ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ESNEK KAPLAMALI KARAYOLLARINDA MEYDANA GELEN DEFORMASYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ: KIRIKKALE KESKİN YOLU ÖRNEĞİ

Hamza ASLAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2022

Her hakkı saklıdır.

TEZ ONAYI

Hamza ASLAN tarafından hazırlanan **"Esnek Kaplamalı Karayollarında Meydana Gelen Deformasyonların Değerlendirilmesi: Kırıkkale Keskin Yolu Örneği"** adlı tez çalışması …../…../20…. Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Vesile Hatun AKANSEL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Esnek Kaplamalı Karayollarında Meydana Gelen Deformasyonların Değerlendirilmesi: Kırıkkale Keskin Yolu Örneği**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı'yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (23/08/2022).

Hamza ASLAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ESNEK KAPLAMALI KARAYOLLARINDA MEYDANA GELEN DEFORMASYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ: KIRIKKALE KESKİN YOLU ÖRNEĞİ

Hamza ASLAN

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLİ BİNGÖL

Ulaşım, ülkenin sosyo-ekonomik yapısının en önemli temellerinden biridir. Otoyollar ülkemizdeki en aktif ulaşım sistemidir. Ülkemizin hemen hemen tamamı esnek asfalt yollarla çevrili olup, toplam yol ağı 68.526 km'dir ve bunları hepsi asfalttır. Ülkemizde artan nüfus ve gelişen teknoloji ile beraber ağır taşıt trafiği git gide artmakta bu unsurlarda yol yapısında birtakım bozulmaların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bununla birlikte ülkemizin dağlık ve engebeli coğrafik bir yapıya sahip olması bununla birlikte farklı iklim özelliklerinin var olması nedeniyle, artan dingil yükleri pek çok yol problemlerini meydana getirmektedir. Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda günümüzde aktif olarak hizmet vermekte olan karayolu ağının bakım ve onarımlarının tam zamanında en kaliteli biçimde yapılması zorunlu olmaktadır. Bir ülkenin ekonomisinin negatif yönde etkilenmesine meydan vermemek adına halihazırda bulunan karayolu ağının sık sık yenilenmesi yerine faal olan yol güzergahlarının bozulma sebeplerini tespit ederek yahut öngörerek yeniden tasarlamak mühimdir. Çalışma içerisinde esnek kaplamalı yollarda ortaya çıkan deformasyonların nedenleri, çözüm yolları Kırıkkale örneği baz alınarak sunulmuştur.

2022, 77 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Yol, Deformasyon, Karayolları, Kaplama

ABSTRACT

Master of Science Thesis

EVALUATION OF DEFORMATIONS OCCURRING ON FLEXIBLE PAVED HIGHWAYS: THE CASE OF KIRIKKALE KESKIN ROAD EXAMPLE

Hamza ASLAN

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Asst. Prof.Dr. Başak VARLI BINGOL

Transportation is one of the most important foundations of the country's socio-economic structure. Highways are the most active transportation system in our country. Almost all of our country is surrounded by flexible asphalt roads, the total road network is 68,526 km and all of them are asphalt. With the increasing population and developing technology inour country, heavy vehicle traffic is gradually increasing, which causes some deteriorationin the road structure. However, due to the fact that our country has a mountainousand rugged geographical structure and different climatic characteristics, increasing axle loads create many road problems. Considering all these, it is imperative that the maintenance and repairs of the highway network, which is actively serving today, be done on time with the highest quality. In order to prevent a country's economy from being negatively affected, it is important to identify or anticipate the causes of deterioration of active road routes, rather than renewing the existing road network frequently, and redesign them. In the study, the causes of the deformations that occur on the flexible paved roads and the solutions are presented based on the Kırıkkale example.

2022, 77 pages

Keywords: Road, Deformation, Highways, Coating

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yürütmüş olduğum bilimsel çalışmam esnasında yardımlarını esirgemeyen ve bana her türlü desteği sağlayan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Başak Varli Bingöl kıymetli fikir ve yönlendirmeleriyle bana ışık tutan Olcay Yılmaz'a, manevi desteğiyle hayatımın her anında katkısı bulunan aileme, birlikteliğimiz boyunca varlığını her zaman yanımda hissettiğim, sevgisiyle bana güç veren eşim Fatma Aslan'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Hamza ASLAN
Çankırı, Ağustos 2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vii**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **viii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **ix**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xi**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Çalışmanın Amacı **1**
1.2 Projenin Yeri ve Özellikleri **1**
1.3 Çalışmanın Yöntemi ve Süresi **2**
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE **3**
2.1 Literatür Taraması **3**
2.1.1 Kalıcı deformasyon davranışını etkileyen faktörler **3**
2.1.2 Kontak gerilme dağılımı **3**
2.1.3 Kaplama yapısı **6**
2.1.4 Genel konsept **7**
2.2 Esnek Yol Üstyapı Kaplamaları ve Türleri **9**
2.2.1 Kaplama servis kolaylığı **11**
2.2.2. Sathi (yüzeysel) kaplamalar **12**
2.2.3 Tek katlı sathi kaplama **13**
2.2.4 Çok katlı sathi kaplama **14**
2.2.5 Kum örtme tabaka **14**
2.2.6 Bitümlü sıcak karışım kaplamaları **14**
2.2.7 Stabilite **15**
2.2.8 Rijitlik **15**
2.2.9 Durabilite **15**
2.2.10 Yorulma mukavemeti **15**
2.2.11 Esneklik **16**

2.2.12 Geçirimsizlik **16**
2.2.13 Kayma direnci **16**
2.3 Esnek Yol Üstyapılarındaki Fiziksel Deformasyonlar **17**
2.4 Deformasyonlar **17**
2.4.1 Tekerlek izi oluşumu **18**
2.4.2 Ondülasyon **19**
2.4.3 Çökme **20**
2.4.4 Kabarmalar **20**
2.4.5 Ayrışmalar **21**
2.4.6 Çatlamalar **22**
2.4.7 Timsah sırtı çatlaklar **22**
2.4.8 Büzülme çatlakları **23**
2.4.9 Kenar çatlakları **23**
2.4.10 Ek yer çatlakları **24**
2.4.11 Kayma (ötelenme) çatlakları **24**
2.4.12 Yansıma çatlakları **24**
2.5 Çevresel Faktörler **24**
2.6 Esnek Yol Üstyapı Kaplamalarındaki Hasar Onarımları **25**
2.6.1 Bölgesel yamanması **26**
2.6.2 Çökmelerin onarımı **26**
2.6.3 Tekerlek izi ve olukların onarımı **27**
2.6.4 Ondülasyon ve yığılmaların onarımı **28**
2.6.5 Çatlakların yalıtımı ve dolgusu **28**
2.6.6. Kabarmaların onarımı **29**
2.6.7 Sökülmelerin onarımı **29**
2.6.8 Çukurların onarımı **30**
2.6.9 Kaygan yüzey onarımları **30**
3. PROJE VERİLERİ **31**
3.1 Üstyapı Proje Verileri **31**
3.2 İklim Koşulları **32**
3.3 Hidrolojik Koşullar **34**
3.3.1 Üstyapı tabanı **34**

3.3.2 Yarma malzemelerinin dolgularda kullanılabilirliği 35
3.3.3 Mevcut üstyapı malzemeleri 35
3.3.4 Mevcut yolun servis kabiliyetinin belirlenmesi 35
3.3.5 Performans gözlemleri 36
3.3.6 Arazi ve laboratuvar çalışmaları 47
3.3.7 Trafik analizi 53
3.3.8 Bakım-onarım, takviye, yeniden yapım stratejisinin belirlenmesi 56
3.3.9 Takviye tabakası hesaplarının yapılması 57
3.3.10 Yeniden yapım gerektiren kesimlerin değerlendirilmesi 57
3.3.11 Taban zemininin değerlendirilmesi 58
3.3.12 Takviye tabakalarında kullanılacak malzeme özellikler 58
3.3.13 Kullanılması Gereken Bitüm Sınıfının Belirlenmesi 59
3.4 Sonlu Elemanlar ile Modelleme 60
4. TARTIŞMA 64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 65
KAYNAKLAR 66
EKLER 68
ÖZGEÇMİŞ 77

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
µm	Mikrometre
CM	Santimetre
CM^2	Santimetre kare
GR	Gram
GR/ CM^2	Gram/ santimetre kare
KG	Kilogram
KG/DM^3	Kilogram/desimetre küp
M^3	Metre küp
MG/M^3	Mega gram/metre küp
ML	Mililitre
MM	Milimetre
MM^2	Milimetre kare
WA24	24 Saatteki su emme oranı

KISALTMALAR DİZİNİ

BSK	Bitümlü sıcak karışım
CBR	Kaliforniya taşıma oranı
KGM	Karayolları genel müdürlüğü
PMT	Plentmix temel
TİO	Tekerlek izinde oturmalar
ÜAÇ	Üstyapı araştırma çukuru

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 VRSPTA sisteminin bir illüstrasyonu (De Beer *et al* 1997) 5
Şekil 2.2 Yavaş hareket eden (1,2 mis) tek kamyon lastiği (Goodyear) için 3 boyutlu temas gerilimleri (De Beer *et al* 1997) 5
Şekil 2.3 Toprak karışımlarının fiziksel durumları, kaynak (Yoder 1959). 8
Şekil 2.4 Gözenekli asfalt betonu (PAC), taş mastik asfalt betonu (SMA) ve yoğun asfalt betonunun (DAC) röntgen tomografi görüntüleri 8
Şekil 2.5 Tipik bir yol en kesiti ve esnek üstyapısı 10
Şekil 2.6 Esnek yol kaplamalasında hasar görünümü 17
Şekil 2.7 Yol kaplamalarında ondülasyon 19
Şekil 2.8 Hava koşullarından zarar görmüş çukur 21
Şekil 2.9 Esnek yol kaplamalarında timsah sırtı çatlaklara ait bir görünüş 23
Şekil 2.10 Esnek yol kaplamalarında hasar onarımına ait bir görünüş 26
Şekil 3.1 Yol uygulanacak en kesiti ve esnek üstyapısı 32
Şekil 3.2 Türkiye don indeksi ve don penetrasyon derinlik haritası 33
Şekil 3.3 Yıllık ortalama yağış dağılım haritası 34
Şekil 3.4 Km:24+000 gürünüm 37
Şekil 3.5 Km:24+000 çatlak tespiti 37
Şekil 3.6 Km: 25+500 ilerisinden görüntü 38
Şekil 3.7 Km: 25+500 yol durumu çatlakların olduğu yerlerde yoğun agrega sökülmeleri gözlenmiştir. 38
Şekil 3.8 Sağ keskin köprülü kavşağı önü km:27+700- blok + enine + boyuna ve timsah sırtı çatlaklardan görünüm. 39
Şekil 3.9 Sağ km:28+000 – enine, boyuna, timsah sırtı çatlaklar ve harita (blok) çatlaklar Km:28+000-Çatlak genişliği> 2 cm olarak ölçülmüştür. 39
Şekil 3.10 Sağ km:42+800 yol görünümü 40
Şekil 3.11 Sağ km:46+000 yol görünümü 40
Şekil 3.12 Sol proje sonu km:48+800 gerisinden görünüm 42
Şekil 3.13 Sol km:48+000-enine çatlakların oluştuğu kesimlerde yapılan genişlik ölçümünde> 2 cm olduğu görülmektedir. 42
Şekil 3.14 Sol km:44+000 gerisinden ve kesitten görünüm 43
Şekil 3.15 Sol km:41+800-tüm güzergâh boyunca görülen boyuna ve enine çatlaklardan görünümü 43
Şekil 3.16 Sol km:37+800-boyuna çatlak üzerinde yapılmış çatlak dolgusu ve enine çatlağın kesitten görünümünde çatlağın tüm bsk tabakalarında gözlenmektedir. 44
Şekil 3.17 Sol km:33+800-yüksek şiddette enine çatlaktan kesit görünümü 44
Şekil 3.18 Sol km:31+300-platform üzerinde oluşan çatlaklardan görünüm 45

Şekil 3.19 Sol km:29+600-enine, boyuna ve blok (harita) çatlaklarından görünüm yan kesitten bakıldığında enine çatlağın tüm bsk tabakalarına yansıdığı görülmektedir. 45
Şekil 3.20 Sol km:27+200-asfalt sathında meydana gelen bozulmalardan görünüm 46
Şekil 3.21 Sol km:25+200-asfalt sathı bozulmaları ve kesitten enine çatlak görünümü 46
Şekil 3.22 2018 Yılı trafik hacim haritası 54
Şekil 3.23 Bitüm performans sınıf haritası 59
Şekil 3.24 Hedeflenen model 61
Şekil 3.25 Yol tabakalarının modellenmesi 62
Şekil 3.26 Sonlu elemanlar modeli 62
Şekil 3.27 Üstyapıdaki düşey deplasman 63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 LINTRACK test kaplamalarının bazılarının kaplama yapısı 7
Çizelge 2.2 Asfalt ve afetlerde sıkıntı 11
Çizelge 3.1 Proje güzergahında yapılan faaliyetler tablosu 31
Çizelge 3.2 Proje güzergahın yıllık sıcaklık tablosu 32
Çizelge 3.3 Üstyapı kalınlık hesap tablosu 35
Çizelge 3.4 Arazi karot örnekleri 48
Çizelge 3.5 Karot bilgileri tablosu 52
Çizelge 3.6 Mevcut temel ve alttemel kalınlıkları tablosu 53
Çizelge 3.7 Proje güzergahında trafik yoğunluğu tablosu 54
Çizelge 3.8 Esnek üstyapılar için puanlama tablosu 56
Çizelge 3.9 Üstyapı durum değerlendirme tablosu 56
Çizelge 3.10 Km:37+700 ve km:45+000 malzeme kalınlıkları tablosu 58
Çizelge 3.11 Taş ocağı fiziksel özellikleri 59
Çizelge 3.12 Bitüm sınıfı seçim tablosu 60

1. GİRİŞ

1.1 Çalışmanın Amacı

Karayolları Genel Müdürlüğü 4. Bölge sınırları dahilinde bulunan Kırıkkale-Keskin-6. Bölge Hududu Devlet Yolu Km:24+000-48+800 arası yol yapım işinde, Üstyapı Başmühendisliğinin yol üstyapısında var olan deformasyonların yeniden değerlendirilmesi hususunda tarafımıza göndermiş olduğu 31.05.2019 tarih ve 54874232-155/E.244724 sayılı yazıya istinaden, bahsi geçen güzergahta üstyapı tabakalarında meydana gelen bozulmalarının şiddeti ve yoğunluğunun tespiti için performans gözlemleri ve karot çalışmalarının sonucunda hazırlanan 19.04.2016 tarihli onaylı araştırma raporunda öngörülen takviye projesi ile tekrar yerinde yapılan performans gözlemleri ve detaylı karot çalışmaları sonucu mevcut üstyapı gözden geçirildiğinde, üstyapı tabakalarında meydana gelen bozulmalarının şiddetinin ve yoğunluğunun arttığı, sağ yolda genelde aşınma ve binder seviyesinde, sol yolda ise aşınma tabakası seviyesinde olan çatlakların trafik yükleri etkisi altında ve donma çözünmelerin yüksek olduğu bölgede yer almasından dolayı tüm bsk tabakalarında ilerlemiş olduğu görülmüş olup, 2016 yılında hazırlanmış olan üstyapı takviye projelendirme raporunun revize edilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır.

1.2 Projenin Yeri ve Özellikleri

İncelenen yol güzergahı (Ankara-Kırıkkale) Ayr. Devlet Yolunun Km:24+000'den (Türkiye Petrolleri istasyonu Önü) başlamakta olup, Km:27+800' de Keskin Köprülü Kavşağı, Km:31+000 (Çelebi-Çerikli) ayrımı, Km:32+109 Gülkonak (Keskin Cezaevi) ayrımını sonrasında 6. Bölge Hududunda (Km:48+800) son bulmaktadır. Bitümlü sıcak karışım ve 2x2 bölünmüş yol olarak hizmet veren ilgili güzergâh yaklaşık 25 km olup, devlet yolu ağında yer almaktadır (K.K.No:765-08).

Çalışma yapılan güzergahta yatay-düşey hat değişikliği yanında diğer geometrik standartlarda herhangi bir değişiklik bulunmamaktadır.

Mevcut üstyapıda oluşan farklı türde bozulmalar nedeniyle servis kabiliyetinde büyük oranda azalmalar görülmüş olup, bsk tabakalarının servis ömrünü tamamladığı için gerekli müdahalenin yapılmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır. Söz konusu yolun yapımı 2008 yılında tamamlanmış ve aşınma seviyesinde trafiğe açılmıştır.

1.3 Çalışmanın Yöntemi ve Süresi

Bu projenin arazi çalışmaları kapsamında, yolda meydana gelmiş bozulma ve deformasyonlar arazide yapılan çalışmalarla tespit edilmiş ve incelenmiştir. Her bir homojen kesim için bozulmaların türü, şiddeti, yoğunluğu belirlenmiştir. Gerekli görülen yerlerden karotlar alınmıştır. Temel, alttemel ve mevcut üstyapı tabanının durumunun belirlenmesi amacıyla Üstyapı Araştırma Çukurları ve Araştırma Çukurları açılarak numuneler alınmıştır. Arazide yapılan bu çalışmalar yaklaşık bir aylık bir süreç almıştır.

Laboratuvar çalışmaları kapsamında, alınan karotlar incelenerek BSK kaplama tabaka kalınlıkları, bozulmaların hangi tabakaları kapsadığı vb. bilgiler elde edilmiştir. Karotlara ekstraksiyon yapılarak bitüm miktarı ve gradasyon tespit edilmiştir. ÜAÇ ‘lerden alınan numunelere Elek Analizi, Atterberg Limitleri, Proctor ve CBR deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar çalışmaları yaklaşık bir buçuk ay sürmüştür.

Arazi ve laboratuvar çalışmaları ışığında yolun üstyapı puanı, üstyapı yapısal puanı, bozulmaların tabakalara yayılma durumu, ortalama tabaka kalınlıkları vb. belirlenmiştir. Temel, alttemel ve mevcut üstyapı tabanı ile ilgili gerekli değerlendirmeler yapılmıştır.

Trafik verileri kullanılarak projelendirmeye esas trafik yükü belirlenmiştir. Performans Gözlemleri ve Arazi Çalışmaları Metodu kullanılarak üstyapının durumu değerlendirilmiş ve gerekli takviye stratejisi belirlenmiştir. Yaklaşık olarak beş aylık bir sürede tüm çalışmalar tamamlanmıştır.

Uygun görülen yerlerden toplam 21 adet BSK karot numunesi alınmıştır.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1 Literatür Taraması

"Esnek Kaplamalı Karayollarında Meydana Gelen Deformasyonların Değerlendirilmesi: Kırıkkale Keskin Yolu Örneği" adlı çalışmamda mevcut Kırıkkale Keskin Yolunun esnek kalamasın da meydana gelen deformasyonların değerlendirilmesi ve bu deformasyonların giderilmesi yöntemi belirlenmesi için yapılmış olan bir çalışmadır. Söz konusu çalışma için kaplama çeşitleri, kaplama altyapısı ve kaplamalarda meydana gelen deformasyon çeşitleri ve meydana gelme nedenlerini ulusal ve uluslararası bunun ilgili olarak daha önce yayınlanmış makalelerden yararlanmıştır.

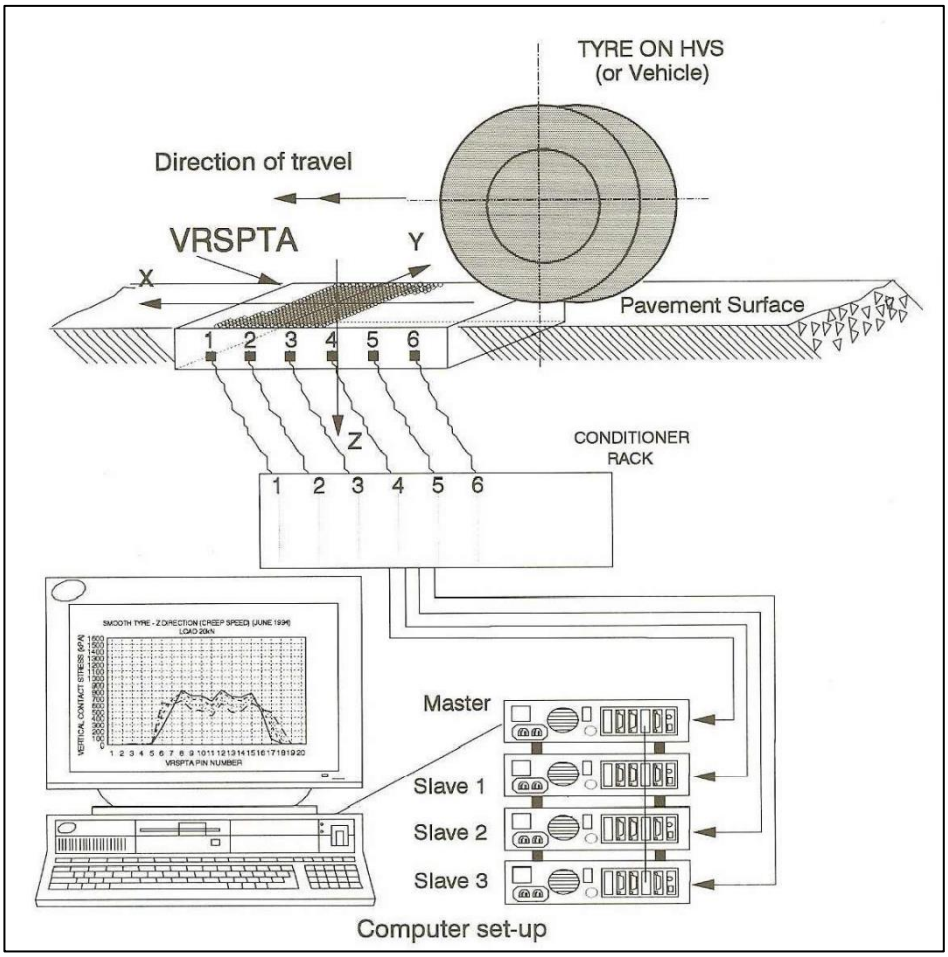
2.1.1 Kalıcı deformasyon davranışını etkileyen faktörler

Tekerlek izlerinde kaplama yüzeyinde gözlenen kalıcı deformasyonun, gerilme koşullarından ve kaplama katmanlarının özelliklerinden etkilendiği genel olarak kabul edilmektedir. Kaplama katmanlarındaki gerilme koşulları, temas gerilme dağılımlarının yanı sıra çeşitli kaplama katmanlarının sertliği ve kalınlığından güçlü bir şekilde etkilenir. Asfalt karışımlarının sertliği ve kalıcı deformasyonuna karşı direnci, karışım bileşimine, sıkıştırma derecesine, yükleme hızına ve sıcaklığa büyük ölçüde bağlıdır. Bu faktörlerin etkisi aşağıdaki bölümlerde sunulacaktır.

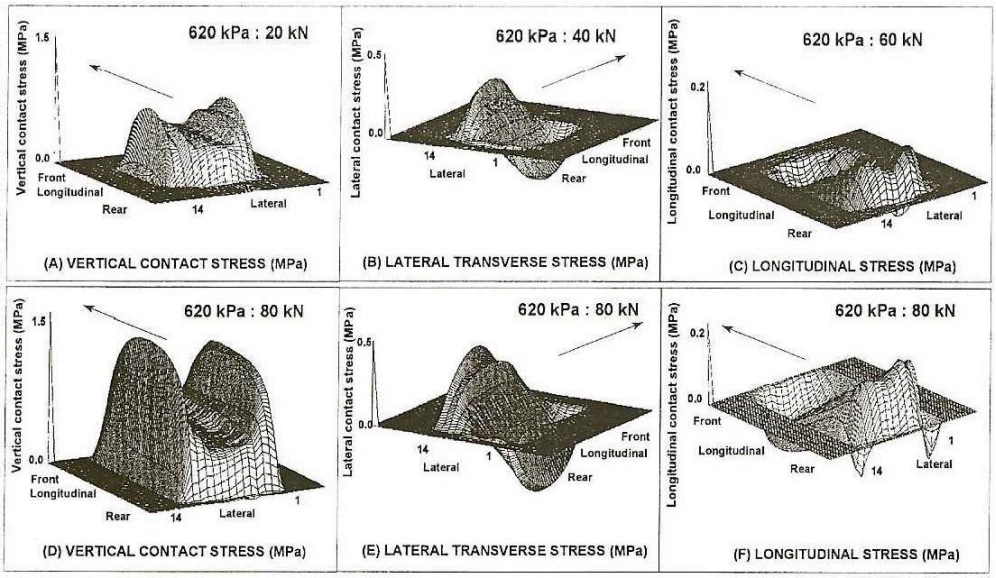
2.1.2 Kontak gerilme dağılımı

Tekerlek yükü düzgün olmayan dikey, uzunlamasına ve yanal temas gerilimleri üretir. Temas gerilimleri, lastik basıncının, tekerlek yükünün, lastik tipinin ve kaplama yüzeyi doku derinliğinin bir fonksiyonudur. Himeno vd. (1997) hız, vehikül yükü ve lastik şişirme basıncının dikey temas gerilme dağılımı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Dikey temas geriliminin dağılımının karmaşık olduğu ve ortalama dikey temas gerilimi ile tekerlek yükü arasındaki ilişkinin, şişirme lastik basıncı ve araç hızından neredeyse bağımsız olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, ortalama temas gerilimleri

hakkında bilgi, kalıcı deformasyonu ayrıntılı olarak analiz etmek için yeterli değildir ve temas gerilimlerinin dağılımı hakkında daha ayrıntılı bilgi verilmektedir. Bu, De Beer vd. (1997) tarafından yapılan çalışmalardan elde edilebilir. Araştırmalarında, De Beer vd. (1997) Şekil 2.1'de gösterilen Vehicle Road Surface Basınç Dönüştürücü Dizisi (VRSPTA) olarak bilinen sofistike bir ölçüm sistemi kullanarak serbest bir yuvarlanma tekerleğinin temas gerilimi dağılımını yavaş hızda dikkatlice ölçtüler. Temas gerilimlerinin üç boyutlu dikey, yanal ve uzunlamasına temas gerilimlerinden oluştuğunu ve temas gerilimlerinin lastik şişirme basıncına, lastik tipine ve tekerlek yüküne bağlı olduğunu bulmuşlardır. De Beer tarafından ölçülen temas gerilimi dağılımlarının bir örneği ve ark. Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Groenendijk vd. (1997) lastik şişirme basıncının, lastik yükünün ve hızının temas gerilimi üzerindeki etkisini iki farklı lastik türü kullanarak araştırmıştır. Dikey, yanal ve boyuna temas gerilmelerinin lastik şişirme basıncından ve lastik yükünden etkilendiğini, ancak hızdan sadece küçük bir ölçüde etkilendiğini bulmuşlardır. Bununla birlikte, hızın sadece 0,32 ila 4 mis arasında değişebileceği belirtilmelidir. De Beer vd. (1997) ve Groenendijk vd. (1997), tekerlek yükü ve lastik basıncı birbirine göre dengelenirse, önemli sürtünmeye neden olabilecek pik temas gerilmelerinin önlenebileceğini gösterdi. De Beer vd. (1997) yüzey dokusu derinliğinin temas gerilmeleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu çalışmadaki yüzey dokusu derinliği, simüle edilmiş bir yol yüzeyinden çıkıntı yapan dönüştürücünün yüksekliğinin değiştirilmesiyle simüle edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bulgular, 1 mm'lik makro dokulu bir yüzey yontmasının, sıfır doku depth'de bir yontma üzerinde indüklenen iki kat temas kuvvetine dayandığını göstermiştir.



Şekil 2.1 VRSPTA sisteminin bir illüstrasyonu (De Beer *et al* 1997)



Şekil 2.2 Yavaş hareket eden (1,2 mis) tek kamyon lastiği (Goodyear) için 3 boyutlu temas gerilimleri (De Beer *et al.* 1997)

Birçok kaplama analiz yöntemi, tekerlek yükünden kaynaklanan temas gerilimini karakterize etmek için düzgün bir dikey temas geriliminin yeterli olduğunu varsayar. Çok katmanlı doğrusal elastik bir yaklaşım kullanarak, Verstraeten (1967), üst kaplama katmanlarındaki gerilmelerin büyüklüklerinde ve dağılımlarında ciddi hatalar yapılabileceğini göstermiştir (derinlikten temas yarıçapına oran: S 0. 5) Kaplama yüzeyindeki kesme gerilmeleri göz ardı edilirse. Ek olarak, arıza koşullarının üç boyutlu bir sistemde sadece bir nokta ile değil, gerilim kombinasyonlarının malzemenin mukavemeti için kritik hale geldiği belirli bir yüzey tarafından karakterize edilebileceğini göstermiştir.

Ağır yavaş hareket eden araçların, Harun ve Jones (1992) tarafından derlenen bir raporda gösterildiği gibi, asfalt kaplamaların dahil bölümlerinde önemli ölçüde sürtünmeye neden olduğu bilinmektedir. İlk bakışta, bu önemli sürtünme araçların yavaş hızından kaynaklanıyormuş gibi görünebilir. Bununla birlikte, bu önemli rutlanma, uzunlamasına ve yanal temas gerilmelerindeki artışla ilişkilendirilebilir. Bu gerilmelerdeki artış, eğimli yüzeye etki eden tekerlek yükünün bileşenindeki artıştan kaynaklanmaktadır.

2.1.3 Kaplama yapısı

Tipik bir asfalt kaplama yapısı, bir üst katman, taban, alt taban ve alt sınıftan oluşur. Kaplamadaki gerilimlerin dağılımı, kaplama katmanlarının sertliğine, Poisson'un oranına ve kalınlığına bağlıdır. Granüler malzemelere benzer şekilde, asfalt karışımlarının kalıcı deformasyonuna karşı direnç, büyük ölçüde tekerlek yükünden kaynaklanan confining gerilmelerinin büyüklüğüne bağlıdır. Genel olarak, hapsedilmedeki bir artış, kalıcı deformasyona karşı direnci arttırır. Kaplama katmanlarını akıllıca istifleyerek, kalıcı deformasyona karşı gelişmiş dirençe yol açan önemli hapsetme seviyeleri üretilebilir. Böyle bir istifleme çoğunlukla asfalt üst katmanlarının altında yüksek modüllü bir tabaka içerir.

Böyle bir kaplamaın tipik örnekleri, Hollanda'daki Ulaştırma Bakanlığı ve Delft Teknoloji Üniversitesi tarafından yürütülen hızlandırılmış kalıcı deformasyon programında test edilen LINTRACK I test kaplamalarıdır. Çizelge 2.1, bazı LINTRACK

test kaplamalarının kaplama yapısını göstermektedir. Kalıcı deformasyon testleri yüksek sıcaklıklarda (40 ° C) yapıldığından, asfalt üst katmanlarının sertliği, çimento işlenmiş AGRAC tabanınınkinden önemli ölçüde daha düşüktü. Asfalt tabakalarının düşük sertliğine rağmen, asfalt tabakalarında significant yatay hapsetme gerilmeleri indüklenmiştir. Bu, kapsamlı bir visko-elastik analiz ile kanıtlanmıştır (Mumya *et al* 2002).

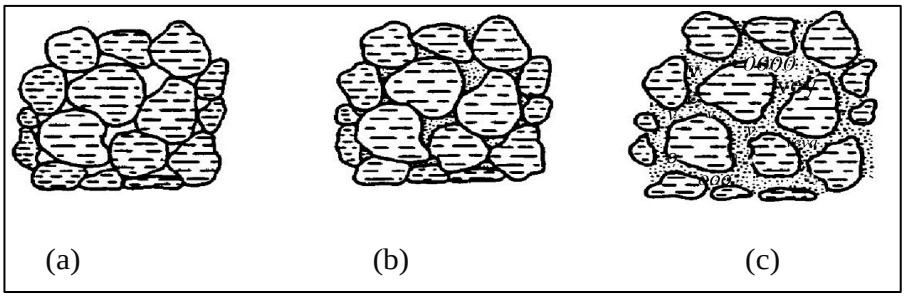
Çizelge 2.1 LINTRACK test kaplamalarının bazılarının kaplama yapısı

Üst tabaka- 40 mm asfalt tabakası
İkinci kat- 60 mm asfalt
Üçüncü tabaka- 80 mm asfalt tabakası
Dördüncü kat- 90 mm asfalt tabakası
Taban tabakası- 250 mm çimentoya bağlı asfalt agrega (AGRAC) tabakası
Alt sınıf

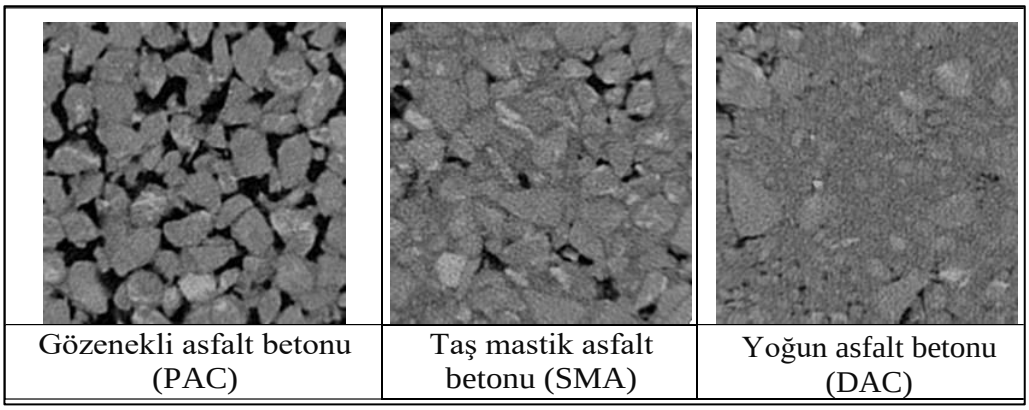
2.1.4 Genel konsept

Asfalt karışımları toprak karışımları ile birçok benzerliği paylaşır. Şekil 2.4, toprak karışımlarının fiziksel durumlarını göstermektedir. Şekil 2.5'de bu araştırma sırasında üretilen gözenekli asfalt betonu (PAC), taş mastik asfalt betonu (SMA) ve yoğun asfalt betonunun X-ışını tomografi görüntüleri görülmektedir. İki şekil karşılaştırıldığında, asfalt karışımları ile toprak karışımları arasındaki benzerlik gözlemlenebilir.

Şekil 2.3 (a)'da gösterilen toprak karışımı PAC ile benzerdir. İlk bakışta, karışım, harç tarafından bir arada tutulan taş iskeletin kalıcı deformasyona karşı direnç sağlamada önemli bir rol oynadığı izlenimini verir. Başlangıçta



Şekil 2.3 Toprak karışımlarının fiziksel durumları, kaynak (Yoder 1959).



Şekil 2.4 Gözenekli asfalt betonu (PAC), taş mastik asfalt betonu (SMA) ve yoğun asfalt betonunun (DAC) röntgen tomografi görüntüleri

Şekil 2.3 (b)'de gösterilen toprak karışımı SMA'ya iyi benzerlik göstermektedir. Bu durumda, kalıcı deformasyona karşı direnç hem iskelete hem de harçlara dayanır. Boşluk içeriği düşükse, doymuş topraklarda gözlenen gözenek basınçları gelişebilir ve karışımda kararsızlığa neden olabilir. Ayrıca, harcın çekme özellikleri ve harç agrega arayüzünün yapışkan özellikleri, genişleme meydana gelirse önem kazanır.

Şekil 2.3 (c)'de gösterilen toprak karışımı DAC ile karşılaştırılabilir. Böyle bir karışımda, büyük taş agregaları gerçekten bir iskelet oluşturmaz, ancak harçta az ya da çok yüzer. Büyük agrega parçacıkları, kalıcı deformasyona karşı direnç sağlamada rol oynamaz. Bu direnç harç tarafından sağlanabilir, böylece böyle bir karışımdaki visko-elastik özelliklerin önemi vurgulanır. Bitüm tipi, dolgu tipi ve bitüm ve dolgu miktarı esas olarak bu özellikleri belirler. Boşluk içeriği çok düşükse, doymuş topraklarda gözlenen po re basınç etkileri meydana gelebilir ve bu da karışımın kararsızlığına neden olabilir.

Önceki tartışma, asfalt karışımlarının toprak karışımlarıyla birçok benzerliği paylaştığını ve ayrıca skeletve harcın belirli roller oynadığını göstermektedir. Tartışma ayrıca harcın yapışkan ve çekme özelliklerinin önemini vurgulamaktadır. Bu nedenle, bir asfalt karışımının farklı bileşenlerinin kalıcı deformasyona karşı direncinin geliştirilmesindeki katkısını anlamak ve karakterize etmek önemlidir.

Kaplamaların gerek ülke içinde gerekse dünyanın farklı coğrafyalarında kaplanın çeşidi belirlemede coğrafik koşullar, iklim koşulları ve zemin gibi birçok parametrenin etkili olduğu görülmektedir. Bununla birlikte kaplamada meydana gelen deformasyonların çeşidi bakımından da farklı zeminlerde farklı etkenlerin olduğu coğrafik koşulların ve iklim şartlarına bağlı olarak deformasyonlar meydana gelmiştir. Meydana gelen bu deformasyonlarım onarım yöntemlerin neler olduğu ele alınmıştır.

Hazırlamış olduğum bu çalışmamda önce kaplama çeşitleri ve genel olarak kaplamalarda meydana gelen deformasyonları incelenmesinden sonra Kırıkkale Keskin yolun meydana gelen deformasyonların incelenip çözüm önerilerinin bulunması ile sonlandırılmıştır.

2.2 Esnek Yol Üstyapı Kaplamaları ve Türleri

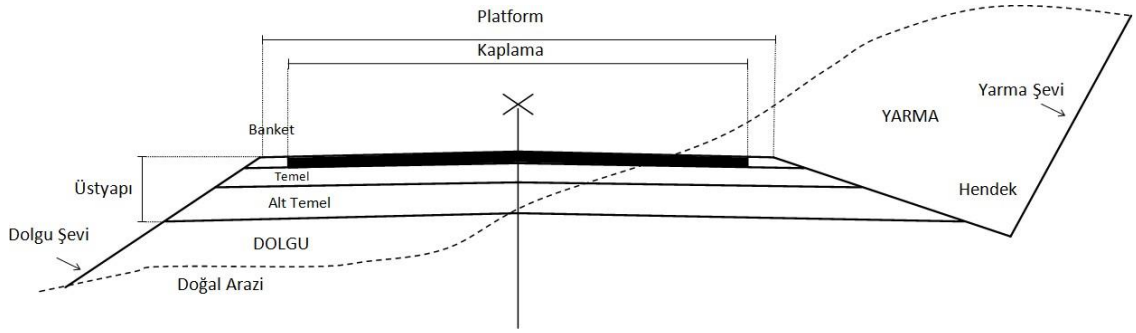
Çağımızda, bütün tüm ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de karayolu inşaatlarında ekseriyetle seçeneğimiz ettiğimiz kaplama çeşidi esnek kaplamalardır. Trafik kapasitesi ve trafik yük ağırlığı göz önüne alınarak hem üstyapı performansı hem kaplama ömrü bakımından birbirinden farklı ve çeşitli farklı karışım imkânları sunan esnek kaplamaları iki kategoride değerlendirilir. Bunlar;

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

Yol üstyapı kaplaması olarak; karayolu ulaştırmasında trafik halindeki taşıtlara sağlam ve düzgün bir yüzeyi oluşması, trafik birtakım olumsuz etkilerine karşı dayanması, yol yapısına yüzeysel suyu minimize etmek ve temel tabakasına gelen kayma gerilmesini

azaltmak için zemin tabaka üzerine yapılacak yapılardır (Ilıcalı vd. 2001). Kaplama tabakası zemininde yer almış ve trafik ağırlığını paylaşmış, yol üstyapısını su ve don etkilerinden muhafaza etmek amacıyla kırmataş, doğal kum ve çakıldan ortaya çıkan yapıya temel adıyla nitelendirilmektedir. Yol üstyapısına gelen trafik yükü zemin üzerine dağılması, zeminden gelebilecek su ve don etkilerine karşı tampon misyonunu görevi görmesi amacıyla temel tabakasının altında bulunan kum, çakıl, fırın curufu gibi malzemeler dengeli granüler malzemeden meydana gelen yapıya alt temel tabakası ismi verilmektedir (Hatipoğlu 1997). Esnek yol üstyapısı genel manada kaplama, temel ve alt temelden meydana gelen yapıdır. Şekil 2.1'de bir yol en kesiti meydana getiren elemanları ve yol üstyapısının yapısı görülmektedir. Esnek kaplamalar, yüzey asfalt katmanlarının yük taşıma kapasitesini desteklemek için altta yatan bağlanmamış katmanların yeterli mukavemetine ve sertliğine dayanır.

Bazı durumlarda, taban ve / veya alt taban, alt sınıf malzemenin mukavemetine ve sertliğine bağlı olarak (bitümlü veya çimentolu katkılarla) veya yoktur. Sıcak karışık asfalt, özellikle orta ila yoğun trafikli otoyollarda en yaygın esnek kaplama türüdür. Karışımda kullanılan en yoğun agrega tipi 25 mm'dir ancak özel durumlarda kullanılan gradasyon çeşitleri vardır. Yüzey rotası ayrıca aşınma kursuna ve bağlayıcıya bölünmüştür ve her bileşen yüksek kaplama performansına farklı şekilde katkıda bulunur. Ana tasarım faktörleri trafik yükleri ve sıcaklık değişimleridir.



Şekil 2.5 Tipik bir yol en kesiti ve esnek üstyapısı

2.2.1 Kaplama servis kolaylığı

Kaplama yapısının durumu, araç işletme maliyeti de dahil olmak üzere seyahatle ilgili maliyetleri belirler, bir çarpışma masrafını geciktirir. Maliyetle birlikte yol kullanıcılarının ihtiyaç duyduğu güvenlik ve konfor vurgulanmaktadır. Kaplama servis kolaylığı tanımlar

Mevcut bir kaplama koşulunda belirli bir trafik hacmine hizmet etme potansiyeli. Engebeli yol yüzeyleri, araç süspansiyon emisyonu ve lastiklerinde aşınma ve hasara neden olur (Huang 2004, Öberg 2001). Yol kaplamasının servis kolaylığı aşağıdaki gibi faktörlerden etkilenir; iklim, kaplama kalınlığı, trafik hacimleri ve malzemeleri.

Kaplama servis verilebilirliğinin değerlendirilmesi, kaplama yüzeyinin veri toplanmasına bağlıdır. Kaplama sıkıntıları, trafik yükü ve çevrenin neden olduğu inşaattaki kusurları göstermektedir. Yol yüzeyi sıkıntısının etkisi, Çizelge 2.2'de gösterildiği gibi yük veya yük dışı olarak sıkıntı kaynağı olan yapısal ve / veya işlevsel bir d olabilir. Kaplama hizmet verilebilirlik durumunun belirlenmesinde yer alan kritik sıkıntılar, daha fazla tartışılan çukurlar ve çatlaklardır (Huang 2004).

Çizelge 2.2 Asfalt ve afetlerde sıkıntı (Huang 2004).

Demorm2syon türü	Yapısal	Fonksiyonel	Yüke bağlı	Yüksüz
Yorulma çatlaması	Evet	Hayır	Evet	Hayır
Yerleşme	Hayır	Evet	Hayır	Evet
Çürüme	Hayır	Evet	Evet	Hayır
Şişme	Evet	Evet	Hayır	Evet
Giyme	Hayır	Evet	Hayır	Evet

2.2.2. Sathi (yüzeysel) kaplamalar

Sathi kaplamaların genel uygulaması hem üst yapı inşaatında hem de üst yapı bakım işinde ekseriyetle tercih edilen kaplama türüdür. Bu tür kaplamaların yapım aşamasında serilmesi kolay, maliyeti ucuzdur. Trafik aşındırmasına karşı direnç sağlayacak muhafaza edici niteliktedir. Ayrıca alttaki tabakaları sudan muhafaza ederler. Yük taşıma yetisinin çok olmaması sebebiyle, yol üstyapısının yük taşıma kapasitesi hesaplamalarda dikkat edilecek nitelikte bir değer taşımazlar.

Sathi kaplama tasarımı ve uygulaması doğru biçimde kullanıldığı taktirde iyi bir kaplama performansı gösterebilir. Lakin bu, kaplamaların her yerde ve her zaman kullanılabileceği manasına gelmemektedir.

Yüzey kaplama kalınlığı genellikle 26 mm'den azdır. Bu nedenle ince kaplamalar olarak adlandırılırlar. Yüzey kaplaması önce hazırlanmış bir altlık üzerine bitümlü bağlayıcı şeklinde yapılır, ardından agrega uygulanır. Bu tip üstyapı temel ve alt temel tabakasının üzerinde yer alan, hareketli yükleri taşıma kapasitesi olmayan, düzgün yuvarlanma ve yeterli yol yüzeyi sürtünmesi sağlayan, yüzey suyunu alt tabakaya ulaşmasını engelleyen ve bu anlamda iyi bir üstyapı tabakasıdır (Terzi vd. 2007).

Sathi kaplamaların avantajları şu biçimde ifade edilebilir;

- Hafif ve orta trafik, taneli temel yolları kullanımı uzun ömürlü ve ekonomik yüzeyler sağlama
- Yüzey suyunun taneli alt tabakalara ve eski, çatlamış, eski kaplamalara nüfuz etmesini önleyerek alt tabakanın yük taşıma kapasitesini arttırır.
- Yol yüzeyindeki gevşek agregaların demetlenmesi ve demetlenmesi için derzlerin yerleştirilmesini gerçekleştirmek
- Trafikte aşınmış yol yüzeylerinin ve cilalı agregaların restorasyonu;
- Eski, eskitilmiş ve oksitlenmiş asfalt kaplamaların rehabilitasyonu;
- Gecikmiş kaplama üretimi veya aşamalı inşaat için geçici kaplama olarak;

- Asfalt tabakanın üst üste yahut yeni bir tabakanın önceki kaplamaya yapışmasını sağlamak
- Düşük trafik hacmi olan yollarda toz kontrolünü gerçekleştirmek
- Kayma direnci daha yüksek yüzeyler elde etmek

Sathi kaplamaların sağladığı avantaj ile birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar şu biçimde aktarılabilir;

- Tekerlek gürültüsü çok yüksek ve sürüş konforu nispeten düşüktür.
- Yüksek sürtünme direnci, aracın işletme maliyetini de artırır.
- Agrega gevşer veya gevşerse araca püskürtmek arkasındaki araca zarar verebilir.
- Düzenli bakım ve onarım ihtiyacının yüksek olması nedeniyle bakım ve onarılma işlemleri maliyetleri nispeten yüksektir (Terzi vd. 2007).

Ağır trafikli yollarda veya hafif ve düşük hacimli sokaklara kadar her türlü yollarda uygulanabilen, yapımı ve uygulaması rahat ve maliyet olarak da düşük olan yüzeysel kaplamalar üç ana başlık altında bulunurlar. Bunlar;

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

2.2.3 Tek katlı sathi kaplama

Aşınma tabakası ve su geçirmeyen tabaka için tek tabakalı bir yüzey kaplaması kullanılır. Asfalt püskürtüldükten sonra aynı ebatta bir kat agrega uygulanarak oluşturulur. Bu katmanın kalınlığı. Yüzey kaplaması için kullanılan nominal maksimum boyut, agrega parçacıklarının boyutuna bağlıdır.

2.2.4 Çok katlı sathi kaplama

Çok katmanlı yüzey kaplamaları, tek katmanlı yüzey kaplamalarına göre daha dayanıklıdır. Asfalt ve agreganın iki veya daha fazla ardışık uygulamasından oluşur. Sonraki her katmanın nominal kaplama kapasitesi, önceki katmanın yarısını geçmemelidir.

2.2.5 Kum örtme tabaka

Yol üzerine ince agrega ile kaplanmış asfalt malzeme serilerek kum yüzey tabakası oluşturulur. Zımparalanmış üstyapıların ömrünün uzatmak ve kayma direncini karşı konulmayı arttırmak, hava ve su sızıntısını önlemek için uygulanır. Kum üst katmanı uygulama yöntemi, tek katmanlı yüzey kaplaması ile aynıdır (İsfalt 2001).

2.2.6 Bitümlü sıcak karışım kaplamaları

Bitümlü sıcak kaplama (BSK), belirli bir kalitedeki yüksek kaliteli agrega ve asfalt çimentosunun sıcak karışımından elde edilir. BSK finişeler, bağlayıcı olarak hassas şekilde kontrol edilen derecelendirme agregaları ve asfalt çimentosu kullanımıyla en iyi performansı gösterir. Kararlılığını kohezyon ve iç sürtünmeden alır. Sıcak bitümlü karışım, asfalt plentinde agrega ve asfalt bağlayıcı ile sıcak karıştırılarak veya diğer karıştırma işlemleri ile yola taşınarak sıcak pres veya sıvı asfalt ile (pompa veya emülsiyon) soğuk karıştırılarak tesiste 'ü farklı şekillerde yapılır.

BSK'nın hizmet ömrü boyunca iyi performans gösterebilmesi için yerel koşullara bağlı olarak yeterli dayanıma, rijitliğe, dayanıklılığa, yorulma dayanımına, esnekliğe, geçirimsizliğe ve kayma direncine sahip olması gerekir.

2.2.7 Stabilite

Stabilite, yol yüzeyinin trafik yüklerinden oluşan deformasyonlara karşı verdiği direnç olarak tanımlanır. Ne kadar kararlıysa, o kadar katıdır. Bu, birçok coğrafik bölgede sıcaklıklardan kaynaklanan deformasyon olasılığını azaltır ve düşük sıcaklıklarda çatlama riskini artırır. Bu nedenle, kararlılık için belirli bir ortalama değerin alınması arzu edilir. Stabilite, Marshall stabilite testi kullanılarak laboratuvarda belirlenir.

2.2.8 Rijitlik

Sıcak bitüm termoplastik ve viskoplastik bir malzeme olduğundan, mekanik özelliklerini belirlemek için sertlik modülü kullanılır. Sertlik, BSC yükleme süresi ile ısının etkisi altındaki deformasyon ve gerilim arasındaki ilişkiyi tanımlar.

Optimum bitüm içeriğinin üzerinde veya altında bir bağlayıcı kullanılması sertliği azaltacaktır. BSK'nın rijitliğini belirlemek için laboratuvarda dolaylı çekme testleri yapılır.

2.2.9 Durabilite

Dayanıklılık, çevre ve trafik koşullarının aşındırıcı etkilerine karşı direnç olarak ifade edilir. BSC agregaları kırılgan ve kırılgandır, bağlayıcı özelliklerini değiştirir ve delaminasyon gerektirir. Dayanıklılık iyileştirmeleri, yüksek bağlayıcı oranını koruyarak, asfalt film kalınlığını artırarak, yüksek viskoziteli bir bağlayıcı kullanarak, iyi sıkıştırma sağlayarak ve yoğun eğimli katı agregalar kullanarak elde edilir.

2.2.10 Yorulma mukavemeti

Yorulma dayanımı, sıcak bitümlü karışımın destekleyebileceği maksimum çekme dayanımını aşmadan, bir yorulma çatlağı oluşmadan önce uygulanan maksimum tekrarlanan yük sayısıdır. Kaplama kalınlığı artırılarak ve sıkı eğimli agrega kullanılarak

rijitlik arttırılabilir. Sert bir yüksek sıcaklık karışımında, yer değiştirme ne kadar küçük olursa, yorulma mukavemeti o kadar iyi olur. Ayrıca bağlayıcı miktarının arttırılması ve daha düşük viskoziteli bağlayıcıların kullanılması daha esnek bir karışım sağlar ve böylece yorulma mukavemetini artırır. Bağlayıcının bitüm içeriği optimum değerden düşükse, sıcak bitümlü kaplamanın yorulma dayanımı azalacaktır.

2.2.11 Esneklik

Sıcak karışım kaplamalar için düşük sıcaklıklarda esneklik çok önemlidir. Yeterince esnek olan bir karışım, düşük sıcaklıklarda çatlak bükülmesini tolere etmez, böylece kaplamanın hizmet ömrünü uzatır. Optimum bağlayıcı seviyelerinden daha azını içeren karışımlar da daha az esnektir.

2.2.12 Geçirimsizlik

BSC geçirimsizliği, kaplamaya su ve hava girişinin bir ölçüsüdür. Daha yüksek yoğunluklar, hava ve su etkisiyle bağlayıcının yaşlanmasının hızlanmasına, soyulma mukavemetinin azalmasına ve tekrarlanan donma-çözülme döngüleri nedeniyle agrega kırılmasının artmasına neden olur. Geçirimsizliğin bağlayıcı miktarı, sıkıştırma derecesi ve karışım yoğunluğu ile agreganın yoğunluğu artar. Geçirgenlik, karışımın gözenekliliği yüksek ve bağlayıcı miktarı yetersiz olduğunda artar (Tunç 2004).

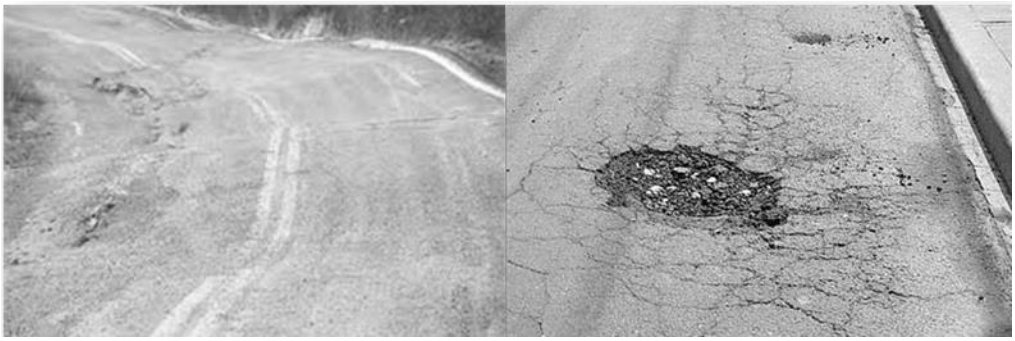
2.2.13 Kayma direnci

Patinaj direnci, virajlarda savrulmadan değil, fren yaparken aracın güvenli bir şekilde durmasını sağlamak için tekerlekler ve yol yüzeyi arasında gerekli olan sürtünme direncini tanımlar. Sıcak bitümlü karışımlar, özellikle keskin dönüşler ve yağışlı havalarda kaygan yol yüzeyleri nedeniyle dik yokuşlarda sürüşü daha az güvenli hale getirir. Kaplamanın üzerine aşınmaya dayanıklı tek boyutlu kırma taş döşenmesi, gömülmesi veya yüzey kaplaması uygulanması bu alanlar için uygun bir çözümdür. Bağlayıcı oranı çok yüksek ise yol yüzeyi ile tekerlek arasındaki sürtünme direnci ve

sürüş güvenliği azalacaktır (Kuloğlu 2006).

2.3 Esnek Yol Üstyapılarındaki Fiziksel Deformasyonlar

Esnek üstyapılardaki başarısızlığın yaygın nedenleri, trafik etkilerinin etkileri, iklim ve çevresel etkiler, tasarım ve inşaat kusurları ve malzeme kusurlarıdır. Şekil 2.6 esnek kaplama yolunda görülen hasarın iki görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 2.6 Esnek yol kaplamalasında hasar görünümü

Esnek kaplamalarda oluşan kusurlar genel anlamda üç başlık şeklinde toparlanabilir. Bunlar;

- Deformasyonlar
- Ayrışmalar,
- Çatlamalardır.

2.4 Deformasyonlar

Deformasyon, asfalt kaplama yapıldıktan bir süre sonra ortaya çıkan yapısal bir kusurdur. Bunlar kendilerini kalıcı deformasyon (kalıcı deformasyon) şeklinde gösterir ve yerel olarak yol ekseni boyunca veya yolun belirli bir bölümü boyunca veya belirli bir bölümünde görülebilir. Bu kusurların sürüş konforu ve güvenliği üzerinde önemli zararlı etkileri vardır ve düşük düzeyde bakım, yerel düzeltici onarımlar ve takviye değişimleri gerektirir. Ancak kaplama yapısını etkileyen en yaygın sorun, kalıcı deformasyon (yani

tekerlek izi) olarak bilinir. Aşırı kaplama deformasyonu daha yüksek rehabilitasyon maliyetine neden olur. Üstyapı tasarım felsefesinin ana yönlerinden biri, üstyapı yapısında tekerlek izi gelişiminin sınırlandırılmasıdır. Tekerlek izinin derinliğini ölçmek normalde basit bir görev olarak görülse de tekerlek izi gelişiminin tahmini son derece karmaşıktır (Lekarp vd. 2000).

Deformasyonu genellikle düşük mukavemetli bitümlü sıcak karışımların üretilmesinden kaynaklanır. Kaplama deformasyonu, geri kazanılabilir olan elastik (esnek) deformasyon ve geri kazanılamayan plastik (kalıcı) deformasyon olarak kategorize edilebilir. Kalıcı deformasyon ayrıca birincil yoğunlaşma, sürünme ve yapısal arıza olarak sınıflandırılabilir. Bu deformasyonların nedeni yetersiz bakım, aşırı yük, çevre ve iklim koşulları ve kaplama bileşen malzemelerinin parçalanmasından kaynaklanabilir. Ancak üstyapı tabakasının yetersiz sıkıştırılmasında, aşınma seyrinde dolgu ve bitümün aşırı kullanımında, alt tabaka ve zeminde aşırı hacimsel değişikliklerde, yetersiz tabaka kalınlığı deformasyonunda önemli faktörlerin olduğu unutulmamaktadır.

Yol deformasyonu, ek sıkıştırma, açma sonrası hareket veya temel katmanının ek sıkıştırması gibi doğal toprak kırılganlığının bir sonucudur. Bunlara bazen, her iki durumda da geçmesi ve su birikmesi tehlikeli olan ve sorunu şiddetlendiren çatlaklar eşlik eder. Deformasyon birçok şekilde olabilir;

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

2.4.1 Tekerlek izi oluşumu

İzler ve tekerlek izleri, asfalt, beton veya rodyum kompozit tip kaplamalardaki tekerlek izlerinden kaynaklanır. Oyuklar (tekerlek izleri), trafik hareketinin neden olduğu tıkanma veya yanal hareketin veya trafik hareketinin üstyapının kendisinin neden olduğu yer

değiştirmenin bir sonucu olarak kaplamanın altında bir veya daha fazla katmanda oluşur. Dalgalar ayrıca, trafiğin aktığı yörünge boyunca kalıcı bir deformasyon birikiminden oluşur. Bu genellikle yoğun trafikte ve çok engebeli arazide bir sorundur.

2.4.2 Ondülasyon

Bu tip deformasyon yaya geçitlerinde, kavşaklarda, otobüs duraklarında, dik yokuşlarda vs. meydana gelebilir. Kesitte dalgalar şeklinde görülebilir. Şekil 2.7 esnek bir kaplamaya sahip buklelerin bir görüntüsünü göstermektedir.



Şekil 2.7 Yol kaplamalarında ondülasyon

Esnek kaplamaların bulunduğu yollarda, ondülasyon genel olarak aşağıdaki sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bunlar;

- Düşük stabilitesi karışımlar,
- Yetersiz aşınma tabakası,
- Yüksek penetrasyon asfalt veya çok düşük viskosite,
- Karışımda değerden fazla bitüm kullanımı,
- Zayıf yapıştırma tabakası,
- Binder tabakası zayıflığı veya eksikliği,
- Çok dik kesimlerde yüklü taşıtların durma ve kalkma hareketi,

- Kavşaklarda, otobüs duraklarında gibi kasımlarda frenlenme ve kalkma hareketleridir.

Bu tip deformasyonlar bölgesel ve coğrafik duruma bağlı olduklarından ötürü hasarlı kısımlar kazılıp atıldıktan sonra, yerine uygun bir karışım konulup sıkıştırılarak tamiratının yapılabilmesi mümkündür.

2.4.3 Çökme

Çökme, gerçek kaplama yüzeyinden daha düşük, çatlaklı ve çatlaksız lokalize alanlardır. Derinlikleri 2,5 cm'den fazladır ve yağıştan sonra su birikir. Bu çöküntülerde su birikir ve sadece sıkıntı değil aynı zamanda sürücü için de bir tehlikedir.

Çökme, kaldırım tasarlandığından daha fazla trafik aldığında, doğal zemin içinde çökme veya yer değiştirmenin bir sonucu olarak meydana gelir. Çökmeler zamanla büyür ve yolların kontrolden çıkmasına neden olur. Bunların nedenleri aşağıdaki gibidir:

- 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.

2.4.4 Kabarmalar

Kabarmalar, doğal alt veya üst yapının bir kısmının şişmesi sonucu yolun yukarı doğru hareket etmesinden kaynaklanır. Bu tip bozulmaların en yaygın nedeni yoldaki granüler tabaka veya zeminde oluşan buzun genleşmesidir. Şişme, toprakta şişmeye neden olan nemden de kaynaklanabilir.

2.4.5 Ayrışmalar

Bu tür hasar kendini, aşınmış parkur trafiğinden kaynaklanan çatlaklar ve daha küçük parçalara ayrılma şeklinde gösterir. Nedeni, agrega parçacıklarının aşınma tabakasından ayrılmasıdır. Ayrışmalar genel olarak;

- Yapım hataları,
- Düşük kaliteli malzeme (kirli ve ıslak agrega kullanımı),
- Serim sırasındaki segregasyon,
- Homojen olmayan karışım,
- Yetersiz ve yüksek penetrasyonlu asfalt (yetersiz adezyon) gibi sebeplerden meydana gelir.



Şekil 2.8 Hava koşullarından zarar görmüş çukur

Bakım veya onarım öncelikle bu tür hasarları engellemezse, trafiğin etkisiyle hasar alanı giderek artacak ve yolların yenilenmesi gerekecektir. Şekil 2.8, hava koşullarından ciddi şekilde zarar görmüş bir çukuru göstermektedir.

Ayrışma; kaplamanın kötü hava koşullarına dayanıklılığı nedeniyle çapta ve derinlikte çukurlaşma, aşınma tabakasının bir parçası veya delaminasyon nedeniyle pullanma. Agregaların delaminasyonu, agregaların parlatılması, terleme ve asfalttan tükürme nedeniyle kaygan yüzeyler. Bunlar sürüş güvenliği için ciddi bir risk oluşturmaktadır.

2.4.6 Çatlamalar

Ardışık araç yükündeki artışın neden olduğu yorulma hasarının birikmesi, timsah derisi, blok çatlaması, uzunlamasına ve enine çatlama şeklinde birbirine bağlı çokgen model serisiyle sonuçlanır (Papagiannakis *et al.* 2007). Genellikle dingil yüklerinden ve çoklu tekrarlarından oluşurlar. Dingil, yükünün kaplama tabakasına uyguladığı gerilim kaplama malzemesinin mukavemetini aştığında çatlaklar meydana gelir. Aracın ani hızlanması veya yavaşlaması nedeniyle oluşan yatay kuvvetlerden de kaynaklanabilir. Bu etkilerin dışında çeşitli dış etkiler tek başına veya trafik yükü ile çatlaklara sebep olabilir. Timsah çatlaması, lastiklerin altında yüksek çekme gerilmesinin meydana geldiği asfalt tabakasının veya stabilize tabanın botundan kaynaklanır. Blok çatlaklar, günlük sıcaklık değişimleri nedeniyle sıcak karışım asfaltın büzülmesinden kaynaklanan dikdörtgen parçalardır ve bu da döngüsel gerilmelere ve gerinimlere neden olur (Huang 2004). Çatlama, en büyük yapısal sıkıntılardan biri olarak kabul edilir ve yüzey alanının metrekaresi veya metrekaresi cinsinden ölçülür. Çatlamalarda asfaltın çekme mukavemeti en önemli rol oynar. Sıcaklığın düşük olduğu havalarda çekme mukavemeti artış göstere bilirken, yavaş yüklemelerde ise düşmektedir. Çatlamalar şu şekilde sıralanabilir;

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

2.4.7 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 2.9'da timsah sırtı çatlağa ait

bir görüntü aktarılmıştır.



Şekil 2.9 Esnek yol kaplamalarında timsah sırtı çatlaklara ait bir görünüş

Timsah sırtı çatlaklarına muhtemelen doymuş alt tabaka veya doğal toprak neden olur, bu nedenle tesviye işlemleri ıslak malzemenin çıkarılmasını ve muhtemelen bir drenaj sisteminin kurulmasını içerir.

2.4.8 Büzülme çatlakları

Büzülme çatlakları, genellikle köşelerde veya açıları olan büyük blok sıraları oluşturan birbirine bağımlı çatlaklardan oluşur. Büzülme çatlaklarının asfalt karışımının hacmindeki değişikliklerden mi yoksa zemin altı veya zemin altı hacmindeki değişikliklerden mi kaynaklandığını bulmak genellikle çok zordur. Bu tür çatlaklara genellikle düşük geçirgenliğe sahip bitüm içeren ince agregalı asfalt karışımlarının hacmindeki değişiklikler neden olur.

2.4.9 Kenar çatlakları

Kenar çatlakları, yolun kenarına yakın dikey çatlaklardır ve bankete doğru uzaklaşan yatay çatlakları içerebilir. Kenar çatlaklarına genellikle asfalt kaplamada yanal veya banket desteğinin olmaması neden olur. Diğer bir sebep ise temel malzemesinin çatlak bölgesinin altına çökmesi veya çökmesidir. Bu dezavantaj, zayıf drenaj, don kabarması veya çevreleyen toprağın kuruması nedeniyle büzülme nedeniyle oluşur.

2.4.10 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.

2.4.11 Kayma (ötelenme) çatlakları

Bu çatlaklar, tabakalar birbirine yanal olarak hareket ettikçe oluşur. Asfalt betonu veya rodyum karışımı temel üzerinde kayarken genellikle hilal şeklinde görünürler. Ağır araçların aniden fren yaptığı durumlarda veya araçların kaldırımda oluşturduğu savrulma kuvvetleri nedeniyle oluşabilirler. Bu çatlaklar, tekerleğin yüzey üzerindeki etkisine tepki olarak parabolik görünür.

2.4.12 Yansıma çatlakları

Asfalt donatı tabakasında yansıtıcı çatlaklar oluşur. Bu çatlak, alttaki kaplama tabakasının yapısındaki çatlakları yansıtır. Bu tür çatlaklar, Portland çimentolu beton kaplamalarda ve çimento stabilizasyon temelleri üzerine döşenen takviye katmanlarında yaygındır. Alt katmandaki çatlaklar zamanla üst katmanda oluştuğundan, alt katmandaki çatlaklar üst katmana yansır. Levha çatlaklarının ana nedenleri düşük sıcaklıklar, günlük sıcaklık değişimleri ve trafik yükleridir.

2.5 Çevresel Faktörler

Çevresel faktörler kaplama yapısının bozulmasına büyük katkı sağlamaktadır. Monismith ve Finn'e göre (Korkiala-Tanttu 2009), kaplama yapısındaki nemin varlığı, hâkim çevresel koşullarla ilişkili olabilir. Su içeriği varlığının miktarı, bağlanmamış malzemenin mukavemeti ve sertliği üzerinde olumlu bir etkiye sahip olmasına rağmen,

malzeme doygunluğa yaklaştığında esnek modül üzerinde etkisi çok belirgindir. Nem içeriği mevsimsel değişikliklere ve kılcal etkiye bağlıdır. Werkmeister (2003), düşük nem içeriğinin malzemelerin mukavemetini arttırdığını bildirmiştir. Etki, para cezalarının içeriğine bağlıdır; yani, malzeme tatmin rasyonuna ulaştığında esnek modül azalır. Daha da önemlisi, kaplama yapısının performansı, bağlanmamış granüler malzemelerin iletkenliğine bağlıdır.

Haynes ve Yoder (1963) toplam kalıcı suyun yükseldiğini buldu doygunluk derecesi %60'tan %80'e yükseldiğinden %100'den fazla. Thom ve Brown (1987) ayrıca, aşırı gözenek suyu basıncı oluşmadan bile kalıcı gerinimde büyük bir artışın meydana gelebileceğini öne sürmüş ve ayrıca sudaki nispeten küçük artışın kalıcı gerinimde dikkate değer bir artışı tetikleyebileceğini belirtmiştir. Bir ülkedeki sıcaklık değişimi de kalıcı deformasyona katkıda bulunur. İsveç Yol İdaresi (2008), iklim bölgesini beş bölgeye ayıran bir belge yayınladı. Bu iklim bölgeleri, yıl boyunca sıcaklığı ve zemin donma potansiyelini karakterize eder.

Diğer bir çevresel etki, soğuk hava koşulları nedeniyle don penetrasyonudur. Bu, kışın daha güçlü alt sınıflara neden olur, ancak ilkbahar döneminde daha zayıftır. Donma yığını, sürünme yerleşimine ve kaplama pürüzlülüğüne neden olsa da en yıkıcı etki, buzun eridiği ve alt dereceyi doyurduğu ilkbahar mevsiminde meydana gelir. Bu nedenle, donma penetrasyon bölgesi içinde dona duyarlı olmayan malzeme kullanarak alt dereceyi korumak gerekir (Huang 2009).

2.6 Esnek Yol Üstyapı Kaplamalarındaki Hasar Onarımları

Yol bozulmasını ortadan kaldırmak için nedenlerini tam olarak anlamalıyız. Aksi halde, sebepleri tam olarak aydınlatılamamış veya araştırılmamış yolların bozuk bölümlerine yönelik bakım onarım hizmetleri mevcut sorunları çözemez. Bu kapsamda esnek üstyapı hasar onarımı çeşitli nedenlerle aşağıdaki başlıklar altında incelenmektedir. Şekil 2.10., esnek bir kaplama hasar onarımının bir fotoğrafını göstermektedir.



Şekil 2.10 Esnek yol kaplamalarında hasar onarımına ait bir görünüş

2.6.1 Bölgesel yamanması

Kaplamanın belirli alanları kusurluysa, tüm kaplamayı çıkarıp yeniden kaplamak veya üzerine bir takviye tabakası uygulamak yerine, kusurlu alanı gidermek için bir bitüm karışımıyla yamalamak gerekmektedir. Yamalar en yaygın bakım yöntemlerinden biridir. Yamalar, timsah yırtıkları, delikler, yerel yerleşimler, tekerlek izi, segregasyon ve hareketli alanlara uygulanabilir. Yerel yama işlemi, bozulmuş alanı dikdörtgenler halinde keserek ve bitüm tabakasına kadar delinerek bozulmayı sona erdirir.

Tıraş, alt tabakada minimum yuvarlanma genişliğine kadar yapılır. Bu genişlik, yukarı doğru her alt tabaka tabakası için her yönde kademeli olarak 0,5 metre artırılmalıdır. Kazılan taban ve kazılan yüzey aynı tip sıcak karışım bitümlü malzeme ile uygun yapıştırıcı püskürtülerek doldurulur. Sıcak karışımın merdane veya kırıcı ile sıkıştırılmasıyla yama işlemi tamamlanır.

2.6.2 Çökmelerin onarımı

Deforme olmuş kısım kazılıp atıldıktan sonra, bitki karışımı sıcak asfalt karışımı ile doldurulabilir. Bu tür kusurlar, orijinal kaplama ile aynı seviyede sıkıştırılarak kolayca giderilebilir. Bir çökmeyi onarırken, hasarlı alanı kazın ve temizleyin ve ince bir

yapıştırıcı tabakası uygulayın. Yapışkan tabaka sertleştikçe çöken alan sıcak bitümlü karışım ile doldurulur. Malzemenin sıkıştırılması, çökme alanını ana kaplama ile aynı seviyeye getirir. İnşa edilen kaplama, diyaframlar veya silindirler yardımıyla iyi bir şekilde sıkıştırılır. Su girişini önlemek için yamaya koruyucu bir kum tabakası uygulanarak onarım işlemi tamamlanır.

2.6.3 Tekerlek izi ve olukların onarımı

Tekerlek izinin meydana geliş nedenini belirlemek gereklidir. Bazı durumlarda, neden olarak tanımlanan boya tabakasının çıkarılması gerekebilir. Daha az ciddi durumlarda, takviye tabakasını bitirmeden önce sırtlar veya oluklar düz bir yüzeye frezelenir veya sıcak asfalt karışımı ile doldurulur.

Oluşturulan hendek sıcak asfalt karışımı ile doldurulur ve düzeltilir. Daha sonra asfalt karışım tesisi karışımından ince bir takviye tabaka serilerek oluşturulur. Bir tekerlek izi oturmasını tamir ederken, iş akışı aşağıdaki gibi uygulanır:

- Oluk sınırları mastar veya halatlar kullanılarak belirlenir ve ince bir tutkal tabakası uygulanır.
- Aşınma tabakasını doldururken olukların göründüğü yerlere spatula ile uygulayınız. Bu, uygulanan malzeme tabakasının kalınlığını kenarlara doğru azaltır ve eski kaplamayı sınırlara doğru kademeli olarak inceltir.
- Döşenen malzeme, lastik tekerlek ruloları veya çelik sargı ruloları ile sıkıştırılır.
- Plantmix Bitüm Sıcak karışımdan sonra bir takviye tabakası oluşturulur.
- Bir aşınma tabakası oluşturmuyorsanız, su girişini önlemek için yamaya Silcotta koruyucu bir kum tabakası uygulayın. Bir kat kum yaparken bitümlü malzemeyi fazla kullanmamaya dikkat edilmelidir (KGM 1998).

2.6.4 Ondülasyon ve yığılmaların onarımı

Eğer dokulu kaplama, taneli zemin ve ince bir yüzey kaplamasından oluşuyorsa, kusurların giderilmesi için yüzey kaldırılmalı, zemin malzeme ile karıştırılmalı ve sıkıştırılmalıdır. Kaplama, 15 cm'den daha kalın bir kaplamadan oluşuyorsa ve yüzey bitüm ise, çok yüksek olmayan bir oluklu sıcak sıyırıcı ile düzeltin. Daha sonra koruyucu bir tabaka veya Plentmix asfalt karışımı ile kaplanır.

Yığının düzgün ve sürekli bir şekilde onarılabilmesi için kazık bulunan alandaki kaplamanın tamamen çıkarılması ve alana rötuş yapılması gerekir. Bu, öncelikle yüzey kaplamasının sert bir yüzeye öğütülmesiyle yapılır. Yetersiz bir taban tabakası, en az 10 cm'lik bir tabaka kalınlığını düzleştirecektir. Yeterli su ile temel sıkıştırılır ve düzleştirilir. Sıkıştırılmış alt tabakaya bir astar tabakası uygulanarak yeni bir yüzey kaplaması oluşturulur. Bitümlü sıcak karışım kaplamalarda önce kaplama yüzeyindeki dalgalar bir kesici ile düzeltilir. Kaplamanın değiştirilmiş kısmına bitki karışımı veya bitüm emülsiyon akış harcından koruyucu bir tabaka veya isteğe bağlı olarak sıcak bitüm karışımının bir takviye tabakası uygulanır.

2.6.5 Çatlakların yalıtımı ve dolgusu

İstenilen düzeydeki çatlakların onarımını sağlamak üzere kullanılan birçok malzemeler çeşitlilik göstermektedir. Bu malzemelerin çatlak dolgusu doğru sonuç elde edilebilmesi ve malzemenin bulundurması gereken özellikler;

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

Bu özellikleri karşılayan veya bunlara en yakın olan malzemeler çatlak onarımında en iyi sonucu verecektir. Aksi takdirde, temelin içine su sızarak çatlaklar boyunca zeminin çökmesine, kaplama kusurlarının artmasına ve kaplama ömrünün beklenenden kısalmasına neden olacaktır. Çatlakların doldurulması, sadece suyun çatlaklar boyunca geçişini azaltmakla kalmaz, kaplamanın erken bozulmasını önler, aynı zamanda çatlak kenarları boyunca agrega kaybını da önler. Çatlak dolgusu, çatlağın basınçlı hava ile yıkanması ve çatlağa su girmesini azaltmak için uygun bir dolgu malzemesi ile doldurulması ile yapılır. Genel olarak, gerçek takviye tabakası oluşturulmadan önce yolun çalışmasına izin vermek için hareketsiz çatlaklar veya ciddi şekilde bozulmuş çatlaklar için çatlak dolgusu kullanılır.

Yol yüzeyinin çatlak, tekerlek izi ve timsahın çökmesinden ciddi şekilde etkilendiği çatlak alanlara çatlak dolgu macunu veya dolgu maddesi uygulamayın. Çatlaklar çok yaygınsa ve gerektiği gibi oluk açamıyor veya dolduramıyorsanız, bir yama uygulamak gerekmektedir.

2.6.6. Kabarmaların onarımı

Yüzey tabakasının lokalize yukarı hareketinden dolayı şişmeyi önlemek için don olmadığında yollar geçilmelidir. Ayrıca, aşağıdaki gerekli önlemler alınmalıdır: Doğal toprağın uygun şekilde sıkıştırılması ve uygun drenaj yapılması gerekmektedir. Şişme onarımları, çökme veya dalgalanma onarımlarına benzer şekildedir.

2.6.7 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.

2.6.8 Çukurların onarımı

Çukuru temizledikten sonra geçici onarımlar yapmak için sıcak asfalt yama karışımı ile doldurun. Büyük onarımlar için çukurun çevresi ve tabanı sağlam parçalara bölünür ve temizlenir. Çukur temel ve kapak parçaları daha sonra yeni malzeme ile doldurulur. Onarılacak ilk çukur bir dikdörtgen çizilerek sınırlandırılır. Çukuru dikey olarak kesin ve çukurun içini temizleyin. Temel tabakasında kazılan çukurun geri kalanı yeni temel malzemesi ile doldurulur ve sıkıştırılır. Çukurun dibine ve yanlarına katmanlı bitüm tipi MC-30 astar tabakası uygulamak ve tamamen kurumasını beklemek gerekir. Çukur 7,5 cm ve üzeri bir tabaka ile doldurulur ve tabakalar birbirinden bağımsız şekilde sarılır. Kaplama yüzeyine agrega koruyucu tabaka uygulanarak işlem tamamlanır.

2.6.9 Kaygan yüzey onarımları

Terleme veya kusma; genellikle sürekli sıcak kum, sıcak cüruf veya eleme malzemesi uygulamasıyla giderilir. Daha az terleme ve kusma varsa, agrega ile sıcak karışım yapmak veya koruyucu bir agrega tabakası uygulamak iyi bir çözüm olabilir. Düşük bitüm içerikli sıcak karışımdan modifiye edilmiş bir kurs ile Fazla bitüm malzemesini çıkarmak uygundur. Ancak, yüzey bozulmasını önlemek için düzeltme sırasının üstüne yeni bir montaj sırası uygulamak gerekir.

Kayma direnci azaltılmış yolların onarımı için en iyi çözüm. Yüzey kaplamasına kumlu veya yapışkan bir koruyucu tabaka uygulanmasıdır. Kullanılan agrega, cüruf, omurga ya da yanmadığı kanıtlanmış bir malzeme gibi dayanıklı ve birbirine kenetlenmiş olmalıdır.

3. PROJE VERİLERİ

3.1 Üstyapı Proje Verileri

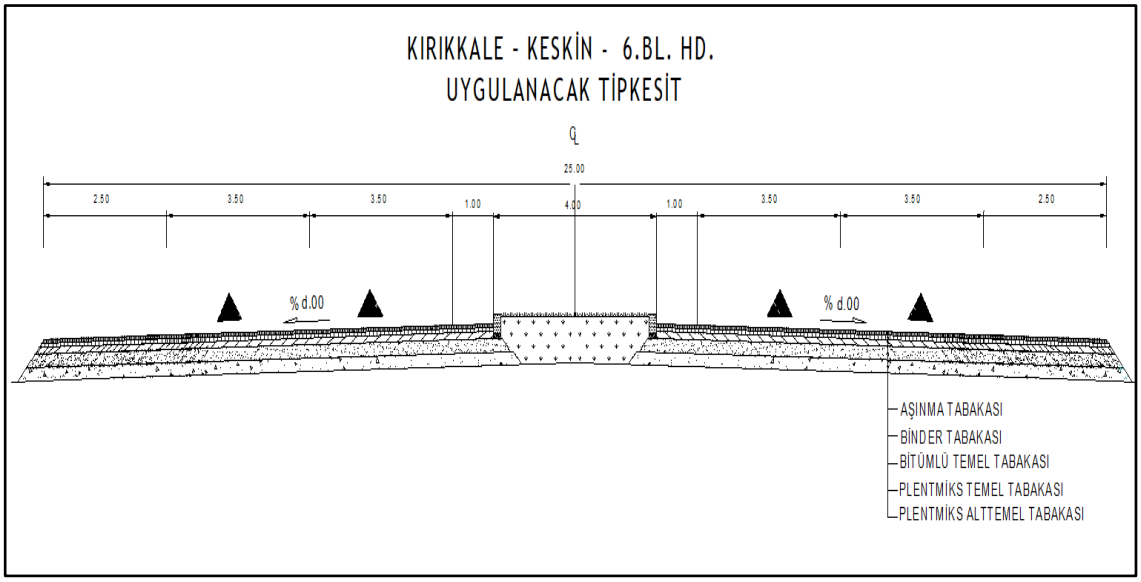
Projenin özellikleri aşağıda özetlenmiştir:

Yolun cinsi	: Devlet yolu
Trafik (2018 yılı YOGT) toplamı	: 13.689 (Km:24+000-28+000 arası)
Trafik (2018 yılı YOGT) toplamı	: 10.062 (Km:28+000-48+800 arası)
Şerit sayısı	: 2 x 2
Şerit genişliği	: 3,5 m
İç/Dış banket genişliği	: 1,0 m / 2,5 m
Platform genişliği	: 25 m



Çizelge 3.1 Proje güzergahında yapılan faaliyetler tablosu

İmalat Türü (İlk Yapım/Onarım/Takviye)	Km Aralığı	İmalat Tarih	Proje Durumu (Tarih/Sayı)
Aşınma seviyesinde trafiğe açıldı.	Sağ Yol Km:24+000-48+800	2007	---
Aşınma seviyesinde trafiğe açıldı.	Sol Yol Km:24+000-48+800	2008	---
Sağ şerit aşınma tabakası yenilenmesi	Sağ Yol Km:26+000-27+500	Bilinmiyor	---



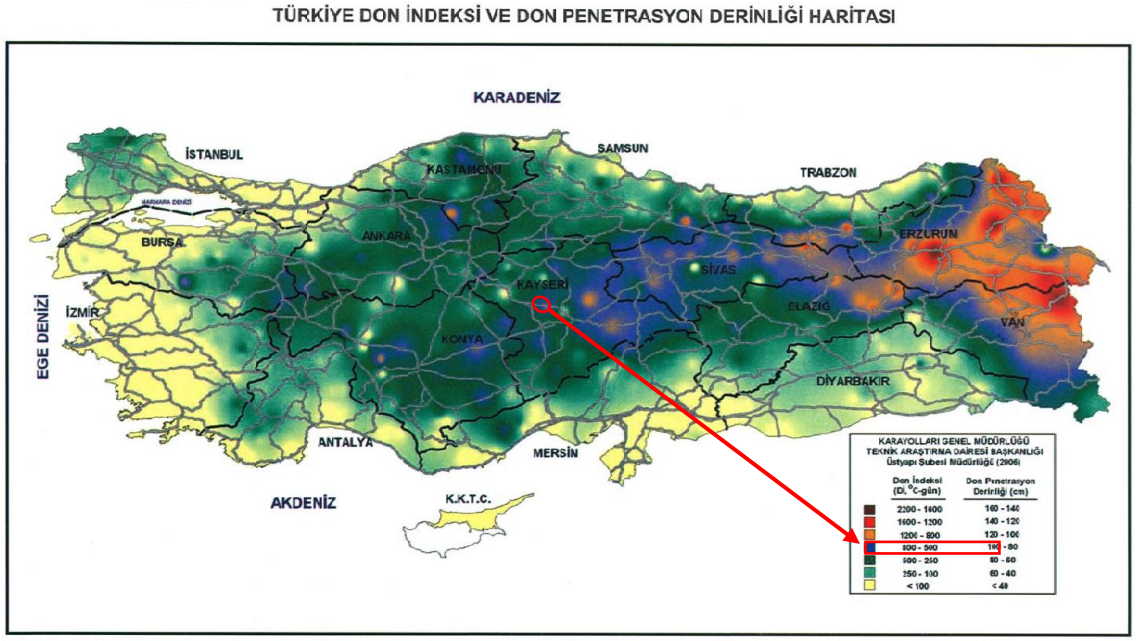
Şekil 3.1 Yol uygulanacak en kesiti ve esnek üstyapısı

3.2 İklim Koşulları

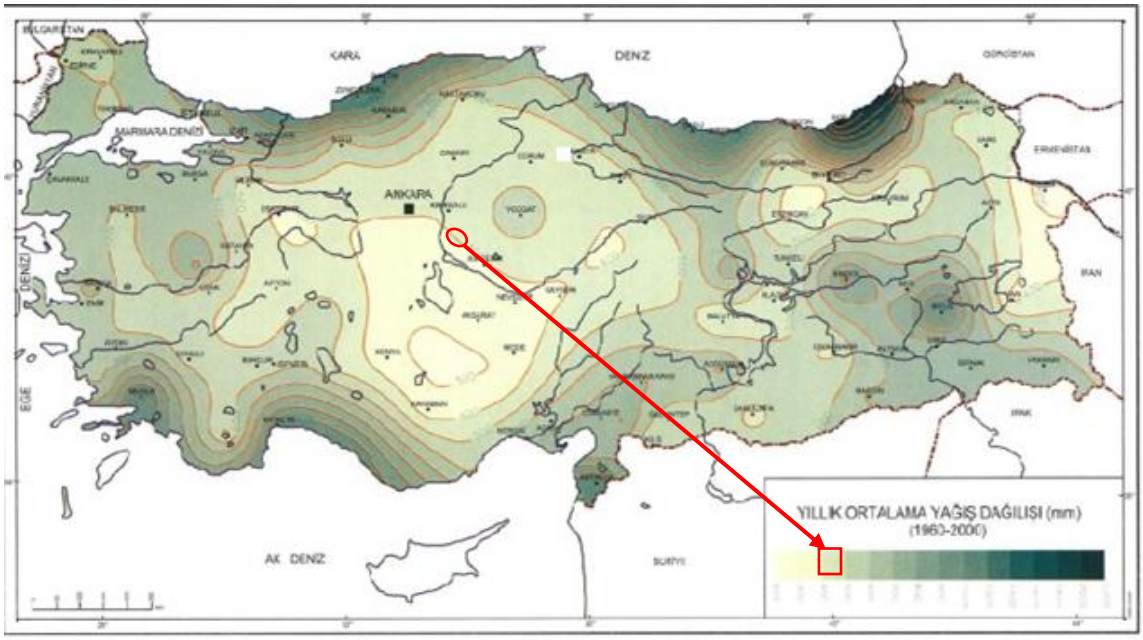
Bölgede sert kara iklimi hüküm sürer. Kışları soğuk, yazları sıcak geçer. Sıcaklık +39°C ile -21°C arasında değişmekte olup, ortalama sıcaklık 13°C civarındadır. Ortalama yağış miktarı 329 mm'dir. Topraklarının bir kısmı bozuk meşe ormanları ile kaplıdır. Bu ormanlardan elde edilen odun yakacak olarak kullanılır. İl topraklarında kurşun, demir, manganez ve kömür yatakları vardır. Proje çalışmasında geçmişte yapılmış olan faaliyetler çizelge 3.1 de verilmiştir. Söz konusu proje de yol boyunca uygulanacak olan en kesit ve üstyapısı şekil 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Proje güzergahın yıllık sıcaklık tablosu

KIRIKKALE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1963 - 2018)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.4	2.4	7.0	12.2	16.9	21.3	24.7	24.3	19.7	13.6	7.0	2.5	12.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.2	7.1	12.7	18.3	23.1	27.6	31.0	31.0	27.0	20.6	12.7	6.1	18.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.9	-1.7	1.6	6.1	10.2	13.8	16.8	16.5	12.2	7.4	2.2	-0.7	6.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.7	4.3	5.6	7.1	8.6	10.5	11.6	11.0	9.1	6.6	4.4	2.4	83.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.8	10.5	10.5	11.5	11.8	8.3	3.1	2.8	3.7	6.8	8.3	10.7	99.8
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	43.8	31.3	36.4	44.0	53.5	36.7	10.5	10.1	13.6	28.9	32.0	44.4	385.2
	Ölçüm Periyodu (1963 - 2018)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.0	21.4	30.4	32.0	34.4	37.6	41.8	40.3	38.2	33.0	24.8	19.0	41.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-22.4	-21.6	-19.8	-6.8	0.4	4.6	7.4	7.2	2.7	-5.0	-9.7	-18.0	-22.4



Şekil 3.2 Türkiye don indeksi ve don penetrasyon derinlik haritası



Şekil 3.3 Yıllık ortalama yağış dağılım haritası

3.3 Hidrolojik Koşullar

Yol güzergahında açılan 8 adet araştırma çukurlarında ($H_d \geq 2.0$ m) yeraltı suyuna rastlanılmamıştır. Proje güzergahı donma-çözünmenin yüksek olduğu bölge içerisinde yer almasından dolayı mevcut drenaj önlemleri gözden geçirilmeli eksik ya da sorunlu yapılar tamamlanarak etkin ve kalıcı bir drenaj sistemi oluşturulmalıdır. Tüm altyapı çalışmalarının "KTŞ" ye uygun olarak tamamlanması, eksiksiz bir şekilde etkili ve kalıcı drenaj tedbirlerinin alınmasından sonra üstyapı çalışmalarına ve sıcak karışım kaplama tabakalarının yapımına geçilmesi, kaliteli ve uzun ömürlü bir üstyapının oluşması açısından büyük önem taşımaktadır.

3.3.1 Üstyapı tabanı

Üstyapı takviye raporu hazırlanan yol güzergahı için tüm bsk tabaklarının yenilenmesi ihtiyacının ortaya çıkması, mevcut üstyapı tabaka kalınlıklarının tespiti için ve üstyapı tabanından kaynaklı olabileceği düşünülen bozulmaların bulunduğu noktalardan üstyapı araştırma çukurları açılmıştır. Bu ÜAÇ'lerde mevcut üstyapı tabanından alınan numunelere yapılan deneylerde mevcut üstyapı tabanının iyi durumda olduğu

görülmüştür. CBR değerleri 8'den büyüktür. Bu durumda mevcut üstyapı tabanı iyi durumda kabul edilmiştir.

3.3.2 Yarma malzemelerinin dolgularda kullanılabilirliği

Söz konusu yol güzergâhında yatay ve düşey hattan kaynaklı herhangi bir değişiklik olmaması nedeniyle herhangi bir yarma malzemesi değerlendirmesi yapılmamıştır.

3.3.3 Mevcut üstyapı malzemeleri

Mevcut üstyapıdaki BSK kaplama kalınlıkları; Çizelge 3.4'de 4,8 cm Aşınma + 8 cm Binder + 10 cm B. Temel tabakası olduğu belirlenmiştir yaklaşık malzeme miktarları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Bitümlü Temel, Binder ve Aşınma tabakalarında B 50/70 bitüm kullanılmıştır.

Çizelge 3.3 Üstyapı kalınlık hesap tablosu

Üstyapı Tabakası	Tabaka Kalınlığı (cm)	Gerekli Malzeme Miktarı (m^3)	Toplam (m^3)
Bitümlü Temel	10	21*24800*(0.10)	52.080
Binder	8	21*24800*(0.08)	41.664
Aşınma	4.85	21*24800*(0.048)	24.998
		Genel Toplam	**118.742**

3.3.4 Mevcut yolun servis kabiliyetinin belirlenmesi

Arazide yapılan çalışmalarda mevcut yol yüzeyinde oluşan bozulmaların türü ve şiddeti araştırılmış; gerekli görülen yerlerden karot numuneleri alınmıştır. Alınan karot örneklerinden mevcut üstyapı kalınlıkları ile mevcut çatlakların derinlikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yolun performans değerlendirmesi yapılarak üstyapı puanlama çizelgesi, üstyapı etüt itinerleri hazırlanmıştır.

Km:24+000-48+800 arasında yoldan alınan karot numunelerinden ortalama 4,8 cm Aşınma + 8 cm Binder + 10 cm B. Temel tabakası kalınlığının mevcut olduğu anlaşılmıştır. Tekerlek izinde oturmalar (TİO) hafif şiddette olup az olarak gözlemlenmiştir. Yaygın şekilde enine ve boyuna çatlaklar, sık yoğunlukta timsah sırtı çatlaklar, lokal oturmalar, yamalar ile yüksek şiddette ve yaygın yoğunlukta soyulma, sökülme ve cilalanma gibi vb. yol yüzeyinde gözlemlenen en önemli bozulma şekilleridir. Enine çatlaklardan alınan karot numunelerinde çatlağın tüm bsk tabakalarında ilerlediği, karot alımı esnasında genel olarak bitümlü temel tabakasının dağıldığı gözlenmiştir.

Yukarıda bahsi geçen tüm bu olumsuz durumların bağlamında mevcut yolun performans durumu; bozulma tipleri, şiddetleri ve yoğunlukları dikkate alınarak tek bir homojen kesim olarak değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Bozulmaların tipleri ve şiddetleri performans gözlemleri başlığında ilgili fotoğraflarla görselleştirmeye çalışılmış olup, mevcut durum hakkında net ve kesin bilgiler doğrultusunda alınması gereken önlemler belirlenmeye çalışılmaktadır.

3.3.5 Performans gözlemleri

Mevcut yolun performans durumu; bozulma tipleri, şiddetleri ve yoğunlukları dikkate alınarak tek bir homojen kesim olarak değerlendirilmiştir. Bozulma tipleri Mevcut yolda gözlenen bozulma tipleri ve bozulma şiddetleri fotoğraflarla görselleştirilerek, bakım-onarım yöntemleri aşağıdaki gibi açıklanmıştır:

Sağ Yol Km:24+000-48+800 Arası; tekerlek izinde oturmalar (TİO) hafif şiddette olup az olarak gözlemlenmiştir. Yaygın şekilde enine ve boyuna çatlaklar, sık yoğunlukta timsah sırtı çatlaklar, lokal oturmalar, yamalar ile yüksek şiddette ve yaygın yoğunlukta soyulma, sökülme ve cilalanma gibi vb. yol yüzeyinde gözlemlenen en önemli bozulma şekilleridir. Enine çatlaklardan alınan karot numunelerinde (12 adet) çatlağın tüm bsk tabakalarında ilerlediği, karot alımı esnasında genel olarak bitümlü temel tabakasının dağıldığı gözlenmiştir. Yapılan gözlemler sonucu orta refüj kenarlarından çekilen resimlerden de görüleceği üzere çatlakların tüm bsk tabakalarında ilerlediği görülmüştür.



Şekil 3.4 Km:24+000 gürünüm



Şekil 3.5 Km:24+000 çatlak tespiti

Km:24+000 ilerisi-Enine, boyuna ve timsah sırtı çatlaklar + Blok (harita) çatlakları ile soyulma, sökülme ve cilalanmalar yoğun şekilde devam etmekte olup, çatlak genişlikleri 2-3 cm'e kadar çıktığı tespit edilmiştir.

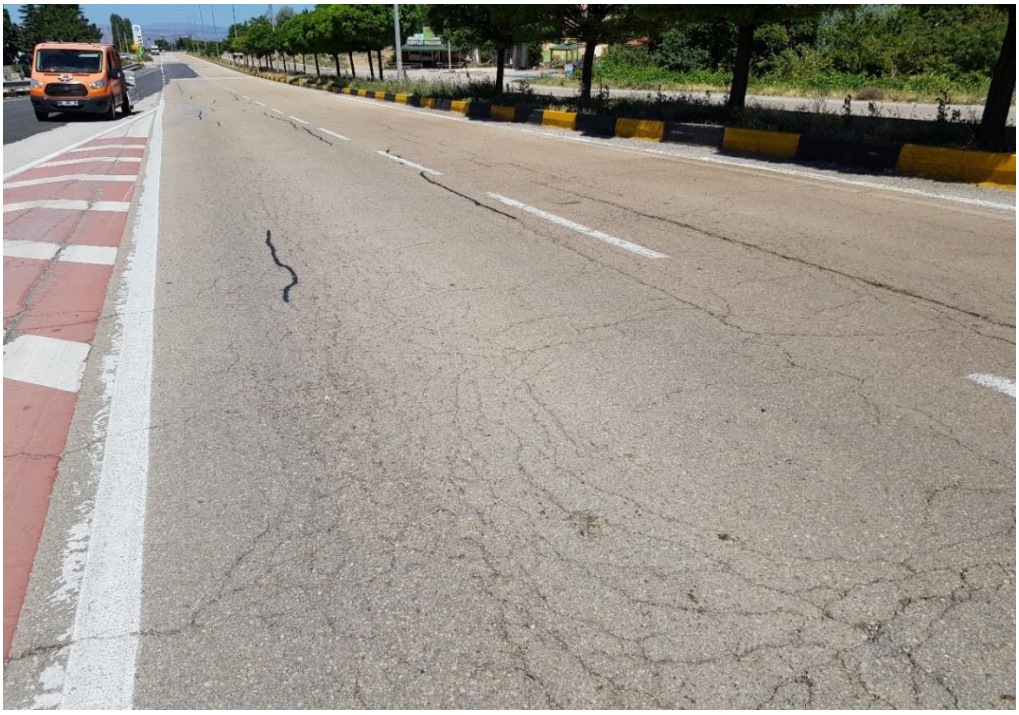


Şekil 3.6 Km: 25+500 ilerisinden görüntü

Bozulmalar yoğun ve şiddetli bir şekilde devam etmektedir. Ayrıca bu kesimde hafif şiddetle tekerlek izinde oturmaların olduğu gözlenmiştir.



Şekil 3.7 Km: 25+500 yol durumu çatlakların olduğu yerlerde yoğun agrega sökülmeleri gözlenmiştir.



Şekil 3.8 Sağ keskin köprülü kavşağı önü km:27+700- blok + enine + boyuna ve timsah sırtı çatlaklardan görünüm.



Şekil 3.9 Sağ km:28+000 – enine, boyuna, timsah sırtı çatlaklar ve harita (blok) çatlaklar km:28+000-çatlak genişliği> 2 cm olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.10 Sağ km:42+800 yol görünümü



Şekil 3.11 Sağ km:46+000 yol görünümü

Sol yol km:48+800-24+000 arası:

Güzergahın bu kesiminde yapılan performans etütlerinde, gidiş yönünde olduğu gibi aynı tip bozulmalar gözlenmiştir. Tekerlek izinde oturmalar (TİO) hafif şiddette olup az olarak gözlemlenmiştir. Yaygın şekilde enine ve boyuna çatlaklar ile timsah sırtı çatlaklar, lokal oturmalar, yamalar ile yüksek şiddette ve yaygın yoğunlukta soyulma, sökülme ve cilalanma gibi vb. yol yüzeyinde gözlemlenen en önemli bozulma şekilleridir. Dönüş yönün enine çatlaklardan alınan karot numunelerinde (9 adet) çatlağın tüm bsk tabakalarında ilerlediği, karot alımı esnasında genel olarak bitümlü temel tabakasının dağıldığı gözlenmiştir. Yapılan gözlemler sonucu orta refüj kenarlarından çekilen resimlerden de görüleceği üzere çatlakların tüm bsk tabakalarında ilerlediği, çatlak genişliklerinin onarım-bakım veya çatlak dolgusu gibi vb. tamir yöntemleri ile giderilmesinin mümkün olmadığı, 19.04.2016 tarihli onaylı üstyapı takviye raporunda belirtilen bozulma şiddetlerinin tahmin edilenden daha hızlı ilerlediği görülmüştür. Üstyapı tabakalarında meydana gelen bozulmaların ortadan kaldırılarak trafik güvenliğinin ve konforun sağlanması ve ilgili yol güzergahının tamamen elden çıkmasının önüne geçilerek maliyetleri asgari düzeyde tutulabilmesi amacıyla tüm bsk tabakalarının yenilenmesinin zaruri olduğu sonucuna varılmaktadır. Bitümlü sıcak karışım tabakalarının kazınarak yeniden imalatlara geçilmeden önce, stabilite sorunlu olan kesimlerde; yol yapımı sırasında temel, alttemel ve seçme malzeme kalınlıkları ile zayıf zemin durumları kontrol edilmeli, gerekiyorsa nihai koşullara uygun olacak şekilde yeniden projelendirme yapılmalıdır. Üstyapı tabakalarında veya tabanından kaynaklı oturmaların olmadığı kesimlerde ise bitümlü sıcak karışım tabakalarının serimi esnasında düzgün bir yol yüzeyi elde etmek için trafik yüklerinden dolayı oluşan kot farklılıklarının ve nivelat hatalarının giderilebilmesi amacıyla düzeltme amaçlı en az 10 cm PMT tabakasının getirilmesi uygun olacaktır.



Şekil 3.12 Sol proje sonu km:48+800 gerisinden görünüm boyuna çatlakları dik bir şekilde kesen enine çatlaklar gözlenmiştir. enine ve boyuna çatlaklar her iki şeritte de görülmekte olup, her iki şeritte de çatlak genişliklerinin aynı seviyede olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.13 Sol km:48+000-enine çatlakların oluştuğu kesimlerde yapılan genişlik ölçümünde> 2 cm olduğu görülmektedir.



Şekil 3.14 Sol km:44+000 gerisinden ve kesitten görünüm



Şekil 3.15 Sol km:41+800-tüm güzergâh boyunca görülen boyuna ve enine çatlaklardan görünümü



Şekil 3.16 Sol km:37+800-boyuna çatlak üzerinde yapılmış çatlak dolgusu ve enine çatlağın kesitten görünümünde çatlağın tüm bsk tabakalarında gözlenmektedir.



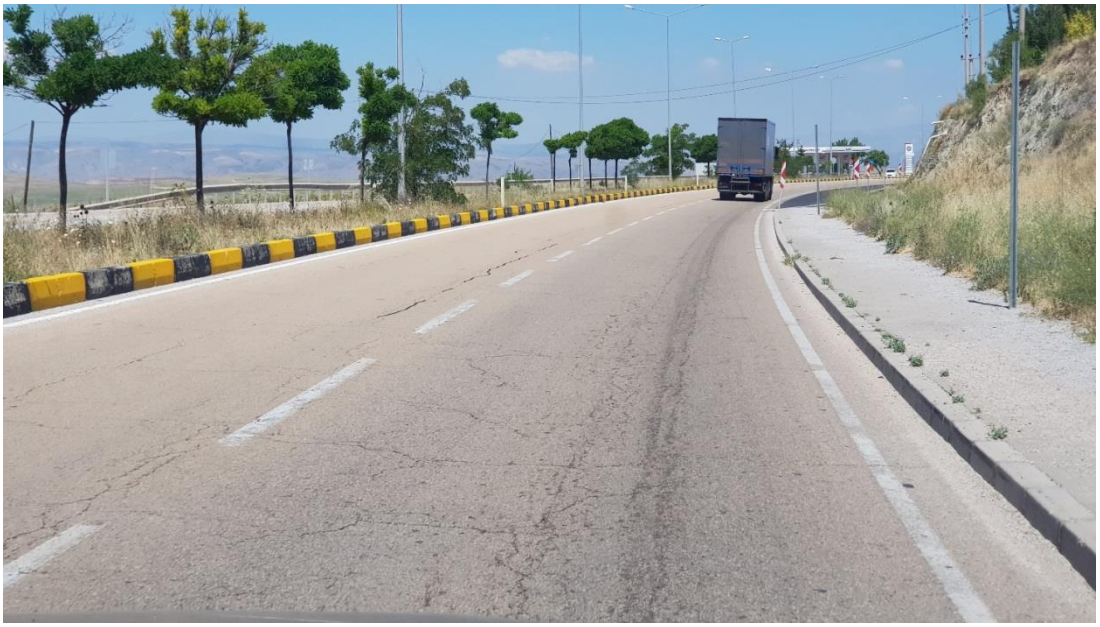
Şekil 3.17 Sol km:33+800-yüksek şiddette enine çatlaktan kesit görünümü



Şekil 3.18 Sol km:31+300-platform üzerinde oluşan çatlaklardan görünüm



Şekil 3.19 Sol km:29+600-enine, boyuna ve blok (harita) çatlaklarından görünüm yan kesitten bakıldığında enine çatlağın tüm bsk tabakalarına yansıdığı görülmektedir.



Şekil 3.20 Sol km:27+200-asfalt sathında meydana gelen bozulmalardan görünüm



Şekil 3.21 Sol km:25+200-asfalt sathı bozulmaları ve kesitten enine çatlak görünümü

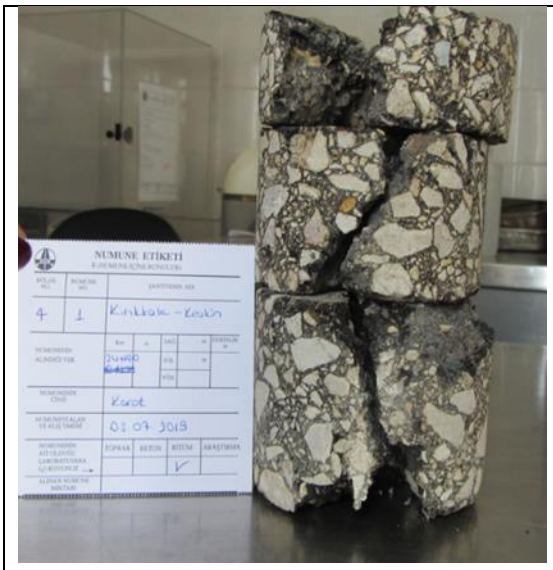
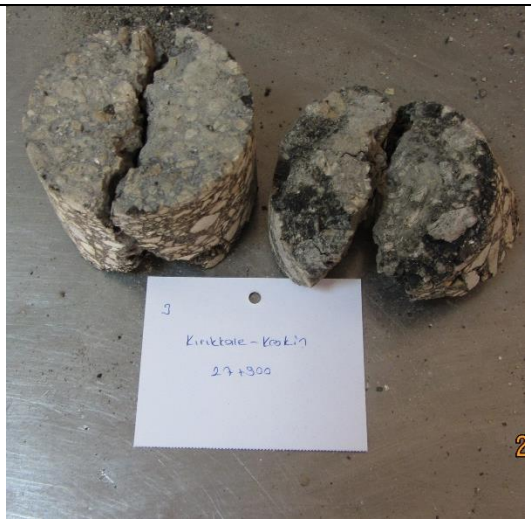
3.3.6 Arazi ve laboratuvar çalışmaları

Çalışma kapsamında güzergahın farklı noktalarından toplam 21 adet karot alınmıştır. Bu karotların alındığı yer bilgisi, kesilen karotta ortalama tabaka kalınlıkları ve karotlarda gözlenen çatlağın hangi tabakalara sirayet ettiğine dair bilgiler Çizelge 3.6'da verilmiştir.

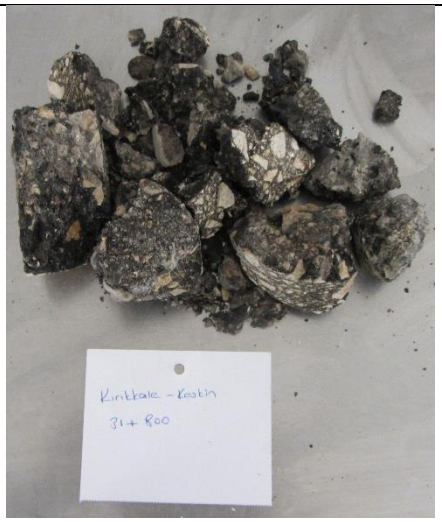
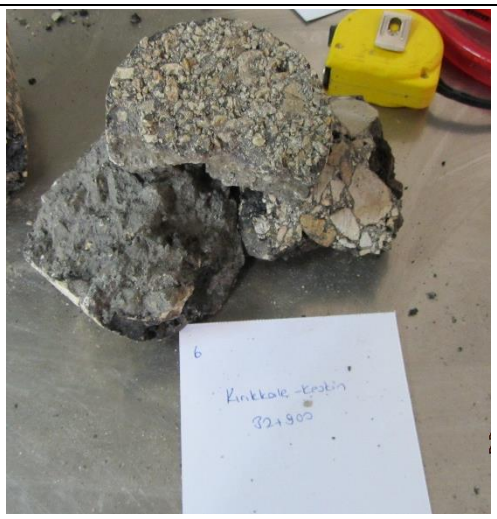
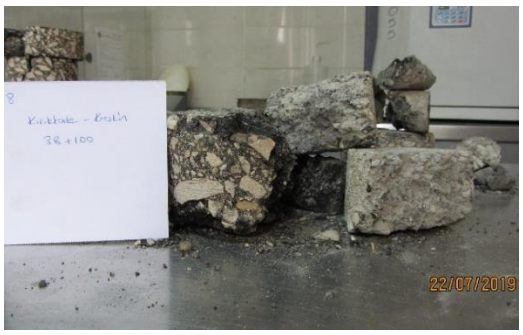
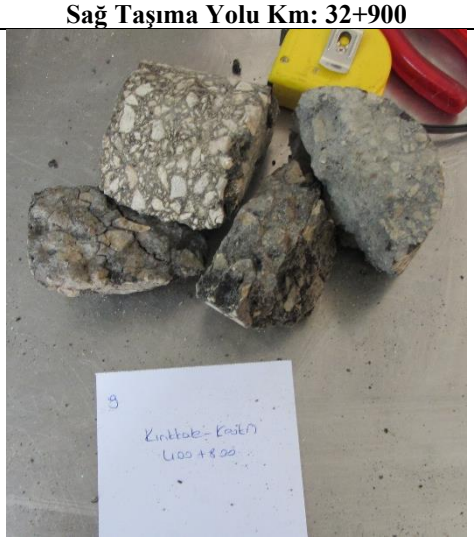
Sağ ve sol yol km:24+000-48+800 arası

Söz konusu güzergâh üzerinden toplamda 21 adet karot numunesi (12 adet sağ yol + 9 adet sol yol) alınmış olup, enine ve boyuna çatlakların olduğu yerden alınan karotların tamamında çatlağın tüm bsk tabakalarında ilerlediği, ayrıca 8 adedinde karot alınırken bitümlü temel tabakasının parçalandığı ve dağıldığı gözlenmiştir. Bu nedenle yolu her iki yönünde mevcut tüm bsk tabakalarının kazınması uygun olacaktır.

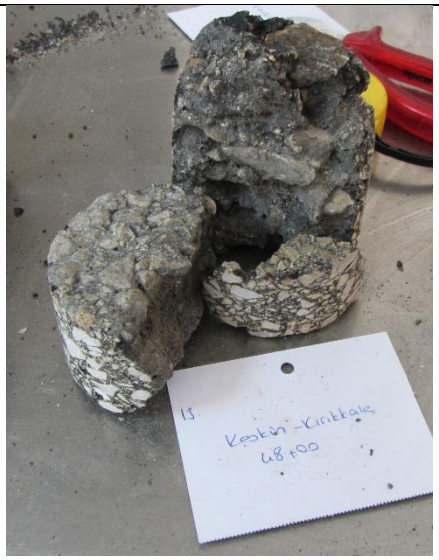
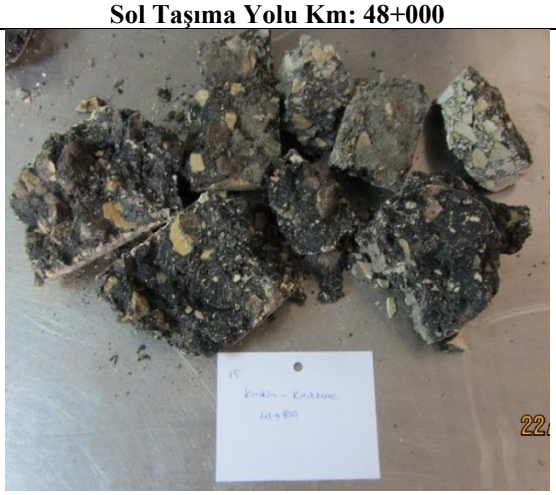
Çizelge 3.4 Arazi karot örnekleri

	
Sağ Taşıma Yolu Km: 24+100	**Sağ Taşıma Yolu Km: 25+400**
	
Sağ Taşıma Yolu Km: 27+900	**Sağ Taşıma Yolu Km: 29+800**

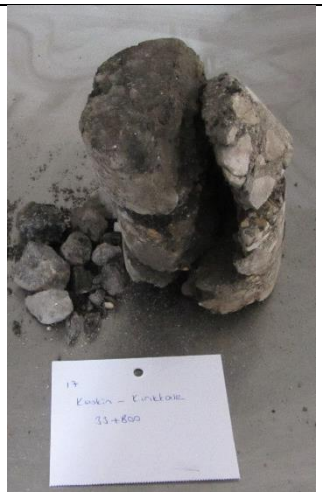
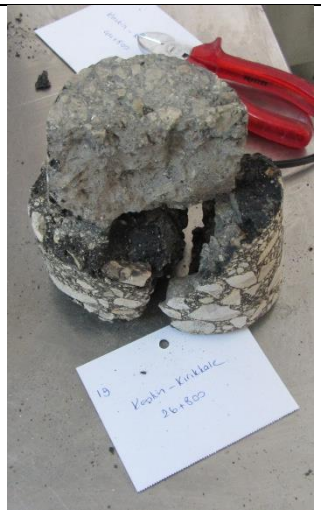
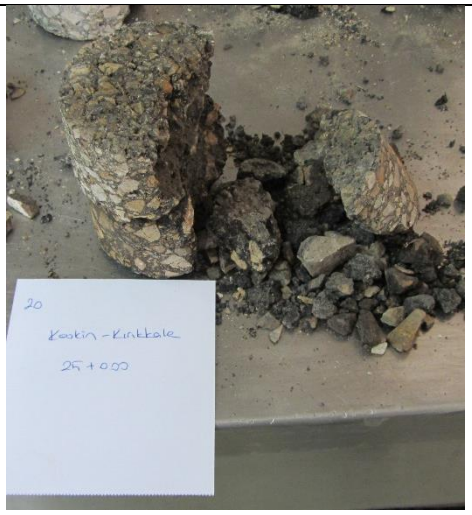
Çizelge 3.4 Arazi karot örnekleri (devam)

	
Sağ Taşıma Yolu Km: 31+800	**Sağ Taşıma Yolu Km: 32+900**
	
Sağ Taşıma Yolu Km: 32+900	**Sağ Taşıma Yolu Km: 35+500**
	
Sağ Taşıma Yolu Km: 40+800	**Sağ Taşıma Yolu Km: 42+800**

Çizelge 3.4 Arazi karot örnekleri (devam)

	
Sağ Taşıma Yolu Km: 46+000	**Sağ Taşıma Yolu Km: 48+000**
	
Sol Taşıma Yolu Km: 48+000	**Sol Taşıma Yolu Km: 44+800**
	
Sol Taşıma Yolu Km: 41+800	**Sol Taşıma Yolu Km: 37+800**

Çizelge 3.4 Arazi karot örnekleri (devam)

	
Sol Taşıma Yolu Km: 33+800	**Sol Taşıma Yolu Km: 29+600**
	
Sol Taşıma Yolu Km: 26+800	**Sol Taşıma Yolu Km: 25+000**

Çizelge 3.5 Karot bilgileri tablosu

Karot Bilgileri			Ortalama Tabaka Kalınlıkları (cm)			Toplam Kalınlık (cm)	Çatlak Durumu
No	**Yeri**	**Km**	**Bitümlü Temel**	**Binder**	**Aşınma**		
1	Sağ Yol	24+100	11	8	4,5	23,5	A+B+B.Temel
2	Sağ Yol	25+400	10	8	4,5	23,5	A+B+B.Temel
3	Sağ Yol	27+900	Parçalandı	8	6	14	A+B+B.Temel
4	Sağ Yol	29+800	10	8	5	23	A+B+B.Temel
5	Sağ Yol	31+800	Parçalandı	9	5	14	A+B+B.Temel
6	Sağ Yol	32+900	Parçalandı	8	5	13	A+B+B.Temel
7	Sağ Yol	35+500	10	7	5	22	A+B+B.Temel
8	Sağ Yol	38+100	Parçalandı	8	5	13	A+B+B.Temel
9	Sağ Yol	40+800	Parçalandı	9	5	14	A+B+B.Temel
10	Sağ Yol	42+800	9	7	5	21	A+B+B.Temel
11	Sağ Yol	46+000	10	7	5	22	A+B+B.Temel
12	Sağ Yol	48+000	10	7	4	21	A+B+B.Temel
13	Sol Yol	48+000	Parçalandı	8	5	13	A+B+B.Temel
14	Sol Yol	44+800	10	9	4	23	A+B+B.Temel
15	Sol Yol	41+800	11	9	5	25	A+B+B.Temel
16	Sol Yol	37+800	10	9	4	23	A+B+B.Temel
17	Sol Yol	33+800	9	7	5	21	A+B+B.Temel
18	Sol Yol	29+600	10	8	5	23	A+B+B.Temel
19	Sol Yol	26+800	10	8	5	23	A+B+B.Temel
20	Sol Yol	25+000	Parçalandı	8	5	13	A+B+B.Temel
21	Sol Yol	24+400	Parçalandı	8	4,5	12,5	A+B+B.Temel
ORTALAMA KALINLIKLAR			**10,0**	**8,0**	**4,8**	**19,0**	**4,5**

Platform üzerinde açılan ÜAÇ'lerden ölçülen mevcut Alttemel ve Temel kalınlıkları Çizelge 3.6. da verilmiştir. Araştırma çukurları yerlerinin belirlenmesinde kavşak düzenlenmesi yapılacak kesimler de dikkate alınarak yerleri belirlenmiştir. Km:24+720, 26+780, 27+800, 29+500, 31+000 ve 32+109'da kavşak düzenlemeleri yapılacak olup, genişleme yapılacak veya yeniden yapılacak kesimlerde üstyapı tabanı malzeme özellikleri belirlemek amacıyla yarma/dolgu tabanından numuneler alınmıştır.

Çizelge 3.6 Mevcut temel ve alttemel kalınlıkları tablosu

AÇ No	Km	Seçme Malzeme (cm)	Alttemel + Temel (cm)	Toplam (cm)
ÜAÇ-1	24+720*	-	55	55
ÜAÇ-2	26+800*	-	60	60
ÜAÇ-3	27+800*	-	15 (Kaya Zemin)	15
ÜAÇ-4	29+500*		60	20
ÜAÇ-5	32+100*		40	40
ÜAÇ-6	37+700		60	60
ÜAÇ-7	40+200	20	40	60
ÜAÇ-8	45+000	20	25	45
ORTALAMA		-	49	

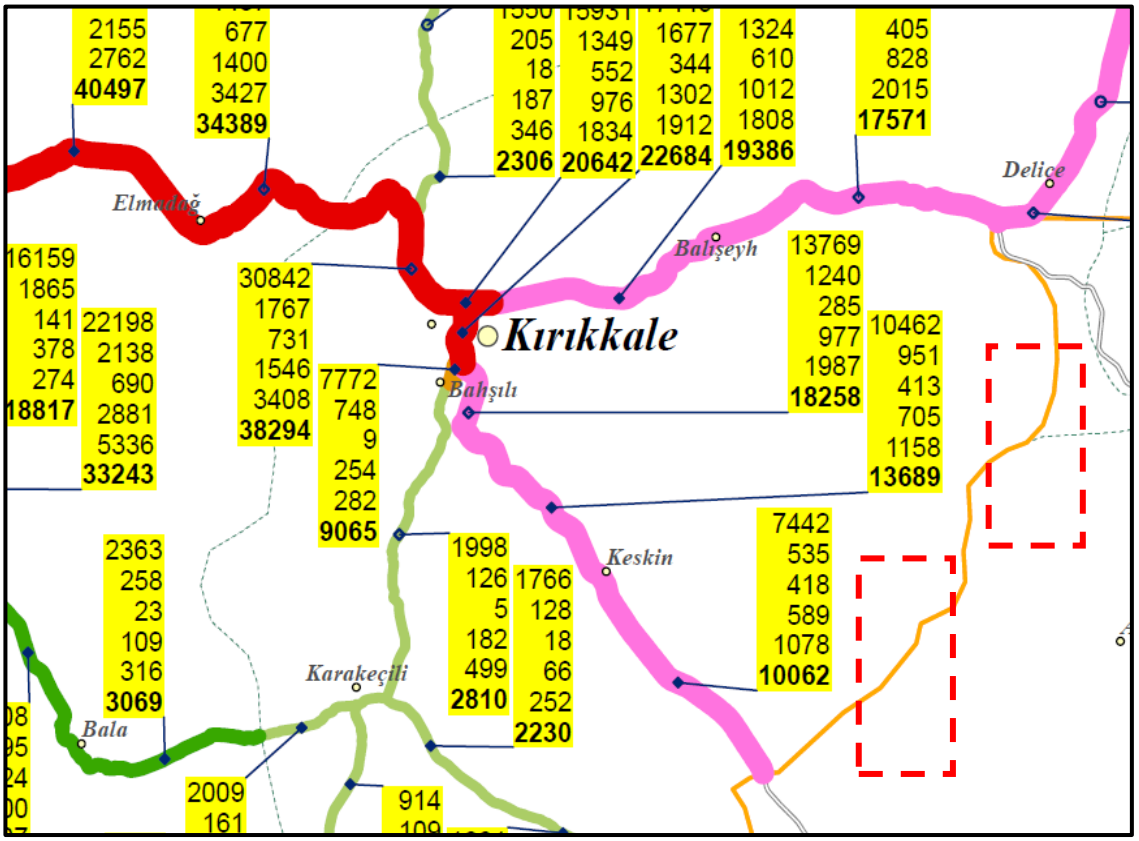
3.3.7 Trafik analizi

Kırıkkale-Keskin-6. Bölge Hududu Devlet Yolu Km:24+000-48+800 arası kesim için hesap dağıtma faktörü n=2×2 bölünmüş olduğundan hesap şeridi faktörü=0,9, son servis kabiliyeti (pt)=2,0 tavsiye edilen güvenirlik değeri ise devlet yolu olduğu için % 85 olarak alınmıştır. Üstyapı projelendirmesinde 765-08 Kontrol Kesim Numaralı devlet yolu için 2018 yılı Y.O.G.T değerleri alınmıştır. Yolun 2020 yılında trafiğe açılacağı düşünülmüş olup proje ömrü tüm BSK tabakalarının yenilenecek olmasından dolayı 20 yıl olarak seçilmiştir. Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberine göre %85 güvenilirlik için hesaplanan toplam standart dingil yükü tekerrür sayısı 20 yıl için Km:24+000-28+000 arası kesim ($T_{8,2}$), 45 milyon < $T_{8,2}$ =48.296.433 < 60 milyon, Km:28+000-48+800 arası kesim ($T_{8,2}$), 35 milyon < $T_{8,2}$ =43.267.206 < 45 milyon olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan $T_{8,2}$ değeri için olması gereken üstyapı tabaka kalınlıkları ile mevcut tabakaların yorulma dereceleri de göz önünde bulundurularak getirilmesi gereken üstyapı takviye tabakaları belirlenmiş ve kalınlıkları hesaplanmıştır.

Takviye yapılacak kesimler için yapılan hesaplamalarda mevcut tüm bsk tabakaların yeniden yapım uygulanacak şekilde olması da dikkate alınmıştır.

2018 Yılı trafik hacim haritası



Şekil 3.22 2018 Yılı trafik hacim haritası

Çizelge 3.7 Proje güzergahında trafik yoğunluğu tablosu

4	KIRIKKALE	765-08	1	5	OTSS1	22.684	17.449
4	KIRIKKALE	765-08	2	9	OTSS3	18.258	13.769
4	KIRIKKALE	765-08	3	14	OTSS1	13.689	10.462
4	KIRIKKALE	765-08	4	21	OTSS1	10.062	7.442

Bozulma nedenlerinin değerlendirilmesi:

Söz konusu güzergâh sathi kaplama olarak hizmet vermekte iken 2008 öncesi bsk yapımına başlanılmış olup, 2008 yılı sonu itibariyle her iki yönde aşınma tabakası seviyesinde tamamlanarak hizmet vermeye başlamıştır. Yol yapımının tamamlanarak hizmet vermeye başlanılmasından sonra yaklaşık 11 yıllık bir sürenin geçmesi ve bu süre içerisinde yolun gerekli servis kabiliyetini sağlayabilmiş olması nedeniyle herhangi bir "Erken Bozulma" dan söz edilemez. Mevcut üstyapı beklenen ekonomik ömrünü tamamlamıştır ve hizmet süresinin uzatılabilmesi için takviyeye ihtiyaç duymaktadır.

Mevcut yolun üstyapı sayısının bulunması (sn_m):

Görülen bozulma durumlarına göre ilgili güzergahın her iki yönünde üstyapı tabakalarında meydana gelmiş olan bozulmaların çeşitleri, yoğunlukları ve şiddetleri ile çatlakların tüm bsk tabakalarında ilerlemesinden dolayı tek kesim halinde değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Söz konusu güzergahta mevcut bsk tabaka kalınlıkları incelendiğinde Km:24+000-48+800 arası kesim için ise 4,8 cm Aşınma + 8 cm Binder + 10 cm Bitümlü Temel tabaka kalınlıkların olduğu tespit edilmiş olup her iki kesim için SN değeri ayrı ayrı denklem (3.1) hesaplanmıştır.

Km:24+000-48+800 arası için, $SN_0 = (4,8*0,42)+(8*0,40)+(10*0,36) = 8,82$ cm (3.1)

Çizelge 3.8 Esnek üstyapılar için puanlama tablosu

ESNEK ÜSTYAPILAR İÇİN ÜSTYAPI DURUMU PUANLAMA TABLOSU

YOLUN ADI : **Kırıkkale-Keskin-6.Bölge Hududu Yolu**

KİLOMETRE: **Sağ ve Sol Yol 24+000-48+800 Arası** **K.K.No:765-08**

ÜSTYAPI BOZULMA TİPİ	AĞIRLIKLI PUAN (A)	BOZULMA ŞİDDETİ (B)			BOZULMA YOĞUNLUĞU (C)					HASAR MİKTARI D=A*B*C
		HAFİF (0,4)	ORTA (0,7)	YÜKSEK (1)	NADİR (0,6)	AZ (0,7)	ORTA (0,8)	SIK (0,9)	YAYGIN (1)	
Tekerlek İzinde Oturma √	10	X				X				2,80
Timsah Sırtı Çatlak √	10		X						X	7,00
Kenar Çatlakları √	5			X					X	5,00
Enine Çatlaklar √	10			X					X	10,00
Boyuna Çatlaklar √	15			X					X	15,00
Blok (Harita) Çatlaklar	10			X					X	10,00
Ondilasyon Ötelenme ve Yoğrulma	5									
Lokal Oturmalar	5		X				X			2,80
Yamalar	5		X			X				2,45
Çukurlar	10		X		X					4,20
Terleme (Kusma)	5									
Segregasyon, Sökülme ve Soyulma	10			X					X	10,00
									Toplam Hasar =	69,3
									Toplam Yapısal Hasar √ =	39,8
									100-Toplam Yapısal Hasar √ = ÜYP	60,2
									100-Toplam Hasar = ÜP	30,8
									Üstyapı Durum Sınıfı =	**ÇOK KÖTÜ**

Çizelge 3.9 Üstyapı durum değerlendirme tablosu

ÜSTYAPI DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Üstyapı Puanı (ÜP)	Üstyapı Durum Sınıfı	Üstyapı Bakım / Onarım Stratejisi
100-90	Çok iyi	Bakıma gerek yok
90-75	İyi	Periyodik (rutin) bakım
75-65	Orta	Koruyucu bakım veya takviye tabakası
65-40	Kötü	Takviye tabakası
< 40	Çok Kötü	Yeniden yapım

3.3.8 Bakım-onarım, takviye, yeniden yapım stratejisinin belirlenmesi

Performans Gözlemleri ve Arazi Çalışmaları Metodu kullanılarak homojen tek kesim halinde değerlendirilen güzergâh için Puanlama çizelgesi hazırlanarak raporun ekler kısmında verilmiştir. Puanlama çizelgesi içerisinde Üstyapı Puanları (ÜP) ve Üstyapı

Yapısal Puanları (ÜYP) hesaplanmıştır. Bu verilere bağlı olarak her bir kesim için bakım-onarım ve takviye stratejisi aşağıdaki gibi belirlenmiştir;

Proje kapsamında, Sağ ve Sol Yol Km: 24+000-48+800 arası kesim için ÜP=30,8 ve ÜYP=60,2 olarak hesaplanmıştır. Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi Çizelge 3.9'a göre Üstyapı Durum Sınıfının "ÇOK KÖTÜ" olması nedeniyle söz konusu güzergahta takviye yapılması gerekmektedir. Bozulmaların bsk tabakalarında yoğun olarak görülmesi ve çatlakların tüm bsk tabakalarında ilerlemiş olmasından dolayı mevcut bsk tabakalarının yeniden yapım metodunun uygulanmasına karar verilmiştir. Gerekli olan takviye tabaka kalınlıkları 3.3.9 başlığı altında hesaplanmıştır.

3.3.9 Takviye tabakası hesaplarının yapılması

Tek bir homojen kesim olarak değerlendirilmiş olan ilgili güzergahta hesaplanan $T_{8,2}$ değeri için olması gereken üstyapı tabaka kalınlıkları ile mevcut tabakaların yorulma dereceleri, bsk tabakalarında meydana gelen bozulmaların türü, şiddeti ve yoğunluğu göz önünde bulundurularak getirilmesi gereken üstyapı takviye tabakaları belirlenmiş ve kalınlık hesaplamaları yapılmıştır.

Takviye yapılacak kesimler için yapılan hesaplamalarda mevcut bsk tabakalarında oluşan üstyapı bozulmalarının (boyuna ve enine çatlaklar, timsah sırtı çatlaklar, agrega sökülmesi, cilalanması ile soyulma, lokal oturmalar, yamalar ve çukurlara bağlı gelişen bozulmalar vb.) ortadan tamamen kaldırılması amacıyla tüm bsk tabakalarının kazıma yapılacak şekilde olması da dikkate alınmıştır.

3.3.10 Yeniden yapım gerektiren kesimlerin değerlendirilmesi

Proje güzergahında Km:24+720 (Keskin Sanayi Kavşağı), 26+780 (Keskin Devlet Hastanesi Önü), 29+500 (Jandarma+Toki Kavşağı), 31+000 (Çelebi-Çerikli Kavşağı) ve 32+109'da (Gülkonak (Cezaevi) Kavşağı) kavşak düzenlemelerinden dolayı yapılacak

genişleme ve/veya yeniden yapım öngörülen kesimlerde yol tabakalarının yeniden projelendirilerek yeni kalınlıkların belirlenmesi gerekmektedir

3.3.11 Taban zemininin değerlendirilmesi

Proje kapsamında mevcut üstyapı tabanları kullanıldığı için yeni üstyapı tabanları oluşturulmayacaktır. Açılan ÜAÇ'lerden alınan numunelere uygulanan deney sonuçlarına göre Km:24+720, 26+780, 29+500, 31+000, 32+109'dan açılan araştırma çukurları deney sonuçları incelendiğinde CBR değerleri 9.2-13.3 arasında değerler elde edilmiş olup, gerek taşıma gücü gerekse don hassasiyeti durumuna bağlı mevcut üstyapı tabanına iyileştirme yapılacak kesimler bulunmamaktadır. Km:37+700 ve Km:45+000'den açılan ÜAÇ'lerin deney sonuçları incelendiğinde ise mevcut üstyapı tabanının taşıma gücü düşük ve zayıf zeminlere rastlanılmış olup, gerekli olan seçme malzeme tabaka kalınlıkları aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 3.10 Km:37+700 ve Km:45+000 Malzeme kalınlıkları tablosu

Kilometre	**Don Hassasiyet Sınıfı (F_i)**	**Don hassasiyet durumuna göre ilave Don Önleyici Tabakası Kalınlığı (cm)**	**Taban CBR Değeri**	**CBR Değerine Göre Sıyırma (Seçme Malzeme) Kalınlığı (cm)**	**Önerilen Seçme Malzeme Kalınlığı cm**
36+700	F_2	30	1,4	75	75
45+000	F_3	30	3,9	40	40

3.3.12 Takviye tabakalarında kullanılacak malzeme özellikler

Yapılacak takviye tabakalarında kullanılacak yaklaşık malzeme miktarları aşağıdaki gibi Denlem (3.2) ile hesaplanmıştır.

Aşınma : 0,05*21*24.800 = 26.040 m^3 (3.2)

Binder : 0,08*21*24.800 = 41.664 m^3

Bitümlü Temel : 0,11*21*4.000+0,10*21*20.800 = 46.620 m^3

Çizelge 3.11 Taş ocağı fiziksel özellikleri

Taş Ocağı Adı ve Cinsi	Masattepe Taş Ocağı
Los Angeles % Kayıp	27
$MgSO_4$ ile % Kayıp	5,2
Su Emme %	0,6

3.3.13 Kullanılması Gereken Bitüm Sınıfının Belirlenmesi



Şekil 3.23 Bitüm performans sınıf haritası

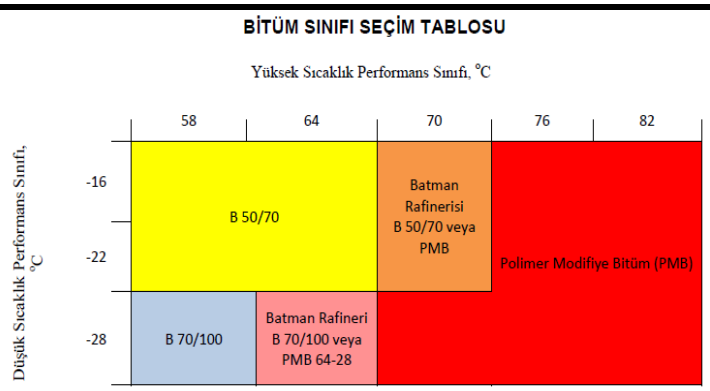
BSK Kaplamalı Yollar için Bitüm Sınıfı Seçim (2012) haritasından belirlenerek bitümlü temel ve binder tabakası için B 50/70 bitüm kullanılacaktır. TMA veya Aşınma tabakası için ise bitüm performans sınıfı PG 58 - 22 olup, Km:24+000-48+800 arası için 20 yıllık toplam standart dingil yükü tekerrür sayısı 20 milyon < $T_{(8.2)}$ < 70 milyon olduğu için +1 sınıf, boyuna eğimi ≥ %4 ve uzunluğu L≥ 500 m olan rampalardan dolayı +1 sınıf olmak üzere yüksek sıcaklık performansı toplamda 2 sınıf arttırılarak PG 70-22 sınıfına uygun Batman Rafinerisi B 50/70 veya polimer modifiye bitüm (PMB) kullanılması gerekmektedir.

Çizelge 3.12 Bitüm sınıfı seçim tablosu

765-08 K. K. No.lu Devlet Yolu İçin**T8,2** değeri, Km:24+000-48+800 arası için 20<**T8,2** <70 milyon hesaplanmıştır.

Tüm güzergah için Kırıkkale İli iklimsel verileri seçildiğinde,
-Temmuz-Ağustos ayları sıcaklık (C) Ortalaması=(24,7+24,3)/ 2=24,5
-Haziran-Eylül ayları sıcaklık (C) Ortalaması=(21,3+19,7)/ 2=20,5
24,5-20,5=4
Boyuna eğimi ≥ %4 ve uzunluğu L≥ 500 m olan rampalardan dolayı +1 sınıf

Toplam 2 sınıf artırılmıştır.



1. *20 yıllık toplam standart dingil yükü tekerrür sayısı 20-70 milyon arasında olan yollarda yüksek sıcaklık performansı bir sınıf artırılacaktır.*
2. *20 yıllık toplam standart dingil yükü tekerrür sayısı ($T_{s,y}$) >70 milyon yollarda yüksek sıcaklık performansı iki sınıf artırılacaktır.*
3. *Boyuna eğimi ≥ %4 ve uzunluğu L≥ 500 m olan rampalarda, yarıçapı ≤ 200 m olan yatay kurplarda, kavşak noktalarının gerisinde 200 metrelik bir kesim içerisinde ve kavşak içlerinde yüksek sıcaklık performans sınıfı bir sınıf artırılacaktır.*
4. *Temmuz ve ağustos aylarının sıcaklık ortalaması ile haziran ve eylül aylarının sıcaklık ortalaması arasındaki fark ≤ 3 °C olan yollarda yüksek sıcaklık performansı bir sınıf artırılır (sıcaklık verilerine 'http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx' adresinden ulaşılabilir).*
5. *Toplamda yüksek sıcaklık performansı üç sınıftan fazla artırılamaz.*

3.4 Sonlu Elemanlar ile Modelleme

Hızla devam eden kentleşme sürecinde, Bina Bilgi Modellemesi (BBM), özellikle bina projelerinin artan karmaşıklığı, inşaatla ilgili simülasyonlar ve entegre tesis yönetimi bağlamında önde gelen modelleme teknolojilerinden biri haline gelmiştir (Lu vd. 2016). Öte yandan, modern bir ulaşım aracı olarak otoban, günümüz sosyal ekonomisinde en önemli altyapılardan biri olarak ortaya çıkmıştır (Li, 2014). Yol endüstrisinde ilerlemeyi sağlamak, yönetim seviyesini ve üretkenliği artırmak için yol mühendisleri, son yıllarda yol endüstrisindeki uygulaması için BBM teknolojisini yaygın bir şekilde benimsemiş ve değerlendirmiştir.

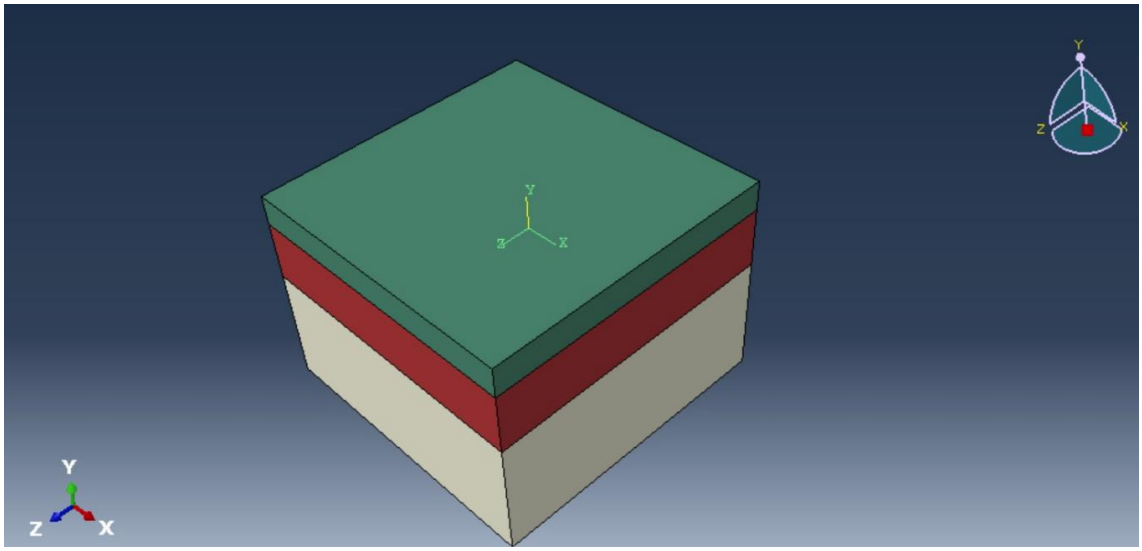
Otoyolun tasarımı hem geometri tasarımını hem de kaplama yapısal kalınlığı ve malzeme tasarımını içerdiğinden karmaşıktır. BBM, mükemmel 3D görsel simülasyon modellemesine sahip olmasına rağmen, yapısal hesaplama yeteneğinden yoksundur (Park 2011). Bu arada, Sonlu Elemanlar simülasyon yazılımı ABAQUS, karmaşık yapılar için güçlü hesaplama işlevleri sunar, ancak mühendislik uygulamalarına hizmet etmek için çok karmaşıktır. BIM'in çeşitli profesyonel alanlara uyum sağlamak için çok yönlülüklerle nasıl tamamlanacağı ve güçlendirileceği şu anda en sıcak konulardan biridir (Si *et al.* 2018).

Modelleme sürecinde, trafik yüküne ve iklim koşullarına göre tipik bir otoban asfalt kaplama yapısı benimsenmiştir. Ardından, Sonlu Elemanlar yazılımlarının iş birliğiyle tipik üstyapı yapısına dayalı olarak parametrik model oluşturulur. Hedef model, Şekil 3.24'te gösterilmiştir. Zemin malzemelerinin mekanik özellikleri, arazi koşulları ile eşdeğer olarak kullanılmıştır.

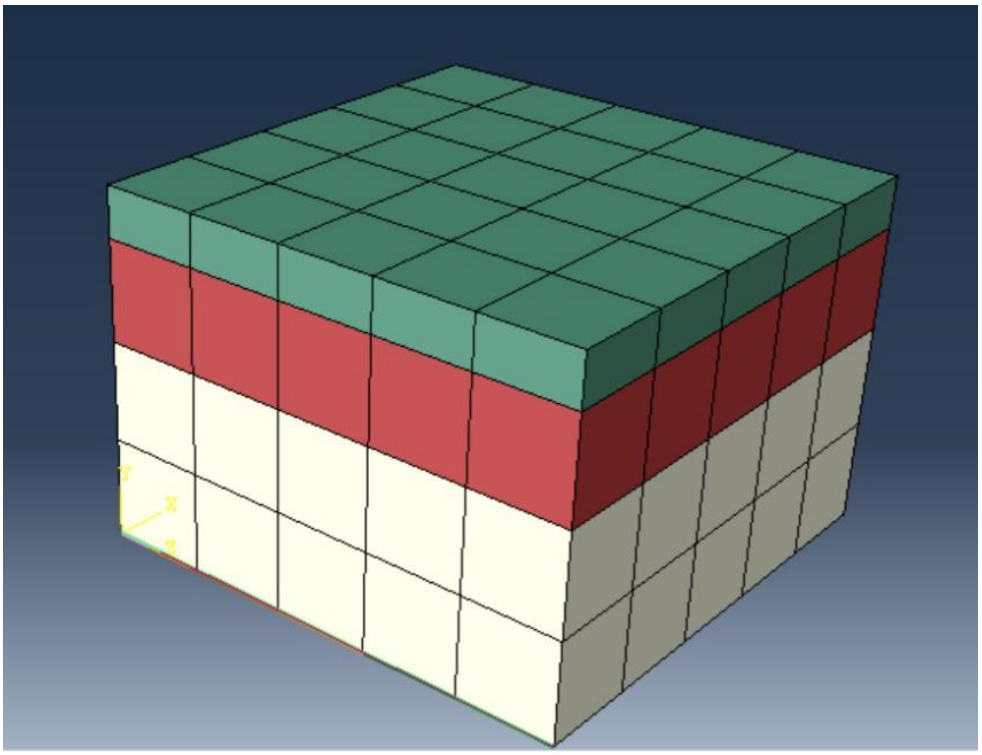


Şekil 3.24 Hedeflenen model

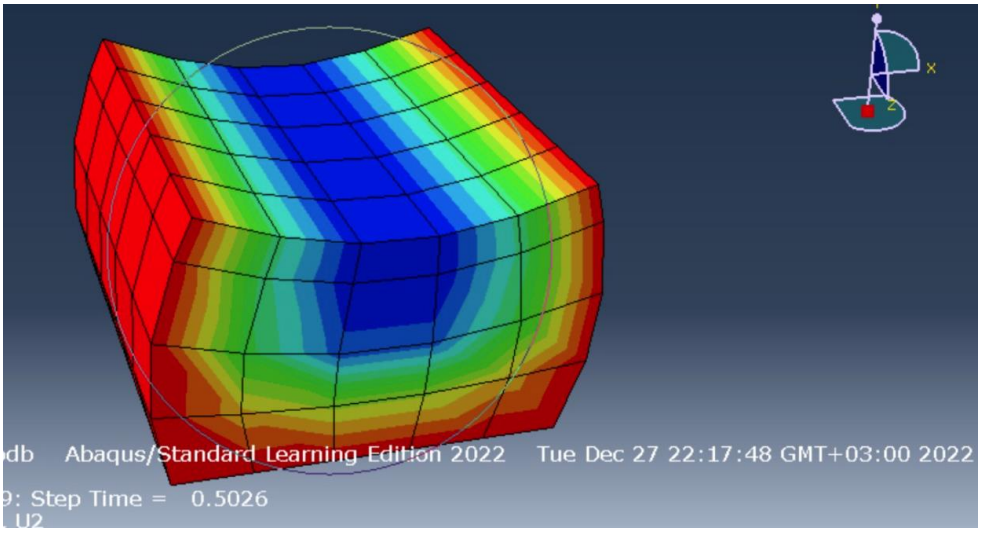
Çalışma kapsamında, modellenen karayolu, üç tabakalı ve üç boyutlu kullanılarak, araç yüklerinin hareketli olmasından dolayı dinamik analiz yapılmıştır. Modellenen yol tabakaları; aşınma tabakası, bitümlü temel tabakası ve binder olarak teşkil edilmiştir. Kaplama tabakası viskoelastik, diğer tabakalar ise elastik özellikte modellenmiştir (Şekil 3.25). Sonrasında, detaylı analiz yapabilmek açısından model sonlu elemanlara ayrılmıştır (Şekil 3.26)



Şekil 3.25 Yol tabakalarının modellenmesi



Şekil 3.26 Sonlu elemanlar modeli



Şekil 3.27 Üstyapıdaki düşey deplasman

Şekilde 3.27'de yükleme durumundaki deformasyon oranı görülmektedir. Bu doğrultuda, iklim şartları, çevresel etmenler, aks yüklerinin çeşitliliği gibi değişkenler göz önünde tutulduğunda, kaplamada, tekerlek hattı boyunca gözlenen düşey yük dağılımı şekildeki gibidir. Arazi gözlemleri ve malzeme analizleri sonucunda ilgili yolda gözlenen bozulma çeşitleri, benzer şekilde değerlendirilebilir.

4. TARTIŞMA

Karayolu ulaştırma ekonomisi için yapım maliyeti kadar yolun uzun ömrü boyunca karşılaşılacak ihtiyaç duyulan bakım maliyetleri de önemli bir maliyettir. Bu açıdan, ulaştırma ekonomisi ve yatırımların kontrollü hale getirilebilmesi için karayolundaki bakım maliyetlerinin çıkarılabilmesi ve bu maliyetlerin hesaplanabilmesi için birçok bilimsel çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, karayolu üstyapısının hizmet verdiği ömrü boyunca göstereceği performansa yönelik birçok modellemeler ve bu modellemelerin geliştirilmesi için araştırmalar ve çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca, üstyapı performansının gelecekteki durumunu hakkında tahminlerde bulunmak için hazırlanmış çalışmalarla üstyapıda oluşacak tüm bozulmalar, bu bozulmalara sebep olabilecek etkenleri tespit ederek, geliştirilerek bakım maliyeti ile ilgili tahminler yürütülmüştür. Fakat karayollarında meydana gelebilecek fiziksel deformasyonları birbirinden bağımsız ele alınıp incelenmesi, üstyapı bakım maliyeti ve ekonomisi ile ilgili, üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmayla karşılaşılmamıştır.

Bu çalışmada, esnek üstyapılardaki projelendirme aşamasında ön veri olarak ele alınan kriterlerin etkisiyle oluşan fiziksel deformasyonlar incelenilmiştir. Proje aşamasında dikkat edilecek ön tespitler; trafik yükü, iklim ve coğrafik konumu, kullanılacak malzeme kalitesi ve üstyapı zemin faktörlerini farklı farklı dikkate alınarak üstyapıda etkili oldukları deformasyonları, bakım maliyeti açısından incelenmiştir. Esnek yol üstyapılarda bu projelendirme ve ön parametreleri belirlenmesi, karayolunun hizmeti boyunca meydana gelmesi muhtemel tüm deformasyonların oluşumunda gerek dolaylı veya gerek doğrudan etkili olmaktadırlar.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

- Takviye raporu hazırlanan ilgili güzergah üzerinde yapılan performans etüt çalışmalarında göze çarpan en belirgin yapısal bozulma türlerinden enine, boyuna ve timsah sırtı çatlaklar ve diğer bozulma türlerinden soyulma, sökülme, agreganın cilalanması ile belli kesimlerde uzun tülde yapılmış olan yamalardır. Ayrıca yapılan karot çalışmalarında çatlakların tüm bsk tabakalarına yansıdığı görülmüştür. Tespit edilen bozulmalar yolun tamamında fonksiyonel durumunu olumsuz yönde etkilemekte ve servis kabiliyeti düşürmektedir.
- Mevcut üstyapı tabanı ile temel ve alttemel tabakalarının durumunu görmek amacıyla 8 adet araştırma çukuru açılmış olup, gerek üstyapı tabanı gerekse alttemel ve temel tabakalarından kaynaklanan herhangi bir stabilite problemine rastlanılmamıştır. Ayrıca BSK kaplama tabakalarından 21 ayrı noktada karot alınmıştır. Açılan çukurlardan numune alınarak laboratuvar çalışmaları yapılmıştır. Numunelere elek analizi, atterberg limitleri, doğal su içeriği, standart proktor, CBR (şişme dahil) deneyleri uygulanmıştır ve Zemin Sınıfı/Grup İndeksi ile Birleştirilmiş Zemin Sınıfları (BZS) belirlenmiştir.
- Proje güzergahı donma-çözünmenin yüksek olduğu bölge içerisinde yer almasından dolayı mevcut drenaj önlemleri gözden geçirilmeli eksik ya da sorunlu yapılar tamamlanarak etkin ve kalıcı bir drenaj sistemi oluşturulmalıdır. yarmalardan ve yarma şevlerinde biriken sulardan kaynaklı bozulmaların önlenmesi için yüzey altı drenaj oluşturulması ve hendeklerin beton kaplanması gerekmektedir.
- Söz konusu güzergahta mevcut bsk tabakaları kazınarak mevcut temel tabakasında gerekli düzeltme ve sıkıştırma yapılması gerekmektedir.
- Takviye edilecek güzergahlarda mevcut drenaj sistemleri kontrol edilecek, eksik ya da onarım görmesi gereken drenaj yapıları belirlenerek güzergahın tamamında etkin ve kalıcı yüzeysel ve yer altı drenaj tedbirlerinin alınması sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

C.D. Si, H. Cao, E.L. Chen, Z.P. You, R.L. Tian, R. Zhang, J.F. Gao, 2018. Dynamic response analysis of rutting resistance performance of high modulus asphalt concrete pavement, Applied Sciences-Basel, 86: 12-26.

De Beer, M., Fisher, C. and Jooste, F.J, 1997. Pavement ınterface contact stresses under moving loads and some effects on pavements with thin asphalt surfacing layers, proceedings of the eighth ınternational conference structural design of asphalt pavements, In: Determination of Pneumatic, pp. 179-223, Seattle.

Groenendijk, J., Molenaar, A.A.A., Dohmen, L.J.M., and Maagdenberg, A.M., 1997. Pavement performance modelling using lıntrack, In: Proceedings of the Eighth International Conference on Asphalt Pavements, pp. 1505-1526, Seattle.

Harun, H.M. and Jones, C. R., 1992. The performance of polymer modified asphaltic concrete on climbing lanes in Malaysia, In: Proceedings of the 16th ARRB Conference, pp. 201-204, Melbourne.

Hatipoğlu, S 1997. Aşırı yüklü kamyonların dingil yüklerinin yol ömrüne etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, 133 sayfa, Ankara.

Himeno, K., Kamijana, T., Ikeda, T., and Abe, T., 1997. Distribution of tyre contact pressure of vehicles and ıts ınfluence on pavement distress, In: Proceedings of the 8th International Conference of Asphalt Pavements, pp. 129-139, Seattle.

Huang, Y. H 2004. Pavement analysis and design. Pearson Education, Upper Saddle River, N.J,

Ilıcalı M, Tayfur S, Özen H, Sönmez, Eren K. 2001. Asfalt ve uygulamaları. Yıldız Teknik Üniversitesi Yayın Merkezi Baskanlığı. 280 sayfa, Ankara.

İsfalt 2001. Asfalt ve uygulamaları. Yazıevi İletişim Hizmetleri, 280 sayfa, İstanbul.

Park, J. 2011. BIM-based parametric design methodology for modernized Korean traditional buildings. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 10: 327–334.

Karayolları Genel Müdürlüğü 1998. Karayolu bakım el kitabı. Bakım Dairesi Başkanlığı, 330 sayfa, Ankara.

Korkiala-Tanttu, L 2009. Calculation method for deformation of unbound pavement materials. Ph.D. Thesis, Departement of Civil and Environmental Engineering, Helsinki University of Technology, 125 page, Finland.

Lekarp, F 1999. Resilient and permanent deformation behavior of unbound aggregate under repeated loading. Ph.D. Thesis, Department of Infrastructure and Planning, Royal Institute of Technology, 65 page, Sweden.

Öberg, G. 2001. Statliga belagda vägar: Tillståndet på vägytan och i vägkroppen, effekter och kostnader, (National paved roads: condition on the pavement surface and pavement structure, effects and costs), 82 page, Sweden.

Papagiannakis, A. T., Masad, E 2008. Pavement design and materials. John Wiley, Hoboken, 102 page, New York.

U.S. Department of Transportation 2006. Geotechnical aspects of pavements, National Highway Institute, Washington.

Q. Lu, J. Won, J.C.P. Cheng, 2016. A financial decision making framework for construction projects based on 5D Building Information Modeling (BIM). Int. J. Proj. Manag. 34(3): 3–21.

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.

Tunç, A. 2004. Esnek kaplama malzemeleri el kitabı, Asil Yayın Dağıtım, 250 sayfa, Ankara.

Vägverket 2008. Vägverkets tekniska krav vid dimensionering och utformning av överbyggnad och avvattning VVTK Väg, Sweden.

Verstraeten J., 1967. Stresses and displacements in elastic layered systems: general theory-numerical stress calculations in four-layered systems with continuous ınterfaces, In: Proceedings of the Second International Conference Structural Design of Asphalt Pavements, pp. 277-290, Michigan.

Werkmeister, S. 2003. Permanent deformation behaviour of unbound granular materials in pavement constructions. Ph.D. Thesis, Technical University of Dresden, Dresden, 120 page, Germany.

X. Li, 2014. The importance of the construction of highway intelligent information analysis, Network Security Technology & Application 4:193–194.

EKLER

EK 1. Onaylı malzeme ocakları itinereri

EK 2. Yüzey bozulma tablosu

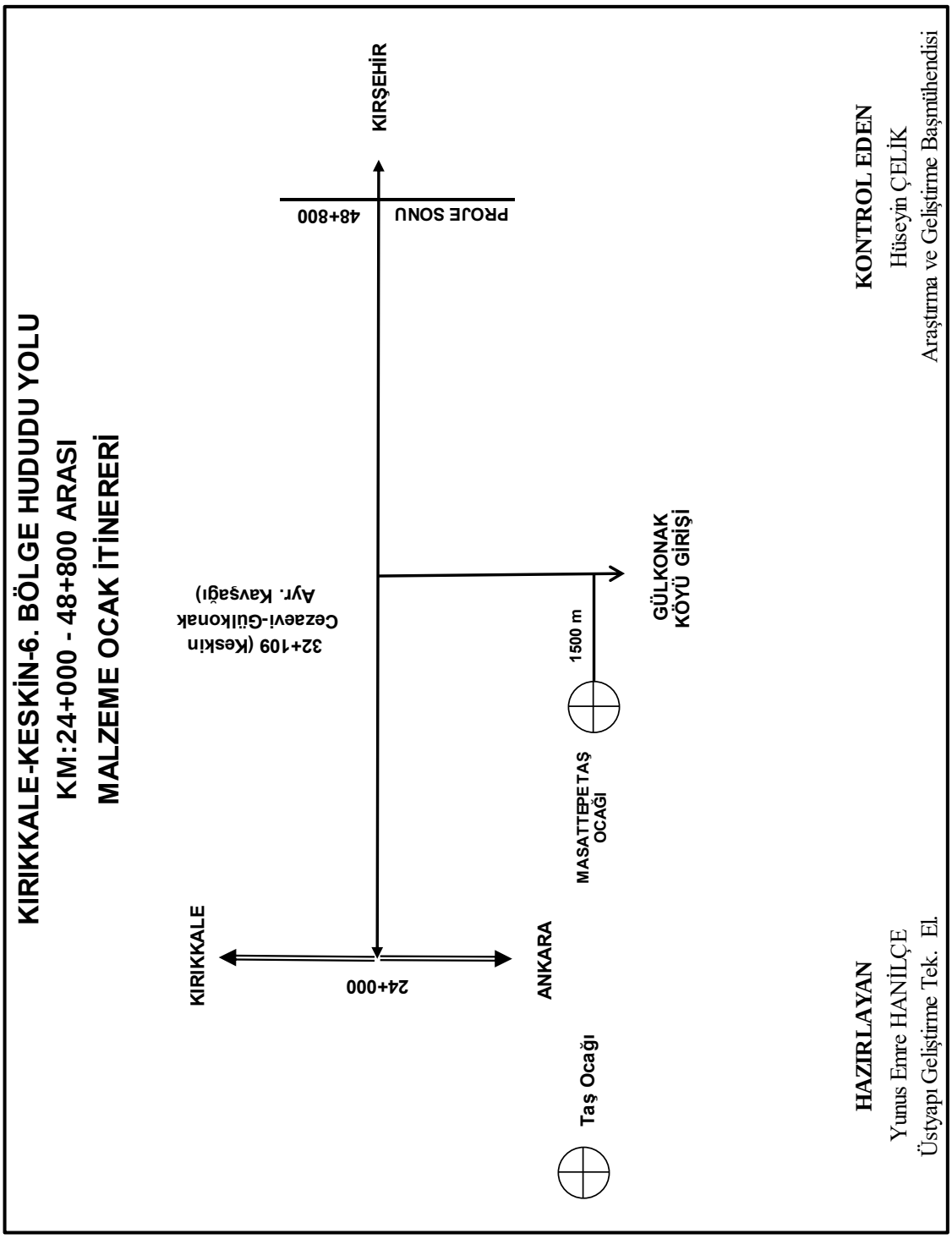
EK 3. Takviye üstyapı kalınlık itinereri

EK 4. Puanlama tablosu

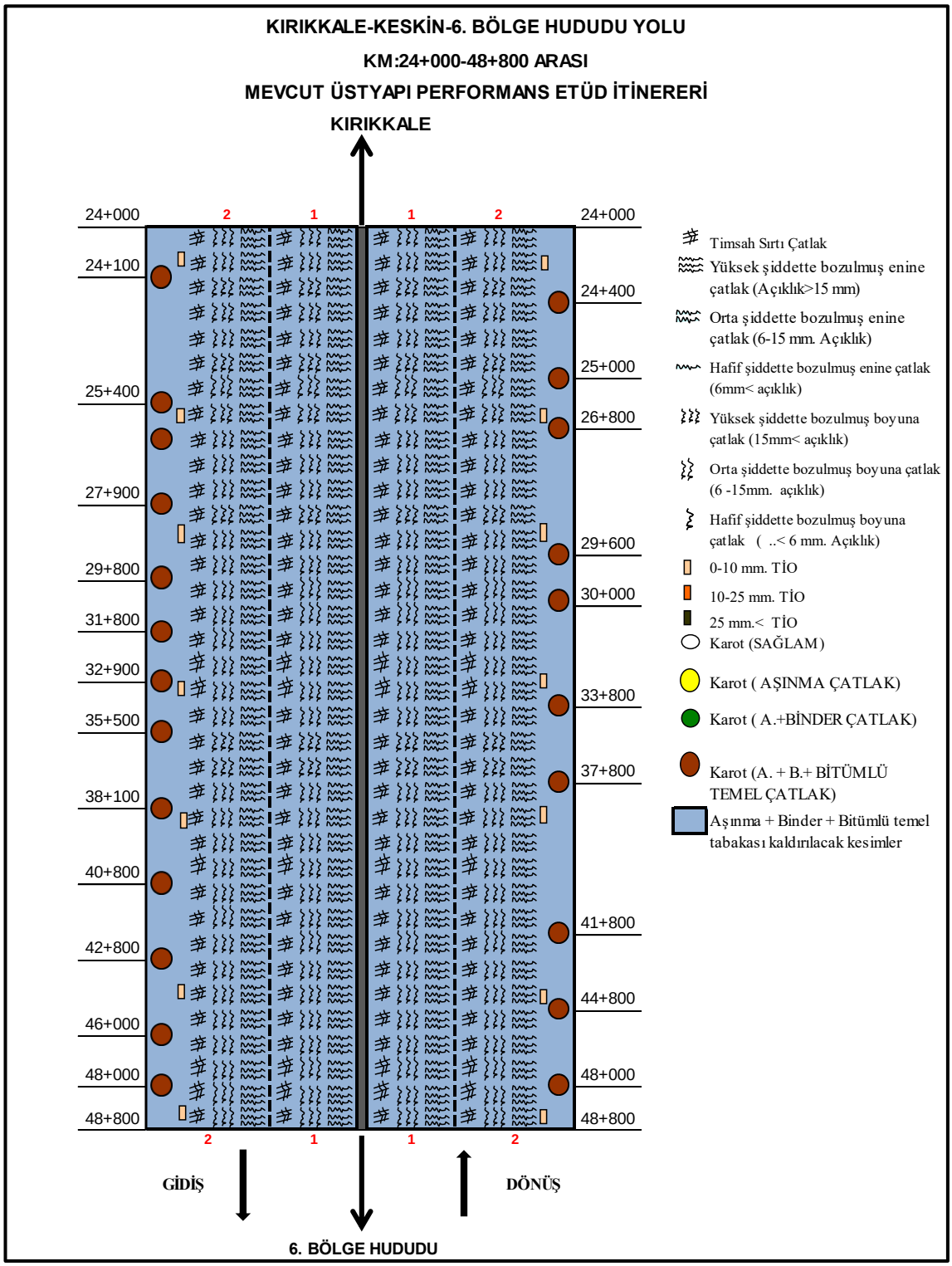
EK 5. Karot ve malzeme ocakları deney raporları

EK 6. KGM izin belgesi

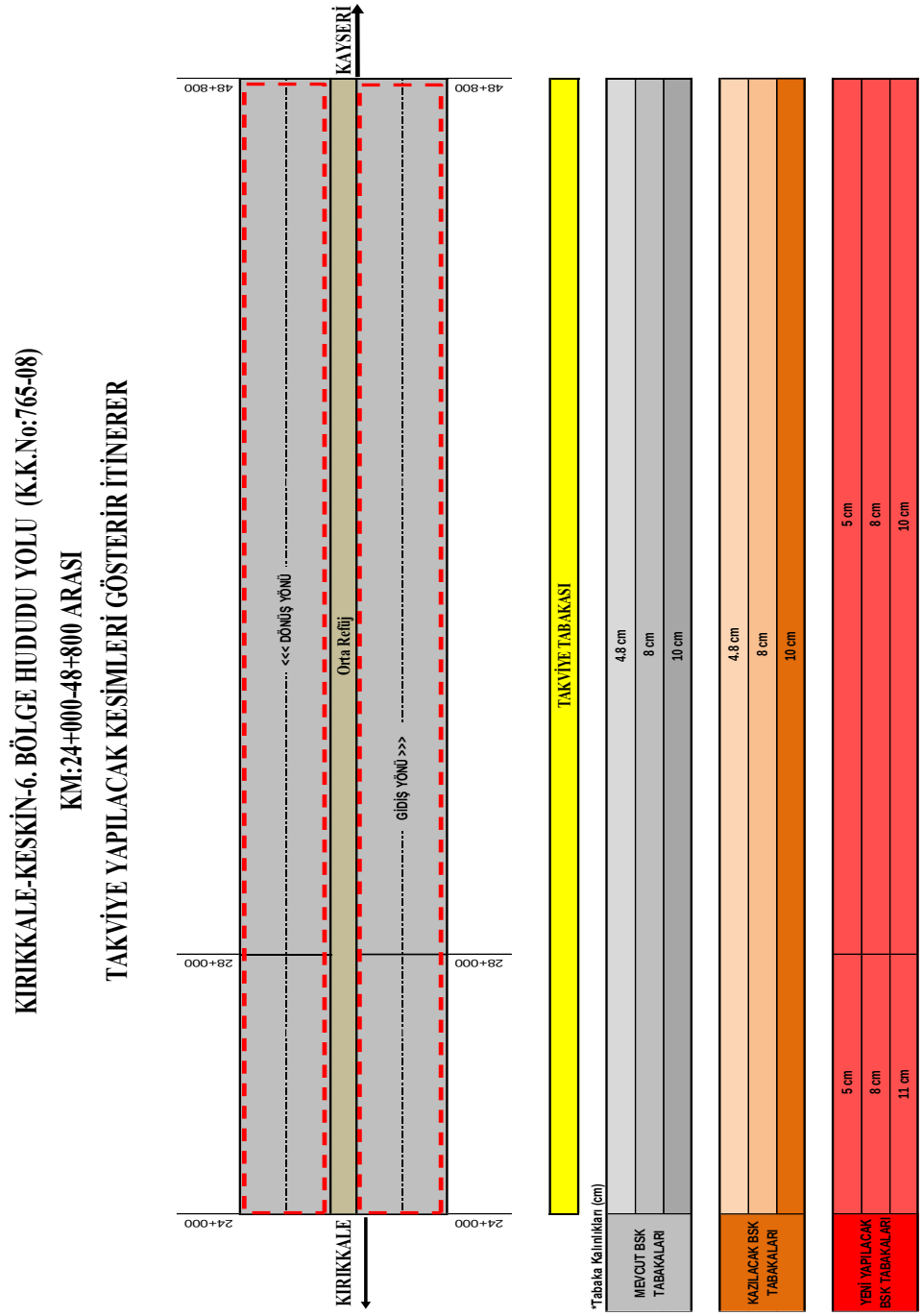
EK 1. Onaylı malzeme ocakları itinereri



EK 2. Yüzey bozulma tablosu



EK 3. Takviye üstyapı kalınlık itinereri



NOT: Proje güzergahında mevcut tüm BSK tabakaları kaldırılarak düzeltme amaçlı olarak **en az 10 cm PMT tabakası** getirilip, gerekli olan düzeltme ve sıkıştırma işlemleri yapıldıktan sonra Km:24+000-28+000 arasında **11 cm Bitümlü Temel + 8 cm Binder + 5 cm Aşınma, Km:28+000-48+800 arasında ise 10 cm Bitümlü Temel + 8 cm Binder + 5 cm Aşınma** tabakası getirilecektir.

ESNEK ÜSTYAPILAR İÇİN ÜSTYAPI DURUMU PUANLAMA TABLOSU

YOLUN ADI : **Kırıkkale-Keskin-6.Bölge Hududu Yolu**

KİLOMETRE: **Sağ ve Sol Yol 24+000-48+800 Arası** **K.K.No:765-08**

ÜSTYAPI BOZULMA TİPİ	AĞIRLIKLI PUAN (A)	BOZULMA ŞİDDETİ (B)			BOZULMA YOĞUNLUĞU (C)					HASAR MİKTARI D=A*B*C
		HAFİF (0,4)	ORTA (0,7)	YÜKSEK (1)	NADİR (0,6)	AZ (0,7)	ORTA (0,8)	SIK (0,9)	YAYGIN (1)	
Tekerlek İzinde Oturma √	10	X				X				2,80
Timsah Sırtı Çatlak √	10		X						X	7,00
Kenar Çatlakları √	5			X					X	5,00
Enine Çatlaklar √	10			X					X	10,00
Boyuna Çatlaklar √	15			X					X	15,00
Blok (Harita) Çatlaklar	10			X					X	10,00
Ondilasyon Ötelenme ve Yoğrulma	5									
Lokal Oturmalar	5		X				X			2,80
Yamalar	5		X			X				2,45
Çukurlar	10		X		X					4,20
Terleme (Kusma)	5									
Segregasyon, Sökülme ve Soyulma	10			X					X	10,00

Toplam Hasar =	69,3
Toplam Yapısal Hasar √ =	39,8
100-Toplam Yapısal Hasar √ = ÜYP	60,2
100-Toplam Hasar = ÜP	30,8
Üstyapı Durum Sınıfı =	**ÇOK KÖTÜ**

Çalışmayı Yapan : Yunus Emre HANİLÇE

Pozisyonu : Üstyapı Geliştirme Tek. El.

İmza :

EK 5. Karot ve malzeme ocakları deney raporları



Karayolları 4.Bölge Müdürlüğü
Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği
Beton ve Çimento Laboratuvarı

Yeni Etlik Cad. No:39 06110 Dışkapı/ANKARA

TÜRKAK Test TS EN ISO/IEC 17025 AB-0481-T

AB-0481-T	
B04.155- E.000 71.BÇ.65.1/2	
17.06.2019	

Deney Raporu
Test Report

Müşterinin adı/adresi Customer Name/Address	----------
İstek Numarası Order No.	----------
Numunenin adı, tarifi ve durumu* Name and identity of test item	Agrega (0-5, 5-12 ve 12-22 mm) (Kalker); Masat Tepe Taş Ocağı
Numunenin kabul tarihi The date of receipt of test item	22.05.2019
Açıklamalar Remarks	Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Yöntemler (TS EN 1097-2)
Deneyin yapıldığı tarih Date of Test	22.05.2019-24.05.2019
Raporun Sayfa Sayısı Number of pages of the Report	2

Deney laboratuvarı olarak faaliyet gösteren Karayolları 4.Bölge Müdürlüğü Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği Laboratuvarları, TÜRKAK'tan AB-0481-T akreditasyon dosya numarası ile TS EN ISO/IEC 17025:2012 standardına göre akredite edilmiştir.
4th Regional Directorate of Highways, Chief Engineering of Research and Development Laboratories accredited by TÜRKAK under registration number AB-0481-T for TS EN ISO/IEC 17025:2012 as test laboratory"

Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) deney raporlarının tanınırlığı konusunda Avrupa Akreditasyon Birliği (EA) ve Uluslararası Laboratuvar Akreditasyon Birliği (ILAC) ile karşılıklı tanınma antlaşması imzalamıştır.
The Turkish Accreditation Agency (TURKAK) is signatory to the multilateral agreements of the European co-operation for the Accreditation (EA) and of the International Laboratory Accreditation (ILAC) for the Mutual recognition of test reports.

Deney ve/veya ölçüm sonuçları, genişletilmiş ölçüm belirsizlikleri (olması halinde) ve deney metodları bu sertifikanın tamamlayıcı kısmı olan takip eden sayfalarda verilmiştir.
The testing and/or measurement results, the uncertainties (if applicable) with confidence probability and test methods are given on the following pages which are part of this report.

Mühür/Kaşe Seal	***Yayımlandığı Tarih*** Date	***Deney Sorumlusu*** Person in charge of test	***Onaylayan*** Approval
	17.06.2019	Yol ve Yapı Malz. Müh.	Ar-Ge Başmühendisi

**Uygulanabilir/gerekli olduğunda*
Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz.
İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir.
This report shall not be reproduced other than in full except with the permission of the laboratory. Test reports without signature and seal are not valid.

B04.ARŞ.KP.01.FR-05 Revizyon No/Tarih:04/18.02.2019

Karayolları 4.Bölge Müdürlüğü
Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği
Beton ve Çimento Laboratuvarı

AB-0481-T
B04.155-E.000 71.BÇ.65-1/2
17.06.2019

Deney metodu: Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini
Test method İçin Yöntemler (TS EN 1097-2)

Deney sonuçları: **(LA)=% 27**
Test results

Çevre şartları: ------
Environmental conditions

Ölçüm belirsizliği: ------
Measurement uncertainty

Görüş ve yorumlar: -----
Opinions and interpretations

Ölçüm sonuçlarının şartnamelere veya standartlara uygunluk beyanı: İlgili talep yazısında müşteri tarafından istenmediği için uygunluk beyanı verilmemektedir.
Conformity with requirements or specifications:

Feragat beyanı:------
Disclaimer

Karar kuralının açık tanımı/ : ------
Definition of Decision Rule:

Deney yönteminden eklemeler, çıkarmalar ve sapmalar:-----
Additions to, deviations, or exclusions from the test method

RAPOR SONU

DENEYİ YAPAN	GÖZDEN GEÇİREN/KONTROL EDEN	ONAYLAYAN

**Uygulanabilir/gerekli olduğunda*
***İşaretli deneyler, akreditasyon kapsamındadır.*
**** Hakkında görüş verilen/yorum yapılan sonuçlar, akredite edilmiş kapsam ile ilişkili değildir.*

Beyan edilen genişletilmiş ölçüm belirsizliği, standart belirsizliğin, k=2 olarak alınan genişletme katsayısı ile çarpımı sonucunda bulunan değerdir ve %95 oranında güvenilirlik sağlamaktadır.

Sonuçlar sadece deneyi yapılan ögelerle ilgilidir

Laboratuvarımızın numune alma aşamasına dair sorumluluğu bulunmadığından, sonuçlar numunenin teslim alındığı hâli için geçerlidir.

Laboratuvarlarımız tarafından dış tedarikçi laboratuvar kullanılmamaktadır.

İrtibat Bilgileri:
Tel: (0 312) 550 60 00
Faks: (0 312) 384 31 28
E-Posta: kalite bolge4@kgm.gov.tr

Karayolları 4. Bölge Müdürlüğü
Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği
Yeni Etlik Cad. 06110 Dışkapı / ANKARA

Deney Raporu
Test Report

B04.ARŞ-BÇ
B04.155-E.000 71.BÇ.65.2/2
17.06.2019

AGREGANIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ DENEY RAPORU

İLGİ YAZI TARİH VE SAYISI	-----	-----
NUMUNEYİ GÖNDEREN	-----	
AİT OLDUĞU PROJE	-----	
YÜKLENİCİ	-----	
DENEYİN YAPILDIĞI YER	Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği, Beton ve Çimento Laboratuvarı	

NUMUNENİN TANIMI						NUMUNENİN CİNSİ
BETON	ALTTEMEL	TEMEL	SATHİ KAPL.	BSK	DİĞER	
						Agrega / Kalker

İŞ. NO - LAB. NO	NUM. ALINDIĞI OCAĞIN ADI	NUMUNEYİ ALANIN ADI SOYADI	NUMUNE GELİŞ TARİHİ	RAPOR TARİHİ
71-65	Masat Tepe Taş Ocağı	------	22.05.2019	17.06.2019

NUMUNENİN NİTELİĞİ

DENEY ADI VE YÖNTEMİ	DENEY İŞLEMİ		DENEY SONUCU	ŞARTNAME DEĞERİ
MAGNEZYUM SÜLFAT DENEYİ (MS) % TS EN 1367-2	Deney Kısmının Elde Edildiği Tane Büyüklüğü Fraksiyonu-mm	10-14	5.2	
	Deney Kısmı İçin Kullanılan Lab. Num. Kütle Oranı-%	30		
SU EMME ORANININ TAYİNİ DENEYİ (WA) % TS EN 1097-6	Deney Kısmının Elde Edildiği Tane Büyüklüğü Fraksiyonu-mm	12-25 mm	0.6	
	Deney Kısmının Elde Edildiği Tane Büyüklüğü Yüzdesi-%			
ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ TS EN 1097-6	Deney Kısmının Elde Edildiği Tane Büyüklüğü Fraksiyonu-mm	12-25 mm	2.71	
İNCE TANELERİN TAYİNİ METİLEN MAVİSİ DENEYİ (MB) % TS EN 933-9+A1	Deney Kısmının Elde Edildiği Tane Büyüklüğü Fraksiyonu-mm	0-2	0.5	
	İlave Edilen Boya Çözeltisinin Hacmi-ml	10		

AÇIKLAMALAR:

Deney sonuçları, sadece deneye tabi tutulan numuneler için geçerlidir.

Laboratuarlarımız tarafından numune alma işlemi gerçekleştirilmediğinden, deneye tabi tutulan numunelerin temsil özelliğinden laboratuarlarımız sorumlu değildir.

K-Q TSE-ISO-EN 9000

Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği, TS EN ISO 9001 standardına uygun olarak belgelendirilmiştir.
B04.ARŞ.KP.01.FR-04 Revizyon No/Tarih:01/01.07.2013

Bu rapor, laboratuvarın yazılı izni olmadan kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mührüsüz raporlar geçersizdir

İrtibat Bilgileri: 303 90 00

EK 6. KGM izin belgesi

T.C.
ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI
Karayolları Genel Müdürlüğü
Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı

Sayı : E.67927646- 755.02.05 / 881902 22.07.2022
Konu : Tez Çalışması

Sayın Hamza ASLAN
Ostim Osb Mahallesi 1467. Cadde No: 3A Yenimahalle / Ankara

İlgi: Hamza ASLAN ın 20.07.2022 tarihli ve 0 sayılı yazısı .

İlgi yazı ile Başkanlığımıza sunulan Kırıkkale - Keskin - 6. Bölge Hududu Yolu Km: 24+000 - 48+800 Arası Üstyapı Takviye Projelendirme Raporu için yapılan araştırma çalışmalarına ait verilerin Tez Danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Başak Varli BİNGÖL'ün yaptığı yüksek lisans programı dahilinde devam etmekte olan " ESNEK KAPLAMALI YOLLARDA MEYDANA GELEN DEFORMASYONLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ: KIRIKKALE KESKİN YOLU ÖRNEĞİ" konulu tez çalışmasında faydalanılması talep edilmektedir.

Söz konusu tez çalışması için gerekli dokümanların bilimsel amaçlı kullanılması ve kurumun yazılı izni olmadan verilenlerin üçüncü kişilere kullandırılmaması kaydıyla teknik destek Daire Başkanlığımızca sağlanabilecektir. Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Şenol ALTIOK
Genel Müdür a.
Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanı

"Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır."
Belge Doğrulama Kodu: "wyxiy80C0358" Belge Doğrulama Adresi: "https://www.turkiye.gov.tr/kgm-ebys"

İnönü Bulvarı No: 14 06100 Yücetepe/ANKARA
Bilgi İçin : Aykan MERT
Üstyapı Etüt Proje Şefi
Telefon No : 312 449 73 02 Faks: 312 449 71 55
Telefon : (312) 4168147
İnternet Adresi : www.kgm.gov.tr KEP: kgm@hs01.kep.tr
e-posta : amert@kgm.gov.tr
İlgili Birim : Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü

1/1

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Hamza ASLAN

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	2023-Halen
Lisans	Mustafa Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü	2009-2013

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2018-Halen	Suryol İnşaat	Genel Kordinatör