

Eskişehir'de Beton Yol Yapımı*

Fulya GÜLEN ŞAHİN¹

Erman DERİN²

Gökhan ARIKOĞLU³

Özet

Bu çalışmada, Eskişehir'de inşa edilen, 2 km uzunluğunda, 40.000 m² alanda yer alan beton yolun tasarımı ele alınmıştır. Bu projede, yolun tipi, ağır yük trafiği, hava ve zemin koşullarına daha uygun olmasından dolayı beton yol olarak tercih edilmiştir. Bu amaçla, beton yol, uzun ömürlü hizmet süresi, güvenli ve konforlu sürüş, düşük yakıt tüketimi, çevre uyumu, atık malzemelerin kullanılabilirliği, ilk üretim maliyeti, hizmet süresi boyunca toplam maliyet, düşük bakım ve onarım maliyeti özellikleri göz önüne alınarak tasarlanmıştır. Farklı karışım oranlarında yürütülen laboratuvar ve endüstriyel denemelerin sonucuna göre beton yol için iki farklı beton karışımı seçilmiştir. Derzlerle ayrılmış beton plaklar arasındaki sehimleri azaltmak için, kesme donatısı olarak Dowel Barların kullanımına, finisherin ayrı döktüğü her beton şeridini birbirine bağlamak, sağlam bir boyuna derz sağlamak ve şerit kaymasını engellemek için Tie Barların kullanımına karar verilmiştir.

Concrete Road Construction in Eskişehir

In this study, the design of concrete road in 2 km length and in 40.000 m² area constructed in Eskişehir were discussed. In this project, the type of road was preferred concrete road by virtue of being more suitable for heavy load traffic, weather and ground conditions. For this purpose, the concrete road was designed by considering the characteristics of long service life, driving safety and comfort, low fuel consumption, the environmental compliance, the availability of waste materials, first manufacturing costs, total costs along the service period and low maintenance and repair costs. Two concrete mixtures for concrete road were selected according to different combinations of laboratory and industrial trials. The use of Dowel bars, shear reinforcement, to reduce deflections between concrete roads separated by joints, tie bar, connecting roads, to connect each concrete road produced separately by finisher, prevent strip sliding and provide a stable longitudinal joint was decided.

Giriş

Projenin amacı, hammadde araçları, çimento silobasları, paketlenmiş çimento taşıyan tırlar, servis otobüsleri, hammadde kamyonları ve beton mikserlerinin Eskişehir-Bursa karayolunun kuzeyinden güneyine transferini sağlamaktır.

Bu beton yol yapımı, bir alt geçit, bir döner kavşak ve 63 araç kapasiteli 6.200 m² kamyon ve araba park alanını da kapsamaktadır. 40.000 m² alan içerisinde toplam yol uzunluğu 2 km'dir. İnşaat alanı bu proje öncesinde moloz alanı olarak kullanılmıştır. Proje, aynı zamanda, inşaat alanındaki atık molozların çimento üretiminde hammadde olarak kullanılmasıyla çevre dostu bir proje olmuştur.

Bu projede, yolun tipi, ağır yük trafiği, hava ve zemin koşullarına daha uygun olmasından dolayı beton yol olarak tercih edilmiştir. Bu amaçla, beton yol, uzun ömürlü hizmet süresi, güvenli ve konforlu sürüş, düşük yakıt tüketimi, çevre uyumu, atık malzemelerin kullanılabilirliği, ilk üretim maliyeti, hizmet süresi boyunca toplam maliyet, düşük bakım ve onarım maliyeti özellikleri göz önüne alınarak tasarlanmıştır.

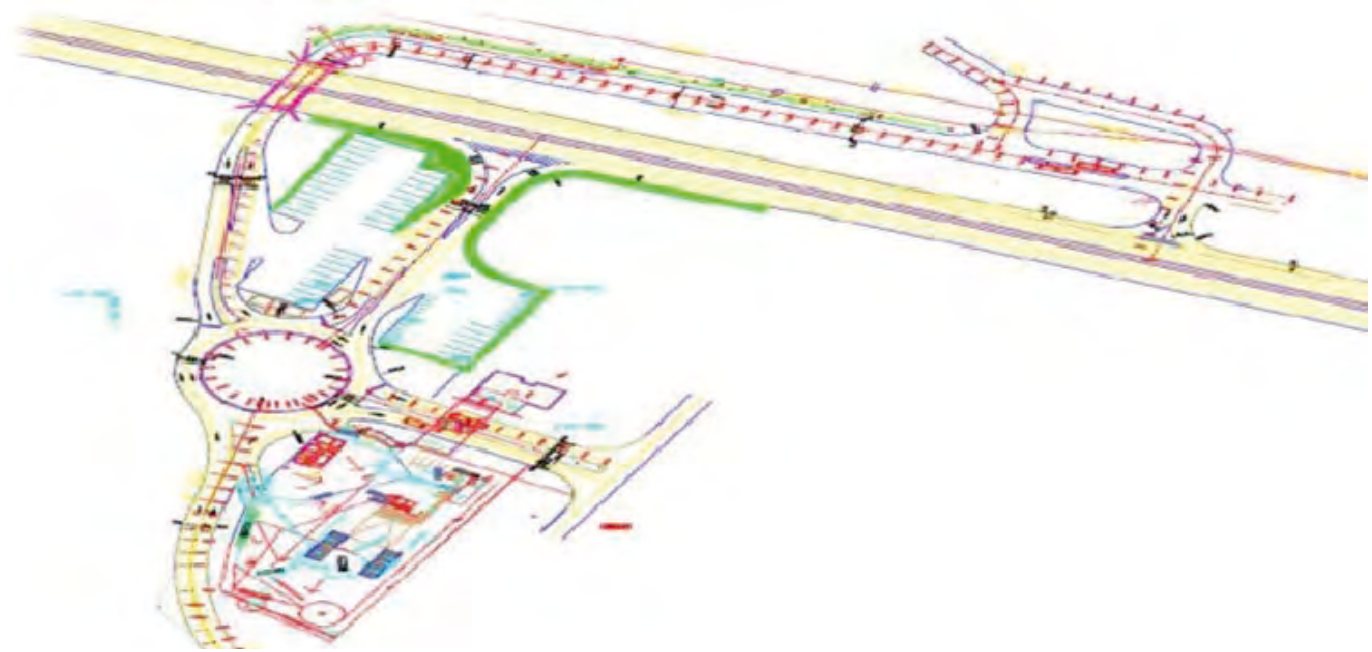
Anahtar Kelimeler: Beton yol, Tie bar, Dowel bar

* Türkiye Hazır Beton Birliği tarafından düzenlenen 17. ERMCO Kongresi'nde sunulmuştur.

⁽¹⁾ f.gulen@cimsa.com.tr, Çimsa Çimento San. ve Tic. A.Ş., Mersin, Türkiye

⁽²⁾ e.derin@cimsa.com.tr, Çimsa Çimento San. ve Tic. A.Ş., Mersin, Türkiye

⁽³⁾ g.arikoglu@cimsa.com.tr, Çimsa Çimento San. ve Tic. A.Ş., Mersin, Türkiye



Şekil 1: Beton Yol Planı

2. Beton yol altyapısı (zemin etüdü)

Bu çalışma, alt taban kalınlığının belirlenmesi ve malzeme seçimi üzerine yürütülmüştür.

3 metre derinlikte, 2 km yol boyunca her 250 metrede bir deney çukuru açılmıştır (toplam 8 adet). Toprak örnekleri bu çukurlardan alınmıştır.

Zemin üzerinde, su içeriği, elek analizi, Atterberg limitleri, California taşıma oranı (CBR), proktor, konsolidasyon, üç eksenli basınç (UU) ve plaka yükleme deneyleri yürütülmüştür. Bu deney sonuçlarına göre zemin sınıflandırması, sıkıştırma değerleri, taşıma kapasitesi ve katof kalınlığı belirlenmiştir.

Zeminin geoteknik özelliği CH (yüksek plastisiteli kil), CL (düşük plastisiteli kil), SP-SM (kum ile zayıf granule silt) olarak belirlenmiştir. Ortalama olarak, %9 çakıl, %28 kum, %63 kil-silt, %9 su içeriği değeri tespit edilmiştir. Killi seviyelerde likit limit değeri %53, plastik limit değeri % 25 ve plastisite indeksi % 28 olarak tespit edilmiştir.

Bu değerlendirmeye dayanarak, betonun kalınlığı, koruyucu tabaka ve alt taban kalınlığı belirlenmiştir.

3. Yol kesitlerinin dizaynı

Beton yol kesitleri, zemin etüt sonuçları, iklim koşulları ve trafik yüklerine göre hazırlanmıştır. Beton yolun tasarım ömrü 30 yıl seçilmiştir.

3.1. Derzler

Beton derz derinliği, kaplama kalınlığının 1/3'i seçilmiştir. ($T=30/3=10$ cm)

3.2. Dowel Barlar

Dowel bar çapı 38 mm, uzunluğu 400 mm ve Dowel bar yerleştirme aralığı 300 mm seçilmiştir.

3.3. Tie Barlar

Tie bar çapı 16 mm, uzunluğu 800 mm ve Tie bar yerleştirme aralığı 750 mm seçilmiştir.

3.4. Grobeton

Yeraltı suyu pompalama etkisi ve alt temel zemin kaybını önlemek için grobeton kalınlığı 15 cm seçilmiştir.

3.5. Derz Aralığı

Derzler arasındaki mesafe sehim ve distorsiyon etkilerini en aza indirmek amacıyla 4,3 m hesaplanmıştır.

3.6. Geotekstil

Üst yol kaplaması ile grobeton arasına geotekstil serilmiştir.



Şekil 2: Yol kaplaması kesiti

4. Drenaj sistemi

Yer altı ve yüzeysel suların olduğu bu alanda öncelikle drenaj kanalları, toplama havuzları yapılarak zemin iyileştirilmesi yapılmış ve imalata uygun hale getirilmiştir. Drenaj boruları, yolun hem sol hem sağ tarafına yerleştirilmiştir.



Resim 1: Drenaj sistemi

5. Zemin iyileştirme ve alt temel serme

Bazı bölgelerde yarma, dolgu ve dekopaj çalışmaları yapılarak zemin ıslahına gidilmiştir.



Resim 2: Zemin iyileştirme



Resim 3: Nükleer Troxler testi

Laboratuvar numuneleri test edildikten sonra en uygun dolgu malzemesi seçilmiştir. Daha sonra, malzemenin sıkıştırılabilirlik testi, modifiye Proktor test yöntemi ile yapılmıştır. Mekanik malzeme 30 cm tabakalar halinde serilip sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılmış zemin üzerinde Nükleer Troxler ve kum konisi testleri yürütülmüştür. Sıkıştırılmış zemin 250 m²'de bir elektronik cihaz ile ve 500 m²'de bir kum konisi testi ile kontrol edilmiştir. Sıkıştırma sonucuna göre, diğer katmanların serilmesine izin verilmiştir.



Resim 4: Kum konisi testi



Resim 5: Alt temelin yağmurdan korunması

MC30 malzeme, bir tür bitüm malzeme olup sıkıştırılmış zemini yağmurdan korumak için serilmiştir.

6. Beton dizaynı

Çalışmada, Çimsa Eskişehir Çimento Fabrikası'ndan temin edilen, EN 197-1'e uygun Cem I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Beton hidratasyon ısı kontrolü ve beton durabilitesini artırma amaçlı EN 450-1'e uygun uçucu kül kullanılmıştır.

Tablo 1. Portland Çimentosunun Fiziksel Özellikleri

Özellik	
Özgül Ağırlık	3,11
Özgül Yüzey Alanı (cm ² /gr)	3210
Priz Süresi (dakika)	
Başlangıç	210
Son	240
Su (%)	30,1
90 mikron (%)	0,6
45 mikron (%)	6,3
Basınç Dayanımı (MPa)	
2-Günlük	26,7
7-Günlük	40,0
28-Günlük	52,0

Tablo 2. Portland Çimentosunun Kimyasal Kompozisyonu

Oksitler	%
CaO	61,00
SiO ₂	19,18
Al ₂ O ₃	5,32
Fe ₂ O ₃	2,63
MgO	2,33
SO ₃	3,40
K ₂ O	0,89
Na ₂ O	0,33
Kızdırma Kaybı	3,24
Çözünmeyen Kalıntı	0,50

Tablo 3. Uçucu Külün Kimyasal Kompozisyonu

Oksitler	(%)
CaO	3,42
SiO ₂	58,96
Al ₂ O ₃	22,67
Fe ₂ O ₃	6,42
MgO	1,69
SO ₃	0,21
K ₂ O	1,38
Na ₂ O	0,71
TiO ₂	1,33
Mn ₂ O ₃	0,08
Kızdırma Kaybı	2,23

Tablo 4. Uçucu Külün Fiziksel Özellikleri

Özellik	
Özgül Ağırlık	2,25
Özgül Yüzey Alanı (cm ² /gr)	4510
Aktivite İndeksi	%75 CEM I 42,5 R %25 Uçucu Kül
7-Günlük (%)	73,1
28-Günlük (%)	77,4

Tablo 5. Beton Karışım Tasarımları

Malzeme	1 Numaralı Karışım (kg/m ³)	2 Numaralı Karışım (kg/m ³)
Çimento	350	325
Uçucu Kül	75	100
Su	172	180
0-5mm Kırma Kum	166 (%10)	785 (%46)
0-7mm Kırma Kum	590 (%34)	0
7-15mm Kırma Taş	405 (%24)	370 (%22)
15-22mm Kırma Taş	549 (%32)	0
15-38mm Kırma Taş	0	523 (%32)
Hava Sürükleyici Katkı	0,18% (%4-6 hava)	0,19% (%4-6 hava)
Slump Değeri	2-4cm	2-4cm

7. Beton yol imalatı

Öncelikle, endüstriyel olarak hazır beton tesisi ve üretim hızı yeterliliğini gözlemlemek için beton yolun 50 m'lik kısmı üzerinde deneme üretimi gerçekleştirilmiştir.



Resim 6: Deneme üretimi

Bu projede en önemli taze beton özelliği kıvam ve betonun hava içeriğidir. Betonun kıvam ve hava içeriği her sevkiyatta test edilmiş, üretim kontrol altında tutulmuştur. Betonun basınç dayanımı 50-100 m³ üretimde bir test edilmiştir. Çekme dayanımı için de 15x15x60cm boyutlarında kiriş numuneleri alınmıştır.



Resim 7: Beton slump deneyi ve numune alımı

MAKALE ARTICLE

Deneme üretiminin ve uygulamasının yapılması projenin devamı için oldukça önemlidir. Beton tesisindeki olabilecek hatalar, beton finisherinin performansı ve en önemlisi işçilik kalitesi gibi aşamaları görüp aksiyon alma fırsatı yakalanmıştır.



Resim 8: Dowel bar ve Tie barların hazırlanması

Deneme üretimi sonrasında proje başlangıcına geçilmiş ve grobeton üretimi ile projeye başlanmıştır.



Resim 9: Grobetonun yüklenmesi ve serilmesi



Resim 10: Geotekstilin serilmesi ve Dowel barların yerleştirilmesi



Resim 11: Dowel barların sabitlenmesi ve ana beton tabakasının dökümü

Dowel barların derzin tam altında, ortalı şekilde olması oldukça önemlidir. Dowel barların beton finisheri geçişinde yer değiştirmemesi için, destek amaçlı kullanılan dowel sehpa, grobeton üzerine çivi tabancası ile sabitlenmiştir.



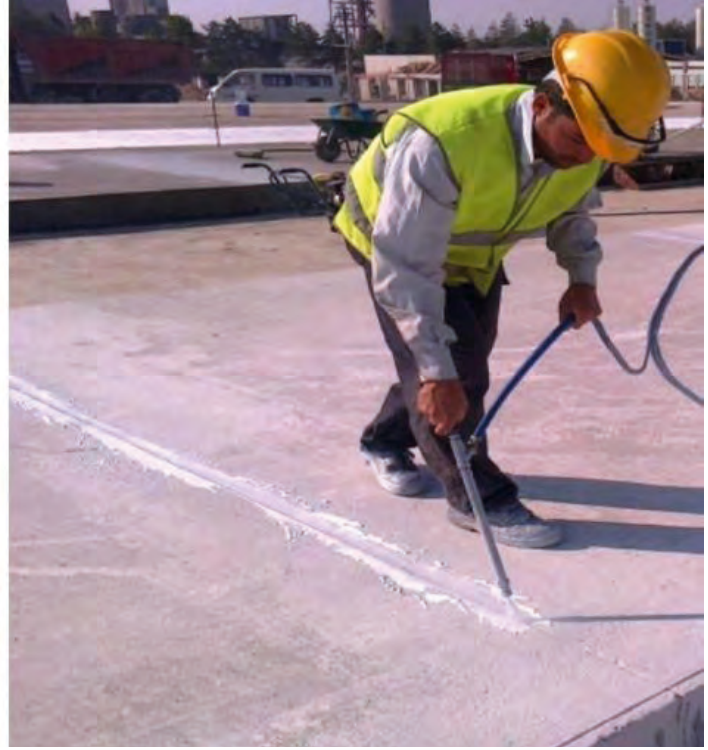
Resim 12: Finisher uygulaması ve işçilik



Resim 13: Beton yüzeyinin pürüzlendirilmesi ve betonun kuru



Resim 14: Derz kesimi ve kürü



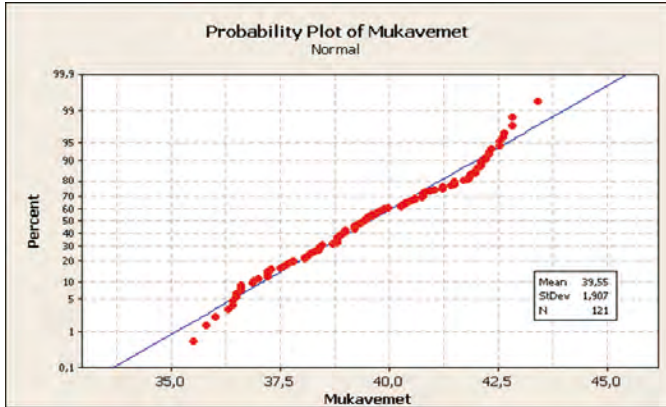
Resim 15: Betonun bakımı ve Tie-bar uygulaması





Resim 16: Sahada kalite takibi

Betonun ortalama basınç dayanımı 39.6 MPa ve standart sapma 1.9 MPa ölçülmüştür. Betonun ortalama eğilme mukavemeti 4,2 MPa belirlenmiştir.



Şekil 3: Beton basınç dayanımının dağılımı

Tüm işlemler bittiğinde sahanın çeşitli bölgelerinden karot numunesi alınarak, agrega dağılımı, dayanım ve kalınlık kontrolleri yapılmıştır.



Resim 16: Karot numunesi alımı