



T.C.
Ulaştırma Denizcilik ve
Haberleşme Bakanlığı



KARAYOLLARI
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ



7 Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi

29-30 Kasım 2017
Sheraton Ankara Hotel & Convention Center Ankara

Bildiriler

DÜZENLEME KURULU

Başkan : İsmail KARTAL (KGM - YTMK)
Üyeler : Prof.Dr. Mustafa ILICALI (TBMM)
Uğur Kenan ADILOĞLU (KGM)
Mehmet TUTAŞ (KGM - YTMK)
Birol DEMİR (KGM - YTMK)
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN (İGÜ)
Prof.Dr. Ali Osman ATAHAN (İTÜ - YTMK)
Prof.Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
Ayberk ÖZCAN (ASMÜD)

YÜRÜTME KURULU

Başkan : Mehmet TUTAŞ (KGM - YTMK)
Üyeler : Birol DEMİR (KGM - YTMK)
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN (İGÜ)
Prof.Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
Ali Rıza KIRAN (KGM)
Sabri TEKİN (KGM)
Yasin ALTUNYUVA (KGM)
Muhammet KOMUT (KGM)
Derya ŞENYAY (ASMÜD)

Sempozyum Genel Koordinatörü : Ş. Özcan EROL (E-KGM - YTMK)

BİLİM KURULU

Prof.Dr. Perviz AHMEDZADE (EÜ)
Prof.Dr. Hüseyin AKBULUT (AKÜ)
Prof.Dr. Atakan AKSOY (KTÜ)
Süha ARAY (ONUR)
Prof.Dr. Osman Nuri ÇELİK (SÜ)
Dr. Reha ÇETİNKAYA (BASALT-ACTIEN-GESELLSCHAFT)
Birol DEMİR (KGM)
Prof.Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN (İGÜ)
Serdar KAŞAK (KGM)
Muhammet KOMUT (KGM)
Prof.Dr. Necati KULOĞLU (FÜ)
Prof.Dr. Abdullah Hilmi LAV (İTÜ)
Gülşay MALKOÇ (ASMÜD)
Fatma ORHAN (KGM)
Yrd.Doç.Dr. Jülide ÖNER (UŞAK Ü)
Doç.Dr. Halit ÖZEN (YTÜ)
Yrd.Doç.Dr. Hande Işık ÖZTÜRK (ODTÜ)
Ahmet SAĞLIK (KGM)
Prof.Dr. Mehmet SALTAN (SDÜ)
Yrd.Doç.Dr. İbrahim SÖNMEZ (İSFALT)
Prof.Dr. Burak ŞENGÖZ (DEÜ)
Prof.Dr. Serkan TAPKIN (UAÜ)
Zeliha TEMREN (ASMÜD)
Prof.Dr. Serdal TERZİ (SDÜ)
Prof.Dr. Ali TOPAL (DEÜ)
Hikmet TUĞLU (OTOYOL A.Ş.)
Savaş Nedim TUTAN (KGM)
Prof.Dr. Erol TUTUMLUER (ILLINOIS U)
Dr. E. Nazan ÜNAL (KGM)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

- 15 Farklı Vaks İçeriklerine Sahip Bitümlerin Kimyasal ve Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi
Yrd.Doç.Dr. Jülide ÖNER (UŞAK Ü), Prof.Dr. Burak ŞENGÖZ (DEÜ), Gülay MALKOÇ (ASMÜD)
- 29 Taş Mastik Asfalt Karışımlarda SBS ile Birlikte PR Plast S Katkısının Karışımın Yoğunluk-Boşluk Analizleri ve Marshall Stabilitesi Bakımından İncelenmesi
Elif GİRDAP (KGM), Doç.Dr. Şeref ORUÇ (KTÜ)
- 41 Farklı Deney Yöntemleriyle Çinko Oksit Katkılı Bitümlerin Yüksek Sıcaklık Performans Sınıflarının Belirlenmesi
Dr. Omar ALQUDAH (APPLIED SCIENCE U), Dr. Taylan GÜNAY (EÜ), Prof.Dr. Perviz AHMEDZADE (EÜ)
- 57 Bitümlü Sıcak Karışımlarda Hamburg Tekerlek İzinde Oturma Testi İçin Şartname Oluşturma Çalışması
Hakan ORAL (KGM), Savaş Nedim TUTAN (KGM)
- 73 Assessment of Flexible Pavement Fatigue Life of Turkish Typical Sections Using Mechanistic Empirical Pavement Design Approach for Coastal Region (Mekanistik - Ampirik Kaplama Tasarımı Yaklaşımı ile Türkiye’de Kullanılan Tipik Esnek Üstyapı Kesitlerinin Yorulma Ömrünün Sahil Bölgesi İçin Değerlendirilmesi)
Prof.Dr. Osman Nuri ÇELİK (SÜ), Saadoon Obaid EYADA (SÜ - IRAK SAĞLIK BAKANLIĞI)
- 91 Kireçtaşı Agregalı TMA Aşınma Tabakalarının Performansının Değerlendirilmesi
Hakan ORAL (KGM), Savaş Nedim TUTAN (KGM), Muhammet KOMUT (KGM)
- 101 Asfalt Betonun Düşük Sıcaklık Performansının Doğrudan Çekme Deneyleri ile Belirlenmesi
Yalçın KARAKAYA (ODTÜ), Prof.Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
- 111 Kireç ile Stabilize Edilen Zeminlerin Karayolu Üstyapısında Kullanımlarında Zeminin Arazideki Ufalama Seviyesinin Etkisinin Araştırılması
Doç.Dr. İlknur BOZBEY (İÜ), Doç.Dr. M. Kubilay KELEŞOĞLU (İÜ), Şenol ÇÖMEZ (KGM), Dr. Aykan MERT (KGM), Tuğba ÖZTÜRK (KGM), Kıvılcım ÖCAL (KGM)
- 125 Osmangazi Köprüsünde Mastik Asfalt Dizaynı ve Mastik Asfalt Üretimi
Ali Osman BAKİ (KGM), Tunç TİRYAKİ (NÖMAYG)
- 139 Bitümlü Sıcak Karışım Uygulamalarında Asfaltın Kendini İyileştirme Yöntemleri ve Faydaları
Kemal ARMAĞAN (ESOGÜ), Gülay MALKOÇ (ASMÜD), Prof.Dr. Mehmet SALTAN (SDÜ), Prof.Dr. Serdal TERZİ (SDÜ)
- 151 Nano-Bentonitin Bitüm ve Bitümlü Sıcak Karışımların Özelliklerine Etkisi
Hameedullah RAUFİ (DEÜ), Prof.Dr. Ali TOPAL (DEÜ), Prof.Dr. Burak ŞENGÖZ (DEÜ), Derya KAYA (DEÜ)
- 163 Astar Bağlayıcı Uygulamalarında Gelişmeler ve Karayollarında Kullanımlarının Araştırılması
Şenol ÇÖMEZ (KGM), Dr. Aykan MERT (KGM), Tuğba ÖZTÜRK (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Birol DEMİR (KGM)
- 177 Buzlanma ile Mücadelede Yeni Bir Teknoloji: Elektriksel İletken Asfalt Betonları
Doç.Dr. Cahit GÜRER (AKÜ), Prof.Dr. Hüseyin AKBULUT (AKÜ)
- 191 Üstyapı Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi ve Ağ Seviyesinde Değerlendirmeler
Dr. E. Nazan ÜNAL (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Birol DEMİR (KGM)
- 203 Karayollarında Zemin Penetrasyon Radarı (GPR) ile Kalite Kontrol Uygulaması
Yrd.Doç.Dr. Sercan SERİN (DÜZCE Ü), Prof.Dr. Mehmet SALTAN (SDÜ), Prof.Dr. Serdal TERZİ (SDÜ)
- 211 Sürdürülebilir Karayolu Üstyapı Yönetiminde Karar Verme
Yrd.Doç.Dr. Muhammed Emin Cihangir BAĞDATLI (NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR Ü)
- 223 Aşınma Tabakası Pürüzlendirme Uygulamaları
Yrd.Doç.Dr. Volkan Emre UZ (ADANA BTÜ), İslam GÖKALP (ADANA BTÜ), Yakup DOST (KGM), Ergun YALÇIN (KGM), Mehtap TEPE (KGM)

Sayfa

- 237 Yüksek Oranda Kazınmış Asfalt İçeren Bitümlü Karışımın Performans Özelliklerinin İncelenmesi
Yrd.Doç.Dr. İbrahim SÖNMEZ (İSFALT), Seyit Ali YILDIRIM (ABT), Zeliha TEMREN (ASMÜD), Dr. Samir SOLUMAN
- 249 Asfalt Geri Dönüşümü Sürdürülebilirlik İlişkisi
Kemal Muhammet ERTEN (AKÜ), Prof.Dr. Serdal TERZİ (SDÜ), Prof.Dr. Hüseyin AKBULUT (AKÜ)
- 259 Asphalt Binder Rejuvenation for Recycling Road Materials (Yol Malzemelerinin Geri Dönüşümü İçin Asfalt Bağlayıcılarının Gençleştirilmesi)
Loretta VENTURINI (ITERCHIMICA), Luca BACCELLIERI (ITERCHIMICA), Filippo GIUSTOZZI (RMIT U)
- 285 Karayolu Altyapıları İçin Sürdürülebilirlik Sertifika Sisteminin Geliştirilmesi
Fatma ORHAN (KGM), Ahmet SAĞLIK (KGM), Merve USTALAR (KGM), Derya AKBAŞ KARAKILÇIK (KGM)
- 297 Çelikhane Cürufunun Bitümlü Sıcak Karışımlarda Agregada Olarak Kullanılmasına İlişkin İnceleme ve Öneriler
Dr. Fatih YONAR (TECHNOBEE), Prof.Dr. Attila DİKBAŞ (MEDİPOL Ü), Ahmet SAĞLIK (KGM), Muhammet KOMUT (KGM)
- 309 Atık Mermerlerin Bitüm ile Adezyonu ve Bitümlü Sıcak Karışımlardaki Ekonomik Etkisi
Dr. Murat OKUBAY (ELAZIĞ İL ÖZEL İDARESİ), Doç.Dr. Baha Vural KÖK (FÜ), Yrd.Doç.Dr. Mustafa Sinan YARDIM (YTÜ), Doç.Dr. Mehmet YILMAZ (FÜ)
- 321 İklim Değişikliğinin Asfalt Kaplamaları Üzerindeki Etkileri ve Yeni Yapım Stratejileri
Yrd.Doç.Dr. Hande Işık ÖZTÜRK (ODTÜ)
- 333 Bitümlü Sıcak Karışım Üstyapılarda Görülen Yüzey Bozulmaları ile Düzgünsüzlük Arasındaki Benzerlikler
Ufuk KIRBAŞ (OMÜ), Mustafa KARASHAHİN (İGÜ), Birol DEMİR (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Emine Nazan ÜNAL (KGM), Kıvılcım ÖCAL (KGM)
- 343 Tahribatsız Üstyapı (Asfalt) Jeofizik Yöntemleri
Nuh DEMİRBAŞ (KGM), Aytuna SAYIN (KGM), Metin ALTAY (KGM), Prof.Dr. Aysel ŞEREN (KTÜ), Zeynep ÖGRET MEN AYDIN (KTÜ)
- 355 Bitümlü Sıcak Karışımların Kırılma Davranışının İncelenmesi
Dr. Yavuz ABUT (KOCAELİ BÜY. BLD.), Prof.Dr. Mustafa KARASHAHİN (İGÜ)
- 365 Kaplama Yüzey Dokusu Karakteristik Özellikleri ve Makro Doku Ölçüm Yöntemleri
İslam GÖKALP (ADANA BTÜ), Yrd.Doç.Dr. Volkan Emre UZ (ADANA BTÜ)
- 375 Pınarbaşı Gürün Yolu Üstyapı Tasarımı
Müge ÖZGENEL (BOTEK)
- 385 Polifosforik Asidin Modifiye Edilmiş Bitümler Üzerine Etkisinin Araştırılması
Tuğba ÖZTÜRK (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Birol DEMİR (KGM)
- 395 Kauçuk Granülünün Asfalt Kaplamalarda Su Hasarı ve Çatlama Direncine Etkisinin Araştırılması
Yrd.Doç.Dr. Erol İSKENDER (KTÜ), Prof.Dr. Atakan AKSOY (KTÜ), Aytuna SAYIN (KGM), Sercan SOYLU (KTÜ), Cansu İSKENDER (KTÜ)
- 405 Nano Üleksit Minerallerinin Ilık Karışım Asfaltın Performansı Üzerindeki Etkileri
Yrd.Doç.Dr. Tuba KÜTÜK-SERT (RTEÜ), Yrd.Doç.Dr. Erol İSKENDER (KTÜ), Dr. Sezai KÜTÜK (RTEÜ), Resul Ekrem GÜNBEY (KUANTUM)
- 421 Silindirle Sıkıştırılmış Beton Üzerine BSK Aşınma Uygulaması ve Derz Bölgelerinde Geogrid Kullanılmasına Yönelik Bir Saha Çalışması
Aydm GÜR (KOCAELİ BÜY. BLD.), Dr. Yavuz ABUT (KOCAELİ BÜY. BLD.)
- 431 Yeni Yapılan Asfalt Kaplamalarda Düzgünsüzlük Değerlendirmeleri
Dr. E. Nazan ÜNAL (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Birol DEMİR (KGM)
- 441 Asfalt Betonu Homojenliğinin İki Boyutlu Kesit Görüntüleri Kullanılarak Değerlendirilmesi
Ayhan Öner YÜCEL (ODTÜ), Prof.Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
- 451 Sürdürülebilir Kalkınma Noktasında Asfalt Emülsiyonları ve Uygulama Alanları
Aytuna SAYIN (KGM)

SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON ÜZERİNE BSK AŞINMA UYGULAMASI VE DERZ BÖLGELERİNDE GEOGRİD KULLANILMASINA YÖNELİK BİR SAHA ÇALIŞMASI

Aydın GÜR¹ Yavuz ABUT²

ÖZET

Soğuk veya yağışlı hava koşulları nedeniyle esnek üstyapı inşaatı her zaman mümkün olamamaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi kontrolünde gerçekleştirilen bir yapım işinde, mevsim koşulları nedeniyle Plentmiks Alttemel ve Bitümlü Temel inşaatlarında problemler yaşanmış, belediyenin hizmet verdiği bölgeler içerisindeki sanayi kuruluşlarından projenin öncelikli olarak tamamlanmasına dair ciddi talepler oluşmuştur. Ayrıca bölge içerisinde ilgili kurumlar tarafından yapılan alt yapı hatlarının, kırmızı kota yakın olması ve hem esnek üstyapı hem de alt yapıların inşaat esnasında zarar görme ihtimalinin yüksek olması nedeniyle esnek üstyapı tasarımı revize edilerek kompozit üstyapı şeklinde yeniden çözülmüştür. Çalışmada ayrıca yansıma çatlaklarının gelişiminin gözlemlenebilmesi için derz bölgelerinde geogrid uygulaması yapılmıştır.

GİRİŞ

Ülkemizde yerel yönetimler üstyapı tipi seçiminde genellikle esnek üstyapıyı tercih etmektedirler. Ancak yerleşim bölgelerinde, bina su basman kotları ve alt yapı hatlarından dolayı zemin ıslah çalışmaları veya kot yükseltme işlemleri her zaman mümkün olamamaktadır. Bununla birlikte vatandaş mağduriyeti de dikkate alınarak, esnek üstyapı inşaatı için gerekli mevsim şartlarına bakılmaksızın, yol inşaatlarına devam edilmesi zorunluluğu ortaya çıkmakta, bu tarz imalatların olduğu kesimlerde yol üstyapısı kısa sürede bozulmakta, ciddi rehabilitasyon bütçelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bozulmuş üstyapı tabakalarının onarımı için en yaygın olarak kullanılan metot, eski kaplama tabakası üzerine belirli kalınlıkta takviye tabakasının getirilmesidir. Takviye tabakası ile mevcut üst yapıya su girişinin engellenmesi, yapısal taşıma kapasitesinin artırılması, toplam olarak sürüş konforu ve güvenliğinin artırılması amaçlanmaktadır. Bununla birlikte, bozulmuş bir yolda mevsiminde yapılmamış onarım çalışmaları hem ekonomik hem de uzun ömürlü olamamaktadır.

1. İnş.Müh, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Kocaeli

2. Dr.İnş. Yük.Müh, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Kocaeli

Karayolları Teknik Şartnamesi [1] Kısım 406'da Bitümlü Temel yapım şartlarında “*Bitümlü Temel inşaatı genel olarak 1 Nisan - 30 Kasım tarihleri arasında yapılacaktır*” ibaresi yer almakta, bu tarihler dışında yapılacak imalatlar için idare onayı istenmektedir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin denetiminde 2016 Kasım ayından sonra yapımı devam eden “Kocaeli İli Gölcük İlçesi Hisar (Asar) Deresi Yan Yolları ve Kavşakları Yapım İşi”nde soğuk iklim şartları nedeniyle, esnek üstyapı inşaatı mümkün olamamış, bölge içerisinde hizmet veren sanayi kurum ve kuruluşlarından projenin öncelikli olarak tamamlanmasına dair ciddi talepler oluşmuştur. Ayrıca bölge içerisinde ilgili kurumlar tarafından yapılan alt yapı hatlarının kırmızı kota yakın olması (Plentmiks Alttemel kotunda), hem esnek üstyapı hem de alt yapıların inşaat esnasında zarar görme ihtimalinin yüksek olması ve yeni kurulacak organize sanayi bölgesinden gelecek ağır trafik yükü ile yeni imar planı nedeniyle iptal edilecek mevcut arterlerden aktarılacak olan trafik yükü toplamının, proje ömrü sürecinde hesaplanandan daha fazla olması nedeniyle esnek üstyapı tasarımı revize edilerek kompozit üstyapı şeklinde yeniden çözülmüştür.

Kompozit üstyapı tasarımında taban zemini Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) olarak çözülmüş ve kesit tahkikinde AASHTO 1993 [2] metodu kullanılmıştır. Bu tarz yapılarda rijit kaplamada derz bölgelerinden üste doğru zamanla “*yansıma çatlağı*” denilen bir çatlak hareketinin geliştiği ve bu çatlak oluşumunun engellenmesi için de geotekstiller, geogridler, geokompozitler, çelik gridler veya ara tabaka inşaatı yöntemlerinin kullanılabilmesi bildirilmiştir [3]. Bu çalışmada ayrıca yansıma çatlaklarının gelişiminin gözlemlenebilmesi için derz bölgelerinde geogrid uygulaması yapılmıştır. Bu sayede zamana bağlı çatlak gelişiminin gözlenmesi hedeflenmiş, ülkemiz koşullarında bitümlü sıcak karışımların rijit üstyapılarla beraber kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek fayda veya zarar maliyetler, performans göstergeleri ile beraber tartışılmıştır.

ESNEK ÜSTYAPI TASARIMI VE YAPIMI

Esnek üstyapı tasarımı, KGM Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberi [4] direktifleri doğrultusunda, %85 güvenilirlik düzeyinde ve 20 yıl hizmet ömrü dikkate alınarak yapılmıştır. Proje için hesap şeridinde düşen günlük standart dingil yükü tekerrür sayısı 3073 olarak öngörülmüştür. 20 yıllık süre içerisinde ise yaklaşık 22.5 milyon tekerrür sayısı beklenmektedir. Bölge için yapılan standart dingil yükü analizi Tablo 1'de verilmiştir. Projede taban zemini taşıma kapasitesi deneysel yolla tespit edilmiştir (CBR = %7). Taban zemininin zayıf olduğu bölgelerde yer yer kaya dolgu ve bu tabakanın üzerine de 20 cm kalınlığında ariyet ocağından temin edilen Seçme Malzeme tabakası yapılmıştır. %85 güvenilirlik düzeyinde Şekil 1'de verilen esnek üstyapı kesiti projelendirmede esas alınmıştır. Şekil 1'de verilen tabaka kesitine göre SN (*Structural Number*) değeri 13.74 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Trafik yükü analizi

YOĞT (YILLIK ORTALAMA GÜNLÜK TRAFİK)	Treyler	Kamyon	Orta Yüklü Ticari Taşıt	Otobüs	Otomobil	TOPLAM
	470	500	600	150	2000	
Trafik Artış Katsayısı r (%)	4	4	5	5	5	
İlk Trafik t_0	489	520	630	158	2100	
Son Trafik $T_s = t_0 \times (1+r)^t$	1071	1139	1672	418	5572	
Proje Trafığı $T_p =$ $0,434(T_s - T_0) / \log(T_s / T_0)$	742	790	1067	267	3558	
Taşıt Eşdeğerlik Faktörü (TEF)	4.1	2.9	0.6	3.2	0.0006	
Hesap Şeridine Düşen Günlük Ortalama Standart Dingil Yüklü Tekerrür Sayısı ($W_g = (T_p / i) \times (TEF) \times (n)$)	1369	1030	288	384	1	3073
W_{18} : Eşdeğer Dingil Yüklü Tekerrür Sayısı (EDYTS) $T_{8,2} = W_g \times 365 \times 20$	22,435,361					

(5 cm) Aşınma
(7 cm) Binder
(9 cm) Bitümlü Temel
(20 cm) Plentmiks Temel
(20 cm) Plentmiks Alttemel

Şekil 1. Esnek üstyapı proje kesiti

Proje kapsamında üstyapı imalatlarının güz aylarına kalması ve PMT yüzeyindeki rutubetin bitümlü sıcak karışım inşaatı için uygun düzeylerde olmaması nedeniyle asfalt imalatları gecikmiş, bu çalışılmayan dönem zarfında PMT tabakası yağış etkisine ve değişken gece gündüz sıcaklık farklılıklarına maruz kalmıştır. Bitümlü sıcak karışım inşaatı için mevsim ve malzeme şartlarının düzelmesi ile Kasım ayı içerisinde yapılan Bitümlü Temel tabakasında yeterli sıkışma mertebeleri sağlanamamış, kaplamanın tamamı sökülme zorunda kalmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Bitümlü Temel tabakasının sökülmesi

KOMPOZİT ÜSTYAPI TASARIMI VE YAPIMI

Bitümlü Temel tabakası kaldırıldıktan sonra revize bir proje üzerinde odaklanılmış ve kompozit üstyapı tipinin uygulanabilirliği konusunda idare onayı alınmıştır. Zemin ve dingil yükü parametrelerinin projesinden alındığı tasarımda 20 cm Kırmataş Alttemel ve 20 cm PMT (min %CBR 120) üzerine serilecek olan Derzli Donatısız Beton Kaplama (JPCP) için (Silindirle Sıkıştırılmış Beton) plak kalınlığı aşağıdaki AASHTO 1993 deney yolu denklemi (Denklem 1) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R S_0 + 7,35 \log_{10} (d+1) - 0,06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4,5-1,5} \right]}{1 + \frac{1,624 \times 10^7}{(d+1)^{8,46}}} + (4,22 - 0,32 P_T) \log_{10} \left[\frac{S_c C_d (d^{0,75} - 1,132)}{215,63 J \left[d^{0,75} - \frac{18,42}{[E_c/k]^{0,25}} \right]} \right] \quad (1)$$

Burada,

W_{18} : Eşdeğer Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı (EDYTS)

d : Kaplama Kalınlığı (inc)

S_c : Beton Eğilme Dayanımı (psi)

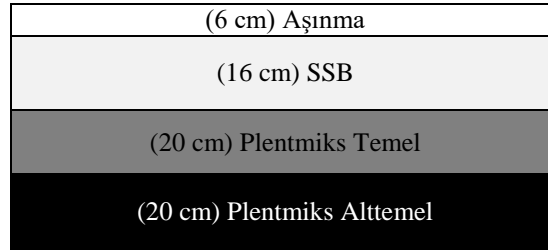
E_c : Betonun Elastisite Modülü (psi)

k : Zemin Reaksiyon Modülü (lb/inc³)

R : Güvenilirlik (%)

Z_R : Normal Standart Sapma
 S_0 : Toplam Standart Sapma
 ΔPSI : Servis Yeteneği Kaybı
 P_I : İlk Servis Yeteneği
 P_T : Son Servis Yeteneği
 C_d : Drenaj Katsayısı
 J : Yük Transfer Katsayısı

Silindirele Sıkıştırmış Beton tasarımında PCA-2004 [5] metodu kullanılmıştır. Beton için maksimum dane çapı 19 mm, s/ç oranı 0.38-0.40 aralığında ve minimum 300 kg/m³ düzeyinde çimento dozajı belirlenerek, C30 düzeyinde bir beton sınıfı hedeflenmiştir. Revize proje tip kesiti Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Kompozit üstyapı proje kesiti

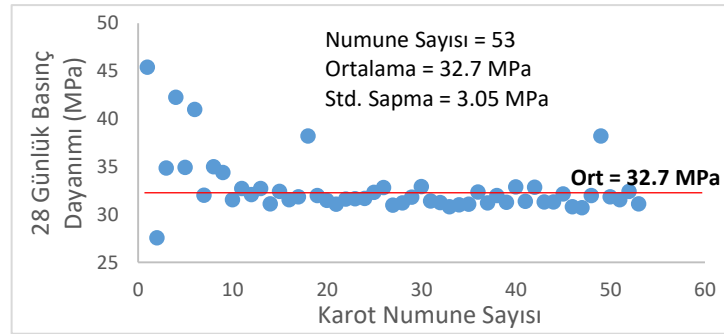
İdare ve yüklenicinin SSB inşaatı konusunda tecrübesinin olmaması ve imalat türünün Türkiye'de yaygın olmaması gibi nedenlerle karar alma süreçlerinde birtakım sıkıntılar yaşanmış, proje kapsamında yeni birim fiyat yapılmak suretiyle İdare'den imalat oluru alınmıştır.

Yapıma başlamadan önce yükleniciden "KGM Beton Yollar Teknik Şartnamesi"ne [6] uygun üretim yapabilecek bir beton santrali ile anlaşması istenmiştir. Beton santrali önerilerinden proje sahasına en yakın (13 km) ve SSB imalatı tecrübesi olan bir firma tercih edilmiştir. Santral tespitinden sonra, firmadan uygun bir dizayn raporu ve bu dizayna uygun test üretimi yapılması istenmiş, dayanım testlerinin uygunluğundan sonra üretime onay verilmiştir. Uygun malzeme üretiminin ardından Ocak 2017 itibariyle proje kapsamındaki yol imalatlarına başlanılmıştır.

Yüzey konforunun yanında proje kot ve kalınlıklarına uygun imalat yapabilmesi için Plentmiks Alttemel serimi dâhil bütün tabakalar mültipleks duyarğaya sahip finişer ile teşkil edilmiştir. Finişerin tek seferde serim yapamadığı kısımlarda ek yeri veya soğuk derz oluşmaması için iki finişer ile aynı anda serim yapılmıştır. Kamyonlar ile şantiye sahasına gelen SSB malzeme irsaliyeleri kontrol edilerek, nakliye süresinin yarım saati aşması durumunda malzemelerin kullanılması engellenmiştir. Örneğin, finişerdeki arızadan dolayı yaklaşık 1 saat bekleyen 3 tır SSB malzemesi, deneme amacıyla şantiye sahasında uygun bir kesime serilmiş, 24 saat sonra bu kısımlar kontrol edildiğinde kaplamanın istenilen dayanıma ulaşamadığı tespit edilmiş ve akabinde bu kısımlar kaldırılarak sahadan uzaklaştırılmıştır. İmalatın bütün aşamalarında finişer ile serimin ardından 30 dk içerisinde silindirajın bitirilmesi sağlanmıştır. Saha gözlemlenmeleri ve sıkışma testleri ile (nükleer test cihazıyla) uygun silindir tipi ve pas

sayısı tespit edilmiştir.

Nükleer test cihazıyla yapılan testlerde; 1. silindirajdan sonra %88-90, 2. silindirajdan sonra %92-94, 3. silindirajdan sonra %95-97 ve 4. silindirajdan sonra da %97-100 düzeyinde sıkışma seviyeleri elde edilmiş, sıkışma düzeyinin \geq %98 oranını sağlamanın ardından silindiraja son verilmiştir. Silindiraj işleminin tamamlanmasının ardından sisleme yöntemi ile yol yüzeyi kürlenmiş, 24 saat sonra 30 m aralıklar ile derz kesimi yapılmış, 6 gün süreyle kaplama trafiğe kapatılarak kürlenme işlemine devam edilmiştir. 6. günün sonunda kaplama gövdesinden her 50 m'de 1 ve şaşırtmalı olacak şekilde karot numuneler (90 x 90 mm) alınmış, alınan numunelerin tek sayılı olanları 7. günde, çift sayılı olanları 28. günde basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. 28 günlük basınç dayanımı değerleri Şekil 4'te verilmiştir. 28 günlük hedef dayanımların elde edilmesinin ardından tretuvar ve diğer imalatlara başlanılmıştır.



Şekil 4. Karot numuneler için basınç dayanımı değişimi

SSB derz bölgelerinde yansıma çatlaklarının yukarıya doğru ilerlemesini engellemek adına bazı bölgelerde geogrid uygulaması yapılmıştır. Şaşırtmalı olarak tatbik edilen bu uygulamanın sonuçları (çatlak başlangıcı, çatlak sayısı, çatlak boyu, çatlak gelişimi vb.) bir sonraki çalışmada verilecektir. Ayrıca aynı trafik yükünde kompozit ve esnek üstyapı tabakalarının performanslarını gözlemleyebilmek için, Sol Yan Yol-2 sol şerit km:0+000 ile 0+600 arası kompozit üstyapı, km: 0+600 ile 1+000 arası esnek üstyapı, km:1+000 ile 1+150 arası kompozit üstyapı olarak inşa edilmiştir. Yine Sol Yan Yol-2 sağ şerit ve köprülü kavşak kollarının tamamı (5800 m x 7 m boyutundaki güzergâh) kompozit üstyapı olarak inşa edilmiştir.

Son aşamada ise beton yol yüzeyindeki imalat hatalarının giderilmesi, güvenli ve konforlu bir sürüşün sağlanabilmesi için 6 cm kalınlığında Aşınma tabakası yapılmıştır. Bu tabakanın yapımından önce yüzeye CRS-1 (su bazlı bitüm emülsiyonu) tatbik edilmiştir. Uygulamalara ait görseller Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Kompozit yapı imalatına ait görseller



Şekil 6. Yolun bitmiş hali

MALİYET MUKAYESESİ

Proje kapsamında imalatlar 2015 yılı sonunda başlamış ve Ağustos 2017 sonunda tamamlanmıştır. Yüklenici firmanın teklif fiyatı ve yapılan yeni birim fiyatlar ile esnek ve kompozit üstyapı maliyet kıyaslaması yapılarak Tablo 2’de verilmiştir. Maliyet analizine göre revize proje ile m²’de yaklaşık 1.3 TL’lik bir ekonomiklik sağlandığı görülmüştür. Deneme amaçlı yapılan geogrid sistemin sağlayacağı fayda henüz bilinmediğinden maliyet analizinde dikkate alınmamıştır.

Tablo 2. Kaplama tipine göre maliyet mukayesesi

İmalat Türü	Teklif Fiyatı (TL)	Birimi	Yoğunluk (t/m ³)	Tabaka Kalınlığı (m)	Maliyet (TL/m ²)
BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM					
PLENTMİKS ALTTEMEL	16.00	ton	2.375	0.20	7.60
PLENTMİKS TEMEL	25.00	ton	2.358	0.20	11.79
BİTÜMLÜ TEMEL	74.16	ton	2.430	0.09	16.22
BİNDER	75.00	ton	2.428	0.07	12.75
TOPLAM					48.36
SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON					
PLENTMİKS ALTTEMEL	16.00	ton	2.375	0.20	7.60
PLENTMİKS TEMEL	25.00	ton	2.358	0.20	11.79
SSB	172.84	m ³		0.16	27.65
TOPLAM					47.04

SONUÇ VE ÖNERİLER

Mevsim şartlarından ötürü bitümlü sıcak karışım imalatlarının yapılamadığı dönemlerde, yol inşaatlarına devam edilebilmesi taahhüt işlerinin süresini kısaltabilmektedir. Ayrıca ihale fiyatlarıyla yapılan maliyet mukayesesinde ilk yapım m² maliyetinin SSB lehine olduğu tespit edilmiştir. Zamanın parasal değeri düşünüldüğünde kullanıcıların ulaştırma hizmetlerinden daha kısa sürede (veya zamanında) faydalanan olması, lehte olan bu ekonomik göstergeye pozitif katkı sunacağı açıktır. SSB üzerine aşınma yapılan bölgelerde tırların yapmış olduğu ani manevra kısımlarında herhangi bir olumsuzluk (yoğrulma, kayma vb.) gözlemlenmemiş, aşınma tabakasının SSB ile birlikte çalıştığı anlaşılmıştır. Ülkemizde kompozit üstyapılarda yansıma çatlaklarının oluşumu, koruyucu önlemlerin alınması, alternatif projelendirme gibi konularda çalışmalar sınırlı düzeydedir. Yapılan bu saha uygulamasıyla elde edilecek bulgular ile bu çalışmalara katkı sağlanması hedeflenmiştir. Taahhüt işlerinde idarelerin yapım süreleri ve bitüm fiyatlarındaki dalgalanmalardan kaynaklanan ekonomik kayıpları azaltmak için, üstyapı tabaka tipi olarak SSB teknolojisini tercih etmelerinin uygun olabileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. KTŞ-2013, Karayolu Teknik Şartnamesi, *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara, 2013.
2. AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, *American Association of State Highway and Transportation Officials*, Washington DC., 1993.

3. Güngör A.G., Sağlık A., alışkol A., Yansıma çatlaklarının nlenmesinde Ara Tabakaların Kullanımı, 5. *Ulusal Asfalt Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 18-19 Kasım 2009.
4. Sağlık A., Güngör A.G., *Karayolları Esnek styapılar Projelendirme Rehberi*, 2. Baskı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara, 2008.
5. Portland Cement Association (PCA), Guide Specification for Construction of Roller Compacted Concrete Pavements, *Portland Cement Association*, IS009, 1-14, 2004.
6. BYř-2016, Beton Yol Kaplamaları Teknik şartnamesi, *Karayolları Genel Müdürlüğü*, Ankara, 2016.