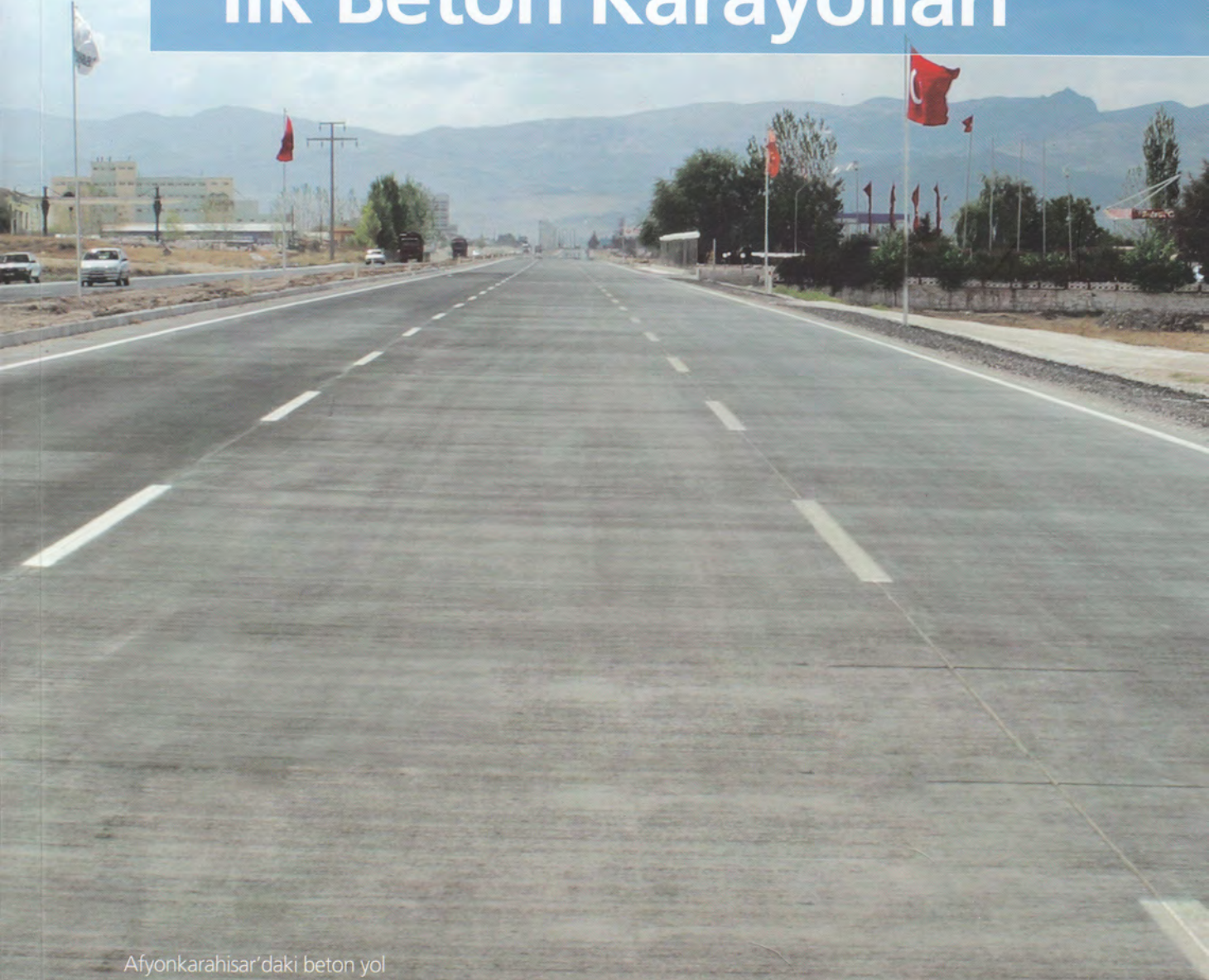


Türkiye'nin İlk Beton Karayolları



Afyonkarahisar'daki beton yol

TÇMB

TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ



Türkiye'nin İlk Beton Karayolları

TÇMB / AR-GE / Y 09.02

Prof. Asım YEĞİNOBALI

Ağustos 2010, ANKARA

2. Baskı

ISBN
978-975-8136-27-8

TÇMB / AR-GE ENSTİTÜSÜ

Yerleşim Adresi:
Cyberpark, Cyberplaza C Blok Zemin, 1 ve 2. Kat
Bilkent / ANKARA
Tel: 0 312 444 50 57 • Faks: 0 312 265 09 06
www.tcma.org.tr • info@tcma.org.tr

Kaynak göstermek kaydı ile bu kitaptan alıntı yapılabilir.

Giriş

Karayolu üst yapı kaplamalarında en çok kullanılan iki bağlayıcı malzeme asfalt ve çimento. Yol kaplamalarında asfalt, sathi kaplama veya asfalt betonu olarak uygulanabilir. Sathi kaplamada bitüm üzerine agrega serilip ince bir tabaka halinde sıkıştırılır. Asfalt betonu kaplamada ince ve iri agrega sıcak bitümle karıştırıldıktan sonra yola serilerek sıkıştırılır ve daha kalın bir tabaka oluşturulur. Çimento betonu kaplamalarda ise ince ve iri agreganın su ve çimento ile karıştırılması sonucu elde edilen beton, yol yüzeyine serilerek sıkıştırılır ve yeterli dayanım kazanıncaya kadar kür uygulanır. Genellikle "asfalt betonu" na "asfalt " (veya bsk = bitümlü sıcak karışım), "çimento betonu" na da kısaca "beton" denir. Asfalt (esnek) ve beton (rijit) kaplamalar bir çok yönden farklılık gösterir.

Türkiye’de halen karayollarının yük taşımacılığındaki payı %92, yolcu taşımacılığındaki payı ise %95’tir. Ülkemizde yaklaşık olarak 2000 km’si otoyol, 31 000 km’si devlet yolu, 31 000 km’si il yolu olmak üzere karayolu şebekesinin toplam uzunluğu 64 000 km’ye yaklaşmaktadır. Bu yolların %81’i asfalt sathi kaplama ve %13’ü asfalt betonu olarak kaplanmış olup geri kalanı stabilize veya toprak yoldur [1]. Yaklaşık 294 000 km uzunluğundaki köy yollarımızın ise sadece % 27 si asfalt sathi kaplama olarak kaplanmıştır, geri kalan bölümü gene stabilize veya toprak yoldur.

Geçmişde özellikle Karadeniz Bölgesi’nde olmak üzere bazı köy yollarında beton kaplama yapılmış, ancak bunların bir bölümü, beton yol yapım teknolojisine uyulmadığı için, bir süre sonra bozulmalar göstermiştir. Bir bölümü ise hizmet görmeye devam etmektedir. Adana ve Mersin gibi bazı şehirlerimizde beton kaplama olarak yapılan caddeler ve site içi yollar uzun yıllardır onarım gerektirmeden kullanılmaktadır.

Yukarıdaki istatistiklerden de anlaşılacağı gibi, ülkemizde beton kaplama olarak yapılmış devlet veya il yolu bulunmamaktadır. Sadece son yıllarda Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB)’nin finansmanı ile Afyonkarahisar ve İstanbul’da toplam uzunluğu 5.5 km kadar olan beton karayolu yapılabilmiş, buna daha sonra çeşitli kuruluşlarca yapılan bir kaç beton yol daha ilave edilmiştir.

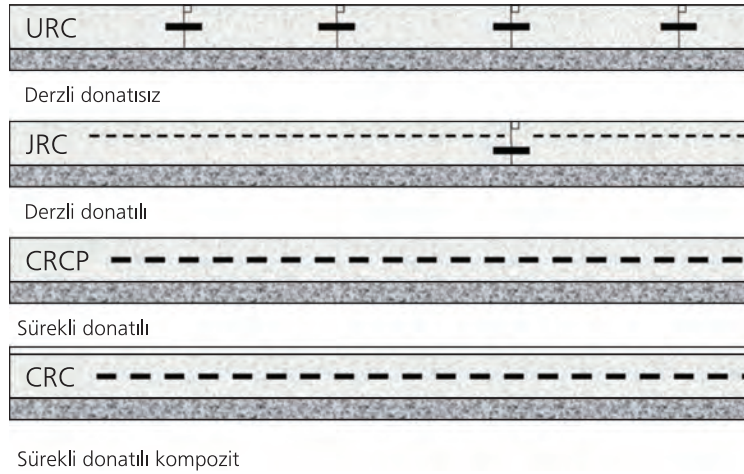
Bu kitapçıkta Afyonkarahisar ve İstanbul’da yapılan beton yollar konusunda teknik bilgiler sunulacak, yapım aşamaları görsel olarak açıklanacaktır. Ancak, önce beton yol konusunda genel bilgilere yer vermenin ve beton yolun asfalt yola göre avantajlarına değinmenin yararlı olacağını düşünmekteyiz.

Beton Yol

Modern çağlarda ilk beton yol 1880 yılında Avustralya’nın Sydney şehrinde yapıldı. Bu yolun en az 50 yıl hizmet vermiş olduğu anlaşılmaktadır. A.B.D. de ilk beton yol Ohio Eyaleti’nin Bellefontaine şehrinde 1891 yılında yapıldı. Bu gün hala kullanımda olan cadde tarihi bir

yapıt olarak da ziyaretçilerin ilgisini çekmektedir. Beton yolların yaygınlaşması 20.Yüzyılın ortalarına doğru hız kazandı. Yüzyılın ilk yarısında A.B.D.'ye ilaveten Fransa ve Belçika'da, daha sonra Almanya'da beton yollar yapıldı. 1930' lu yıllarda 2. Dünya Savaşı'na hazırlanan Almanya'da beton otoyolların uzunluğu 4000 km' yi bulmuştu. A.B.D. de 1957 yılında başlayan "Eyaletlerarası Otoyol Sistemi" tamamlandığında önemli bölümü beton kaplama olarak 60 000 km'den fazla yol yapılmış oldu. Bu gün A.B.D. de bazı büyük şehirlerin çevre yolları da beton kaplamadır. Son 50 yıl içerisinde Belçika, Fransa, Almanya'ya ve Avustralya' ya ilaveten Avusturya, İspanya, İngiltere , Kanada ve Güney Afrika gibi ülkelerde beton yollar yapıldı. Son yıllarda Azerbaycan, Hindistan ve Çin'de beton yol projeleri başladı.

Beton yol tasarım ve yapım teknikleri de zamanla gelişti. Bu gün uygulamada olan bazı beton kaplama tipleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Beton kaplamaların tasarımında yükü taşımak için gerekli beton dayanımı kadar nem ve sıcaklık değişiminden kaynaklanan çatlamların enaza indirilmeleri ve kontrol altında tutulmaları önem kazanır. Bu tür çatlamlara karşı beton yol yapımında derz sistemleri ve çelik donatı kullanılır. Derzler yol eksenine göre enine, boyuna veya bazen, çapraz olabilirler. Tam derzler plak kalınlığı boyunca oluşturulurken yarım derzler plak kalınlığının sadece bir bölümüne kadar açılırlar ve çatlakların yayılmasını kesitte toplanmasını sağlarlar. Tam derzler, birlikte dökülmeyen plaklar veya kaplama ile diğer yapılar arasında yer alırlar. Gene tam derz olan genleşme derzleri plakların sıcakta serbest genleşmelerini sağlarlar. Özellikle soğuk havada dökülen beton kaplamalar için gereklidirler. Derzler yol yüzeyinde kesiklilik meydana getirirler ve alt tabakalara su sızmasına neden olabilirler. Bu nedenlerle elastik dolgu malzemeleri ile doldurulup düzenmeleri gerekir.

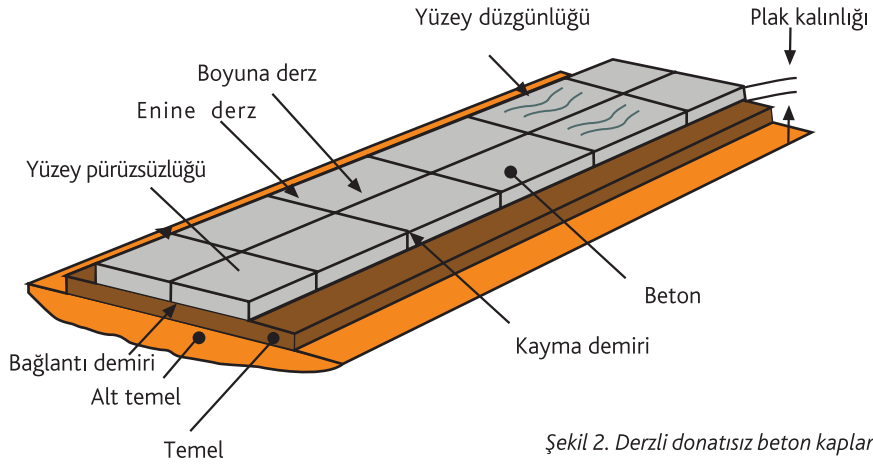


Şekil 1 Beton kaplama tipleri

Derzli donatısız kaplamalarda plak boyutları enine ve boyuna derzlerle sınırlandırılır. Enine derzlerde kayma demirleri, boyuna derzlerde bağlantı demirleri kullanılır. Bu demirler yükün plaktan plaka yayılmasını ve sürüş rahatlığı için plakların birlikte deforme olmasını sağlar (Şekil 2). Bazı yarım derzlerde donatı bulunmayabilir.

Derzli donatılı kaplamalarda derz aralıkları fazla olduğundan ilaveten çelik donatı kullanılır. Sürekli donatılı kaplamalarda ise ayrıca derz açılmasına gerek kalmaz. Donatı olarak hasır çelik kullanılır. Son yıllarda kompozit kaplamalar, yani asfalt kaplama üzerine beton tabakası veya beton kaplama üzerine asfalt tabakası yerleştirilmesini içeren uygulamalar da epeyce yaygınlaşmıştır.

Sürüş güvenliğini arttırmak için beton kaplamaların yüzeyi pürüzlendirilir. Bu amaçla en sık kullanılan yöntem priz almadan önce beton yüzeyine fırça sürülmesidir. [2 - 6]



Şekil 2. Derzli donatısız beton kaplama

Şekil 2 Derzli donatısız beton kaplama

Asfalt Yol - Beton Yol Kıyaslaması

Asfalt ve beton yolların bir çok yönden farklılık gösterdiklerine değinmiştik. Temelde bu farklılıklar her iki malzemenin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinden kaynaklanır, yolun yapımını, kullanımını, performansını ve ömrünü çeşitli yönlerden etkiler. Her iki yol tipinin ayrıntılı olarak kıyaslamaları literatürde yer almış olup araştırmacıların genellikle hemfikir oldukları hususlar aşağıda özetlenmiştir [2 - 7]:

- Rutubet ve sıcaklık gibi çevre koşullarından asfalt yol kadar etkilenmeyen beton yol için inşaat mevsimi daha uzundur.
- Beton yolun hizmet ömrü asfalt yolunkinden 1.5 -2.0 kat daha uzundur. Çok daha az bakım ve onarım ister. Dolayısı ile, yapım maliyetinin asfalt yoldan pahalı olması halinde bile hizmet ömrü bazında çok daha ekonomiktir. Kaldı ki ülkemizde yapılan çalışmalar beton ve asfalt yolların yapım maliyetleri arasında büyük fark olmadığını ortaya koymuştur.
- Çok daha seyrek bakım ve onarıma gerek duyulan beton yolda bu özellikleri dolayısı ile trafik sıkışıklıkları, zaman ve iş kaybı ve havaya salınan egzoz emisyonları daha azdır. Dolayısı ile sosyal ve çevresel avantajlar söz konusudur.
- Asfalt yolun aksine, beton yol yüzey düzgünlüğünü servis ömrü boyunca korur. Sıcakta yumşamaz, üzerinden geçen araçlar kalıcı tekerlek izi bırakmaz. Özellikle yağışlı havalarda fren mesafeleri daha kısadır. Açık rengi gece görüşünü kolaylaştırır. Bu özellikleri dolayısı ile beton yol daha güvenli sürüş sağlar.
- Asfalt yolda giden ağır vasıtalar, tekerlekleri beton yüzeyine göre daha yumşak olan asfalt kaplama yüzeyine gömülerek zorlandığından, beton yolda gidenlere oranla daha fazla yakıt tüketirler.
- Ülkemiz koşulları dikkate alındığında, çimento yurdun her köşesinde kolayca temin edilebilen yerli bir malzeme iken asfalt ithalatla ilgilidir , temininde de zaman zaman güçlük yaşanmaktadır. Ayrıca, katkı olarak uçucu kül ve cüruf gibi endüstriyel atıklar da çimento içinde yer alabildiğinden çevreye ilave yarar sağlanmaktadır.

Asfalt yola göre beton yolun bazı olumsuzlukları da vardır, ancak ilerleyen teknolojiler sayesinde bu olumsuzluklara karşı artık etkili önlemler alınabilmektedir:

- Beton yolun servise açılması için bir süre beklenmesi gerekir. Bu süre, erken dayanımı yüksek çimentolar ve gerekirse kimyasal katkılar kullanarak makul düzeylere indirilebilmektedir.
- Normal olarak beton yolda giden taşıt düzgün asfalt yoldakinden biraz daha fazla gürültü çıkarır. Son yıllarda geliştirilen yüzey pürüzleme yöntemleri ve derz dolguları ile bu fark ortadan kaldırılmış veya en az düzeye indirilmiştir.
- Asfalt yoldakine oranla beton yolda onarım genellikle daha uzun sürer ve daha masraflıdır. Ancak, usulüne uygun olarak yapılan beton yol nadiren onarıma ihtiyaç gösterir.

Protokol

Diğer ülkelerde yüz yılı aşkın bir süredir yapılmış ve yapılmakta olan beton yolun ülkemizde şimdiye kadar niçin uygulanmadığını açıklamak kolay değildir. Kanımızca başlıca neden, asfalta olan alışkanlık ve beton yol yapımı gibi yeni bir teknolojiye karşı duyulan çekingenliktir. Gerçekte, son yıllarda çok sayıda müteahhidimiz yurt içinde ve dışında havameydanı inşaatlarında beton yol ve pist yapımında deneyim kazanmışlardır. Eksik olan, yetkili bürokratlarımızın konuya olumlu ve kararlı yaklaşımlarıdır.

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, ülkemizde beton yolu tanıtmak ve beton yol uygulamalarını başlatmak amacı ile çeşitli etkinliklerde bulunmuştur. Bunların arasında konu ile ilgili yayınlar çıkarmak, ulusal ve uluslararası sempozyumlar düzenlemek sayılabilir. Bu konudaki en önemli gelişme ise kuşkusuz 9 Nisan 2002 tarihinde Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ile imzalanan protokol olmuştur (Şekil 3).

Protokol'a göre TÇMB deneme amaçlı olarak iki ayrı güzergahta beton yol yapımını üstlenmiştir. İstanbul'daki beton yol Hasdal Kavşağı- Kemerburgaz yolunun 3.5 km 'lik bir bölümünde, Afyonkarahisar' daki beton yol ise Afyonkarahisar-Emirdağ yolunun 2 km'lik bir bölümünde yapılacaktır. Temel tabakalarının yapımı Afyonkarahisar'da KGM, İstanbul'da TÇMB tarafından üstlenilecektir. Her iki yolda beton plakların yapımı da TÇMB tarafından gerçekleştirilecektir. TÇMB rijit üstyapı projelendirme metodu ile rijit kaplama yapımı teknik şartnamesinin hazırlanmasında KGM'ne yardımcı olacak, beton yol konusunda KGM teknik personeline kurs / seminer verilmesini ve yurt dışında inceleme yaptırılmasını sağlayacaktır. Afyon'daki yolun bakım ve onarımı yapımından sonra 5 yıl süre ile TÇMB'ye ait olacaktır.

Protokol'da İstanbul'daki yolun öncelikle yapılması öngörülmüştü. Ancak, bu yolun alt yapısı tamamlanamadığı için öncelik alt yapısı hazır olan Afyonkarahisar'daki yola verildi.

PROTOKOL

1-TARAFLAR : Karayolları Genel Müdürlüğü ile Türkiye Çimento Müstahsilileri Birliği'dir. Bu protokolda Karayolları Genel Müdürlüğü kısaca K.G.M. olarak, Türkiye Çimento Müstahsilileri Birliği ise T.Ç.M.B. olarak belirtilmiştir.

2-PROTOKOL KONUSU : K.G.M. yol ağında yer alan güzergahlardan, öncelik sırasına göre Hasdal Kavşağı-Kemerburgaz Km:40+000 – 43+500 arasındaki 3,5 km.lik bölünmüş yolun tek taşıt yolunda ve Afyon-Emirdağ Ayr. Km:19+000 – 21+000 arasındaki (İşçehisar geçişi) 2 km.lik bölünmüş tek taşıt yolunda T.Ç.M.B. tarafından bedelsiz olarak deneme amaçlı beton yol yapılmasıdır.

3-İŞİN BAŞLAMA VE BİTİM TARİHİ : Protokolün taraflarca imzasını müteakip işe başlanacak ve zorunlu sebepler meydana gelmediği takdirde 30.11.2002 tarihine kadar bitirilecektir.

4-K.G.M.'nin YAPACAĞI İŞLER :

Hasdal Kavşağı-Kemerburgaz yolunda;

4-1- Otayol ayırımından Kemerburgaz istikametine doğru Km: 40+000 – 43+500 arası sağ taşıt yolunda 3,5 km.lik yol kesiminin toprak tesviye, sıkıştırma ve reglaj işlerini yapmak veya yaptırmak.

Afyon-Emirdağ Ayr. Yolunda;

4-2- Km: 19+000 - 21+000 arası sağ taşıt yolunda 2 km.lik yol kesiminin temel tabakası seviyesinde imalatlarını yapmak veya yaptırmak.

4-3- Anılan yol kesimleri ile ilgili çalışmalarda her türlü etüt proje, araştırma ve teknik konularda yardım sağlamak.

4-4- İhale kapsamında yapım çalışmaları devam eden bu yollarda yapılacak beton yol uygulamasıyla ilgili olarak yüklenici firmalardan gerekli muvafakatnameyi almak.

4-5- Rijit üstyapı projelendirilmesi için gerekli her türlü projelendirme donelerini sağlamak, verilen üstyapı dizaynına göre imalatları kontrol etmek.

5-T.Ç.M.B.'nin YAPACAĞI İŞLER :

5-1- Çalışma mahallerinde trafik güvenliği ile ilgili her türlü önlemi almak.

Hasdal Kavşağı-Kemerburgaz yolunda;

5-2- K.G.M.'nin toprak tesviye konusunda teslim edeceği yol kesiminde, kendi proje kriterlerine ve yol enkesitine uygun olacak şekilde gerekli beton yol üstyapı kompozisyonunu ve platform genişliğinde beton plak imalatını teknik şartnamelere uygun olarak yapmak.

Afyon-Emirdağ Ayr. Yolunda;

5-3- K.G.M.'nin temel tabakası seviyesinde teslim edeceği yol kesiminde platform genişliğinde beton plak imalatını teknik şartnamelere uygun olarak yapmak.

5-4- K.G.M.'nin belirleyeceği 6 adet teknik personelin, konu ile ilgili olarak bilgi ve görgüsünün artırılması amacıyla yurt dışında teknik inceleme yaptırılmasını sağlamak.

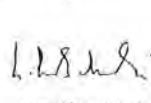
5-5- K.G.M.'nin belirleyeceği yerde uzman aracılığıyla belirli süreli, konu ile ilgili olarak kurs ve/veya seminer verilmesini temin etmek.

5-6- Uygulanan rijit üstyapı projelendirme metodu ile rijit kaplama yapımı teknik şartnamesini hazırlayıp K.G.M.'ye vermek,

5-7- Beton kaplamada meydana gelebilecek her türlü bozulmaların ve derzlerin bakım ve onarımını, inşaat süresince ve inşaatın bitiminden sonra K.G.M.'ye teslim alınmasından itibaren 5 yıl süreyle yapmak,

6- Altı maddeden ibaret işbu protokol 09/04/2002 tarihinde tanzim ve imza edilmiştir.


Dinçer YIGİT
Karayolları Genel Müdürü


Adnan İÇNEBEKÇİ
T.C.M.B.Yönetim Kurulu Başkanı


Prof. Dr. Abdülkadir AKCAN
Bayındırlık ve İskan Bakanı

Şekil 3. TÇMB ile KGM arasında imzalanan protokol

BURADA TÜRKİYE'NİN İLK
BETON YOLU
YAPILIYOR...

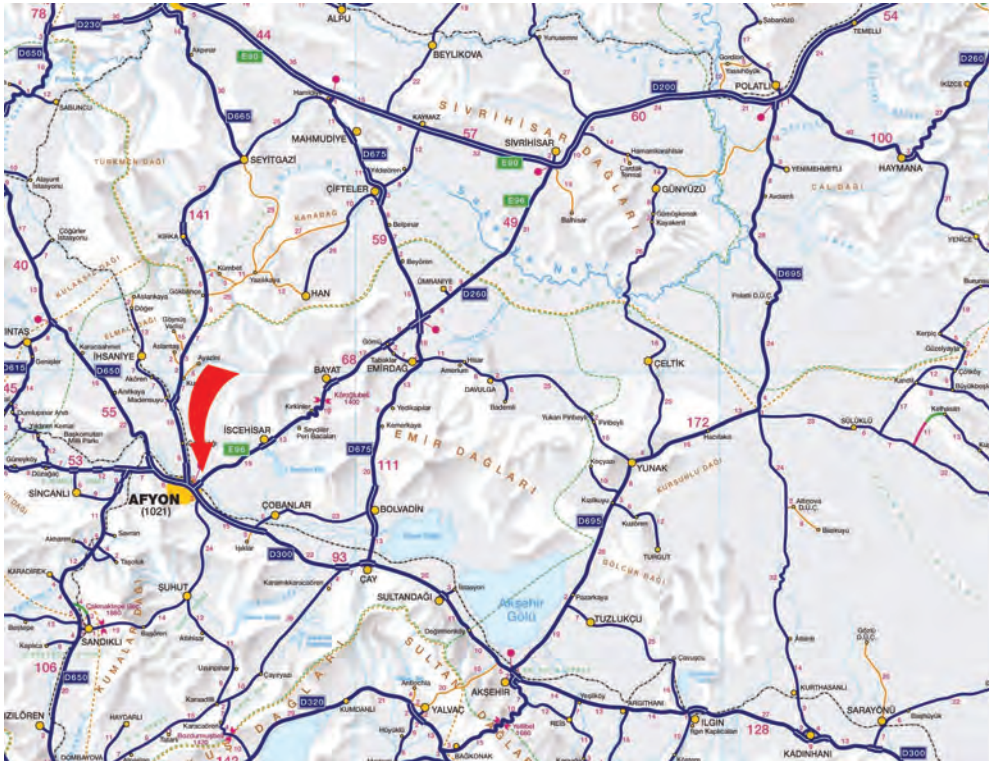
TÇMB TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

ÖZER SAN

Afyonkarahisar'daki Beton Yol

Yer Seçimi

Protokol'de Afyonkarahisar'da yapılacak yolun Afyonkarahisar-Emirdağ Ayrımı-4.Bölge Hududu Devlet Yolu üzerinde Iscehisar geçişinde yapılması öngörülmüştü. Bu yol KGM tarafından iyileştirilerek bölünmüş hale getirilmekteydi. O tarihte Iscehisar geçişi zaten bölünmüş olduğundan bir yönü beton kaplama yapılırken mukayese amacı ile diğer yönü de asfalt betonu yapılabilecekti. Ancak, aradan geçen sürede yolun Afyonkarahisar çıkışında da bölünmüş yol çalışmaları başlıyarak hızla ilerledi. Bu durumda beton yolun Afyonkarahisar merkezinden 19 km uzaktaki Iscehisar yerine şehire daha yakın bir yerde yapılabilmesi hususu araştırıldı. KGM'nin de onayı ile beton yolun 5+700 ile 7+700 km arasında bölünmüş kesimin Afyonkarahisar'a gidiş yönünde yapılmasına karar verildi (Şekil 4).



Şekil 4 Beton yolun yapılacağı yer

Mevcut Yolun Özellikleri ve İklim Koşulları

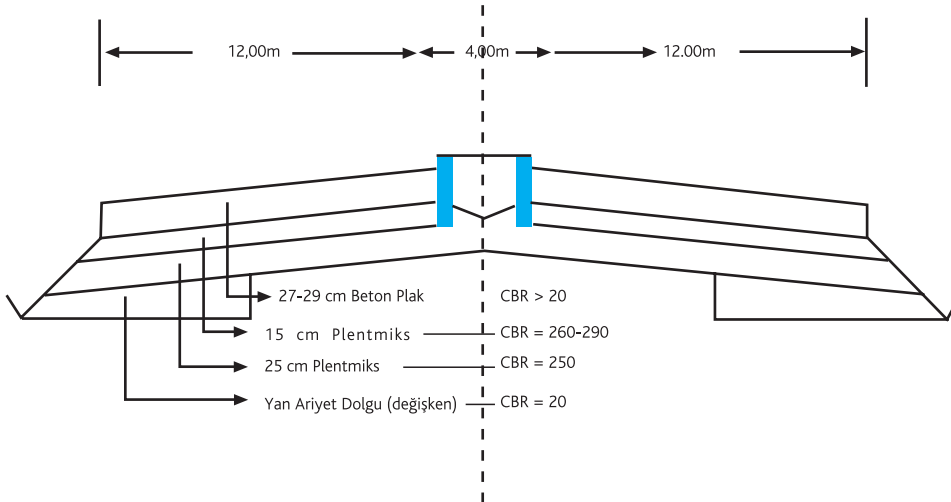
Geniştirilerek bölünmüş hale getirilen Afyonkarahisar-Emirdağ Ayrımı yolunun tipik bir en kesiti ve KGM tarafından hazırlanan alt yapısı Şekil 5' de gösterilmiştir. Platform genişliği 3 trafik şeriti için 12 m olup enine %2 lik bir eğim öngörülmüştür. Plentmiks (granülemetrisi ayarlanmış agrega) alttemel ve temel tabakaları sırası ile 25 ve 15 cm kalınlıkta olup kaplama tabakaları için kırmızı kota (yol üst seviyesine) kadar 30 cm kadar bir kalınlık kalmaktadır.

Güzergaha ait zemin ve toprak deney sonuçları KGM 3. Bölge Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır. Tabakaların ortalama CBR (California Bearing Ratio) değerleri şekilde gösterilmiştir. Beton yol yapımına başlandığında yolun bir bölümü üzerinde yaklaşık 1.5 cm kalınlığında sathi asfalt kaplama bulunuyordu (bölünmeden önceki eski yol).

KGM'den alınan bilgilere göre 2003 yılı itibarı ile Afyon-Bayat arası ortalama günlük trafik

2061 otomobil,
550 otobüs,
1323 kamyon ve
112 Tır

olarak belirlenmiştir. Kamyonların büyük bölümü ham veya işlenmiş mermer taşımaktadırlar [8,9] .



Şekil 5 Afyon – Emirdağ Ayrımı Yolu tipik en kesiti

Deniz seviyesinden 1015 m yükseklikte olan Afyon'da kara iklimi hüküm sürmektedir. En sıcak ay ortalaması 22.1 °C, en soğuk ay ortalaması ise 0.3 °C olup, en yüksek 37.8 °C ve en düşük -27.2 °C gibi sıcaklıklar elde edilmiştir. Kışları kar yağışlı geçmekte, yollar üzerinde donma-çözülme olayı meydana gelmektedir [10].

Proje ve Teknik Şartname

Beton yol konusunda ülkemizde şimdiye kadar ciddi bir uygulama bulunmadığı için İstanbul ve Afyonkarahisar'da yapılacak yollar ile ilgili proje ve teknik şartnamenin Belçika Çimento Birliği (FEBELCEM) tarafından tavsiye edilen uzmanlara hazırlattırılması uygun görülmüştür. Evvelce değinildiği gibi Belçika beton yol yapımının yaygın olduğu ülkelerden biridir.

Yol ve yöre ile ilgili olarak önceki bölümde açıklanan bilgiler uzmanlara verilmiş, kendileri ayrıca Afyon'u ziyaret ederek yol mahallini incelemişlerdir. Uzmanlar evvelce İstanbul yolu için hazırlamış oldukları teknik şartname ve projenin uygulanmasını önermişler, sadece projede beton plak kalınlığında bir indirim öngörmüşlerdir . Uygulanan proje ve teknik şartname aşağıda özetlenmiştir [11].

Proje ve Beton Plak Kalınlığı

Teorik olarak beton kaplama hesapları çok karmaşıktır. Beton yol yapımında deneyimli ülkeler teorik tasarım yöntemlerini uygulamadan gelen bilgileri kullanıp grafikler ve tablolar oluşturarak tasarımcı için basitleştirmeye çalışmışlardır. Amerikan tasarım metodu (AASHTO) dan biraz farklı olarak Belçika ve diğer bazı Avrupa ülkelerinde beton yol tasarımı son derece pratik hale getirilmiştir. "Katalog" olarak adlandırılan tasarım el kitaplarında beton plak kalınlığını, temel ve alttemel tabaka cinslerini ve kalınlıklarını, CBR değerlerini gösteren tipik kesitler sıralanmıştır. Uygulanacak beton kaplama tipi (derzli, sürekli donatılı,...), hizmet ömrü, beklenen trafik (standard dingil) yük sınıfı, zemin özellikleri ve iklim koşulları gibi parametreleri belirterek projeye uygun kesit seçilebilmektedir.

Kendilerine verilen bilgiler ve Şekil 5' deki tabaka kalınlıkları ışığında Belçikalı uzmanlar trafik yükünün ilerde artacağını düşünerek Belçika Şartnamesindeki B2 sınıfına benzer bir üst yapı ve derzli donatısız kaplama tipi önermişlerdir. Buna göre temel tabakası üzerinde 6 cm kalınlığında bir asfalt tabakası ve onun üstünde 23 cm kalınlığında beton plak bulunacaktır.

Daha sonra asfalt tabakasından vazgeçilmiş ve beton plak kalınlığı 27 cm olarak belirlenmiştir.

Beton Yol Yapımında Başlıca İşlemler

Beton yol yapımında yer alan başlıca işlemler aşağıda sıralanmıştır:

- Beton plak dökülmeden önce temel tabakası yüzeyinin kir ve tozdan arındırılması, su birikintilerinin giderilmesi,
- Beton plağın 12 m genişliğinde ve 27 cm kalınlığında olarak %2 enine eğimle serilmesi ve mekanik olarak sıkıştırılması,
- Beton plak yüzeyinin enine fırçalama ile pürüzlendirilmesi,
- Beton plak yüzeyine kür malzemesi uygulanması,
- Verilen derz aralığına bağlı olarak enine büzülme derzlerinin kesilmesi, enine inşaat derzlerinin oluşturulması,
- Şerit genişliğine bağlı olarak, betonun tek geçişte dökülmesi durumunda boyuna eğilme derzi kesilmesi, iki geçişte dökülmesi halinde boyuna inşaat derzi oluşturulması,
- Bitümlenmiş kayma demirlerinin enine derzlere yerleştirilmesi, bağlantı demirlerinin boyuna derzlere yerleştirilmesi,
- Derzlerin doldurulması,
- İnşaat süresince yağmur, donma ve diğer hasarlara karşı önlem alınması.

Kullanılacak Malzeme

Çimento: EN 197-1 'e uygun portland çimentosu CEM I 42.5

Su: Betonda kullanıma uygun temiz su.

İnce Agrega: Doğal kum ve kırmakum kullanılmalı.

Kuru ağırlık olarak tane boyu dağılımı: 2mm elekte kalan: $\leq$ %30,

İnce malzeme (< 0.063 mm): $\leq$ %5

2 mm ile 0.063 mm arasındaki tane boyu dağılımı aşağıda verilmiştir:

Elek açıklığı (mm)

Yığılımlı kalan (%)

1
0.50
0.25
0.125

5 -35
20-65
55-90
95-100
(kıırma kum için 75-100)

Kum Eşdeğerliliği: ≥ 70

İri Agrega: Doğal kırmataş.

Tane boyu dağılımı: 32 mm elekten geçen: %100,

0.063 mm elekten geçen: $\leq \%1$

Küresel tane: $\leq \%7$

Los Angeles kaybı: $\leq \%25$

Cilalanma değeri: $\leq \%50$

Kimyasal Katkılar: Taze betonun işlenebilmesini arttırmak için akışkanlaştırıcı katkıların kullanımı gerekebilir. Betonun donma-çözölmeye ve buz çözöcö tuzlar kullanılması durumunda yüzey soyulmasına karşı direncini arttırmak için hava sürökleyici katkı kullanılmalıdır. Farklı katkıların birbiri ile uyumu önemlidir.

Kür Malzemesi: Verimlilik: $\geq \% 80$

Derz Dolgu Malzemesi: Sıcak uygulanan bitümlü malzemeler veya soğuk uygulanan iki bileşenli malzemeler. Ayrıca, boyuna derzlerde şekil verilmiş neopren profiller de kullanılabilir.

Kayma Demirleri: Enine derzlerdeki yük transferini sağlayan kayma demirleri 25 mm çapında, 60 cm uzunluğunda S 220a çeliğinden yapılmış düz çubuklardır. Betonla aderansın önlenmesi ve korozyona karşı korunma için bitümlü bir emülsiyon, reçine kökenli vernik veya plastik kılıfla kaplanırlar.

Bağlantı Demirleri: Boyuna derzlerde kullanılan 12 mm çapında, 100 cm uzunluğundaki bağlantı demirleri S 500a çeliğinden yapılmış nervürlü çubuklardır.

Sehpalar: Kayma ve gerekirse bağlantı demirlerinin yerden istenilen yükseklikte yerleştirilmelerini sağlayan pürüzsüz çelik telden yapılmış mesnetlerdir.

Beton Karışımı

Beton karışımında:

Minimum çimento içeriği: 375 kg / m³ ,

Maksimum su-çimento oranı: 0.45

Betonda 28 günlük karakteristik basınç dayanımı: > 30 MPa (en az C30)

Tavsiye edilen çökme değeri: Kayar kalıp finişer için 3 cm

Minimum hava içeriği: %3

olmalıdır.

Müteahhit beton karışımını 1m³ de ağırlık olarak önerirken aşağıdaki bilgileri de ekleyecektir:

Kullanılan malzemenin karakteristikleri, agreganın tane boyu dağılım grafikleri, taze betonun karışım hazırlandıktan 30 dakika sonraki çökme değeri, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları, betonun kuru birim ağırlığı, beton santralının konumu, tipi ve kapasitesi, betonun taşınma şekli.

Beton Dökümü

Ekipman: Kayar kalıp finişer kullanılması zorunludur. Beton plağı iki geçişte dökülmek için finişerin çalışma genişliği en az 6 m olmalıdır. Finişerde serilen betonun yüzey düzgünlüğünü sağlayacak metal plaka bulunmalıdır. Bazı finişerlere kayma demiri yerleştirici ve otomatik yüzey fırçalama ekipmanı monte edilebilir.

Beton Döküm Koşulları: Beton, finişerin açıklığı ayarlandıktan sonra tek geçişte serilir. Platform genişliği iki geçiş gerektiriyorsa önce aşağıda olan kısım (yolun dış bölümü) serilmelidir.

Beton yüzeyine su püskürtülmemelidir.

Hava sıcaklığının sabah saat 8:00 de yerden 1.5 m yükseklikte 1 °C dan veya gece – 3 °C dan daha soğuk olduğu koşullarda beton dökümüne izin verilmemelidir.

Beton, dökümünden itibaren 72 saat süre ile donmaya karşı korunmalıdır: beton yol yüzeyindeki sıcaklık +1 °C altına düşmemelidir.

Sürekli yağmur veya sağanak sırasında beton dökümüne ara verilmelidir. Müteahhit taze

betonun yağmurdan zarar görmemesi için her türlü tedbiri almakla yükümlüdür.

Not: İşin başlangıcında beton karışımında arazi koşullarına göre gerekebilecek ayarlamaları yapmak ve finişer ile çalışma düzenini yerleştirmek için yolun ilk 50-100 m uzunluğundaki bir bölümü test amacı ile kullanılmalıdır.

Yüzey İşlemleri ve Kür

Sıkıştırıldıktan sonra finişerin arkasından kalıplanmış olarak çıkan taze betonun yüzeyi master ve malalar ile iyice düzlenir. Hemen sonra sert bir plastik süpürge ile enine fırçalanarak yüzey pürüzlendirme işlemi tamamlanır.

Taze beton döküldükten sonra 2 saat içinde çeşitli etkilere karşı korunmalıdır. Su kaybı ve kurumaya karşı etkili bir kür kimyasalı beton yüzeyine yeterli miktarda (enaz 150 g / m²) püskürtülmelidir. Bu işlem beton dökümünden sonra 72 saat boyunca etkinliğini korumalıdır.

Ayrıca, betonun bakımı sürecinde ve sonraları : trafiğe açılmadan önce oluşabilecek çatlaklar ile yüzey soyulmasına karşı dikkatli olunmalıdır.

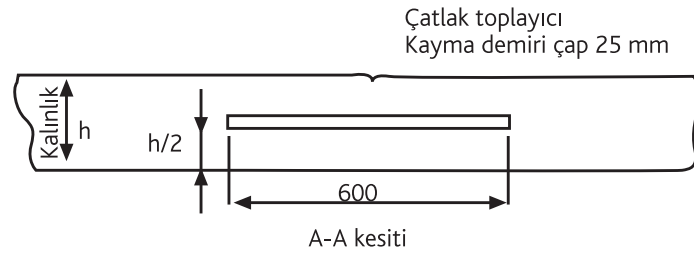
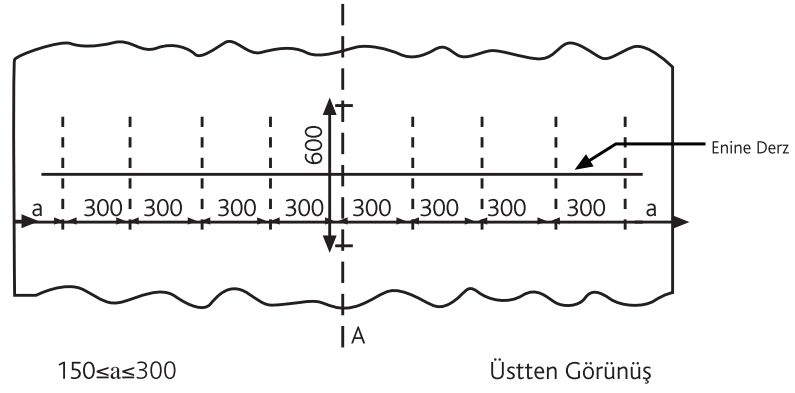
Özel hava koşulları (anormal sıcaklık, bağıl nem miktarları, gece-gündüz sıcaklık farkı, rüzgar hızı) yoğun küreme, temele su püskürtülmesi gibi ilave önlemler alınmasını gerektirebilir.

Derzler

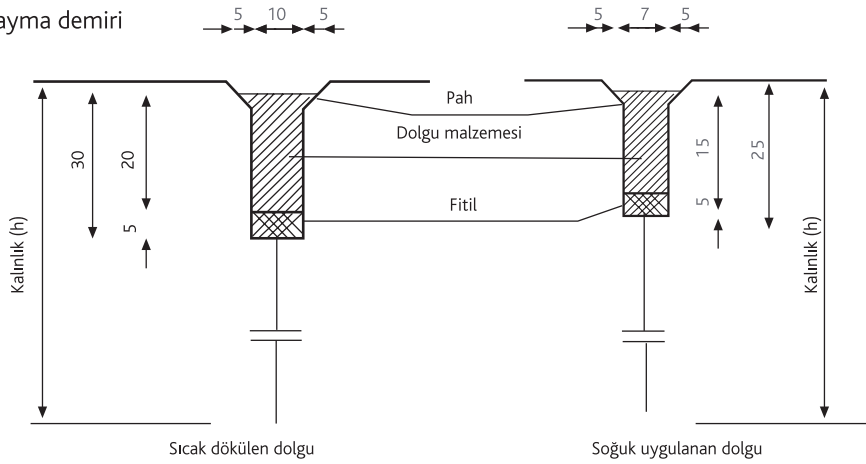
Enine Büzülme Derzleri : Enine derzler beton özellikleri ve hava koşullarına bağlı olarak beton dökümünden 6 – 24 saat arasında kesilir. Derz kaplamanın 1/3 derinliğine kadar kesilmelidir. Çatlakların bu zayıflatılan kesitte toplanması sağlanmış olur. Derzler arasındaki mesafe 5 m dir.

Beton dökümünden önce kayma demirleri 30 cm aralıklarda sehpaların üzerine dizilir, sehpalar da yol boyunca ve enine derz hizasına gelecek şekilde temel tabakası yüzeyine tesbit edilir. Bu işlemler sonucu beton dökülürken sehpaların yerlerinden oynamamaları ve kayma demirlerinin yolun orta çizgisine paralel ve plak yarı yüksekliğindeki konumlarının değişmemesi sağlanmış olmalıdır. (Alternatif olarak, kayma demirleri sehpa kullanmadan taze beton içine titreşimle yerleştirilebilir. Bu durumda beton kamyonları finişer önüne daha rahat yaklaşabilir).

Enine büzülme derz detayları Şekil 6'da gösterilmiştir. İşe başlandığında, işe ara verildiğinde ve iş bitiminde oluşacak enine inşaat derzleri için de benzer uygulama yapılır .



--- kayma demiri



Şekil 6 Enine derz detayları

Technical drawing of a rectangular plate with a central hole. The drawing is labeled "Üstten görünüş" (Top view). The plate has a width of 750 and a length of 750. The hole has a diameter of b . The distance from the center of the hole to the nearest edge is 750. The labels "Enine derz" (Transverse section) and "Boyuna derz" (Longitudinal section) are present. The dimension b is defined by the inequality $750 \leq b \leq 1000$.

Çatlak toplayıcı

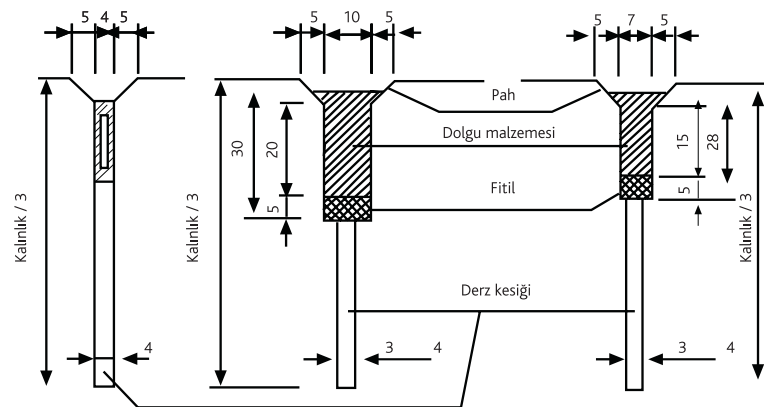
h

Kalınlık

Bağlantı demiri çap 12 mm

1000

$h/3$



Eğer beton dökümü iki geçişte yapılacaksa boyuna derz inşaat derzi olacaktır. Bağlantı demirleri, ilk şerit döküldükten sonra sertleşmiş plak yarı yüksekliğinde delinerek açılan deliklere yarı boylarına kadar sokularak reçine bileşimi ile tutturulur, ikinci şerit açığa kalan yarı boyları üzerine dökülür.

Derzlerin Doldurulması : Derzler ağızları genişletildikten hemen sonra doldurulur. Bununla birlikte yağmur yağarken veya hava sıcaklığı 5 °C'ın altında olduğunda derzlerin doldurulmasına izin verilmez.

Derz doldurulması şu işlemleri kapsar: derz oluğunun toz ve kirlilikten temizlenmesi, sıcak hava ile kurutulması, oluk tabanına silindirik (veya prizmatik) polimer fitil yerleştirilmesi, dik kenarlara yapışkan vernik sürülmesi ve fitil üzerine dolgu malzemesinin (sıcak dökülen veya soğuk uygulanan) konulması. İşlem sonunda dolgu malzemesinin üst yüzeyi beton plak yüzeyinden en fazla 5 mm derinlikte olmalıdır.

Kalite Kontrolu

Müteahhit kullanılacak bütün malzeme ve ekipmanı Idarenin teknik onayına sunacaktır.

İnşaat öncesinde, sırasında ve sonrasında aşağıdaki işlemler yerine getirilecektir:

- Taze betonun kontrolu (çökme, hava miktarı)
- Sertleşmiş betonun kontrolu (basınç dayanımı)
- İş sırasındaki kontroller (uygulama, kür, derz kesme ve doldurma,...)

[11]

Beton Yol Yapımı İçin Hazırlıklar

Beton yolun Afyonkarahisar –Emirdağ Ayrımı Yolu 5+700 ile 7+700 km arasında yapılmasının kesinleşmesi ve ilgili proje ile teknik şartnamenin hazırlanmasından sonra TÇMB, hava alanı inşaatlarında deneyimi olan üç inşaat firması ile temasa geçerek kendilerinden teklif istedi. Sonuçta yolun yapımını en uygun teklifi veren YENİGÜN İnşaat, Sanayi ve Ticaret A.Ş. üstlendi.

TÇMB, Belçikalı bir uzmanı yol yapımının başlangıç ve bitiş günlerinde inşaat mahallinde hazır bulunmak üzere danışman olarak görevlendirdi.

Yolun alt yapısı KGM tarafından yapılmış olduğundan İş Programı'ndaki hazırlıklar daha ziyade yörede teknik şartnameye uygun agrega kaynaklarını araştırmak, gerekli deneyleri

yapmak , beton karışımını belirlemek ve demir işlerini tamamlamak üzerinde yoğunlaştı. Ayrıca, Afyonkarahisar'daki hazır beton tesisleri ziyaret edilerek kapasiteleri ve kullandıkları agregalar hakkında bilgi alındı.

Kullanılacak kayar kalıp finişerin betonu serme kapasitesi ve çalışma hızı dikkate alınarak Afyon'daki iki hazır beton firması ile birlikte çalışılmasına karar verildi. Bunlardan KOLSAN, inşaat yerine 20 km, MALAKLAR ise 5 km mesafede bulunuyordu.

Yörede bulunan ve beton karışımında kullanılması düşünülen çimento ve agregalardan alınan numuneler Ankara'ya getirildi. Numuneler Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı (DLH) Genel Müdürlüğü Laboratuvarlarında gerekli deneylere tabi tutularak standartlara ve teknik şartnameye uygunlukları kontrol edildi [12]. Teknik şartnamede istenilen özelliklere haiz beton karışımı elde etmek için karışım hesapları yapıldı. Çalışmaların bir bölümü de TÇMB Laboratuvarlarında tekrarlandı.

Beton karışımında kullanılmasına karar verilen malzeme ve uygulanan beton karışımı ile ilgili bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

Beton Karışımında Kullanılan Malzeme

Çimento: Afyon Çimento Fabrikası tarafından üretilen CEM I 42.5 çimentosu özelliklerinin standarda uygun olduğu laboratuvarlarda kontrol edildi. Bazı tipik değerler şöyle sıralanabilir:

Kükürt Trioksit: % 2.95,
Klorür: % 0.015,
Çözünmeyen Kalıntı: % 1.48
Sodyum Eşdeğeri Toplam Alkali : % 0.714,
Özgül Yüzey: 342 m² / kg
Priz Başlangıç – Bitiş : 3 saat 20 dk. – 4 saat 10 dk.
Basınç Dayanımı: 23.6 MPa (2 gün), 50.7 MPa (28 gün)

Toplam alkali değeri alkali-silika reaksiyonu ihtimaline karşı dikkatli olunmasını gerektiriyordu.

İri Agregat: Hazır beton santrallerinde ayrı ocaklardan elde edilen kalker kırma taşı kullanılıyordu. Kırma taşların bazı özellikleri arasında ufak farklılıklar olduğu saptandı. Bazı tipik değerler şöyle sıralanabilir:

Los Angeles Aşınma Kaybı : % 22 – 24, Dona Karşı Direnç (Na₂SO₄): %0.5
DYK Özgül Ağırlık: 2.69, Su Emme: % 0.4 – 0.6, Cilalanma: %35

Ince Agrega: Hazır beton santrallerinde iki ayrı ocaktan elde edilen kalker kırma kumuna ilaveten Sincanlı Deresi doğal kumu da kullanılmaktaydı. Bazı tipik değerler şöyle sıralanabilir:

Kırma Kumlar: Dona Karşı Direnç: % 1.8 , DYK Özgöl Ağırlık: % 2.70
Su Emme: % 0.4 – 0.5, Kum Eşdeğerliliği: % 88.4, İncelik Modülü: 3.3 -3.6

Doğal Kum: Dona Karşı Direnç: % 2.0, DYK Özgöl Ağırlık: % 2.61
Su Emme: % 0.4 , Kum Eşdeğerliliği: % 71.7, İncelik Modülü: 2.8

Kullanılan Beton Karışımı

Laboratuvar da beton karışımı denemelerine başlamadan önce Afyon çimentosu ve ince agrega kullanılarak hazırlanan numuneler ile “Hızlandırılmış Alkali-Silika Reaksiyonu” deneyi yapıldı. Kanada Standardı CSA A23.2-25A’ya göre yapılan deneyde çubuk numunelerde boy uzamasının 14 günde % 0.15 ‘i geçmemesi öngörülmektedir. Aksi halde kullanılan çimento ve agrega ilerde betonda zararlı genleşmelere neden olabilecektir.

Yapılan deneyler sonucu numunelerde 14 günlük boy uzamaları kırma kumlar ile % 0.0258 ile % 0.0307, doğal kum ile ise % 0.2229 bulundu. Dolayısı ile kırma kumlar zararsız kabul edilirken doğal kum miktarına sınır getirilmesi gerekiyordu. Doğal kum miktarı % 30 oranına azaltıldığında genleşme % 0.1419’ a indi ve karışımda doğal kumun bu miktarı geçmemesi kararlaştırıldı.

Beton karışımı denemelerinden önce ve denemeler sırasında kaba, orta ve ince boy halinde kullanılan kırmataş ile dere kumunun tane boyu dağılımları kendi içlerinde ve farklı oranlarda birleştirilerek belirlendi, standartta ve teknik şartnamede öngörülen sınırlamalara uyulmaya çalışıldı.

Müteahhit firmanın önerisi üzerine beton karışımlarında bir miktar silis dumanı kullanılması da uygun görüldü.

Hatırlanacağı gibi teknik şartnamede çökme değeri 3 cm, hava içeriği en az % 3 ve su-çimento orantısı en fazla 0.45 olan C30 sınıfı bir beton öngörülmüştü. Bu nitelikleri sağlamak için beton karışımında hava sürükleyici kimyasal katkı kullanılması gerekti. İstenilen işlenebilme ise akışkanlaştırıcı katkı kullanmadan elde edilebiliyordu.

Laboratuvar da belirlenen ve istenilen niteliklere haiz beton karışımı Afyonkarahisar’ da hazır beton tesislerinde uygulandı. Şekil 8’de hazır beton tesisinde betonda hava miktarının ölçülmesi görülüyor.



Şekil 8. Taze betonda hava miktarının ölçümü

Transmikserlerle inşaat mahalline getirilen beton üzerinde yapılan deneyler çökme ve hava miktarlarının tam olarak istenilen değerlerde olmadığını gösterdi. Dolayısı ile yol inşaatının ilk saatlarında dahi arazideki sonuçlara göre beton karışımında bazı ayarlamalar yapılması gerektiği. Bu arada inşaat mahallinde dökülen beton plak numunelerde büzülme davranışı incelendi ve çatlak oluşmadığı gözlemlendi (Şekil 9).



Şekil 9. Betonda büzülme ve çatlama kontrol numuneleri

- Sonuç olarak, betonda kullanılan malzeme miktarları aşağıdaki şekilde (kg / m^3) olarak belirlenmiş oldu:

Çimento: 375,
Su: 176 (Su / Çimento : 0.47)
Silis Dumanı: 17.5
Hava Sürükleyici Kimyasal Katkı : 0.20
Kırma Taş (12-38 mm) : 865,
Kırma Taş (6-12 mm) : 314
Kırma Kum (0-6 mm): 159,
Doğal Kum (0-3 mm): 411

- Bu karışımla elde edilen betonun özellikleri günlük okumaların ortalamaları ile en düşük ve en yüksek değerler olarak aşağıda belirtilmiştir:

Çökme: 4 ± 1 cm
Hava: % 4 ± 1
Basınç Dayanımı : 7 Günde : 36.6 MPa (34.1- 40.1) MPa
28 Günde : 48.6 MPa (44.7- 51.2) MPa

Kayma ve Bağlantı Demirlerinin Hazırlanması

Kayma Demirleri: Kayma demirleri için piyasadan 28 mm çapında düz demir temin edildi (Şekil 10). Demirler 60 cm boyunda çubuklar oluşturmak üzere kesildi (Şekil 11). Kayma demirleri antipas boyaya batırıldı (Şekil 12) ve daha sonra önceden hazırlanmış çelik tel sehpalara üzerine 30 cm aralıklarla dizilerek bağlandı (Şekil 13, 14).



Şekil 10 . Kayma demirleri ($\varnothing 28$ mm)



Şekil 11. Kayma demirlerinin kesilmesi ($L= 60$ cm)



Şekil 12. Kayma demirlerinin boyanması

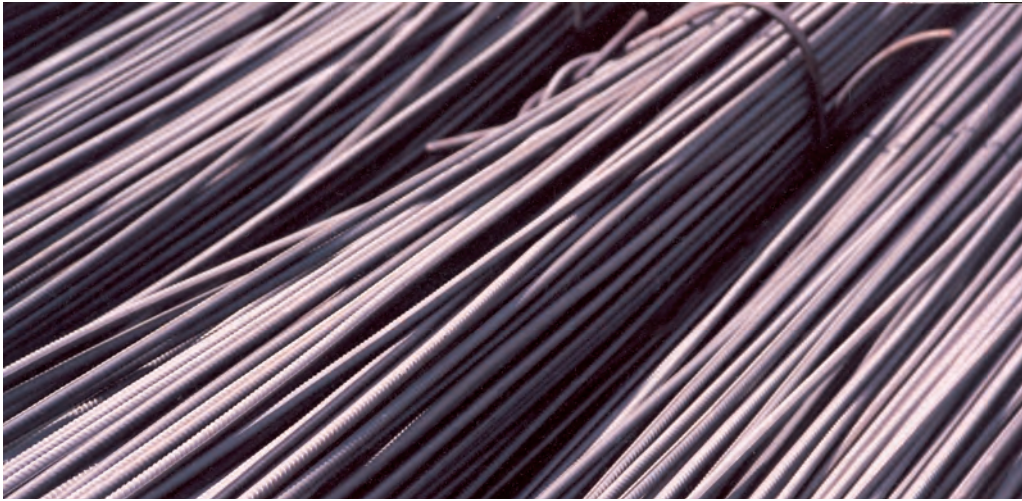


Şekil 13. Kayma demirlerinin sehpa üzerine yerleştirilmesi (@ 30 cm)



Şekil 14. Sehpalara monte edilmiş kayma demirleri

Bağlantı Demirleri: Bağlantı demirleri piyasadan temin edilen 12 mm anma çapındaki nervürlü demirlerin kesilmesi ile elde edildi (Şekil 15,16). Danışmanın önerisi üzerine boyları 100 cm yerine 80 cm olarak belirlendi.



Şekil 15 Bağlantı demirleri (Ø12 mm)



Şekil 16 Bağlantı demirlerinin kesilmesi (L=80 cm)

Kayar Kalıp Finişer

Beton yolun yapımında kullanılması öngörülen kayar kalıp finişer Afyon'a bölümler halinde getirildi ve inşaat mahallinde montajı tamamlandı (Şekil 17,18). GOMACO firmasının GP 2800 modeli olan finişer yolun yapımında taşeron AKSOY Firması elemanları tarafından kullanıldı.



Şekil 17. Kayar kalıp finişer (önden görünüş)



Şekil 18. Kayar kalıp finişer (arkadan görünüş)

Son Hazırlıklar

Yolun yapımına başlamadan önce orta refüj bordürleri söküldü (Şekil 19). Projede beton plak kalınlığı 27 cm olarak öngörülmüştü. Finişerin bu kalınlığa göre betonu serip sıkıştırması için istenilen şerit genişliğini de itibara alarak kılavuz çubukları çakıldı ve kılavuz teli gerildi (Şekil 20, 21). Mevcut yol yüzeyi kısmen engebeli olduğu için çukur yerlerde beton plak kalınlığı zorunlu olarak 27 cm' den fazla olacaktı.



Şekil 19. Orta refüj bordürleri sökülüyor



Şekil 20. Kılavuz çubukları çakılıyor



Şekil 21. Kılavuz teli geriliyor

Beton Yolun Yapımı

Beton yolun yapımına 28 Mayıs 2004’ de başlandı. Önce mevcut yol yüzeyi basınçlı hava ile tozdan arındırıldı (Şekil 22).

Beton plak kalınlığı 27 cm olarak uygulandı.Yol genişliği 12 m olduğundan beton, finişerin iki geçişi ile serilecekti. İlk geçişin 7.5 m genişliğinde ve yolun sağ (ağır trafik) tarafında olmasına, 4.5 m genişliğindeki ikinci geçişin de eğimden dolayı yukarıda kalan iç kısımda olmasına karar verildi. Kılavuz çubukları da buna göre çakılmıştı.

Finişer ilk geçiş için yolun sağına yanaştı (Şekil 23) ve algılayıcısı kılavuz teli ile irtibatlandırıldı (Şekil 24). Bu sırada hazır beton tesislerinde transmikseler yükleniyordu (Şekil 25).

Transmikserlerle gelen beton finişerin önüne boşaltıldı (Şekil 26, 27) ve daha sonra işçiler ve finişerin önündeki helezon şaft yardımı ile geçiş genişliğine yayıldı (Şekil 28).

Kayma demirlerinin bulunduğu sehpa 5 m aralıklarla yol yüzeyine çakılmıştı (Şekil 29). Dökülen betonun sehpa 5 m aralıklarla yerinden oynatmamasına özen gösterildi (Şekil 30).

Gelen her beton partisi üzerinde çökme ve hava miktarı deneyleri yapıldı (Şekil 31). Uygun olmayan sonuçlar beton santralına telefonla bildirilerek beton karışımında gerekli düzeltmeler yapıldı. Ayrıca beton partisi bekletilerek veya yeni bir beton partisi ile karıştırılarak uygunsuz sonuçların iyileştirilmesine çalışıldı. Kısa bir süre sonra da betonda çökme ve hava miktarları istenilen düzeye gelmiş oldu. Basınç dayanımı kontrolü için de periyodik olarak numuneler alındı.

Yavaşça ilerleyen finişer, üzerinden geçtiği taze betonu mekanik olarak sıkıştırıyor ve beton arkadan kalıplanmış olarak çıkıyordu (Şekil 32). Bu sırada betonun yüzeyi işçiler tarafından mala ve çelik master ile düzleniyordu (Şekil 33).

Hemen sonra beton yüzeyinin fırça ile enine pürüzlendirilmesine geçildi. Bu işlem finişerin arkasından gelen pürüzlendirme birimi tarafından mekanik olarak gerçekleştirildi (Şekil 34).

Pürüzlendirilmeden sonra beton yüzeyine kür kimyasalı püskürtüldü. Bu işlem el ile veya gene mekanik olarak yapılabilirdi (Şekil 35).

Bağlantı demirleri plak yarı yüksekliğinde yarı boylarına kadar ve 100 cm aralıklarla taze betonun içine batırıldılar. (Şekil 36).

İlk günün sonunda başlangıç zorlukları nedeni ile beton plak sadece 110 m mesafeye kadar dökülebilmşti (Şekil 37).

Derzlerin kesimi beton yeterince sertleştikten sonra, ancak 24 saat içinde gerçekleştirildi. Enine derzler 5 m aralıklarla alttaki kayma demir sehpalarının hizasından, kayma demirlerine dik olarak yaklaşık 9 cm derinliğe kadar kesildi (Şekil 38). Bu şekilde zayıf kesit oluşturulup çatlakların burada toplanması sağlanıyordu (Şekil 39).

Boyuna eğilme derzi ilk dökülen 7.5 m genişliğinde plağı ortalayarak kesildi. İlaveten, 7.5 ve 4.5 m genişliklerde ayrı ayrı dökülen plaklar arasında ve bağlantı demirlerine dik olarak boyuna inşaat derzi oluşmuş bulunuyordu.

Daha sonra derz genişletme ve pah açma işlemlerine geçildi . Başlangıçta 1-2 mm olan derz kalınlığı özel testere ile 25 mm derinliğe kadar 7-8 mm' ye çıkarıldı (Şekil 40). Daha sonra başka bir testere ile pah açıldı ve derz ağızları toplam 17 mm' ye kadar genişletildi (Şekil 41, 42).

Derzler basınçlı hava ile temizlenip kurutulduktan sonra içlerine polimer fitiller bastırılarak yerleştirildi (Şekil 43, 44). Daha sonra yapıştırıcı sürüldü ve iki bileşenli soğuk uygulanan dolgu maddesi ile derzler dolduruldu (Şekil 45, 46).

Resimlerden de anlaşılacağı gibi kayar kalıp finişer ile beton yol yapımı aynı zamanda çok sayıda (yaklaşık 30) elemanın koordineli bir şekilde çalışmasını gerektirdi.

Beton yolun yapımı tamamlandıktan sonra başlangıçta sökülmüş olan refüj bordür taşları tekrar yerleştirildi (Şekil, 47, 48). Düşük kalmış olan banket de önce plent miks ile dolduruldu, sonra asfalt ile kaplandı (Şekil 49, 50).

İki km uzunluğundaki beton yolun yapımı 17 Haziran 2004 tarihinde tamamlandı (Şekil 51).

Bölünmüş yolun diğer yönünde beton yola paralel 2 km'lik kesim KGM tarafından asfalt betonu olarak kaplandı. Bu şekilde, eşit hizmet koşullarında asfalt ve beton yolların kıyaslaması da yapılabilecek.



Şekil 22. Yol yüzeyi basınçlı hava ile temizleniyor



Şekil 23. Finişer başlangıç yerine getiriliyor



Şekil 24. FİNİŞER KILAVUZ TELİ İLE İRTİBATLANDIRILIYOR



Şekil 25. Beton santralinde transmikser dolduruluyor



Şekil 26. Beton finişerin önüne boşaltılıyor



Şekil 27. Beton finişerin önüne boşaltılıyor



Şekil 28. Helezon şaft betonu karıştırıp yayıyor



Şekil 29. Kayma demiri sehpaları enine derz hizalarına çakılıyor



Şekil 30. Beton kayma demiri sehpalarının üstüne dökülüyor



Şekil 31. Gelen betonda hava miktarı ölçümü



Şekil 32. Finişerin arkasından çıkan sıkıştırılmış, kalıplanmış beton



Şekil 33. Beton yüzeyi çelik master ile düzleniyor



Şekil 34. Beton yüzeyi fırça ile pürüzlendiriliyor



Şekil 35. Beton yüzeyine kür kimyasalı püskürtülüyor



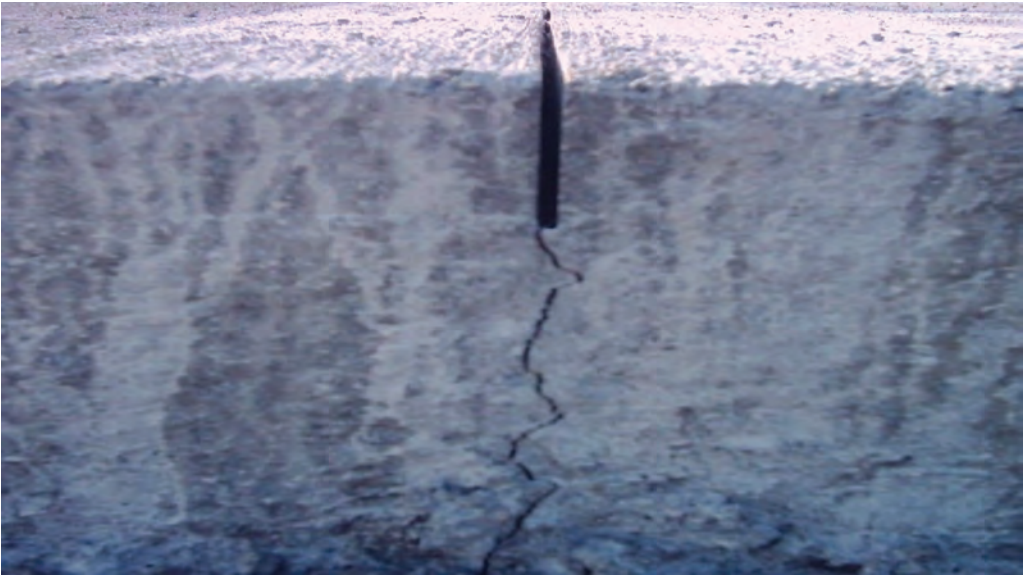
Şekil 36. Beton plak kenarındaki bağlantı demirleri



Şekil 37. İlk günün sonuna doğru



Şekil 38. Enine derz kesimi



Şekil 39. Enine derz



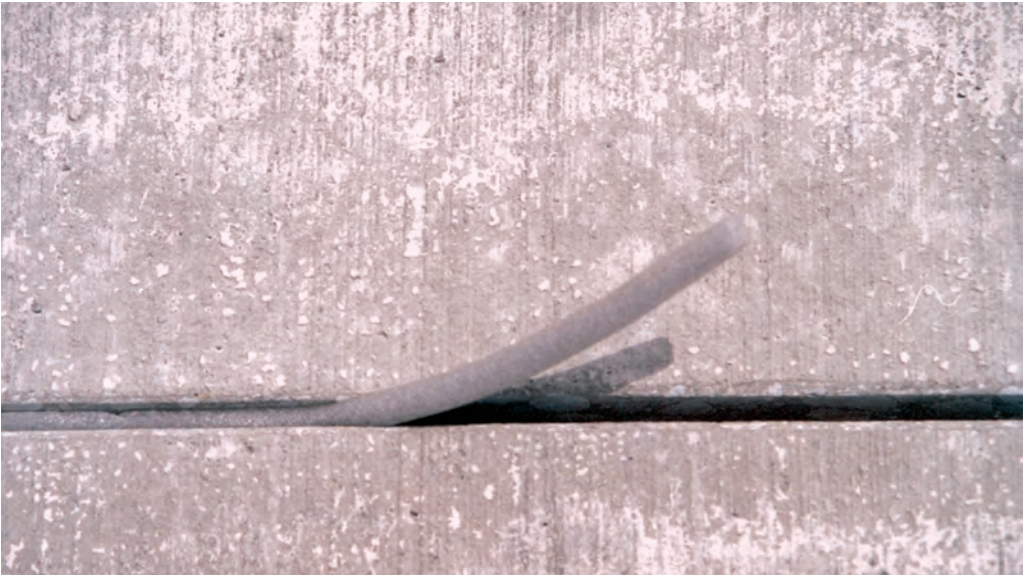
Şekil 40. Derz kalınlıkları genişletiliyor



Şekil 41. Derzlerde pah açılması



Şekil 42. Pah açılmış derz



Şekil 43. Derz içine yerleştirilen fitil



Şekil 44. Fitil derz içine bastırılarak yerleştiriliyor



Şekil 45. İki bileşenli derz dolgu maddesi hazırlanıyor



Şekil 46. Dolgu maddesi derz içine sıkılıyor



Şekil 47. Refüj bordürü için beton plak kenarı kesilip düzleniyor



Şekil 48. Refüj bordür taşları yerleştiriliyor



Şekil 49. Düşük hale gelmiş banket



Şekil 50. Banket doldurulduktan sonra



Şekil 51. Beton yol yapımı tamamlandıktan sonra



Açılış

Beton yol, 25 Eylül 2004 tarihinde yapılan bir törenle resmen hizmete girdi.

Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından özenle düzenlenen törene Bayındırlık ve İskan Bakanı Zeki Ergezen, Türkiye Çimento Müstahsilleri Yönetim Kurulu Başkanı Adnan İğnebekçili, Karayolları'ndan Genel Müdürlük, Konya 3.Bölge ve Afyon 31.Şube yetkilileri, Müteahhit Firma ve hazır beton tesisleri yetkilileri ile çimento sektöründen bir çok kişi katıldı.

Adnan İğnebekçili yaptığı konuşmada asfalt yola göre beton yolun bazı teknik avantajlarına değindi, ham madde olarak çimentonun asfalt gibi dışa bağımlı olmadığına işaret etti ve beton yolun ilk maliyet yönünden dahi asfalt yoldan daha avantajlı olduğunu söyledi. KGM bütcesinin büyük kısmının asfalt yollarda çok sık gereken bakım ve onarıma sarfedildiğini anlatan İğnebekçili halen tamamen asfalt olan ülke karayollarının, başta ağır trafik yükü taşıyan ve sıcak iklim bölgelerindeki yerler olmak üzere, yüzde onunun beton yola dönüştürülmesinin uygun olacağını belirtti.

Konuşmasında Zeki Ergezen bu törenin iki kilometrelik bir yolun açılışı için değil, gerçekte beton yolun ve yeni bir teknolojinin tanıtılması için yapıldığını söyledi. Ergezen, 2005 yılı içinde Şanlıurfa – Viranşehir arasındaki yolun 40 km lik bir bölümünün beton yol olarak projelendirilmesini de gündeme getirdi.



**Güvenli ve konforlu
sürüş keyfini yaşamanız için**

betonyol

burada yapılıyor.

TÇMB

**TÜRKİYE
ÇİMENTO
MÜSTAHSİLLERİ
BİRLİĞİ**

İstanbul'daki Beton Yol

Yer

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) ile Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı (BİB) arasında imzalanan protokol'de deneme amaçlı olarak İstanbul ve Afyonkarahisar'da yapılacak beton yollardan İstanbul'dakinin öncelikle yapılması öngörülmüştü.

İstanbul'daki yol için belirlenen güzergah, bölünmüş yola çevrilerek asfalt olarak yapılmakta olan Hasdal Kavşağı – Kemberburgaz Ayrımı – Yassıören Devlet Yolu (km: 0+000 – 43+504) nun Hasdal Kavşağı – Kemberburgaz Ayrımı (km: 39+900 – 43+504) arasında kalan ve Kemberburgaz Ayrımı'na doğru sağ tek taşıt yönü olan yaklaşık 3.5 km uzunluğundaki bölümü olarak belirlenmişti (Şekil 52).



Şekil 52 Hasdal-Kemberburgaz Yolu

Devlet yolunun tamamını üstlenen müteahhit firma ile İdare arasında anlaşmazlık ortaya çıkınca yolda inşaat faaliyetleri durdu ve beton yol yapımı için Afyonkarahisar öncelik kazandı. Oradaki yol tamamlandığında İstanbul'daki yolda da çalışmalar işi devir alan yeni müteahhit firma, MAK-YOL İnşaat Sanayi, Turizm ve Ticaret A.Ş. tarafından başlatılmış bulunuyordu.

Mevcut Yolun Özellikleri



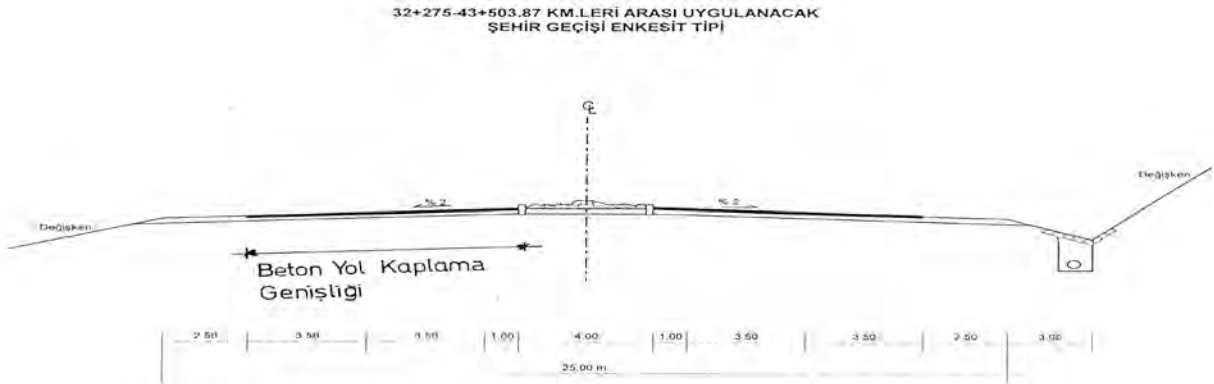
Şekil 53 Hasdal-Kemberburgaz
Yolu'ndan görünüş

Hasdal Kavşağı – Kemberburgaz Ayrımı arasındaki yolun bölünmüş yola çevrilmesi yeni projenin eski yol ile yer yer kesişmesi , yatay ve düşey kurlar ve mevzii kötü zemin özellikleri dolayısı ile sıkıntılı olmuş ve yapım süresince önemli trafik sıkışıklıkları meydana gelmiştir (Şekil 53).

İstanbul'da iklim ılıman olmakla beraber kışın yol güzergahında nadiren de olsa buzlanmaya karşı tuz kullanılmaktadır. Yol Hasdal kışlasına bitişik olarak askeri bölgede bulunmaktadır (Bu nedenle yol yapımı sırasında fotoğraf çekmekte zorluklar yaşanmıştır !).

KGM 1. Bölge Müdürlüğü'nden yolun bu kesimi ile ilgili olarak aşağıdaki bilgiler alınmıştır [13] :

Yolun şehir geçişlerindeki tipik enkesiti Şekil 54 deki gibi uygulanmaktadır. Toplam platform genişliği 10.5 m olup her birisi 3.5 m genişliğinde 2 trafik şeridi ve 2.5 m genişliğinde banket bulunmaktadır. Enine eğim %2 dir.



Şekil 54 Yol şehir geçişi en kesiti

Yoldaki 2004 Yılı Trafik Değerleri şöyledir:

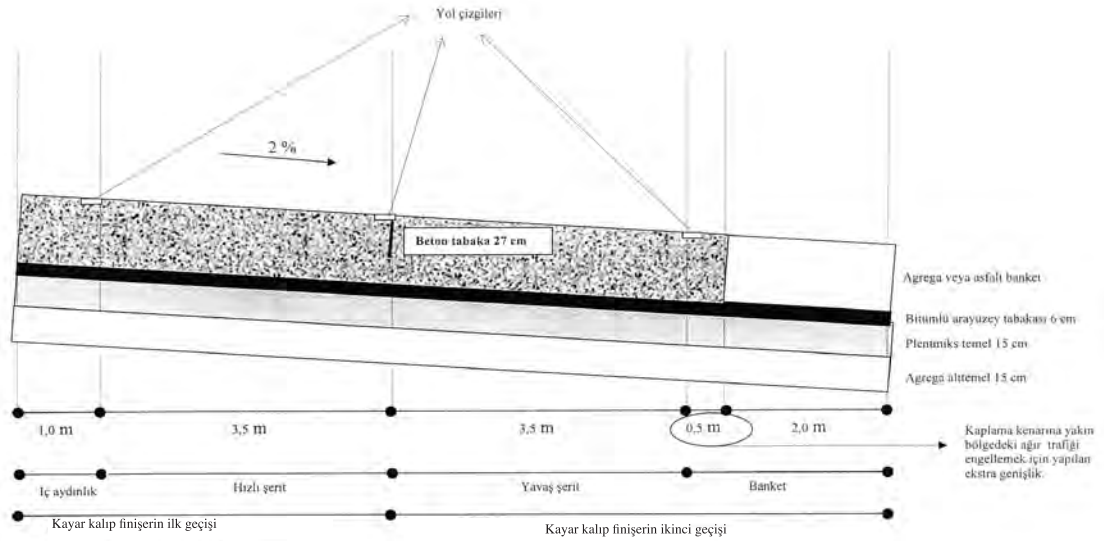
Otomobil	=	15 920
Otobüs	=	371
Kamyon	=	5 737
Treyler	=	217

Toplam		22 245

Üst yapı taban etüdünde kil formasyonuna rastlanan kesimlerde 45 cm seçme ariyet tabakası ile iyileştirme yapılmış ve sonuç olarak üstyapı taban yaş CBR değerinin 20 alınması uygun görülmüştür.

Yolun bsk asfalt kaplama olan kesimleri (aynı zamanda beton yolun paralel karşı yönü) için aşağıdaki esnek üst yapı tasarlanmıştır:

- 5 cm Asfalt betonu Aşınma
- 7 cm Asfalt Betonu Binder
- 11 cm Bitümlü Temel
- 20 cm Plentmiks Temel
- 15 cm Kırmataş Alttemel



Şekil 55 Beton yol üstyapı kesiti

Proje ve Teknik Şartname

Başlangıçta önce İstanbul'daki yolun yapılması planlandığından Belçikalı uzmanlara bu yol ile ilgili olarak KGM 1. Bölge Müdürlüğü'nden alınan gerekli bilgiler verilmiş ve kendilerinden beton yol için proje ve şartnameyi hazırlamaları istenmişti.

Uzmanlarca derzli donatısız olarak tasarlanan rijit üstyapı kesiti Şekil 55 de gösterilmiştir [11]. Beton plak kalınlığı 27 cm olup altında 6 cm asfalt arayüzey, 15 cm plentmiks temel ve 15 cm kırmataş alttemel öngörülmüştür.

Yapım sırasında asfalt arayüzeyin kalınlığı 5 cm olarak belirlendi. Ayrıca, KGM yetkililerinin önerisi üzerine yolun son 1000 m sinde beton plak kalınlığının 32 cm olarak uygulanmasına ve asfalt arayüzey kullanılmamasına karar verildi.

Uzmanlarca hazırlanan Teknik Şartname, "Afyonkarahisar'daki Beton Yol" bölümünde özetlendiği için burada tekrarlanmayacaktır. Orada değinilen: beton yol yapımındaki başlıca işlemler, kullanılacak malzeme, beton karışımı, beton dökümü, yüzey işlemleri, kür, derzler ve kalite kontrolü ile ilgili hususlar İstanbul'daki yolda da dikkate alınmıştır [11].

Ancak, Afyonkarahisar'daki beton yolun yapımı sonrasında Karayolu Teknik Şartnamesi'nde "Yol Üstyapısı" bölümüne "Beton Yollar" ile ilgili hususlar ilave edilmiş ve İstanbul'daki beton yolun yapımı sırasında buradaki bilgilerin de dikkate alınması istenmiştir [14,15]. Uzmanlarca hazırlanan şartname ile çok daha ayrıntılı olan KGM şartnamesi arasındaki olası farklılıkların KGM yetkilileri ile görüşülerek çözüme kavuşturulması kararlaştırılmıştır.

Beton Yol Yapımı İçin Hazırlıklar

Hasdal – Yassıören arasındaki bölünmüş yol yapımı yeniden başladıktan sonra TÇMB, Kemerburgaz ayırımına kadar olan yerde beton yol yapımı için havaalanı inşaatlarında deneyimli firmalardan teklif istedi. Mevcut yolun müteahhidi MAK-YOL firması zaten yolda çalışmakta olup şantiyesini ve beton santralini kurmuş bulunduğu için en düşük teklifi verdi ve 1 Mayıs 2006 itibarı ile beton yolun yapımını üstlendi.

Betonun MAK-YOL' ait olan ve yol mahalline yaklaşık 4 km mesafede bulunan santralda üretilmesi ve beton karışımında santral sahasında bulunan agreganın kullanılması uygun olacağından bu malzeme önce Ankara'da DLH Laboratuvarlarında gerekli deneylere tabi tutularak standartlara ve şartnamelere uygunlukları kontrol edildi ve şartnamelere uygun bir beton karışımı önerildi. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir [16].

Beton Karışımında Kullanılan Malzeme

Çimento: SET Çimento Ambarlı tesislerinden temin edilen CEM I 42.5 çimentosunun. TS EN 197-1 standardına uygunluğu teyit edilmiştir.

Agrega : Santralda kullanılan kırma taş ve kırma kum Gaziosmanpaşa Grup İnşaat taş ocağından, doğal iri kum Kemerburgaz Akçelik kum ocağından ve doğal ince kum da Kemerburgaz Şef Ticaret kum ocağından temin edilmektedir. Agrega özelliklerinin de ilgili standartlara uyduğu belirlenmiştir.

İri Agrega : 3/4" - 3/8", Los Angeles Aşınma Kaybı: %17,
Dona Karşı Direnç (Na_2SO_4) : %2.2, DYK Özgöl Ağırlık: 2.70, Su Emme: %0.7

Orta Agrega : 3/8" – No.8, Los Angeles Aşınma Kaybı: %17
Dona Karşı Direnç (Na_2SO_4) : %2.2, DYK Özgöl Ağırlık: 2.71, Su Emme: %0.4

Kırma Kum: 3/8" - No.200, Dona Karşı Direnç: %2.4, DYK Özgöl Ağırlık: %2.70
Su Emme: %0.8, No.200 geçen: %11.5, İncelik Modülü: 3.50

Doğal İri Kum: 3/8" - No.200, Dona Karşı Direnç: %2.0, DYK Özgöl Ağırlık: %2.58
Su Emme: %1.8, No.200 geçen: %0.6, İncelik Modülü: 3.30

Doğal İnce Kum: No.4-No.200, Dona Karşı Direnç: %2.4, DYK Özgöl Ağırlık: %2.67
Su Emme: %0.4, No.200 geçen: %1.3, İncelik Modülü: 1.20

İnce agreganın yer aldığı numuneler CSA A23.2-25A " Hızlandırılmış Alkali-Silika Reaksiyonu" metoduna göre test edilmiş ve beton için bu yönden zararsız oldukları belirlenmiştir.

Kullanılan Beton Karışımı

Beton yolda kullanılacak beton karışımı için önce DLH Laboratuvarında çalışmalar yapıldı. Bu amaçla beş farklı tane boyu grubundaki agrega uygun granülometri sağlayacak şekilde aralarında birleştirilmiştir.

Yapılan deneme karışımları sonucu DLH, kuru agrega bazında (kg/m^3 olarak) aşağıdaki beton karışımını önermiştir :

Çimento	=	375
Su	=	186
İri kırma taş	=	543

Orta kırma taş	=	493
Kırma kum	=	272
Doğal kum	=	480
Hava sürükleyici	=	0.263
S / Ç (net)	=	0.45
Hava (%)	=	4
Çökme (cm)	=	4
Basınç dayanımı (7 gün, silindir, MPa)	=	31
Basınç dayanımı (28 gün, silindir, MPa)	=	41
Eğilmede Çekme (7 gün, kiriş, MPa)	=	6

- Bu karışım esas alınarak ve uygulama sırasında su, çimento ve katkı miktarlarında bazı ayarlamalar yapılarak yolda aşağıda belirtilen beton karışımları (kg/m³ olarak) uygulanmıştır:

	<u>Karışım No.1</u>	<u>Karışım No.2</u>	<u>Karışım No.3</u>
Çimento	= 375	400	385
Su	= 186	186	144
İri kırma taş	= 543	543	543
Orta kırma taş	= 493	493	493
Kırma kum	= 272	272	272
Doğal kum	= 480	480	480
Hava sürükleyici	= 0.263	0.263	0.270
Süperakış. katkı	= --	---	3.85
S / Ç (net)	= 0.45,	0.42	0.33
Hava (%)	= 4	4	4
Çökme (cm)	= 4	4	3.5
Basınç dayanımı (7 gün, küp,MPa)	= 35	35	38
Basınç dayanımı (28 gün, küp,MPa)	= 41	42	44

Yolun ilk dökülen 4.5 m genişliğindeki bölümünde: ilk 500 m de Karışım No.1, 500 m – 1800 m arasında Karışım No.2 ve yolun geri kalan bölümlerinde Karışım No.3 kullanılmıştır.

Kayma ve Bağlantı Demirlerinin Hazırlanması

Beton karışımı ile ilgili bu çalışmalar devam ederken MAK-YOL şantiyesinde derzlerde kullanılacak donatı çubuklarının ve sehpaların hazırlanmasına başlandı (Şekil 56).



Şekil 56 Derzler için demirler hazırlanıyor

Kayma demirleri 25 mm çapında ve 60 cm boyunda düz demirler olarak kesilerek antipas ile boyandılar ve sehpalar üzerine 30 cm aralıklarla yerleştirildiler (Şekil 57).

Bağlantı demirleri 12 mm çapında nervürlü demirden 80 cm lik boylarda kesildiler.



Şekil 57 Kayma demirleri sehpalara yerleştiriliyor.

Kayar Kalıp Finişer

Beton yolun yapımında MAK-YOL firmasının taşeronu SENTEZ Yapı Endüstrisi firması tarafından MASSENZA markalı bir finişer kullanıldı (şekil 58).



şekil 58 Finişer

Son Hazırlıklar

Beton kaplamanın serilmesinden önce temel tabakalarının yapımı MAK-YOL tarafından tamamlandı (Protokole göre Afyonkarahisar'dakinin aksine altyapının finansmanı da TÇMB tarafından karşılanmaktaydı). Plak kalınlığı 27 cm olacak kesime 5 cm lik asfalt arayüzey serildi, beton kaplama için kılavuz çubukları çakıldı ve kılavuz telleri gerildi (şekil 59).

Beton Yolun Yapımı

Beton kaplamanın yapımına 10 Haziran 2006 günü başlandı. Yoldaki yoğun trafik dikkate alınarak KGM nin de önerisi üzerine beton kaplamanın projede agrega veya asfalt olarak düşünülen banketi de kapsamasına karar verildi. Bu durumda beton 10.5 m lik platform genişliğinin tümünü kaplamış oluyordu..



Şekil 59 Kılavuz çubukları

Beton kaplama finişerin iki geçişinde serildi. Yolda enine eğimin yönü kurblar dolayısı ile değişken olduğundan ilk geçişin başlangıcında ağır vasıta tarafı yerine iç taraf tercih edildi ve 4.5 m genişliğinde beton serildi. İkinci geçişte ise beton tabakanın genişliği 6 m oldu (Şekil 55).

MAK-YOL santralinde hazırlanan beton, damperli kamyonlara yüklenerek inşaat mahalline



Şekil 60 Beton santrali ve kamyonu yükleme



Şekil 61 Beton damperli kamyonla taşınıyor

taşındı (Şekil 60,61). Geri geri yaklaşan kamyon, betonu finişerin önüne ve 5 m aralıklarla yerleştirilmiş olan kayma demiri sehpalarının üzerine boşalttıktan sonra betonun yayılması kepçe yardımı ile sağlandı (Şekil 62,63).



Şekil 62 Beton finişerin önüne boşaltıyor



Şekil 63 Beton kepçe ile yayılıyor

Dakikada yaklaşık 1m gibi bir hızla ilerleyen finişer, önündeki helezon şaft ile betonu karıştırıp altına alıyor, sıkıştırıp kalıplıyordu (Şekil 64).

Gelen beton partilerinden alınan numuneler üzerinde periyodik olarak hava miktarı ve çökme



Şekil 64 Finişer çalışıyor



Şekil 65 Betonda hava miktarının ölçümü

değerleri kontrol edildi (Şekil 65,66), basınç dayanımı testi için numuneler hazırlandı (Şekil 67)

Finişerin arkasından kalıplanmış olarak çıkan beton kaplamanın yüzeyi mala ile düzlendi, fırça ile pürüzlendirildi ve yüzeye kür kimyasalı püskürtüldü (Şekil 68,69).



Şekil 66 Betonda çökme deneyi



Şekil 67 Basınç deneyi için numuneler hazırlanıyor

Bağlantı demirleri plak kaplama yarı yüksekliğinde yarı boylarına kadar ve 75 cm aralıklarla taze betonun içine batırıldılar (Şekil 70).

Derzler beton yeterince sertleştikten sonra, ancak 24 saat içinde, kaplamanın 1/3 derinliğine kadar kesildiler (Şekil 71). Enine derzler her 5 m de, alttaki kayma demiri sehpaşının hizasından



Şekil 68 Kalıplanan beton yüzeyinin düzlenmesi

kesildi. Şekil 72 de enine derzli zayıf kesitteki olağan çatlama görülüyor. Finişerin ayrı ayrı serdiği beton kaplamalar arasında ve banket ile kaplama arasında olmak üzere iki boyuna



Şekil 69 Beton yüzeyine kür kimyasalı püskürtülüyor

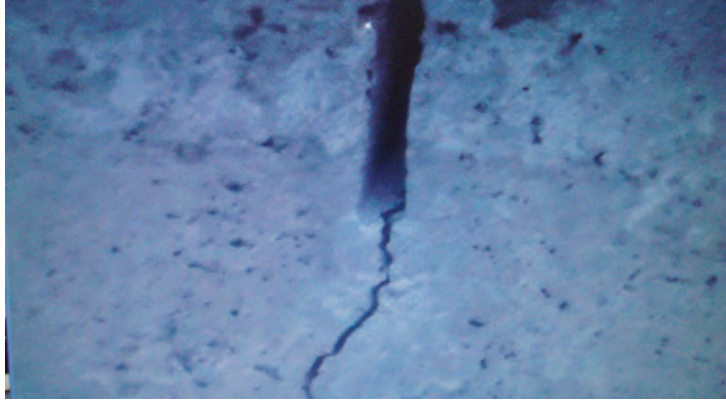
derz oluşturuldu. Derzler genişletildikten ve pah açıldıktan sonra polimer fitil ve dolgu malzemesi ile dolduruldu (Şekil 73,74). Derzlerle ilgili ayrıntılı bilgiler Afyonkarahisar'daki Beton Yol bölümündekiler gibidir.



Şekil 70 Bağlantı demirleri ilk şerit kenarına yerleştirilmiş



Şekil 71 Derz kesilmesi



Şekil 72 Derz altında çatlak oluşumu



Şekil 73 Pah açılması, derz genişletilmesi



Şekil 74 Derzlerin doldurulması



Şekil 75 Trafik çizgileri çiziliyor



Şekil 76 Beton yol hizmete giriyor

Beton yolun geçici kabulü 10 Ağustos 2006 tarihinde yapıldı ve trafik çizgileri çizildikten sonra yol trafiğe açıldı (Şekil 75, 76). Kemberburgaz ayırımındaki kavşak çalışmaları dolayısı ile beton yolun son uzunluğu 3352 m olarak gerçekleşti.

**Güvenli ve
uzun ömürlü bu**

betonyol

**TÇMB'nin
şehrimize armağanıdır.**

TÇMB

**TÜRKİYE
ÇİMENTO
MÜSTAHSİLLERİ
BİRLİĞİ**

www.tcmb.org.tr

Kaynaklar

- 1- www. kgm.gov.tr / ,2009
- 2- Aęar, E.,Öztaş,G. ve Sütas, İ., "Esnek yol üst yapıları ile rijit yol üst yapılarının teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması", Teknik Rapor, TÇMB,Ankara, 1998.
- 3- Aęar, E., Sütas,İ. Ve Öztaş,G., "Beton Yollar", İ.T.Ü. Yayınları, Sayı 1594 İstanbul, 1998.
- 4- Yeğinobalı,A., "Niçin beton yol ?", Ar-Ge/Y 09.01,TÇMB,Ankara,2009.
- 5- "Bir seęenek daha var-Beton yollar...", THBB, İstanbul, 2002.
- 6- Wilde,R., "Concrete comments", Concrete International, vol.22,no.8, 2000.
- 7- Tunç,A., " Yol Malzemeleri ve Uygulamaları", Atlas Yayınları, İstanbul,2001
- 8-"Türkiye Karayolları İstatistik Yıllığı 2000-2001 " , KGM, Ankara, 2001.
- 9- "Afyon- Emirdağ yolu (Beton yol) bilgileri", KGM 3.Bölge Md., Konya 2002.
- 10- "Afyon – Bayat arası trafik yoğunluk bilgileri", KGM ile görüşmeler, Ankara, 2004.
- 11- www. afyon-bld.gov.tr, 2004
- 12- Rens,L. and Fuchs, F., " Construction of concrete roads in İstanbul -Afyon Turkey – Technical Specifications" , Brussels, 2002.
- 13- "Afyon-Emirdağ karayolu inşaatı-kaliteli kaplama betonu dizayn raporu" DLH Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, Mayıs 2004.
- 14- " Hasdal kav.- Kemerburgaz km:40+000-43+500 arası bölünmüş yol kesimine ait veri raporu, KGM 1. Bölge Müdürlüğü, İstanbul, 2005.
- 15- " Karayolları Teknik Şartnamesi", KGM, Ankara, 2006.
- 16- " Hasdal Kavşağı – Kemerburgaz arasında uygulanacak olan derzli donatısız beton kaplama teknik şartnamesi", Teknik Araştırma Dairesi, KGM, Ankara,2005
- 17- "Hasdal – Kemerburgaz devlet yolu inşaatı-kaliteli kaplama betonu dizayn raporu", DLH Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, Mart 2006.

İstanbul'daki beton yol



ISBN: 978-975-8136-27-8
TÇMB / AR-GE ENSTİTÜSÜ

Cyberpark, Cyberplaza C Blok Zemin, Kat: 1 ve 2
06800 Bilkent-Ankara
T : +90 312 444 50 57 - F : +90 312 265 09 06
www.tcma.org.tr