



**KARAYOLLARI
GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**



**T.C.
Ulaştırma ve Altyapı
Bakanlığı**



BİLDİRİLER



4

**KARAYOLU
ULUSAL
KONGRESİ
ve SERGİSİ**

28-29 Kasım 2018

KGM Halil Rifat Paşa Konferans Salonu
Ankara

T.C.
ULAŖTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIğI
KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜğÜ
YOLLAR TÜRK MİLLİ KOMİTESİ



T.C.
UlaŖtırma ve Altyapı
Bakanlığı



KARAYOLLARI
GENEL MÜDÜRLÜğÜ



KARAYOLU
4. ULUSAL
KONGRESİ VE SERGİSİ

28-29 KASIM 2018

BİLDİRİLER

ANKARA

Bu Kitapta yer alan Bildirilerdeki görüŖ ve öneriler bildiri sahiplerine ait olup Karayolları Genel Müdürlüğü ve Yollar Türk Milli Komitesi'nin resmi görüŖü değildir.

Bildiri sahiplerinin gönderdiği metinler tıpkı basım tekniğiyle yayımlanmıŖtır.

Kitaptan kaynak gösterilmek koŖuluyla alıntı yapılabilir.

Kitabın tamamı veya bir bölümü izinsiz olarak yayınlanamaz.

SUNUŞ

KARAYOLU 4. ULUSAL KONGRESİ VE SERGİSİ'nin Değerli Katılımcıları,

Karayolları Genel Müdürlüğü ve Yollar Türk Milli Komitesi tarafından, karayollarının ağırlıklı olarak sosyal ve ekonomik açılardan ele alındığı Karayolu 1. Ulusal Kongresi 1-3 Nisan 2008, Karayolu 2. Ulusal Kongresi 11-13 Ekim 2011 ve Karayolu 3. Ulusal Kongresi 25-27 Kasım 2014 tarihlerinde büyük bir katılım ve başarı ile gerçekleştirilmiştir. Bu yıl 28-29 Kasım tarihlerinde gerçekleştireceğimiz Karayolu 4. Ulusal Kongresi ve Sergisi'nde ülkemizin karayolları; planlama, proje, finansman temini, yapım, işletme, bakım ve onarımında karşılaşılan sorunlar gibi çeşitli boyutları ile ele alınacak; son dört yılda dünyadaki araştırmalar, gelişmeler ve yeni uygulama teknikleri tartışılacak, ayrıca ülkemiz ulaşımındaki diğer altyapı sistemleri ile bütüncül bir yaklaşım içinde değerlendirilerek, sistemler arası birlikteliğin sağlanması üzerinde de hassasiyetle durulacaktır.

Ülkelerin sosyal ve ekonomik kalkınmaları ile altyapılarının durumu karşılıklı olarak önemli etkileşim içindedirler. Ülkeler, ne kadar yeterli kaynağı altyapıları için ayırabilirlerse, altyapılarda o kadar olumlu şekilde ekonomik ve sosyal kalkınmaya fayda sağlarlar. Ulaşım sektörü içinde karayollarının sahip olduğu önem bu karşılıklı etkileşimin en belirgin örneğidir. Bir başka deyimle, ülkeler kalkındıkça daha çok ve nitelikli yol yapmışlar, yapılan bu yollar, ülkelerin daha çok kalkınmasını sağlamıştır. Türkiye, karayolları konusunda kendine özgü tarihsel bir başarı oluşturmuştur. Günümüzde ülke ulaştırma sistemi içerisinde en büyük hizmet payına sahip olan karayollarının yapım, bakım, onarım, kullanım ve diğer yönleri ile ülke kalkınmasına katkı yapıyor olması, bu konuda sağlanan başarının sürdürülebilir duruma getirildiği, önemli sorunların ve dar boğazların aşılmasında olduğu anlamını taşımaktadır.

Bu nedenle, ölçek itibariyle, Avrupa'daki birçok ülkeden daha büyük olan ülkemiz için toplum yaşamı, ülke savunması ve kalkınması açılarından özel öneme sahip olan karayollarının ulusal kongrelerle ele alınmasının, özellik ve niteliklerinin anlatılmasının, sorun ve dar boğazlarının tartışılmasının ve geleceğe yönelik çözümlerin aranılmasının çağdaşlaşma kararlılığında olan ülkemiz için faydalı olduğu görülmektedir. Bu amaçla teknik yönleri ile birlikte sosyal, ekonomik, işletme ve kullanım konuları ağırlıklı olan bir içerik ile karayollarını ele alan "Karayolu 4. Ulusal Kongresi ve Sergisi"ne değerli bürokrat, uzman ve bilim insanları konuşmacı olarak katılarak çok kıymetli tecrübelerini katılımcılarla paylaşacaklardır.

Kongreye gönderilen ve Bilim Kurulu Üyelerinin değerlendirmeleri sonucunda yayınlanmasına karar verilen bildiriler bu kitapta toplanmıştır. Ayrıca, bildirilerden bazıları Kongre'de ilgili oturumlarda sunulmak üzere seçilmiştir.

Karayolları camiasına önemli katkılar sağlayacağına inandığımız "KARAYOLU 4. ULUSAL KONGRESİ VE SERGİSİ" bildirilerinin konuyla ilgilenen, üniversitelerimizin ilgili anabilim dallarından, kurum ve kuruluşların ilgili birimlerinden ve ülkemizin ulaşım sektöründen katılımcılar için değerli bir kaynak olacağı düşüncesi ile gösterdikleri yakın ilgi ve emekleri için bildiri sahiplerine teşekkürlerimizi sunuyoruz.

KONGRE DÜZENLEME KURULU

ONUR KURULU

Mehmet Cahit TURHAN	Ulaştırma ve Altyapı Bakanı
Atalay COŞKUNOĞLU	Karayolları Genel Müdürü (1969-74) (1984-91) YTMK Kurucu Başkanı
Abdulkadir URALOĞLU	Karayolları Genel Müdürü YTMK Başkanı

DÜZENLEME KURULU

Başkan

Uğur Kenan ADILOĞLU (E-KGM)

Üyeler

Zeki NUMANOĞLU (EMAY - YTMK)
Mehmet TUTAŞ (KGM - YTMK)
Sina KIZIROĞLU (KGM - YTMK)
Hamid AKKUŞ (KGM - YTMK)
Prof.Dr. A. Osman ATAHAN (İTÜ - YTMK)
Doç.Dr. Hediye T. YAMAN (ODTÜ - YTMK)
Tuğba KİPER (E-KGM - YTMK)
Atayla VARLIK (IPMS - YTMK)
Nursen AYDIN (KGM)
Gökhan MACİT (KGM)
Ş. Özcan EROL (E-KGM - YTMK)

YÜRÜTME KURULU

Başkan

Uğur Kenan ADILOĞLU (E-KGM)

Üyeler

Zeki NUMANOĞLU (EMAY - YTMK)
Mehmet TUTAŞ (KGM - YTMK)
Sina KIZIROĞLU (KGM - YTMK)
Hamid AKKUŞ (KGM - YTMK)
Tuğba KİPER (E-KGM - YTMK)
Nursen AYDIN (KGM)
Ahmet SAĞLAM (KGM)
Ahmet GÜLŞEN (KGM)
Ş. Özcan EROL (E-KGM - YTMK)

BİLİM KURULU

Prof.Dr. Emine AĞAR (E-İTÜ)
Prof.Dr. Hüseyin AKBULUT (AKÜ)
Dr. Öğr. Üyesi Ebru AKIŞ (Atılım Ü)
Hamid AKKUŞ (KGM)
Prof.Dr. Orhan B. ALANKUŞ (Okan Ü)
Doç.Dr. Nurdan M. APAYDIN (KGM)
Dr. Ersin ARIOĞLU (YM)
Prof.Dr. A. Osman ATAHAN (İTÜ - YTMK)
Dr. R. Yener BİRLİKER (KGM)
Resul BÜYÜKGÜÇLÜ (KGM)
Prof.Dr. Halim CEYLAN (PAÜ)
Prof.Dr. H. Berk ÇELİKOĞLU (İTÜ)
Prof.Dr. Hanifi ÇOPUR (İTÜ)
Dr. Öğr. Üyesi M. Kürşat ÇUBUK (GÜ)
Yüksel DOMANIÇ (YD)
Ş. Özcan EROL (E-KGM - YTMK)
Çetin FIRAT (KOLİN)
Prof.Dr. Mustafa İ. GÖKLER (ODTÜ)
Prof.Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
Prof.Dr. Mustafa ILICALI (İstanbul Ticaret Ü)
Prof.Dr. Mustafa KARAŞAHİN (İGÜ)
Kenan KAYACI (KGM)
Tuğba KİPER (E-KGM - YTMK)
Sina KIZIROĞLU (KGM - YTMK)
Muhammet KOMUT (KGM)
Zeki NUMANOĞLU (EMAY - YTMK)
Fatma ORHAN (KGM)
Akın OYAT
Doç.Dr. Halit ÖZEN (YTÜ)
Cem G. ÖZENEN (İKB)
Dr. Öğr. Üyesi Hande I. ÖZTÜRK (ODTÜ)
Ahmet SAĞLIK (KGM)
Prof.Dr. Mehmet SALTAN (SDÜ)
Prof.Dr. Burak ŞENGÖZ (DEÜ)
Ahmet ŞİRİN (KGM)
Prof.Dr. Serdal TERZİ (SDÜ)
Yıldız TERZİOĞLU (KGM)
Prof.Dr. Ali TOPAL (DEÜ)
Prof.Dr. Ali TÜREL (Çankaya Ü)
Özgenç USLU (KGM)
Dr. Leyla ÜNAL (KGM)
Prof.Dr. Mahir VARDAR (E-İTÜ)
Doç.Dr. Hediye T. YAMAN (ODTÜ - YTMK)
Prof.Dr. Nadir YAYLA (E-İTÜ)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

- 13 YENİ ZİGANA TUNELİNDE AÇILAN 2 NOLU HİZMET KUYUSU KAZISININ DURAYLILIK ANALİZİ
Doç.Dr. Ayberk KAYA (RTEÜ), Aytuna SAYIN (KGM)
- 25 TÜRKİYE'DE AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİNİN KULLANIM ALANLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ
Doç.Dr. Cahit GÜRER (AKÜ), Prof.Dr. Hüseyin AKBULUT (AKÜ), Şule YARCI (AKÜ), Burak Enis KORKMAZ (AKÜ), Gizem KAÇAROĞLU (AKÜ)
- 41 KARAYOLU ULAŞTIRMASININ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN AZALTILMASINDA ELEKTRİKLİ ARAÇLAR VE TÜRKİYE'DEKİ YERİ
Selin HÜLAGÜ (İTÜ), Prof.Dr. Hilmi Berk ÇELİKOĞLU (İTÜ)
- 51 GEBZE-ORHANGAZİ-İZMİR OTOYOLU OSMANGAZİ KÖPRÜSÜ GÜNEY YAKLAŞIM VİYADÜĞÜ
H. Erdem ÖÇAL (KGM), Mehmet GÜVEN (KGM), Eda YAROĞLU (KGM), R. Özcan BAŞKAZANCI (NÖMAYG)
- 67 TUNEL İNŞAATLARININ TAŞIT TRAFİĞİ VE YOL GÜVENLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI: YENİ ZİGANA TUNELİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Metin Mutlu AYDIN (GÜMÜŞHANE Ü), Dr. Öğr. Üyesi Emine ÇORUH (GÜMÜŞHANE Ü)
- 81 ÜSTYAPI YÖNETİM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ VE AĞ SEVİYESİNDE DEĞERLENDİRMELER
Dr. Emine Nazan ÜNAL (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Sina KIZIROĞLU (KGM)
- 99 ASFALT KAPLAMALARDA DÜZGÜNSÜZLÜK DEĞERLENDİRMELERİ
Dr. Emine Nazan ÜNAL (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Sina KIZIROĞLU (KGM)
- 111 ASFALT KAPLAMALARDA KULLANILAN SOĞUK YAMA KATKILARIN TANIMLANMASI VE UYGULAMA YÖNTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ
Tuğba ÖZTÜRK (KGM), S. Nedim TUTAN (KGM), Serdar KAŞAK (KGM), Muhammet KOMUT (KGM)
- 123 COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) TABANLI KARAYOLU ULAŞIMI ERİŞİLEBİLİRLİK ANALİZİ
Doç.Dr. Hande DEMİREL (İTÜ), Ömer AKIN (İTÜ)
- 133 FARKLI KÖPÜK ASFALT ÜRETİMLERİNİN İNDİREKT ÇEKME MUKAVEMETİ DEĞERLERİNİN KIYASLANMASI
Prof.Dr. Serdal TERZİ (SDÜ), Prof.Dr. Hüseyin AKBULUT (AKÜ), Kemal Muhammet ERTEN (AKÜ), Muhammet KOMUT (KGM), Ahmet SAĞLIK (KGM), Nedim Savaş TUTAN (KGM), Kübra ÇALIŞKAN (KGM)
- 143 GEBZE-ORHANGAZİ-İZMİR (İZMİT KÖRFEZ GEÇİŞİ VE BAĞLANTI YOLLARI DÂHİL) OTOYOLU'NUN TANITIMI VE OSMANGAZİ KÖPRÜSÜ'NÜN YAPIM AŞAMALARININ İNCELENMESİ
Burçak PİRİM (KGM), Kemal ÇETİN (KGM), Ömer Faruk BOSTANCI (KGM), Şeyma SERİN (KGM)

- 157 GEOGRİDLERİN KARAYOLLARINDA KULLANIM YÖNTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE ŞARTNAMESİNİN HAZIRLANMASI
Prof.Dr. Serdal TERZİ (SDÜ), Prof.Dr. Mehmet SALTAN (SDÜ), Dr. Süleyman GÖKOVA (SDÜ), Prof.Dr. Erol TUTUMLUER (Illinois Ü), Prof.Dr. Mustafa KARASHAHİN (İGÜ), Dr. Öğr. Üyesi Volkan Emre UZ (ADANA BTÜ), Dr. Öğr. Üyesi Onur PEKCAN (ODTÜ), Dr. Murat Vergi TACİROĞLU (MERSİN Ü), Şenol ÇÖMEZ (KGM), Ahmet SAĞLIK (KGM), Sina KİZİROĞLU (KGM), Hüseyin KANAT (KGM), Ergun YALÇIN (KGM)
- 169 İKİ ASFALT TABAKASI ARASINDA GEOGRİD KULLANIMININ ASFALT PERFORMANSINA OLAN ETKİSİ
Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ (İSFALT), Yunus TAŞTAN (İSFALT), Kasım YILDIZ (İSFALT), Yasin BAYRAKLI (İSFALT)
- 179 İSTANBUL METROBÜS YOLUNDAKİ KAZALARIN SEBEPLERİNİN İNCELENMESİ
Doç.Dr. İlgin GÖKAŞAR (BÜ), Dr. Öğr. Üyesi Elif ÇİÇEK (HÜ), Alperen TİMÜROĞULLARI (BÜ)
- 189 KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ GÖRÜNTÜ TABANLI BİLGİ YÖNETİM SİSTEMİ PROJESİ
Hamid AKKUŞ (KGM), Özgenç USLU (KGM), Önder ÇELİK (KGM), Sefa Buğra ÖZEN (KGM)
- 199 KARAYOLLARI MOBİL SESLİ NAVİGASYON PROJESİ
Hamid AKKUŞ (KGM), Özgenç USLU (KGM), Mustafa YILMAZ (KGM), Caner GÜR (KGM)
- 205 KARAYOLLARI TÜNELLERİNDE UZUNLUĞA GÖRE GÜVENLİK VE İŞLETME STRATEJİLERİ
A. İrfan ÜNAL (YÜKSEL PROJE-EMAY-CHODAI)
- 217 KENT İÇİ YOLLARDA SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL UYGULAMALARI: KOCAELİ ÖRNEĞİ
Aydın GÜR (KOCAELİ BÜY. BLD.), Dr. Yavuz ABUT (KOCAELİ BÜY. BLD.), Prof.Dr. İsmail Özgür YAMAN (ODTÜ)
- 227 KOZCAĞIZ BARAJ GÖLÜ İÇİNE YAPILAN HİBRİD BİR GEOGRİD DONATILI DUVAR PROJESİ VAKA ANALİZİ
Hakan ÖZÇELİK (TEKNO MACCAFERRI), Doğan GÜNDOĞDU (TEKNO MACCAFERRI)
- 237 MEGA PPP PROJELERİ VE TEKNİK MÜŞAVİRLİK
A. İrfan ÜNAL (YÜKSEL PROJE-EMAY-CHODAI)
- 245 NEDEN BETON YOL?
Emin ŞENGÜN (AYBÜ), Prof.Dr. İsmail Özgür YAMAN (ODTÜ)
- 249 SCADA SİSTEMLERDE SİBER GÜVENLİK
Samed AL (KGM), Hamid AKKUŞ (KGM)
- 261 TÜRKİYE KARAYOLLARINDA ÖLÜMLÜ YARALANMALI TRAFİK KAZASI İSTATİSTİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE MALİYETLERİNİN TAHMİNİ
Dr. İhsan GÜZEL (BİNGÖL Ü), Bilal BALUN (BİNGÖL Ü)

- 277 ULAŖTIRMA ALTYAPI PROJELERİNİN FİNANSMANINDA KAMU-ÖZEL İŖBİRLİĐİ –
KÖİ: GENEL BİR DEĞERLENDİRME VE OYUN KURAMI TEMELLİ BİR ÖNERİ
Sercan AKTİ (İTÜ), Mehmet Ali SİLGU (BARTIN Ü), Prof.Dr. Hilmi Berk ÇELİKOĞLU (İTÜ)
- 287 ÜSTYAPI KAPLAMALARI GÜRÜLTÜ SEVİYELERİ
Dr. E. Nazan ÜNAL (KGM), Muhammet KOMUT (KGM), Sina KİZİROĞLU (KGM)

KENT İÇİ YOLLARDA SİLİNDİRLE SIKIŞTIRILMIŞ BETON YOL UYGULAMALARI: KOCAELİ ÖRNEĞİ

Aydın GÜR¹ Yavuz ABUT² İsmail Özgür YAMAN³

ÖZET

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB), çelik bantlı ve lastik tekerlekli silindirlerle kuru kıvamdaki bir beton karışımının sıkıştırılarak sertleşmesi sonucunda ortaya çıkan bir rijit üstyapı teknolojisidir. Bu teknoloji son dört yılda yerel yönetimler tarafından benimsenmiş, Kocaeli, Antalya, Denizli, Samsun ve Tekirdağ Büyükşehir Belediyeleri tarafından 2017 verilerine göre yaklaşık 225 km uzunluğunda kent içi ve kırsal bölgelerde uygulamalar yapılmıştır. Bu çalışmada 2016 yılından bu yana Kocaeli İlinde yapımı devam eden SSB uygulamaları ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Ayrıca Laboratuvar ve saha çalışmalarının kapsamlı bir şekilde yürütüldüğü bu araştırmada, alternatif bir kaplama tercihi olmaya başlayan SSB yolun örnek bir karışım tasarımı verilmiştir.

GİRİŞ

SSB, çelik bantlı ve lastik tekerlekli silindirlerle kuru kıvamdaki bir beton karışımının sıkıştırılarak sertleşmesi sonucunda ortaya çıkan bir rijit üstyapı teknolojisidir. Geleneksel betonlarla benzer dayanım ve kalıcılık özelliklerine sahiptir. Geleneksel beton karışımları ile arasındaki en büyük fark, SSB’de sıkılaşmaya ve çökmeye olanak sağlayan ince agregaların daha yüksek oranda olmasıdır. Bu karışımlar titreşimli silindirler altında stabil kalacak kadar sert, ayrışma olmadan karışım içeriğinde çimento hamurunun dağılmasına izin verecek kadar nemlidir. SSB, genellikle asfalt tipi serici ile serilir ve sonrasında silindir makineleriyle birkaç kez sıkıştırılır. Nihai sıkıştırma ilk bir saat içerisinde sağlanır ve geleneksel beton yolların aksine hiçbir aşamada donatı kullanılmaz. Derz kesimi şart olmayıp ihtiyaç duyulması durumunda derz aralıkları geleneksel beton yollara göre daha geniş tutulur [1]. Bu kaplamalar, liman, inter-modal ve askeri tesisler, karayolu kaplamaları, sokak ve otoyol yapımında birçok koşulda ekonomiklik sağlamaktadır. SSB, temel malzemesi olarak da kompozit sistemlerde kullanılabilir.

1. İnş. Y. Müh, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Kocaeli
2. Dr. İnş. Müh, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, Kocaeli
3. Prof. Dr., ODTÜ, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara

SSB yollar, 1970'lerde Amerika ve Kanada'daki ilk kullanımından sonra, sert ve ılıman iklim bölgeleri, ağır tekerlek yükleri ve zor çalışma koşulları altında birçok bölgede uygulanmıştır. İlk etaplarda tomruk dağıtım depoları, çok amaçlı terminaller, nakliye depoları ve diğer endüstriyel uygulamalarda kullanılmasına rağmen, son 10 yıldır birçok geleneksel karayolu ve cadde kaplama inşaatında kullanımı artış göstermiştir. SSB teknolojisi, Amerika ve Avrupa'da son 50 yıldır başarılı bir şekilde kullanılmasına rağmen, Türkiye'deki ilk uygulaması seksenli yılların başında Karakaya Barajı'nın mansap kısmında gerçekleşmiş, doksanlı yılların ortalarından itibaren baraj gövdelerinde tekrar kullanılmaya başlanmıştır [2, 3]. SSB yol ise son 4 yılda yerel yönetimler tarafından benimsenmiş, Kocaeli, Antalya, Denizli, Samsun ve Tekirdağ Büyükşehir Belediyeleri tarafından 2017 verilerine göre yaklaşık 225 km uzunluğunda kent içi ve kırsal bölgelerde uygulamalar yapılmıştır [4].

Türkiye'deki ilk SSB uygulaması 2009 yılında Antalya Büyükşehir Belediyesi AB projesi kapsamında yapılmış, fakat daha sonra farklı nedenlerden ötürü üzeri asfaltla kaplanmıştır. 2011'de Denizli Belediyesi tarafından 9 etap halinde uygulamalar yapılmış, 2014'ten bu yana Samsun Büyükşehir Belediyesi 250 km civarı SSB yol yapmıştır. 2016 yılından bu yana ise Tekirdağ Büyükşehir Belediyesinin SSB tecrübesi 100 km'ye yaklaşmıştır. Yurdun değişik bölgelerinde bu tarz uygulamalar devam etmektedir.

Bu çalışmada 2016 yılından bu yana Kocaeli İlinde yapımı devam eden Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol uygulamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Laboratuvar ve saha çalışmalarının kapsamlı bir şekilde yürütüldüğü bu çalışmada, alternatif bir kaplama tercihi olmaya başlayan SSB yolun karışım tasarımı, Kocaeli ilindeki uygulamaları ile beraber verilmiştir.

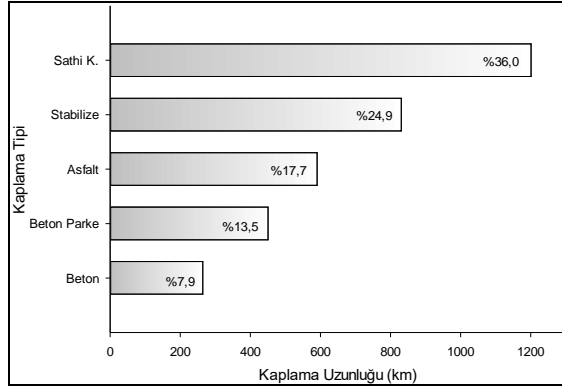
KOCAELİ İLİ KARAYOLU YAPISI

Kocaeli ili, 486 km'si Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM), 3334 km'si ise Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (KBB) sorumluluğunda olmak üzere toplamda 3820 km dolaylarında bir karayolu ağına sahiptir. Otoyollar, Devlet Yolları ve İl Yolları, Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü'ne bağlıdır. Kaplama tipi 1.6 km'lik Karamürsel kent geçişindeki beton yolun dışında asfalt kaplamadır. Yol sınıfına göre karayolu dağılımı Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. KGM sorumluluğundaki karayolu ulaşımında kaplama uzunlukları

KGM Sorumluluğundaki Yollar	Asfalt Yol (km)	Sathi Kaplama (km)	Beton Yol (km)	Stabilize Yol (km)	Parke Yol (km)	Bölünmüş Yol Oranı (%)
Devlet Yolu	231	-	-	-	-	55.7
İl Yolu	140	-	1.6	-	-	12.2
Otoyol	115	-	-	-	-	100
Genel Toplam	486	-	1.6	-	-	53.5

KBB sorumluluğunda ise 2016 verilerine göre toplamda 3334 km'lik bir karayolu ağı bulunmaktadır. Kaplama tipine göre dağılımı Şekil 1'de verilmektedir. Asfalt kaplamalı yol ağı % 17.7 iken beton kaplamalı yol ağı %7.9 düzeyindedir [4].



Şekil 1. KBB sorumluluğundaki yol ağının kaplama tipine göre dağılımı [4].

Beton kaplamalı yol imalatlarının ilerleyen dönemlerde sathi kaplamalı yol güzergâhlarında kullanılacağı, bu sayede iki kaplama tipi arasındaki bu farkın da zamanla azalacağı beklenmektedir [5]. Dolayısıyla SSB yol yapılmasından sonraki süreçte, bu uygulamalardan alınacak mühendislik verileri ve oluşacak mali tabloların değerlendirilmesi hem Kocaeli kenti, hem de Türkiye için önem taşımaktadır. Bu vesileyle Kocaeli İlinde yol yapımı süreçlerinde yaşam döngüsü maliyet analizlerinin yapılarak kaplama tipleri arasındaki mukayeseler ile ekonomik faydaların ortaya konması hedeflenmiştir.

SSB YOL UYGULAMALARI

Kocaeli İli'nde 2014 yılından bu yana kırsal bölgelerde Derzli Donatılı Beton Yol uygulamaları yapılmaktadır ve 2018 yılı itibariyle de bu yol ağı yaklaşık olarak 400 km'ye yaklaşmıştır. AASHTO 93 Tasarım metodunun kullanıldığı bu kaplamalarda plak kalınlığı genelde 15 cm olarak tatbik edilmekte, tek sıra hasır donatı kullanılmakta ve 6 metrede bir enine derz oluşturulmaktadır. 2016 yılı Kasım ayından itibaren ise SSB Yol uygulamaları yapılmaya başlanmıştır.

SSB Yol konusunda belirli bir tecrübe kazanıldıktan sonra ise kompozit (SSB + BSK) uygulamalar için birtakım araştırmalar ve deneme kesimleri yapılmıştır. Soğuk iklim şartları, zemin koşulları, aşırı yağış, ağır taşıt etkisi gibi nedenlerle, esnek üstyapı inşaatı her zaman mümkün olamamış, bölge içerisinde hizmet veren sanayi kurum ve kuruluşlarından büyük projelerin öncelikli olarak tamamlanmasına dair ciddi talepler oluşmuştur. Ayrıca bu tarz büyük projelerde 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 bölgelerinden gelecek ağır trafik yükü ile yeni imar planı nedeniyle iptal edilecek mevcut arterlerden aktarılabilecek olan trafik yükü toplamının, proje ömrü sürecinde hesaplanandan daha fazla olması gibi nedenlerden ötürü esnek üstyapı tasarımı revize edilerek kompozit üstyapı şeklinde yeniden çözülmüştür. Kompozit üstyapıya ilişkin SSB üzerine BSK uygulaması ve derz bölgelerinde geogrid kullanılmasına yönelik bir saha çalışması ile ilgili yazarların başka bir araştırmasında Şekil 2'deki gibi bir rijit üstyapı modeli sahada uygulanmıştır [6].

KARAYOLU 4. ULUSAL KONGRESİ VE SERGİSİ

(6 cm) Aşınma
(16 cm) SSB
(20 cm) Plentmiks Temel
(20 cm) Plentmiks Alttemel

Şekil 2. Kompozit üstyapı proje kesiti

Kocaeli İli'nde ilk SSB Yol uygulamasına 16 Kasım 2016'da başlandı. Bu proje, Avluburun - Eşmeahmediye Mahalleleri Arası Bağlantı Yolu'nda ortalama 2.3 km olarak gerçekleştirildi. Bu proje kapsamında ulusal bir şartname olmadığından karışım tasarımı ve yapım metodolojisi yabancı kaynaklardan derlenerek İdare tarafından yükleniciye verilmiştir. Karışım tasarımı KBB Laboratuvarı tarafından C30 sınıfı beton (Aşınma Tip-1 Gradasyonu) olarak dizayn edilmiş, dayanım/dayanıklılık testlerinin tamamı yapılmış ve saha uygulaması İdare tarafından yükleniciye yerinde tarif edilmiştir. Bu karışım tasarımına ilişkin detay bilgiler bir sonraki bölümde verilmiştir. Kalınlık tasarımı ise AASHTO-93 Derzli Donatısız Beton Kaplama olarak çözülmüş, 14.2 cm olan amprik tasarım, proje kesiti 15.0 olarak tatbik edilmiştir. Alman silindirik karot ve prizmatik kiriş örnekler üzerinde yapılan basınç ve eğilme dayanımı deneylerinde C30 düzeyinin bir üst sınıfında beton kalitesi elde edilmiştir. İki kış dönemi geçmesine rağmen henüz yapısal bir hasar gözlemlenmemiştir. Yüzey dokusu iyi durumdadır.

Daha sonra üç farklı projede kompozit sistem olarak SSB kullanılmıştır. Esnek üstyapı olarak projelendirilen bu yapılar, inşaat sezonunun kış aylarına kalması nedeniyle rijit + esnek plak olarak tekrar çözülmüş ve tatbik edilmiştir. Detay bilgiler Tablo 2'de, SSB yol yapımı ilişkin uygulama resimleri ise Şekil 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Kocaeli İlinde Yapılan SSB uygulamaları

TİP	İLÇE	PROJE ADI	UZUNLUK (km)	MÜT.	SANTRAL	AÇIKLAMA
SBB	KARTEPE	Avluburun-Eşmeahmediye Mahalleleri Arası Bağlantı Yolu	2.3	EM-AY İNŞAAT	NUH BETON	Kapsamlı SSB çalışması. Malzeme ve işçilik parametreleri belli.
SSB	KANDIRA	Deliveli - Nasuhlar ile Arklar - Davutlar Arası	8.0	UĞURKAR	KANDIRA BETON - MUCUR BETON	Kısıtlı veri
SSB + AŞINMA	GÖLCÜK	Hisar (Asar) Deresi Yan Yolları ve Kavşakları Yapım İşi	8.0	FNS İNŞAAT	KAVANLAR	Kısmi malzeme ve işçilik parametreleri belli.

KARAYOLU 4. ULUSAL KONGRESİ VE SERGİSİ

SSB + BİNDER + AŞINMA	İZMİT	Bağımsızlık Caddesi	1.0	YAĞIŞAN İNŞAAT	KAVANLAR	Kısmi malzeme ve işçilik parametreleri belli.
SSB + BİNDER + AŞINMA	İZMİT	Kocaeli Üniversite Hastanesi Giriş Yolu ve Peron Düzenleme	1.3	FNS İNŞAAT	KAVANLAR	Kısmi malzeme ve işçilik parametreleri belli.
SSB	GEBZE	Çerkeşli ve Hatipler Mahallelerinde	1.0	METİN ACAR YILDIRIM	OYAK BETON	Kısıtlı veri.
SBB	GÖLCÜK	Hisareyn Yolu	2.5	GÜNEY İNŞAAT	NUH BETON	Malzeme parametreleri belli.



Şekil 3. SSB uygulamasına ait resimler [4].

KARIŞIM TASARIMI

Bu bölümde deneme yolu kesiminde yapılan ilk SSB Yol Uygulamasının karışım tasarımı sürecinde yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Malzeme

Çalışma kapsamında kumtaşı ve kalker olmak üzere iki farklı agrega grubu kullanılmıştır. Agregalara ait özgül ağırlık ve su emme deneyleri EN 1097-6'ya [7] uygun olacak şekilde yapılarak Tablo 3'te, tane boyut dağılımları da AASHTO T 27'a [8] uygun olacak şekilde tespit edilerek Tablo 4'te gösterilmiştir. Bağlayıcı olarak EN 197-1 [9] uygun, Nuh Çimento'dan temin edilen CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır.

Tablo 3. Agrega Fiziksel Özellikleri [4]

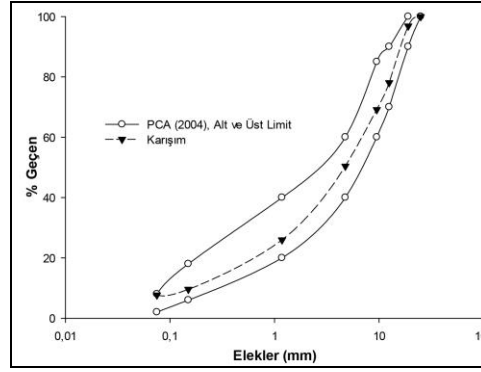
Kodu	Boyutu (mm)	Agrega Kökeni	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Su emme (%)	Gevşek Birim Ağırlık kg/m ³
2No	9.5-25	Kumtaşı	2.72	0.8	1421
1No	4.75-19	Kumtaşı	2.70	0.8	1445
K1	0-4.75	Kumtaşı	2.63	1.1	1614
K2	0-4.75	Kalker	2.65	1.2	1689

Tablo 4. Agrega % Geçen Değerleri [4]

Elek Açıklığı		2No	1No	K1	K2
25	1in.	100.0	100.0	100.0	100.0
19	3/4in.	87.4	100.0	100.0	100.0
12.5	1/2in.	20.4	91.9	100.0	100.0
9.5	3/8in.	8.2	68.3	100.0	100.0
4.75	No. 4	1.4	0.9	99.7	99.5
1.18	No. 16	0.0	0.0	54.0	49.8
0.15	No. 100	0.0	0.0	22.0	16.3
0.075	No. 200	0.0	0.0	18.0	12.7

Yöntem

Karışım tasarımı, "Guide for Roller Compacted Concrete Pavements (GRCCP), National Concrete Pavement Technology Center, 2010" [1] referans alınarak yapılmıştır. Bu amaçla malzemenin karışım oranları, % 25 2No, %25 1No, %25 K1 ve %25 K2 olacak şekilde seçilerek bir karışım hazırlanmış, hazırlanan bu karışım gradasyonu Şekil 4'te gösterilmiştir.



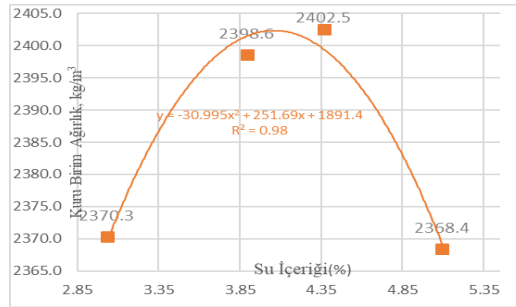
Şekil 4. Karışım Gradasyonu [4]

Çalışma kapsamında yaklaşık 35 MPa düzeyinde bir beton sınıfı hedeflenmiştir. Bu amaçla deneysel çalışma 2 aşamadan oluşmaktadır: Çimento dozajı 300 kg/m^3 sabit alınarak ve S/Ç oranı 0,30, 0,35, 0,40 ve 0,45 olacak şekilde numuneler hazırlanmıştır. Optimum su içeriğinin bulunabilmesi için her S/Ç oranında 3'er numune olmak koşuluyla toplamda 12 adet numune üretilmiştir. Bu amaçla titreşimli tokmak metodu (ASTM C1435) [10] kullanılarak sıkıştırılan numunelerin maksimum kuru birim ağırlık ve optimum su içerikleri belirlenmiştir. Titreşimli Tokmak metodunda; 11 kg ağırlık ve 900 W kapasiteye sahip, dakikada 2000 darbe vurma özelliği olan bir cihaz kullanılmıştır (Şekil 5-a). Cihaz milinin uç kısmına takılıp çıkartılabilen, çapı $140 \pm 3 \text{ mm}$ ve ağırlığı 3,2 kg olan dairesel bir sıkıştırma plakası monte edilmiştir. Malzemelerin homojen bir şekilde karıştırılması için, efektif karıştırma kapasitesi 56 litre olan laboratuvar tipi bir pan-mikser kullanılmıştır. Karışım sırası agrega, çimento ve karma suyu düzeninde ve her bir karışımın süresi de 75 s olacak şekilde belirlenmiştir. Hazırlanan karışımlar $\text{Ø}150\text{mm}$, $h=300\text{mm}$ boyutundaki kalıplara 3 tabaka şeklinde dökülmüş ve 20 s süreyle Titreşimli Tokmakla sıkıştırılmıştır. Her tabakada 15'er defa bir sonraki tabakaya geçecek şekilde şişleme yapılmıştır. Sıkıştırma plakası etrafında dairesel harç oluştuğu durumlarda ise sıkıştırma işlemine 20 s'den önce son verilmiştir. Eğilme dayanımın tespiti için ise, 9 adet $150 \times 150 \times 600 \text{ mm}$ boyutlarında kiriş numune hazırlanmıştır. Bu numunelerin sıkıştırılmasında titreşimli plakalı zemin sıkıştırıcı kullanılmıştır (Şekil 5-b). Tespit edilen optimum su içeriğine göre karışımların basınç, yarma, eğilme dayanımları ile Elastisite Modülü ve Poisson oranları tespit edilmiştir.



Şekil 5. Titreşimli Tokmak (a), Titreşimli Plakalı Zemin Sıkıştırıcı (b)

Maksimum kuru birim ağırlık değerlerini bulabilmek amacıyla, (2. dereceden polinom denklemin y'yi maksimum yapan x değeri için) denklemin 1. türevi alınarak sıfıra eşitlenir. Buradan hareketle Maksimum Kuru Birim Ağırlık; 2402 kg/m³ ve Optimum Su İçeriği % 4.06 olarak hesaplanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Kuru Birim Ağırlık / Su İçeriği Değişimi [4]

Mekanik Deneyler

Tespit edilen optimum su içeriklerine göre her setten 6'şar adet EN 12390-3'e uygun basınç dayanımı [11], 3'er adet de EN 12390-6'ya uygun yarmada çekme dayanımı [12] tespiti için toplamda 27 adet Ø150mm, h=300mm silindirik numune hazırlanmış ve 7 ve 28 günlük kür sonucunda test edilmiştir. Elastisite modülü ve Poisson oranı tayini ASTM C 469'a [13] uygun olacak şekilde her setten 3'er adet toplamda 9 adet Ø150mm, h=300mm silindirik numune hazırlanmıştır. Şekil değiştirme miktarının tespitinde, silindirik olarak hazırlanan numunelere monte edilen dairesel çerçeveler ve 2 adet (yatay ve düşey) analog komparatör saatinden faydalanılmıştır. Yükleme 2000 kN'luk preste, hızı ASTM C 469'da belirtildiği gibi yaklaşık olarak 241 ± 34 kPa/s 'ye yakın olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Eğilme dayanımı kontrolü için EN 12390-6'ya [14] uygun olacak şekilde 9 adet 150 x 150 x 600 mm boyutlarında kiriş numuneler hazırlanmış ve eğilme dayanımının tespitinde 4 nokta eğilme prosedürü uygulanmıştır.

Test sonuçları Tablo 5'te verilmektedir. Elde edilen sonuçlara göre 35 MPa düzeyinde bir beton sınıfı elde edildiğinden saha uygulamalarına geçilmiştir.

Tablo 5. Mekanik deneylerde test sonuçları [4]

Karışım Tipi	Numune No	7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	28 Günlük Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)	28 Günlük 4 Nokta Eğilme Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)	Poisson Oranı
K	1	32,4	40,9	6,01	6,20	43,3	0,204
	2	31,7	39,3	5,98	5,91	41,9	0,201
	3	33,6	35,9	6,16	6,78	41,1	0,201
Ortalama (MPa)		32,6	38,7	6,05	6,30	42,1	0,202
COV (%)		3,0	6,6	1,6	7,0	2,6	0,0

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Geleneksel betona göre daha ekonomik olması ve asfalt ekipmanları ile serilip sıkıştırılabilir olması gibi nedenlerle SSB kaplama son zamanlarda birçok yapım idaresi tarafından yol yapımında yeniden bir alternatif olmaya başlamıştır. Bir kaplama tipi alternatifi olarak kullanılmasında gerek ekonomik ve gerekse yapısal açıdan faydalar bulunmaktadır. Alternatif bir kaplama tipi olarak kullanılması asfalt ve beton endüstrisi arasında rekabeti doğuracaktır. Rekabet kamu için faydalıdır.

Karışım tasarımı, serme ve sıkıştırma geleneksel kaplamalara nazaran daha çok özen ve uzmanlık gerektirmektedir.

Karışım tasarımında uygun çimento dozajı ve S/Ç tespitinde maksimum kuru birim ağırlık prosedürü uygulanmıştır. 35 MPa düzeyinde bir beton için arzu edilen dayanım ve ekonomik koşullar çimento dozajının 300 kg/m³ olması durumunda sağlanmış, karışımın maksimum kuru birim ağırlık ve optimum su içeriği sırasıyla 2402 kg/m³ ve % 4.06 olarak bulunmuştur. Bu prosedürde kullanılan titreşimli tokmak metoduna göre sıkıştırılan silindirik örnekler ile arazi tipi kompaksiyon makinası ile sıkıştırılan kiriş örnekler dayanım mertebeleri açısından benzer özellikler göstermiştir.

Çalışmanın bundan sonraki aşamasında mevcut veriler farklı beton sınıfları ile genişletilmelidir. Örneğin, karışımların donma çözülme, rötre ve geçirimsizlik özellikleri gibi durabilite özellikleri de kaplama kalınlığının tespitinde bir veri olarak kurulacak olan modele girilebilmelidir.

SSB Yol uygulamasının başlıca avantajları şu başlıklar altında toplanabilir;

- Asfalt ekipmanları ile serme/sıkıştırma yapabilmektedir (ekstra işçiyeye gerek duyulmamaktadır).
- Donatı kullanılmadan ve daha geniş açıklıklarda derz kesimi mümkün olmaktadır.
- Kalıp kullanımı gerek duyulmamaktadır.
- Son bitirme işlemi, perdah, fırça işlemleri yapılmamaktadır.
- Daha erken trafiğe açma mümkün olabilmektedir (tasarım, kür ve mevsime göre değişiyor, genelde 2 gün sonra açılabilir).
- İlk yapım maliyeti asfalta göre %30-40 daha ucuz, sathi kaplamadan %10-20 daha pahalı olması ve yaşam döngüsü maliyet analizinde +%10 ile +%15 getiri sunabiliyor.
- Geleneksel betona göre daha düşük ondülasyon riski elde edilebilmektedir.
- Düşük su içeriği nedeniyle daha az rötre ve daha az çatlak riski sağlanabilmektedir.
- Kompozit yapılar için uygun koşullar sağlanabilmektedir.
- Asfalta göre daha geniş çalışma mevsimi mümkün olabilmektedir.

Dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir;

- Beton üreticilerinin, üretim aşamasında çeşitli belirsizlikler nedeniyle SSB tedarikine karşı mesafeli bir tutumu söz konusudur. Santral kapasitesinin tamamını SSB üretimine rezerve etmek istemeyebiliyorlar.
- Kuru karışım nedeniyle santral kapasitesi düşebilmektedir. Bu da üretime karar verme sürecini etkilemektedir.
- Ulusal şartname ve "G Belgesi" koşulları henüz olgunlaşmamıştır.
- Kuru karışım (düşük su/çimento içeriği) nedeniyle Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında üretim yapılmasında bir tereddüt söz konusudur.

- Asfalt operatörleri ve işçilerinin SSB karışımına karşı önyargıları, tecrübe eksikliği ve yeterli özeni göstermemesi gibi durumlar olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.
- İki tabakalı bir serim söz konusu ise ara yüzey özelliklerinin belirlenmesi ve bu imalatın nasıl yapılacağı konusunda bir tasarımın yapılması gerekmektedir.
- Eğimli arazilerde taze SSB'nin yoğrulma riski vardır.

KAYNAKLAR

1. Harrington D., Abdo F., Adaska W., Hazaree C., Guide for Roller Compacted Concrete Pavements, National Concrete Pavement Technology Center, Institute for Transportation, Iowa State University, 1700.7(8-72), 3-81, 2010.
2. Özcan S., Silindirle Sıkıştırılmış Betonun Farklı Yastık Karışımları ile Yapışma Verimliliği, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2008, 238414.
3. Öztürk A., Yıldız D., Silindirle Sıkıştırılmış Beton Baraj Teknolojisi ve Türkiye'deki Uygulamaları, Türkiye Mühendislik Haberleri, 1998, 393, 39-46.
4. Abut Y., Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol: Kocaeli İlinde Bir Durum Çalışması, Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2017, 466643.
5. Abut Y., Cankaya T., Beton Yollar: Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Örneği, Hazır Beton Dergisi, 2016, 133, 77-83.
6. Gür A., Abut Y., Silindirle Sıkıştırılmış Beton Üzerine BSK Aşınma Uygulaması ve Derz Bölgelerinde Geogrid Kullanılmasına Yönelik Bir Saha Çalışması, 7. Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi, Ankara, Türkiye, 29-30 Kasım 2017.
7. EN 1097-6, Test for Mechanical and Physical Properties of Aggregates – Part 6: Determination of Particle Density and Water Absorption, European Standard, Brussels, 2007.
8. AASHTO T27, Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington DC., 2013.
9. EN 197-1, Cement, Part1: Composition, Specifications and Conformity Criteria for Common Cements, European Standard, Brussels, 2010.
10. ASTM C1435, Standard Practice for Molding Roller-Compacted Concrete in Cylinder Molds Using a Vibrating Hammer, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken-PA, 2017.
11. EN 12390-3, Concrete Testing-Hardened Concrete – Part 3: Compressive Strength Test Samples, European Standard, Brussels, 2010.
12. EN 12390-6, Concrete Testing-Hardened Concrete – Part 3: Split Tensile Strength Test Samples, European Standard, Brussels, 2010.
13. ASTM C469, Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression, American Society for Testing and Materials, West Conshohocken-PA, 2017.
14. EN 12390-6, Concrete Testing-Hardened Concrete – Part 4: Flexural Strength Test Samples, European Standard, Brussels, 2010