	

6.3.2. Sökülmeler

Sökülmeler, aşınma tabakasının parça veya tabaka halinde soyulması nedeniyle oluşan deformasyon türüdür. Çizelge 6.11’de Bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda malzeme faktörü etkisi ile meydana gelen sökülmelerin onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Esnek üstyapı kaplamalarında malzeme faktörü etkisiyle meydana gelen sökülmelere ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir lokal hasarın onarımı ve maliyet analizleri esas olarak verilmiş ve hesaplanmıştır. Hasarın onarımı için, karayolu makine ile süpürülerek kopan parçalar satıhtan uzaklaştırılmış, ardından kaplamaya bir karatma örtüsü tatbik edilmiş, karartma tabakası kürünü alıncaya kadar bekletilerek, üzerine koruyucu bir tabaka oluşturmak için silkot uygulaması yapılmış olduğu görülmektedir. Yapılan silkot uygulamasına mıcır ve demir merdaneli silindir ile sıkıştırma fiyatları dahildir.

Çizelge 6.11. Esnek üstyapılarda sökûlmelerin onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	4378	Beton ve her nevi asfalt yolların makine ile süpürülmesi	0,001	da	8,65	0,01
3	4393	Karatma örtüsü tatbiki için distribütör makinesi ile astar bitümlü malzemesi püskürtülmesi	0,001	da	31,49	0,03
4	4417	Koruyucu tabaka oluşturmak için distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					4,49 TL	

6.3.3. Agrega soyulması

Agrega soyulması, trafik etkisiyle esnek üstyapılarda aşınma tabakasındaki malzeme kaybı sonucu oluşan bozulmalardır. Çizelge 6.12’de Sathi kaplamalarda malzeme faktörü etkisi ile meydana gelen agregası soyulmasının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Sathi kaplamalarda agregası soyulmasına ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Bu boyutlardaki agregası soyulmasının onarım maliyeti 5,69 TL’dir. Hasarın onarımı için, karayolu sathına kum serilmesi, serilecek malzemenin elenmesi, fazla olan malzemenin süpürülmesi, yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretleme için malzeme temini, işaretleme yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması maliyete dahildir. Lokal hasar alanı küçük olduğundan serilen malzeme kompaktör ile sıkıştırılmış olduğu görülmektedir. Daha büyük alanlar için lastik tekerlekli silindir kullanılmaktadır.

Çizelge 6.12. Sathi kaplamalarda agrega soyulmasının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	B-020	Yol yüzeyine kum serilmesi ve süpürülmesi 1 m x 1 m	1	m ²	1,89	1,89
2	15.050	Her cins motorlu kompaktörle sıkıştırma yapılması	1/6	sa	22,78	3,80
TOPLAM					5,69 TL	

6.3.4. Agreganın cilalanması

Agreganın cilalanması, esnek üstyapılarda aşınma tabakasının kayganlaşması sonucu meydana gelen bir bozulmadır. Çizelge 6.13'te Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisi ile meydana gelen agreganın cilalanmasının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Esnek üstyapılarda agreganın cilalanmasına ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Cilalı hale gelmiş yol yüzeyinin onarımı için agregalı koruyucu tabaka tatbik edildiği görülmektedir. Hasarın onarım maliyeti 4,45 TL olarak hesaplanmıştır. Maliyete mıcır ve demir merdaneli silindir ile sıkıştırma fiyatları dahildir.

Çizelge 6.13. Esnek üstyapılarda agrega cilalanmasının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	4417	Distribütör makinesi ve 9,5 mm (3/8 inç) lik agrega (mıcır) ile bir tabaka bitümlü sathi kaplama veya silkot yapılması	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					4,45 TL	

6.3.5. Kuma oluşumu

Kuma oluşumu, sıcak hava şartlarında bitüm miktarının yol yüzeyine çıkararak kaygan hale gelmesi sonucu oluşan bozulmalardır. Çizelge 6.14'te Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisi ile meydana gelen kuma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Esnek üstyapılarda kuma oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Bu boyutlardaki kuma oluşumunun onarımı için satıhta teşekkül etmiş olan asfalt tabakası, asfalt kazıma makinesi ile sıyrılmış, kaldırılan tabakanın üzerine koruyucu bir sathi tabaka uygulaması yapılarak demir merdaneli silindir ile sıkıştırıldığı görülmektedir. Yapılan onarımın toplam maliyeti 5,26 TL'dir.

Çizelge 6.14. Esnek üstyapılarda kasma oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	40.130	Asfalt kazıma makinesi ile her cins bitümlü karışım kaplamaların kazılması 1 m x 1 m x 0,02 m	0,02	m ³	40,31	0,81
3	4417	Bitümlü sathi kaplama veya silkot yapılması	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					5,26 TL	

6.3.6. Ek yer çatlakları

Ek yer çatlakları, kaplamanın tabakalar halinde inşaatı sırasında yeterli işçilik gösterilememesi sonucu kaplamanın ek yerlerinde oluşan bozulmalardır. Çizelge 6.15'te Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisi ile meydana gelen ek yer çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Esnek üstyapı kaplamalarında trafik etkisiyle meydana gelen ek yer çatlakları oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Hasarın onarımı için çatlaklar süpürülerek temizlenmiş ve çatlaklara tecrit uygulaması yapılmış olduğu görülmektedir. KGM tarafından yapılan tecrit uygulaması şu şekildedir;

Uygulamasý öncesinde yüzey; temizleme, yıkama ve gerektiğinde kurutulma işlemlerine tabi tutulmaktadır. Tecrit yapılacak yüzey için bitümlü tecrit emülsiyonu, kanaviçe bezi ve ince taneli kum iş başında temin edilmektedir. Uygulama sırasında; m² ye en az 0,6 kg isabet edecek şekilde bitümlü tecrit astar emülsiyonu sürülmektedir. Bu tabaka kuruduktan sonra m² ye en az 1,5 kg isabet edecek şekilde bitümlü tecrit emülsiyonu uygulanmaktadır. Bunun üzerine de kenarlarda en az 10 cm bindirme payı bırakılarak m² si en az 0,3 kg olmak üzere iyi nitelikte ve hiç kullanılmamış yeni kanaviçe bezi serilmektedir. Kanaviçe bezinin üzerine; m² ye en az 1,5 kg isabet edecek şekilde bitümlü tecrit emülsiyonu sürülerek, üzerine de çok ince taneli kum ile kuşlama işlemi yapılarak kanaviçeli tecrit uygulaması tamamlanmaktadır. Onarım için yapılan toplam maliyet 21,6 TL olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.15. Esnek üstyapılarda ek yer çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	3650	Kanaviçeli tecrit	1	m ²	17,21	17,21
TOPLAM					21,6 TL	

6.3.7. Büzülme çatlakları

Büzülme çatlakları, sıklıkla düşük penetrasyonlu bitüm içeren ince agregalı asfalt karışımlarının hacmindeki değişimlerden kaynaklanan bir deformasyondur. Çizelge 6.16'da Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisi ile meydana gelen büzülme çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisiyle oluşan büzülme çatlakları oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri çizelgede 6.16’da esas alınmış olup, büzülme çatlak oluşumunun birim maliyeti yaklaşık olarak 4,49 TL olarak hesaplanmıştır. Hasarın bulunduğu bölge makine ile süpürülerek temizlenmiş, çatlakların aralarını doldurmak amacıyla distribütör makinesi yardımıyla asfalt emülsiyonlu malzeme püskürtülmüş, malzeme kürünü aldıktan sonra hasarın bulunduğu bölgeye koruyucu silkot veya bitümlü sathi kaplama uygulaması yapılarak hasarın onarımı tamamlanmış olduğu görülmektedir. Yapılan onarım maliyetine, demir merdaneli silindir ile sıkıştırma ücreti dahildir.

Çizelge 6.16. Esnek üstyapılarda büzülme çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	4378	Beton ve her nevi asfalt yolların makine ile süpürülmesi	0,001	da	8,65	0,01
3	4393	Distribütör makinesi ile asfalt emülsiyonlu malzeme püskürtülmesi	0,001	da	31,49	0,03
4	4417	Bitümlü sathi kaplama veya silkot yapılması	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					4,49 TL	

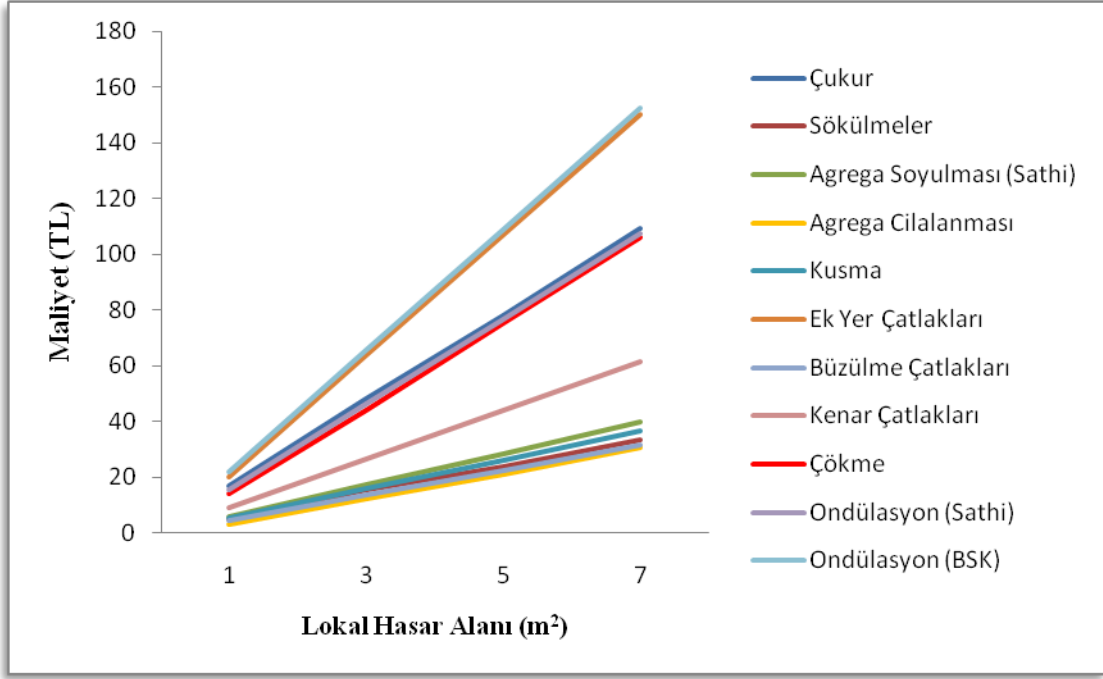
Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisiyle meydana gelen kenar çatlaklarının onarımı ve maliyetlendirilmesine ilişkin açıklamalar, trafik faktörünün bakım maliyetleri üzerine etkisi başlığı altında yer alan Çizelge 6.4’te verilmiştir.

Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisiyle meydana gelen çökme oluşumunun onarımı ve maliyetleri ile ilgili açıklamalar iklim ve bölge faktörünün bakım maliyetleri üzerine etkisi başlığı altında yer alan Çizelge 6.9 - 6.10’da verilmiştir.

Bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda malzeme faktörü etkisiyle meydana gelen ondülasyon oluşumunun onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ilişkin açıklamalar, trafik faktörünün bakım maliyetleri üzerine etkisi başlığı altında yer alan Çizelge 6.2 - 6.3'te verilmiştir.

Esnek üstyapılarda malzeme faktörünün doğrudan etkisiyle meydana gelen hasarlara ilişkin olarak 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlardaki fiziksel deformasyon örneklerinin onarımı ve yapılan onarımın maliyet analizleri Çizelge 6.2 - 6.3- 6.4 - 6.9 - 6.10 - 6.11 - 6.12 - 6.13 - 6.14 - 6.15 - 6.16'da görülmektedir. Elde edilen bu maliyet değerlerinin hasar alanı artışıyla olan değişimi Şekil 6.4'te verilmiştir.

Şekil 6.4'te görüldüğü üzere çukur, sökülme, agrega cilalanması, kuma, ek yer çatlakları, büzülme çatlakları, kenar çatlakları, çökme oluşumlarının onarımı esnek üstyapıların farklı kaplama türlerinde değişiklik göstermediğinden, maliyetler grafikte ayrı ayrı gösterilmemektedir. Malzeme faktörü nedeniyle oluşan ondülasyonların onarımı, bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda farklılık gösterdiğinden, bu hasarların onarım maliyetleri esnek üstyapılardaki farklı kaplama türleri için ayrı ayrı gösterilmiştir. Bununla birlikte agrega soyulması oluşumu yalnızca sathi kaplamalarda görülen bir deformasyon olduğundan, bu hasar türünün grafikte yalnızca sathi kaplamalardaki maliyet değişiminin değeri gösterilmektedir. Ayrıca, Şekil 6.4'te görüldüğü üzere esnek üstyapılarda malzeme faktörünün etkisi ile meydana gelen ve hasar alanındaki artış ile onarım maliyeti en fazla artış gösteren deformasyon, sathi kaplamalardaki ondülasyon oluşumudur.



Şekil 6.4. Esnek üstyapılarda malzeme faktörü etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri

6.4. Üstyapı Tabanı Etkisiyle Oluşan Hasarların Bakım Maliyetleri Üzerine Etkisi

Bir esnek üstyapının davranışı, taban zemininin taşıma gücü ile doğrudan ilgilidir. Bu nedenle, taban zemininin şartnamelere uygun olarak hazırlanması, üstyapı projelendirmesinde ve yolun servis ömrü boyunca bakım maliyetleri üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle üstyapı tabanı, uygun özellik ve kalınlıkta inşa edilmelidir. Aksi halde üstyapının yük taşıma kabiliyetini düşürecek, trafik hareketlerinden doğan yüksek kayma gerilmelerine karşı direnç gösteremeyecek, drenaja yardımcı olma ve don olaylarına karşı üstyapıyı koruma yeteneği ortadan kalkarak üstyapıda trafik ve iklim etkisiyle fiziksel deformasyonların oluşumuna neden olacaktır.

Üstyapı tabanının yetersiz oluşu; iklim, çevre ve trafik şartlarının etkisiyle üstyapıda meydana gelen fiziksel deformasyonların oluşumuna katkı sağlamakla birlikte timsah sırtı çatlakları, büzülme çatlakları ve çökme oluşumlarında doğrudan etkili olmaktadır. Meydana gelen bu hasarların bakım, onarım ve maliyetleri aşağıda çizelgeler halinde verilmektedir.

6.4.1. Timsah sırtı çatlakları

Timsah sırtı çatlaklar, yapısal olarak yetersiz bozuk bir granüler temel veya zayıf bir tabii zemin sonucunda ortaya çıkan timsah sırtı görünümündeki bozulmalardır. Çizelge 6.17’de Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda üstyapı tabanı etkisi ile meydana gelen timsah sırtı çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait değerler verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 8 cm olarak alınmıştır.

Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda üstyapı tabanı etkisiyle meydana gelen timsah sırtı çatlak oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,08 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri esas alınmıştır. Hasar üstyapı tabanı etkisiyle oluşmuş olması nedeniyle aşınma ve binder tabakaları tamamen kesilerek çıkarılmış ve lokal hasar plentmiks malzemesi ile yama uygulaması yapılmış olduğu görülmektedir. Bu boyutlardaki bir timsah sırtı çatlak oluşumunun onarım maliyeti 21,93 TL olarak hesaplanmıştır. Yapılan yama işçiliğine plentmiks sıcak karışım malzemesi, yapıştırıcı, bitüm malzemesi, distribütör ve sıkıştırma fiyatları dahildir. Yama üzerine su sızıntılarını önlemek için silkot uygulaması yapıldığı görülmektedir.

Çizelge 6.17. BSK kaplamalarda timsah sırtı çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-031	Plentmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,08 m	0,08	m ³	218,46	17,48
3	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					21,93 TL	

Çizelge 6.18’de Sathi kaplamalarda üstyapı tabanı etkisi ile meydana gelen timsah sırtı çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanmasına ait bir çizelge verilmiştir. Hasarın üstyapıdaki derinliği 2 cm olarak alınmıştır.

Sathi üstyapı kaplamalarında üstyapı tabanı etkisiyle oluşan timsah sırtı çatlak oluşumuna ait 1 m (en) x 1 m (boy) x 0,02 m (derinlik) boyutlarındaki örnek bir hasarın onarımı ve maliyetleri Çizelge 9.18’deki gibi hesaplanmıştır. Lokal hasarın bulunduğu bölgede kaplama kesilerek kaldırılmış, hasarın onarımı sathi yama uygulaması yapılmış olduğu görülmektedir. Yapılan yama işçiliğine rodmiks malzemesi, astar bitümlü malzeme, distribütör fiyatları dahildir. Yama üzerine su sızıntılarını önlemek için distribütör makinesiyle silkot uygulaması yapıldığı görülmektedir. Yapılan onarım için harcanan toplam miktar 7,85 TL’dir.

Çizelge 6.18. Sathi kaplamalarda timsah sırtı çatlaklarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplanması (KGM Birim Fiyatları)

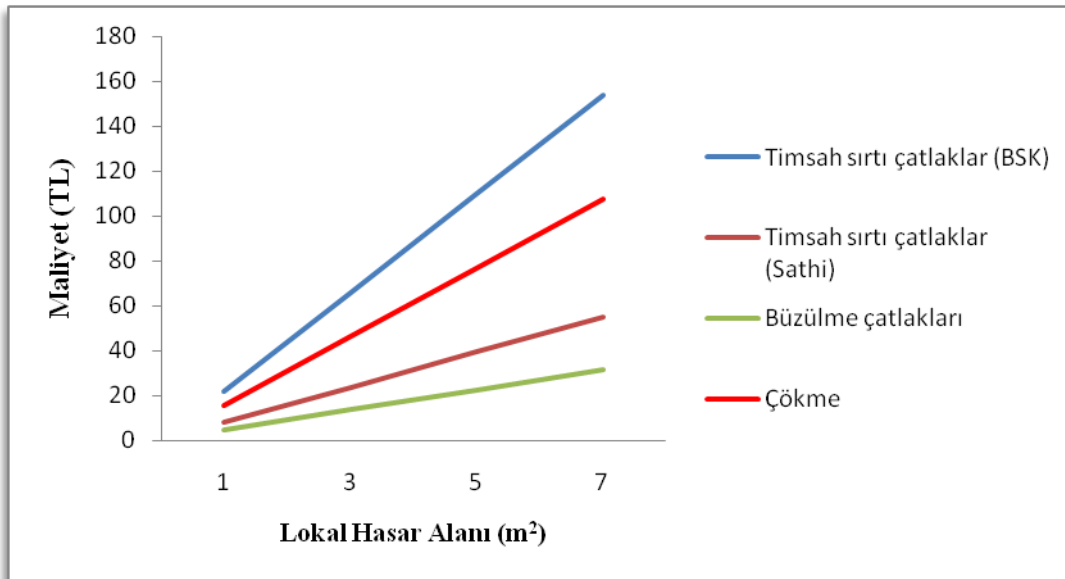
Sıra	Poz No	İşin Cinsi	Miktarı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)	Tutar (TL/m ²)
1	TŞ-B3-1	Yol bakım ve onarımlarında geçici trafik işaretlerinin yapılması ve emniyet tedbirlerinin alınması	1/24	gün	105,27	4,39
2	B-030	Rodmiks malzeme ile asfalt yaması yapılması işçiliği 1 m x 1 m x 0,02 m	0,02	m ²	169,86	3,40
3	4417	Distribütör makinesi ile silkot yapılması 1 m x 1m	0,001	da	58,71	0,06
TOPLAM					7,85 TL	

Esnek üstyapılarda üstyapı taban etkisiyle meydana gelen büzülme çatlaklarının onarımı ve maliyetlendirilmesine ilişkin açıklamalar malzeme faktörünün bakım maliyetleri üzerine etkisi başlığı altında yer alan Çizelge 6.16’da verilmiştir.

Esnek üstyapılarda üstyapı tabanı etkisiyle meydana gelen çökme oluşumlarının onarımı ve maliyetlerinin hesaplamaları iklim ve bölge faktörünün bakım maliyetleri üzerine etkisi başlığı altında yer alan Çizelge 6.9’da verilmiştir.

Esnek üstyapılarda, üstyapı tabanı faktörünün doğrudan etkisiyle meydana gelen hasarlara ilişkin olarak 1 m (en) x 1 m (boy) boyutlardaki fiziksel deformasyon örneklerinin onarımı veyapılan onarımın maliyet analizleri Çizelge 6.9 - 6.16 - 6.17 - 6.18’de görülmektedir. Elde edilen bu maliyet değerlerinin hasar alanı artışıyla olan değişimi aşağıda Şekil 6.5’te verilmiştir.

Esnek üstyapılarda üstyapı tabanı faktörü etkisiyle meydana gelen fiziksel deformasyon türlerinin hasar alanındaki artış ile onarım maliyetlerindeki değişimi Şekil 6.5’te görülmektedir. Çökme ve büzülme çatlakları oluşumlarının onarımı esnek üstyapıların farklı kaplama türlerinde değişiklik göstermediğinden maliyetler grafiklerde ayrı ayrı gösterilmemiştir. Üstyapı tabanı etkisiyle oluşan timsah sırtı çatlakları oluşumunun onarımı bitümlü sıcak karışım ve sathi kaplamalarda farklılık gösterdiğinden, bu hasarların onarım maliyetleri esnek üstyapılardaki farklı kaplama türleri için ayrı ayrı gösterilmiştir. Grafiklerde görüldüğü üzere esnek üstyapılarda üstyapı tabanı etkisi ile meydana gelen ve hasar alanındaki artış ile onarım maliyeti en fazla artış gösteren deformasyon, büzülme çatlakları oluşumudur.



Şekil 6.5. Esnek üstyapılarda üstyapı tabanı etkisiyle oluşan hasar onarım maliyetleri

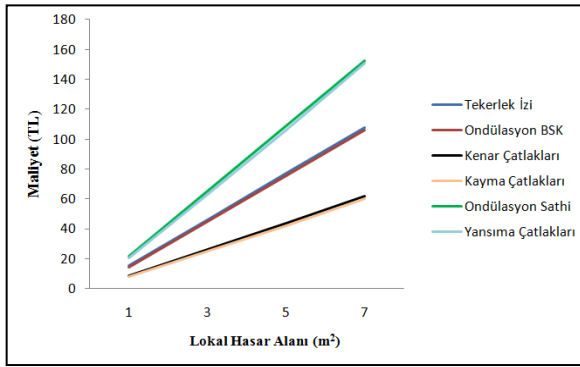
7. TARTIŞMA VE SONUÇ

Karayolu ulaştırma ekonomisinde ilk yapım maliyetleri kadar servis ömrü boyunca karşılaşılacak bakım maliyetleri de önemli bir yere sahiptir. Bu bağlamda, ulaştırma ekonomisinin kontrol edilebilir hale getirilebilmesi için karayolundaki bakım maliyetlerinin belirlenmesi üzerine birçok bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, karayolu üstyapısının hizmet ömrü boyunca performansına yönelik birçok tahmin modelleri ve bu modellerin geliştirilmesi için araştırmalar yer almaktadır. Ayrıca, üstyapı performansının gelecekteki durumunu tahmin etmek için hazırlanan çalışmalarla, hem üstyapıda oluşabilecek tüm bozulmalar, hem de bu bozulmalara neden olabilecek tüm etkenlerin tespiti geliştirilerek bakım maliyetleri üzerine tahminler oluşturulmuştur. Ancak karayollarında meydana gelebilen fiziksel deformasyonların ayrı ayrı ele alınarak üstyapı bakım maliyetleri üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmayla karşılaşılmamıştır.

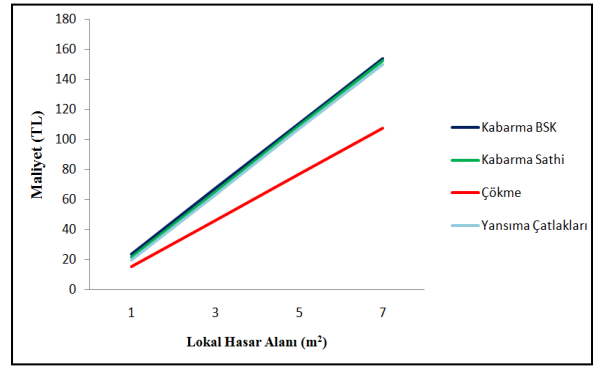
Bu çalışmada, esnek üstyapılardaki projelendirme aşamasında ön veri olarak ele alınan kriterlerin etkisiyle oluşan fiziksel deformasyonların bakım maliyetleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Projelendirme safhasında dikkate alınan ön veriler; trafik, iklim ve bölge, malzeme ve üstyapı taban faktörleri ayrı ayrı dikkate alınarak üstyapıda etkili oldukları deformasyonlar, bakım maliyetleri açısından incelenmiştir. Esnek üstyapılardaki bu projelendirme ön parametreleri, karayolunun hizmet ömrü boyunca meydana gelmesi olası tüm deformasyonların oluşumunda, dolaylı veya doğrudan etkili olmaktadır. Bu çalışma kapsamında, üstyapı projelendirme esaslarının en etkin oldukları deformasyonlar dikkate alınarak bakım maliyetleri incelenmiştir.

Bugüne kadar, karayolu üstyapısı bozulmaları ile ilgili yapılan maliyet araştırmalarında, genellikle ön varsayımlı modeller üzerinde tahminlere dayalı fiyat analizleri yapılmıştır. Bu araştırmalar, varsayımlar esas alınarak yapıldığı için çoğu kez gerçek sonuçlarla birebir örtüştüğü söylenemez. Yapılan bu çalışmada, varsayımlardan ziyade yol üstyapısında oluşan hasar örnekleri üzerinde incelemeler yapılarak maliyet analizleri en doğru şekilde belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda, esnek üstyapılardaki fiziksel deformasyon türlerine ait 1 m² lik örnek hasarlar, Karayolları Genel Müdürlüğünün karayolu bakım ve onarımında takip etmiş oldukları safhalar göz önünde bulundurularak incelenmiş ve hasarlara ait birim bakım maliyetleri hesaplanmıştır.

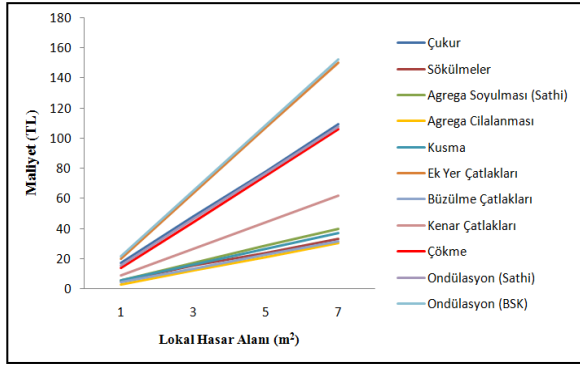
Türkiye’de, karayollarının bakım ve onarımları Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Yapılan bu çalışmada; ele alınan deformasyonların bakım ve onarımının, KGM’nin izlediği metotlar doğrultusunda maliyet analizleri yapıldığından, ülkemiz karayolları için doğruya en yakın sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir. Yapılan maliyet analizlerine ilişkin grafiksel sonuçlar aşağıda verilmiştir. Bu grafikler incelendiğinde; esnek üstyapılarda projelendirme esasları etkisiyle oluşan fiziksel deformasyonların hasar alanı artışı ile bakım maliyetlerindeki değişimleri Şekil 7.1 - 7.2 - 7.3 - 7.4’te gibi olduğu görülmektedir. Grafiklerde, projelendirme kriterlerinden; yol üstyapısı bozulmalarında en etkili olan faktör malzeme faktörü olduğu saptanmıştır. Karayolu üstyapı hasarlarının neredeyse tamamına yakınının oluşumunda bu kriterin doğrudan etkili olduğu görülmektedir.



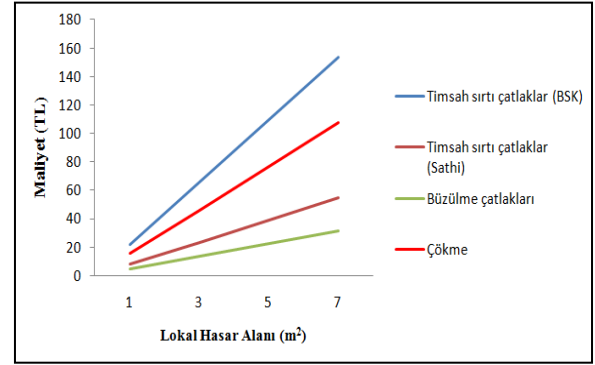
Şekil 7.1. Trafik faktörü



Şekil 7.2. İklim ve bölge faktörü



Şekil 7.3. Malzeme faktörü



Şekil 7.4. Üstyapı taban faktörü

Projelendirme safhasında ön veri olarak kullanılan kriterlerinin etkisiyle oluşan deformasyonların bakım ve onarımları için yapılan maliyet analizleri ve bu analizlerden elde edilen grafik verilerine ilişkin sonuçların tamamı Çizelge 7.1’de verilmiştir. Bu çalışmanın ilerleyen yıllarda da geçerliliğini yitirmemesi için bulunan maliyet değerleri 1 ton aşınma tabakası için hazırlanan asfalt betonu fiyatına (F_{ab}) endekslenmiştir. Karayolları Genel Müdürlüğü birim fiyat listelerinden elde edilen birim fiyatlarına göre 6400 poz numaralı 1 ton beton asfaltının üretim maliyeti 60,06 TL’dir. Çizelge 7.1’de deformasyonlara ait bakım maliyetleri 2010 yılı birim fiyatları ve eşdeğer beton asfaltı fiyatı değerlerine göre verilmiştir.

Çizelge 7.1. Esnek üstyapılardaki projelendirme kriterlerinin etkisiyle oluşan deformasyonlar ve bakım maliyetleri

Esnek Üstyapı Hasarları	Projelendirme Kriterleri				Bakım Maliyeti (TL/m ²)	Eşdeğer Asfalt Betonu Fiyatı (F_{ab})
	Trafik	İklim ve Bölge	Malzeme	Üstyapı Tabanı		
Kabarma		x			21,77 - 21,93	0,36 F_{ab} - 0,37 F_{ab}
Çökme		x	x	x	15,37	0,26 F_{ab}
Ondülasyon	x		x		15,37 - 21,77	0,26 F_{ab} - 0,36 F_{ab}
Tekerlek izi oluşumu	x				15,37	0,26 F_{ab}
Çukur			x		15,41	0,26 F_{ab}
Kusma			x		5,26	0,088 F_{ab}
Sökülme			x		4,49	0,074 F_{ab}
Agrega soyulması			x		5,69	0,095 F_{ab}
Agrega cilalanması			x		4,45	0,074 F_{ab}
Yansıma çatlakları	x	x			21,60	0,36 F_{ab}
Büzülme çatlakları			x	x	4,49	0,075 F_{ab}
Ek yer çatlakları			x		21,60	0,36 F_{ab}
Kenar çatlakları	x		x		8,80	0,15 F_{ab}
Kayma çatlakları	x				8,78	0,15 F_{ab}
Timsah sırtı çatlaklar				x	7,85 - 21,93	0,13 F_{ab} - 0,37 F_{ab}

Esnek üstyapılardaki projelendirme aşamasında ön veri olarak ele alınan kriterlerin etkisiyle oluşan deformasyonlar ve bakım maliyetlerinin yer aldığı Çizelge 7.1’de verilen bilgiler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Esnek üstyapılarda projelendirme kriterlerinin etkisiyle meydana gelen hasarlardan bakım maliyeti en yüksek olan bozulma kabarmadır. Donma ve çözülme sonucu ortaya çıkan bu bozulma türünde etkin olan faktör, iklim ve bölge şartları olduğu görülmektedir. Sathi ve bitümlü sıcak karışım kaplamalarda farklı onarım metotlarıyla rehabilite edilen kabarma oluşumunun 2010 yılı birim bakım maliyeti sathi kaplamalar için 21,77 TL; bitümlü sıcak karışım kaplamalar için 21,93 TL’dir.
- Ayrıca esnek üstyapılarda meydana gelen fiziksel deformasyon onarımlarında en düşük bakım maliyetleri malzeme faktörü etkisiyle oluşan agrega cilalanması, sökülme ve üstyapı taban ve malzeme faktörleri etkisiyle oluşan büzülme çatlakları olduğu görülmektedir.
- Projelendirme esaslarından üstyapı fiziksel deformasyon türlerinin oluşumunda en etkin kriterin malzeme faktörü olduğu Çizelge 7.1’deki verilen değerlerden anlaşılmaktadır. İklim ve trafik faktörlerinin etkisiyle üstyapı bozulmalarında etkili rol oynayan malzeme faktörleri; çökme, ondülasyon, kuma, çukur, sökülme, agrega soyulması, agrega cilalanması, büzülme çatlakları, ek yer çatlakları, kenar çatlakları bozulmalarında doğrudan etkili olurken diğer bozulma türlerinde dolaylı bir etkiye sahiptir. Başka bir deyişle malzeme kriteri üstyapı bozulmalarındaki dikkat edilmesi gereken en etkili faktördür.
- Esnek üstyapı hasarlarından; çökme, ondülasyon, büzülme çatlakları, yansıma çatlakları ve kenar çatlakları oluşumlarının meydana gelmesinde birkaç projelendirme parametresinin doğrudan etkili olduğu görülmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda, esnek üstyapılarda projelendirme safhasında ön veri olarak alınan projelendirme parametrelerinin, karayolu bakım maliyetlerinin değişiminde etkili olduğu görülmüştür. Karayolu ilk yapım maliyet analizlerinde dikkate alınan bu parametrelerin, yolun servis ömrü boyunca bakım maliyetlerinin optimal düzeyde tutulması için de üzerinde durulması gereken bir konu olduğu kanısına varılmıştır.

Lokal hasarlarda yapılan tüm onarımlar, Karayolları Genel Müdürlüğü Bakım Dairesi Başkanlığı karayolu onarım metotlarına göre; kullanılan tüm birim fiyatlar ise Program ve İzleme Dairesi Başkanlığı Keşif ve Şartname Şubesi Müdürlüğü 2010 yılı yol, köprü, bitümlü kaplamalar, bakım ve trafik işlerine ait birim fiyat listesine göre belirlenmiştir. Maliyet analizleri sonucunda ortaya çıkan bakım maliyetleri; üstyapı kalınlığı, deformasyon derecesi ve onarımın esaslı veya geçici olarak yapılmasına göre değişiklik gösterecektir. Bu çalışmada, fiziksel deformasyonların tamamının yüksek derecede hasarlı olduğu göz önünde tutulmaya çalışılarak esaslı onarım sonucu bakım maliyetleri belirlenmiştir. Ayrıca her bir projelendirme kriterinin bakım maliyetleri üzerindeki etkisi ayrı ayrı olarak incelenmiştir. İleriki çalışmalarda hasar onarımının Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen deformasyon derecelendirmeleri göz önünde bulundurularak bakım maliyet aralıklarının tespit edilmesi ve üstyapı fiziksel deformasyonlarındaki her bir hasar onarımının bakım maliyet sınırlarının belirlenmesi uygun olacağı düşünülmektedir.

8. KAYNAKLAR

- Ahmedzade P, Göktepe AB (2009). Polimerlerin Bitümlü Bağlayıcının Tekerlek İzi Dayanımı Üzerindeki Etkisi. 5. Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara.
- Carnahan JV, Davis WJ, Shahin MY, Keane PL, Wu MI (1986). Optimal Maintenance Decisions for Pavement Management. ASCE Journal of Transportation Engineering. Vol. 113, No. 5, pp. 554-572.
- Chen JS, Lin CH, Stein E, Hothan J (2004). Development of a Mechanistic-Empirical Model to Characterize Rutting in Flexible Pavements, Journal of Transportation Engineering, 130 (4), 519-525.
- Fwa TF, Sinha KC (1991). Pavement Performance and Life-Cycle Cost Analysis, ASCE Journal of Transportation Engineering, Vol. 117, No. 1, pp. 33-45.
- Giriş Ü (2007). Esnek Üstyapılar ile Rijit Üstyapıların Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Hajek JJ, Phang WA (1989). Prioritization and Optimization of Pavement Preservation Treatments. Transportation Research Record 1216, pp 58-68.
- Hatipoğlu S (1997). Aşırı Yüklü Kamyonların Dingil Yüklerinin Yol Ömrüne Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Hicks RG, Seeds SB, Peshkin DG (2000). Selecting A Preventive Maintenance Treatment for Flexible Pavements. Minnesota Technology Transfer Cent., Washington
- İlçalı M, Tayfur S, Özen H, Sönmez, Eren K (2001). Asfalt ve Uygulamaları. Yıldız Teknik Üniversitesi Yayın Merkezi Başkanlığı. İsfalt, Seçil Ofset, 280s.
- Isacson U, Lu X, (1995). Testing And Appraisal Of Polymer Modified Road Bitumens, State of the Art. Materials and Structures/ Materiaux Constructions, 28 (177),139-159.
- İSFALT (2001). Asfalt ve Uygulamaları. Yazıevi İletişim Hizmetleri, İstanbul.
- İSFALT (2002). Asfalt El Kitabı. Yazıevi İletişim Hizmetleri, İstanbul.
- Karayolları Genel Müdürlüğü (1998). Karayolu Bakım El Kitabı. Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Karayolları Genel Müdürlüğü (2006). Karayolları Teknik Şartnamesi Yayın No: 267, Ankara.
- Karayolları Genel Müdürlüğü (2009). 2008 Yılı Devlet ve İl Yolları Bakım-İşletme Maliyetleri. Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı Ulaşım ve Maliyet Etütleri Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Karayolları Genel Müdürlüğü (2010a). Devlet ve İl Yolları Envanteri. www.kgm.gov.tr. (erişim tarihi, 15.11.2010).

- Karayolları Genel Müdürlüğü (2010b). Yol, Köprü, Bitümlü Kaplamalar, Bakım ve Trafik İşlerine Ait Birim Fiyat Listesi Program ve İzleme Dairesi Başkanlığı Keşif ve Şartname Şubesi Müdürlüğü, Ankara.
- Kuloğlu M (2006). Bitümlü Sıcak Karışımlarda Bitüm Film Kalınlığının Stabilitate ve Rijitliğe Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Kuloğlu N, Kök BV, Öndaş M (2004). Sathi Kaplamalarda Kusma Olayına Etki Eden Faktörler. 4.Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara.
- Kutluhan S, Ağar E (2009). Bitümlü Sıcak Karışımların Kalıcı Deformasyon Davranışında Sıcaklığın Etkisi. 5. Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara.
- Markov M J, Brademeyer BD, Sherwood J, Kenis WJ (1987). The Economic Optimization of Pavement Maintenance and Rehabilitation Policy, Proc. of Second North American Conf. on Managing Pavements, pp. 170-182, Canada.
- Otto S, Ariaratnam ST (1999). Guidelines for Developing Performance Measures in Highway Maintenance Operations, ASCE Journal of Transportation Engineering, 125 (1) 46-54.
- Riggins M, Lytton RL, Garcia-Diaz A (1985). Developing Stochastic Flexible Pavement Distress and Serviceability Equations. Transportation Research Record, 1048, pp. 1-7.
- Sharaf EA, Sinha KC (1984a). Estimation of Pavement Routine Maintenance Costs. Transportation Research Record, Vol. 981, pp. 55-58.
- Sharaf EA, Sinha KC (1984b). Analysis of Pavement Routine Maintenance Activities in Indiana, Transportation Research Record, Vol. 985, pp. 19-24.
- Steiner HM, Lynch RJ (1980). Priority-Setting Method for Road Maintenance, Transportation Research Record, Vol. 774, pp. 7-11.
- Taşdemir Y, Ağar E (2005). Bitümlü Kaplamalarda Düşük Sıcaklık Çatlaklarının İncelenmesi. İtüdergisi/d mühendislik, cilt: 4, sayı: 1, 59-70.
- Tayebali AA, Rowe GW, Sousa J B (1992). Fatigue Response Of Asphalt Aggregate Mixtures. Asphalt Paving Technology. Association of Asphalt Paving Technologists Proceedings of the Technical Sessions, 61, 333-360, USA.
- Temren Z, Önal MA (2004). Esnek Üstyapı Dizaynı ve Asfalt Tabakaları. Asfalt Müteahhitleri Derneği, Ankara.
- Temren Z (2005). Şehir İçi Yollarda Asfalt. Asfalt Müteahhitleri Derneği, Ankara.
- Terzi S, Karaşahin M, Saltan M, Tuncuk M, Fındık S, Yılmaz A, Seven M (2007). Sathi Kaplamaların Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması. Tübitak Proje no: 106-M-143.
- Terzi S (2004). Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Geliştirilmesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.

Tsunokawa K, Islam R, Changyu G (2002). Optimal Strategies For Highway Pavement Management in Developing Countries, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, Vol. 17, pp. 194-202.

Tunç A (2004). Esnek Kaplama Malzemeleri El kitabı, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.

Tunç A (2001). Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, 1. Baskı Atlas Yayınevi, İstanbul.

Uzan J (2004). Permanent Deformation in Flexible Pavements, Journal of Transportation Engineering, 130 (1), 6-13.

Watson JP (1989). Highway Construction and Maintenance, Longman Group (FE) Limited, 7-17, Newyork.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Siirt'te doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini sırasıyla Erzincan, Uşak, Diyarbakır, Manisa illerinde tamamladı. Lisans öğrenimini Erciyes Üniversitesi Yozgat Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde tamamlayarak 2008 yılında mezun oldu. Ankara'da bir yapı denetim firması bünyesinde denetim, kontrol ve teknik danışmanlık görevlerinde kontrolör inşaat mühendisi olarak görev yaptı. Tekirdağ'da bulunan özel bir firma bünyesinde, Edirne Keşan'da bulunan PTT binası yapım işi ve İller Bankası kontrolörlüğünde yürütülen Tekirdağ içme suyu deposunun şantiye şeflikleri görevlerinde çalıştı. Halen Niğde Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Ulaştırma Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.