1. BETON YOLLAR Kongresi & Sergisi 13-14 Kasım, Ankara 2019

T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI

KGM

TÇMB

EUPAVE

1. BETON YOLLAR

Kongresi ve Sergisi

13-14 Kasım 2019
KGM Halil Rıfat Paşa Konferans Salonu, Ankara

BİLDİRİLER KİTABI

PROCEEDINGS



Beton Yollar:
Toplum Yararı için Üstyapı Çözümleri
Concrete Pavements:
For the benefit of society



T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI

KGM

TÇMB
TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

EUPAVE
EUROPEAN CONCRETE PAVING ASSOCIATION



1. BETON YOLLAR
Kongresi ve Sergisi

13-14 Kasım 2019
KGM Halil Rıfat Paşa Konferans Salonu, Ankara

BİLDİRİLER KİTABI
PROCEEDINGS

ISBN: 978-975-8136-32-2

Tasarım ve Hazırlık
Gizem Buzacı, TÇMB

Baskı
Fersa Matbaacılık Paz.San.Tic.Ltd.Şti
www.fersaofset.com

DÜZENLEME KURULU

ORGANIZING COMMITTEE

Başkan (*Chair*)
Abdulkadir URALOĞLU (KGM)

Üyeler (*Members*)
Mehmet TUTAŞ (KGM)
Mücahit ARMAN (KGM)
Şenol ALTIOK (KGM)
Sina KİZİROĞLU (KGM)
İsmail BULUT (TÇMB)
Prof. Dr. İsmail Özgür YAMAN (ODTÜ-TÇMB)
Prof. Dr. M. Vefa AKPINAR (KTÜ)
Prof.Dr. Ali Osman ATAHAN (İTÜ)
Luc RENS (EUPAVE)

YÜRÜTME KURULU *(STEERING COMMITTEE)*

Başkan (*Chair)*
Mehmet TUTAŞ (KGM)

Üyeler (*Members)*
Prof. Dr. İsmail Özgür YAMAN (ODTÜ-TÇMB)
Şenol ALTIOK (KGM)
Sina KİZİROĞLU (KGM)
Gençağa KARAKAŞ (KGM)
Ahmet SAĞLAM (KGM)
Muhammet KOMUT (KGM)
Ahmet SAĞLIK (KGM)
Sabit USLU (TÇMB)
Barışcan AKBELEN (TÇMB)

BİLİM KURULU (*SCIENTIFIC COMMITTEE*)

Dr. Yavuz ABUT (Kocaeli B.B.)
Prof. Dr. Emine AĞAR (E-İTÜ)
Prof. Dr. M. Vefa AKPINAR (KTÜ)
Dr. Öğretim Üyesi Can Baran AKTAŞ (TEDÜ)
Şenol ALTIOK (KGM)
Prof.Dr. Ali Osman ATAHAN (İTÜ)
Dr. Anne BEELDENS (KU Leuven - Belçika)
Dr. Muhammet ÇELİK (AFAD)
Prof. Dr. Halil CEYLAN (Iowa University - ABD)
Prof. Dr. İlhami DEMİR (KÜ)
Doç. Dr. Kemal ERDEM (İYTE)
Prof. Dr. Murat GÜLER (ODTÜ)
Nilgün GÜNGÖR (KGM)
Prof. Dr. Soner HALDENBİLEN (PAÜ)
Gençağa KARAKAŞ (KGM)
Prof. Dr. Mustafa KARAŞAHİN (İGÜ)
Serdar KAŞAK (KGM)
Dr. Öğretim Üyesi Süleyman Bahadır KESKİN (MSKÜ)
Sina KİZİROĞLU (KGM)
Muhammet KOMUT (KGM)
Wim KRAMER (Cem. & Conc. Centrum - Hollanda)
Dr. James MACK (CEMEX - ABD)
Dr. Öğretim Üyesi Hande Işık ÖZTÜRK (ODTÜ)
Luc RENS (EUPAVE)
Ahmet SAĞLIK (KGM)
Prof. Dr. Mustafa ŞAHMARAN (HÜ)
Dr. Shiraz TAYABJI (ACPC - ABD)
Dr. Peter TAYLOR (CP Tech Center - ABD)
Dr. E. Nazan ÜNAL (KGM)
Ali ÜNSAL (KGM)
Prof. Dr. İsmail Özgür YAMAN (ODTÜ)

DÜZENLEYEN KURULUŞLAR

ORGANIZED BY

Destekleyen Kuruluşlar

Supported By

Önsöz

Dünyanın en gelişmiş yirmi ekonomisi içerisinde bulunan ülkemiz, özellikle son yıllarda yapmış olduğu büyük altyapı projeleri ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Bununla birlikte, ülke adına planlanan ve gerçekleştirilen her yeni proje aynı zamanda daha fazla trafik yükünü de beraberinde getirmektedir. Her geçen gün artan bu trafik yüklerinin güvenle taşınarak, daha uzun ömürlü, daha az bakım gerektiren ve aynı zamanda kullanıcılara daha iyi performans sağlayan yollar için üstyapı tipinin seçimi oldukça önemlidir.

Trafik yüklerini güvenle taşıyarak taban zeminine aktarılmasını sağlayan yol üstyapıları, aynı zamanda sağlamış olduğu kayma direnci güvenliği, sürüş konforu ve düşük gürültü seviyesi sayesinde yol performansında da önemli bir etkiye sahiptir. Tüm dünyada genel olarak yol üstyapıları iki ana kısma ayrılmıştır: 1) Bağlayıcı malzemesi bitüm esaslı olan esnek (asfalt) üstyapılar ve 2) Bağlayıcı malzemesi hidrolik esaslı çimento olan rijit (beton) üstyapılar. Bunların yanısıra her iki üstyapının birlikte kullanıldığı üçüncü bir tip ise kompozit üstyapılar olarak adlandırılmaktadır.

Rijit üstyapılar veya daha bilinen adıyla beton yollar, hidrolik çimento esaslı bağlayıcı malzemesi ile yüksek mukavemete, taşıma gücüne ve eğilme dayanımına sahiptirler. Beton yollar derz durumlarına ve içerisinde donatı içerip içermemesine göre farklı şekillerde uygulanmaktadırlar. Bunlar arasında derzli donatısız beton yollar (JPCP), derzli donatılı beton yollar (JRCP), sürekli donatılı (CRCP) beton yollar ve silindirle sıkıştırılmış beton yollar (SSB) sayılabilir. Maruz kaldığı trafik yüklerine, çevre koşullarına, uygulanabilirliğine ve ekonomik koşullara göre birbirlerine kıyasla avantajlı konuma gelebilen bu üstyapı tiplerinin iyi bir şekilde tanınması özellikle tek bir üstyapı tipinin hâkim olduğu ülkelerde diğer teknolojiden de faydalanmak adına büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde 1 Ocak 2019 tarihi itibariyle KGM sorumluluğu altında bulunan ve otoyol, devlet yolu ve il yolu olmak üzere sınıflandırılan toplam 67,333 km yol bulunmaktadır. Bu yol ağının yaklaşık %36'sı BSK, %58'i ise sathi kaplama olup kalanı stabilize, parke ve toprak yollardan oluşmaktadır. KGM sorumluluğu altındaki yollar içinde ülkemizdeki ilk beton yol uygulaması KGM ile TÇMB arasında yapılan protokoller çerçevesinde 2004 yılında Afyon Emirdağ ayırım yolunda 2 km'lik tek yönde, 2006 yılında Hasdal Kavşağı Kemerburgaz yolunda 3.5 km'lik tek yönde deneme kesimleri olarak gerçekleştirilmiştir. Bunların dışında yine KGM bünyesinde Ordu Ulubey arasında ve Karamürsel şehir geçişinde 2007 ve 2010 yıllarında iki pilot uygulama yapılmıştır.

Öte yandan, 2017 yılında ihale edilen ve toplam uzunluğu 21 km'yi aşan "Kemaliye-Dutluca Tünelleri ve Bağlantı Yolları ile Kemaliye ve Kozlupınar Viyadüğü" işi yol üstyapısı rijit olarak projelendirilmiş bulunmaktadır. Dolayısıyla, yurtiçi ve yurtdışındaki gelişmeler ışığında KGM beton yollar konusundaki çalışmalarına hız vermiş ve 2016 yılında Beton Yollar

Teknik Şartnamesini çıkarmıştır. Halen Rijit Üstyapılar Projelendirme Rehberi üzerindeki çalışmalara ise devam edilmektedir.

Öte yandan, ülkemizde KGM'nin sorumluluk alanı dışındaki yollar Büyükşehir Belediyeleri ve İl Özel İdareleri sorumluluğuna girmektedir. Bu yolların uzunluğu ve üstyapı dağılımı tam olarak bilinmemekle birlikte toplam uzunluğunun 350,000 km'nin üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu yollarda da farklı tiplerde beton yol uygulamaları bulunmaktadır.

Ulaştırma ve Alt Yapı Bakanlığı himayelerinde, Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ve Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) ile Avrupa Beton Kaplamalar Birliği'nin (EUPAVE) teknik desteği ile gerçekleştirilecek olan "1. Beton Yollar Kongre ve Sergisi" ile sektörün ilgili paydaşlarının bir araya getirilmesi hedeflenmiştir. Gerçekleştirilecek bu kongrenin amacı, Ülkemizin rekabet gücüne ve toplumun hayat kalitesinin yükseltilmesine katkı veren; güvenli, erişilebilir, ekonomik, konforlu, hızlı, çevreye duyarlı, kesintisiz, dengeli, çağdaş hizmetlerin sunulduğu sürdürülebilir bir ulaştırma sistemi oluşturulmasına katkı sağlamaktır. Bunun yanısıra ülkemiz karayollarında şimdiye kadar pek tercih edilmese de, uzun ömürlü, ekonomik, konforlu ve güvenli olmaları sebebiyle gerek Avrupa gerekse ABD'de olmak üzere Dünya'nın her yerinde beton yolların bir alternatif olarak kullanıldığını göstermek ve Ülkemizdeki Beton Yollar konusunda şimdiye kadar yapılan çalışmalar ile teknolojik gelişmeler doğrultusunda beton yolların her yönüyle değerlendirilmesini sağlamak amaçlanmaktadır.

Yukarıda belirtilen amaç ve hedeflerle düzenlemiş olduğumuz 1. Beton Yollar Kongre ve Sergisine yurtiçi ve yurtdışından ilgili tüm kamu kuruluşları, belediyeler ve il özel idareleri yöneticileri ve teknik yetkililerinden, akademisyenlerden ve özel sektör temsilcilerinden oldukça yüksek düzeyde bir katılım olmuş; 700'ün üzerinde kayıt yaptırılmış, 20'nin üzerinde firma stant almak üzere başvuruda bulunmuş ve 40'ın üzerinde bildiri sözlü sunum yapmak üzere Bilim Kurulumuza iletilmiştir. Kongremiz sadece iki gün için planlandığından bütün bildirilerin kongrede sözlü sunumu maalesef mümkün olmamış ve Bilim Kurulumuzca seçilen toplam 24 bildiri sunum programına alınmış ve toplam 13 stant ilgili kuruluşlara tahsis edilmiştir. Bilim Kurulumuzca kabul edilen diğer bütün bildiriler ise bu kitapta toplanarak konuyla ilgilenen herkesin kullanımına sunulmuştur. ABD'den Almanya'ya, Belçika'dan Şili'ye, Polonya'dan Fransa'ya uzanan bir coğrafyada gerek Avrupa gerekse Amerika kıtasından katılımcıların kendi ülkelerindeki beton yol uygulamalarını anlatacakları bu kongrenin, tema olarak belirlenen "Toplum Yararı için Üstyapı Çözümleri" sunarak Ülkemizde de beton yolların bir alternatif olarak değerlendirilmesi yönünde bir adım olmasını ümit ediyoruz.

KONGRE DÜZENLEME KURULU

İçindekiler
Table of contents

The Benefits of Industry Competition in the Pavement Market: And How Agencies Can Use it to Lower their Pavement Costs
James W Mack , USA **1**

Quality Assurance and Quality Control in Concrete Pavement Construction
Luc Rens, Belgium **19**

Ülkemiz Karayolları İçin Beton Yol Projelendirme Rehberi Çalışmaları ve Beton Sınıfına Bağlı Beton Plak Kalınlıkları
Serdar Kaşak, Muhammet Komut, Şenol Altıok **29**

Keys for Successful Construction and Use of PCC Overlays
Mark B. Snyder, USA **41**

Yansıma Çatlağı Oluşumu Açısından Kompozit Bir Üstyapının Performansının Belirlenmesi
Dr. Yavuz Abut **53**

Recent Advances and Uses Of Roller Compacted Concrete for Pavement Construction in the United States
Corey Zollinger, USA **63**

T.C. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Yol Yapım Bakım ve Onarım Dairesi Başkanlığı Beton Yol Uygulamaları
Soner Özkan, Sertaç Engin Ünverdi, Osen Didem Tiryaki **79**

Polish Experience in the Concrete Roads Construction
Jan Deja, Piotr Kijowski, Poland **97**

50 Years of Concrete Road Experience in Wallonia
Pierre Nigro, Belgium **109**

Karayolları Genel Müdürlüğü Ağındaki Beton Deneme Yolların Performans Değerlendirmesi
Muhammet Komut, E. Nazan Ünal, Şenol Altıok **119**

Concrete Pavements in Tunnels: Benefits, Design and Construction Guidelines Based on Some Belgian Case-Studies
Prof. Anne Beeldens, PhD, Eng., Belgium **133**

Maintenance of concrete pavements according to German regulations – ZTV BEB-StB 15
Dipl.-Ing Tim Alte-Teigeler, Germany **147**

Slipform Paving - Two Lift Concrete Pavement Construction
Bernacchia Alessandro, Italy **159**

Sürdürülebilir Karayolu Üstyapı Kaplamaları İçin Çatlaksız, Dayanıklı ve Sünek Beton Tasarımı
Prof. Dr. Mustafa Şahmaran **173**

Concrete Road Safety Barriers: A Fexible Solution for Safer Roads
Martin Page, France **193**

New Jersey Tipi Beton Bariyerlerin Tasarımında Çarpma Şiddetini (ASI) Etkileyen Şekil Faktörlerinin Tespit Edilmesi
Dr. Sedat Özcanan, Prof. Dr. Ali Osman Atahan **203**

Sürdürülebilir Bir Çevre İçin Geçirimli Beton Uygulaması: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Merkez Yerleşkesi Uygulaması
Barışcan Akbelen, Mustafa Uslu, İsmail Özgür Yaman **217**

Doğu Karadeniz Bölgesindeki Beton Yollarının Düşey Deplasmanlarının Hızlandırılmış Yol Testinde İncelenmesi
Dr. Muhammet Çelik, Dr. Mehmet Tevfik Seferoğlu, Prof. Dr. M.Vefa Akpınar **229**

Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi
Ayhan Cömert, Elif Bayrak, Ali Ünsal, Nilgün Güngör **241**

Beton Yol İmalatında Kimyasal Katkıların Rolü ve Etkileri
Alev Çankayalı, Emrah Karataş, OsmanTezel, Serhat Sarıkaya **253**

Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) ve Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) Yolların Teknik ve Ekonomik Analizi
Barışcan Akbelen, İsmail Özgür Yaman **261**

Uçucu Kül ve Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufunun Beton Yol Karışımlarının Basınç Dayanımı ve Durabilitesine Olan Etkilerinin Araştırılması
Fatih Acıkök, Orhan Canpolat, Mücteba Uysal, Yurdakul Aygörmez **275**

Driving Comfort on Concrete Pavements
Erwin Kohler, Chile **287**

Calcium Aluminate Cement Base Concrete Road Application
Metehan Severoğlu, Melike Sucu, Tuğhan Delibaş **299**

Doğal Koşullarda, Atık Lastik Eklenmiş Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yolların Perfomanslarının, Geleneksel Beton Yolların Performanslarıyla Karşılaştırılması
Hasan Çağdaş Taşkınsu, M. Karacasu **309**

Baraj Yapımında Kullanılan Silindirle Sıkıştırılmış Betondan, PCA Yöntemiyle, SSB Yol Tasarımı Yapılması
Hasan Çağdaş Taşkınsu, M. Karacasu **321**

Alternatif Beton Yol Kesit Önerisi
Erhan Burak Pancar **335**

Hızlandırılmış Yol Testleriyle Uzun Dönemli Beton Yol Kaplama Performanslarının (LTPP) araştırılması: KTÜ Örneği
Dr. Muhammet Çelik, Dr. Mehmet Tevfik Seferoğlu, Prof. Dr. M. Vefa Akpınar **349**

İki Farklı Teknik ile Beton Yol Uygulamaları, Manisa Örneği
Eray Özkan, Serdinç Bulut, Kurtuluş Kuruçay **363**

New Jersey Tipi Beton Bariyerler İçin Yaralanma Şiddetinin (ASI) Optimal Ağırlıklı Noktasal Birlik Metamodeller ile İyileştirilmesi
Dr. Sedat Özcanan, Prof. Dr. Ali Osman Atahan **377**

Silindirle Sıkıştırılmış Betonlarda Su/Çimento Oranı Değişiminin Dayanım, Ultrases Geçiş Hızı ve Elastisite Modülü Üzerindeki Etkileri
İsmail Kılıç, Saadet Gökçe Gök, Ahmet Okan Savaş **395**

Prekast Beton Yol Uygulamaları
Murat Mazman, Selahattin Düzbasan, Erol Yakıt **405**

Trafik Güvenliği için Beton Bariyerler
Fatih Özalp, Fatih Pilis, H. Dilşad Yılmaz, Şenol Yaşar, Ali Osman Atahan **419**

Yol Üstyapı Tipinin Seçimi
Zeliha Temren **429**

Uçucu Kül ve Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufunun Beton Yol Karışımlarının Basınç Dayanımı ve Durabilitesine Olan Etkilerinin Araştırılması

Fatih Acıkök[1], Orhan Canpolat[1], Mücteba Uysal[2], Yurdakul Aygörmez[1]

[1]Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye
[2]İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet

Bu çalışmada uçucu kül ve cürufun beton yol karışımlarına etkisi incelenmiştir. Bu mineral katkıların, beton yol karışımlarının 7 ve 28 günlük basınç dayanımını nasıl değiştirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca bu karışımlara durabilite deneyleri olarak basınç altında su işleme derinliği tayini ve donma çözülme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Çimento dozajı 350 kg/m^3, su/çimento oranı 0,42 alınmıştır. Mineral katkı kullanılmadan üretilen referans beton ve beton içerisindeki çimentoyla %20 oranında yer değiştiren uçucu külün (%20 UK) ve cürufun (%20 ÖGYFC) kullanıldığı beton olmak üzere 3 farklı tip beton karşılaştırılmıştır. Deneylerde 150 mm boyutlarında küp kalıplar kullanılmıştır. Çalışma, Karayolları Genel Müdürlüğü Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi'ne (2016) bağlı kalınarak yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Beton yol, uçucu kül, cüruf, su geçirimliliği, donma-çözünme dayanımı

1 Giriş

Beton yollar (rijit üstyapı) ise beton malzemesi ile yapılan ve üzerinden geçen tekerlek ve dingil yüklerini tabana dağıtan bir yol üstyapısıdır (Karayolları Genel Müdürlüğü Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi, 2016). Beton yollar (rijit üstyapı) ve asfalt yollar (esnek üstyapı) dünyadaki birçok ülkede birbirlerinin ciddi alternatifleridir. İnşa edilecek yol için doğru tercih yapmak ülkenin kaynakları ve bütçesi, yoldan geçmesi düşünülen trafik yükü, zemin özellikleri vb. birçok faktöre bağlıdır.

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 2016 yılında çıkardığı "Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi" beton yol yapımını teknik ve uygulama açısından bir standarda bağlamıştır.

Düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz haldeki kömürün yanması sonucu baca gazları ile sürüklenen ve elektro filtreler yardımı ile tutularak atmosfere çıkısı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri meydana gelmektedir. Endüstriyel bir atık olan bu küllere uçucu kül (UK) denilmektedir (Tokyay ve Erdoğdu 1998) (Aruntaş, 2006) .

Uçucu küller betonun taze ve sertleşmiş haldeki bir çok özelliğine ve sertleşmiş betonun durabilitesine etki etmektedir. Uçucu küller, diğer puzolanlardan farklı olarak karışımın su ihtiyacını azaltmakla beraber işlenebilmeyi kolaylaşlaştırırır. Ancak kullanılan kül miktarı, külün inceliği ve karbon içeriği bu konuda etkileyici faktör olmaktadır (Özturan T).

Demir-çelik fabrikalarında yan ürün olarak meydana gelen öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu ise uçucu kül gibi taze ve sertleşmiş betona etkileri çok fazladır. Taze betonun su ihtiyacını azaltır ve işlenebilmesini kolaylaştırır. Hidratasyon ısısını düşürür ve priz süresini uzatır. Sertleşmiş betonun durabilite özelliklerini geliştirir, geçirimliliğini düşürür. Betonun erken yaşlardaki dayanımını düşürür ama ileriki yaşlardaki dayanımı arttırır.

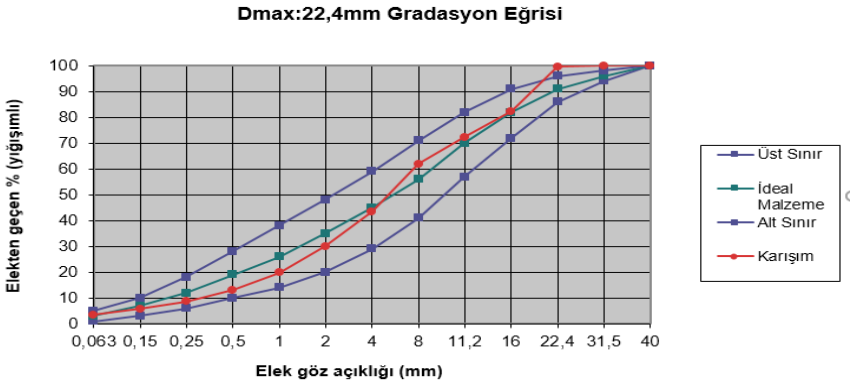
Dayanım, belirli yaştaki betonun gerilmelere ya da kuvvetlere karşı koyabilme yeteneğidir (Taylor v.d., 2006). Bu çalışmada beton yol karışımlarının 7 ve 28 günlük dayanım sonuçları incelenmiştir. Ayrıca bu karışımların durabilite testleri olarak basınç altında su geçirimliği ve donma çözünme deneyleri yapılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

2.1 Kullanılan Malzemeler

2.1.1 Agrega

Beton karışımlarında kalker agregası kullanılmıştır. Ankara Hisarlıkaya Taş Ocağından 3 grup (0-5 mm, 5-13 mm, 13-25 mm) halinde temin edilmiştir. TS 706 EN 12620 (Beton Agregaları) standardına uygundur.



Şekil 1. Agrega Granülometri Eğrisi

Tablo 1. Seçilen Karışım Yüzdeleri

	% 49	% 21	% 30	
Elek (mm)	0-5 kırma	5-13mm	13-25 mm	Karışım
	% yığışımlı geçen			
40	100,0	100,0	100,0	100
31,5	100,0	100,0	100,0	100
22,4	100,0	100,0	98,4	100
16	100,0	100,0	41,0	82
11,2	100,0	97,6	9,2	72
8	100,0	58,8	1,5	62
4	86,9	2,3	1,3	43
2	59,7	1,3	1,3	30
1	39,1	1,3	1,3	20
0,5	25,5	1,2	1,3	13
0,25	16,2	1,2	1,3	9
0,15	10,3	1,2	1,3	6
0,063	6,0	1,1	0,9	3

2.1.2 Çimento

Beton karışımları ve deneyler için kullanılan çimento, CEM I 42.5 R Limak Çimento Fabrikasına ait Portland çimentosudur. TS EN 197-1 standardına uygundur.

Tablo 2. Karakteristik Değer Olarak Tanımlanan Kimyasal Gerekler

Kızdırma Kaybı	Çözünmeyen Kalıntı	**Sülfat Miktarı (SO_3 olarak)**	**Klorür Muhtevası**	**Puzolonik Özellik**
% 3,23	% 0,44	% 2,47	% 0,01	**UYGUN**

Tablo 3. Karakteristik Değerler Olarak Verilen Mekanik ve Fiziksel Gerekler

	Priz Başlama (dakika)			**Genleşme (mm)**		
Dayanım Sınıfı	İstenen Değer	Deney Sonucu	Uygunluk Durumu	İstenen Değer	Deney Sonucu	Uygunluk Durumu
42,5 R	≥ 60	180	**UYGUN**	≤ 10	0,5	**UYGUN**

2.1.3 Uçucu Kül

Deneylerde AKSA Akrilik Kimya San. A.Ş firmasının ürettiği Uçucu Kül kullanılmıştır. TS EN 450-1 (Uçucu Kül-Betonda Kullanılan-Bölüm 1:Tarif,Özellikler,Uygunluk Kriteri) standardına uygundur.

Tablo 4.Uçucu Kül Özellikleri

Kızdırma Kaybı (%)	3,41
İncelik (%)	8,96
Serbest Kalsiyum Oksit (%)	0,065
Reaktif Kalsiyum Oksit (%)	1,55
Klorür (%)	0,0050
Sülfürik Anhidrit (%)	0,53
Tanecik Yoğunluğu (kg/cm³)	2339
Aktivite İndeksi (%) (28 günlük)	(28.03.2018) 91,3
Aktivite İndeksi (%) (28 günlük)	(28.03.2018) 101,7

2.1.4 ÖGYF Cürufu

Deneylerde Bolu Çimentonun ürettiği Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu kullanılmıştır. TS EN 15167-1 (Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu-Beton,Harç ve Şerbette Kullanım İçin-Bölüm 1:Tarifler,Özellikler ve Uygunluk Kriterleri) ve TS EN 15167-2 (Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu-Beton,Harç ve Şerbette Kullanım İçin-Bölüm 2:Uygunluk Değerlendirmesi) standartlarına uygundur.

Tablo 5.Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufu Özellikleri

Kızdırma Kaybı (%)	0,01
MgO (%)	6,16
SO_3 (%)	0,22
Sülfit (%)	0,67
Klorür (%)	0,0177
Rutubet (%)	0,05
Na_2O (%)	0,90
K_2O (%)	0,53
Toplam Alkali (Na_2O Eşdeğeri) (%)	1,24

2.2 Karışım Bilgileri, Numune Alımı ve Kırım Bilgileri

Karışımın su/çimento oranı 0,42 seçildi.350 kg/m^3 çimento dozajı ve C30/37 dayanım sınıfı belirlendi. Beton karışımı yapıldı ve taze beton standartlara uygun bir şekilde kalıplara yerleştirildi. Referans betonun sıcaklığı yaklaşık 23^oC ölçüldü. %20 UK'lı beton ve %20 ÖGYFC'li betonun sıcaklığı 21^oC ölçüldü. Numuneler 20±5 ^oC sıcaklıkta bağıl nemi %95 olan kür odasında 24 saat bekletildi. Sonra numuneler kalıplardan çıkarılıp, 20±2 ^oC'deki kür havuzuna koyuldu.

Tablo 6. Taze Beton Karışımlarının Slump ve Hava İçeriği Değerleri

	Referans Karışım	**%20 UK'lı Karışım**	**%20 ÖGYFC'li Karışım**
Slump (mm)	2	3	2
Hava Muhtevası (%)	5,4	5,7	4,5

2.3 Basınç Dayanımı Deneyi

Her karışım için 7 ve 28 günlük 3'er adet 150×150×150 mm'lik küp numuneler basınç dayanımı deneyi için kullanılmıştır. Basınç dayanımı deneyi uygulanacak numunuler kür havuzundan çıkarıldı, bir süre üzerindeki suyun süzülmesi beklendi. Daha sonra yüzeyindeki fazla su kurulandı, merkezlenerek basınç deneyi makinasına yerleştirilirdi ve kırım işlemi yapıldı. Toplam 18 adet numune kırımı yapılmıştır (3 karışım için ayrı ayrı üçer adet 7 ve 28 günlük numuneler). 0,6 MPa/s (N/mm2.s) yükleme hızı uygulanmıştır. Kırımlar TS EN 12390-3 standardına uygun yapılmıştır. Basınç deneyi makinası (Basınç Presi) TS EN 12390-4 standardına uygundur.

2.4 Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini Deneyi

Bu deneyde her karışım için 28 günlük, 150×150×150 mm'lik 1 adet küp numune olmak üzere toplamda 3 adet küp numune kullanıldı. Numunelerin su basıncı uygulanacak yüzeyi tel fırça ile pürüzlendirildi. Sonra ki işlemde numunelerin su alacağı yüzeyi silikonlanıp su alacağı yeri boşluklu olan su geçirmez bir malzemeye yapıştırıldı.

Daha sonra numuneler cihaza yerleştirilip sabitlendi. 72 saat süreyle 500 kPa su basıncı altında bırakıldı (Şekil 3).

Bu süre sonunda cihaz kapatıldı ve numuneler cihazdan çıkarılıp malzemeden ve silikondan arındırıldı. Numuneler basınç presinde ortadan ikiye ayrılacak şekilde kırıldı ve suyun işlediği en büyük derinlik cetvelle ölçülüp kaydedildi. Deney TS EN 12390-8 standardına uygun bir şekilde gerçekleştirildi.



Şekil 2. Basınç altında su işleme derinliğinin tayini deneyi cihazı ve numuneler

2.5 Donma Çözülme Dayanımı Deneyi

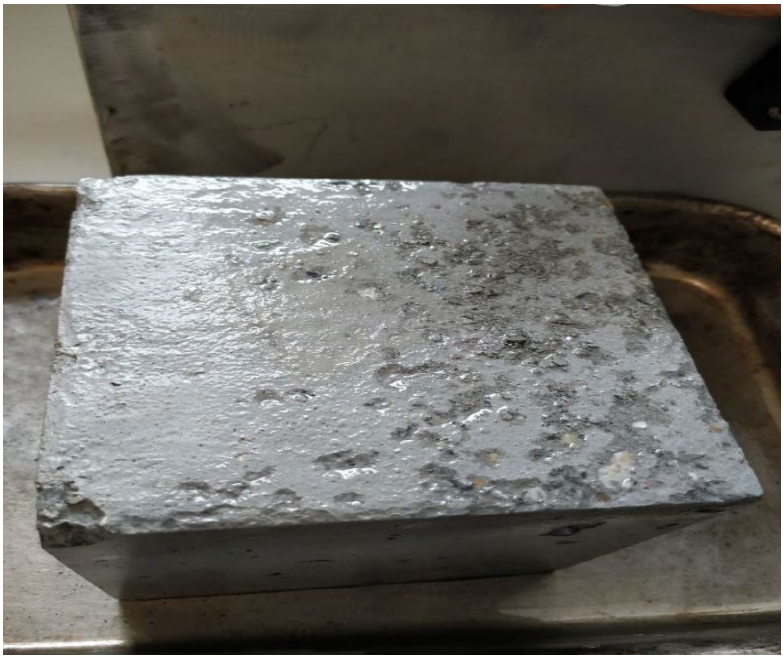
Deneyde her karışım için 150×150×150 mm'lik 2 adet küp numune olmak üzere toplam 6 adet numune kullanılmıştır. Taze beton kalıplara koyulduktan sonra sıcaklığı 20 °C olan kür odasında 24 saat bekletildi. Sonra sertleşen numuneler kalıplardan çıkarıldı ve sıcaklığı 20 °C olan kür havuzuna koyuldu. Numuneler 7 gün sonra kür havuzundan çıkarıldı ve bağıl nemi %65 olan iklimlendirme kabinine yerleştirildi ve 20 gün süreyle bu kabinde bekletildi. 27. günde numuneler kabinden çıkarılıp küp numunelerin kütleleri 1 g hassasiyetle tartıldı. Daha sonra numuneler %97'si şebeke suyu, %3'ü NaCl olan donma sıvısının bulunduğu kaplara koyuldu Her karışımın 2 numunesi bir kaba koyulmak üzere toplam 3 adet kap kullanıldı. 1 gün sonra yani 28. gün donma sıvısından çıkarılan numuneler kurulanıp yeniden tartıldı ve sonuçlar kaydedildi. Böylece numunelerin kütle farkından emdiği donma sıvısı hesaplandı. Daha sonra numuneler yeniden kaplara yerleştirildi ve bu 3 kap donma çözülme kabinine koyuldu (Şekil 4). Donma Çözülme döngüleri Tablo 8'de gösterildiği gibi ayarlandı. Numunelere toplam 28 döngü uygulandı.

Tablo 7. Donma Çözülme Döngüleri

Süre (t), saat	**Sıcaklık (T), °C**		
	Üst Sınır	Anma Değeri	Alt Sınır
0	+22,0	+20,0	+18,0
2	+2,0	0,0	-2,0
4	+2,0	0,0	-2,0
14	-13,0	-15,0	-17,0
16	-13,0	-15,0	-17,0

7. döngü bitince numuneler çıkarıldı, numuneden kopan ve pullanan parçacıklar fırçayla hafif baskı uygulanarak temizlendi ve ufak bir kapta toplandı (Şekil 5). Donma sıvısı kâğıt filtreden süzüldü ve filtrede kalan parçacıklar da aynı ufak kaba eklendi. Kabuk atma yoluyla kopan tüm parçalar 110 °C'de sabit kütleye kadar kurutuldu ve tartıldı. Her 3 kap için de yani 3 karışım için de aynı işlem yapıldı.
Donma sıvıları yenilendi ve numunelerle birlikte kaplara koyuldu. 3 kap yeniden donma çözülme kabinine yerleştirildi ve döngülere devam edildi.

14. döngü bitince 7. döngüde yapılan işlemler tekrarlandı.
28. döngü bitince kabuk atma yoluyla kopan parçalar yine tartıldı ve deney sonlanmış oldu.
$P= 100 \times m_{s,n}/m_o$
P : Her kap içindeki 2 numunenin kütle kaybı, %
m_o : Bir kap içindeki iki hava kurusu küp numunenin 27. gündeki kütlesi, g
$m_{s,n}$: Kabuk atma yoluyla uzaklaşan malzemenin yığışımlı kuru kütlesi.

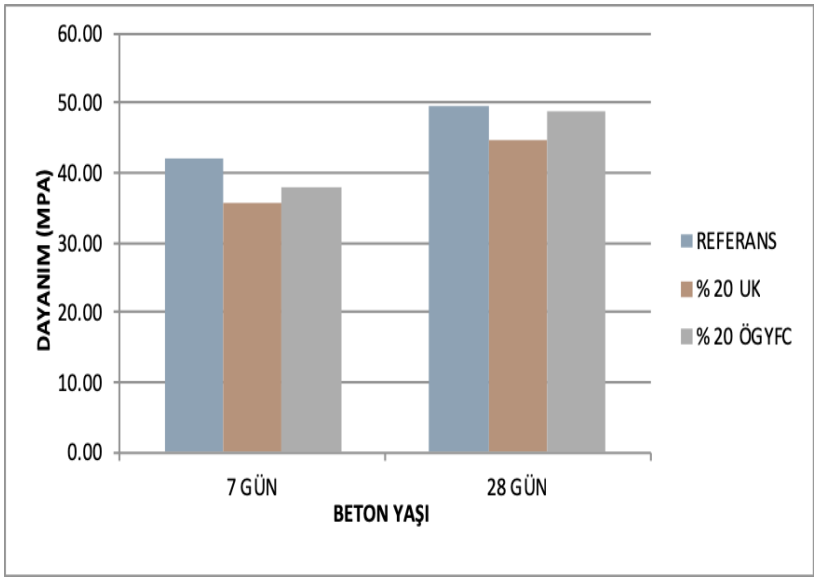


Şekil 3**.** Donma çözülme döngüleri esnasında beton yüzeyinin pullanması

3. Sonuçlar

Tablo 8. Basınç Dayanımı Sonuçları

	Referans Karışım (MPa)	**Referans Karışım Ortalama (MPa)**	**%20 UK'lı Karışım (MPa)**	**%20 UK'lı Karışım Ortalama (MPa)**	**%20 Ögyfc'li Karışım (MPa)**	**%20 ÖGY-FC'li Karışım Ortalama (MPa)**
7 Günlük Basınç Dayanımı	44,34	42,10	35,54	35,78	38,55	38,14
	41,52		36,34		38,41	
	40,44		35,46		37,47	
28 Günlük Basınç Dayanımı	47,94	49,48	44,87	44,85	47,95	48,84
	51,19		45,83		48,41	
	49,33		43,85		50,16	



Şekil 4. Basınç Dayanımları Grafiği

Tablo 9. Basınç Altında Su İşleme Derinliğinin Tayini Deneyi Sonuçları

Referans Karışım	%20 UK'lı Karışım	%20 ÖGYFC'li Karışım
28,7 mm	18,4 mm	19,2 mm

Karayolu Teknik Şartnamesine göre zararlı kimyasal etkilere maruz kalacak beton yapılarda su geçirgenliği en fazla 30 mm olmalıdır. Tablo 10'daki sonuçlardan görüldüğü gibi üç karışım da bu değerin altındadır.

Tablo 10. Donma çözülme deneyi sonuçları

	Referans Karışım	**%20 UK'lı Karışım**	**%20 ÖGYFC'li Karışım**
m_o	8029,6	7837,8	7974,4
$m_{s,n}$ (g) 7.Gün	24,2	16,6	4,2
$m_{s,n}$ (g) 14. Gün	2,6	3,6	4,4
$m_{s,n}$ (g) 28. Gün	1,4	4,2	4,8
Toplam Kütle Kaybı (g)	28,2	24,4	13,4
2 Küp Numunenin Yüzey Alanları Toplamı (m^2)	0,270		
Kütle Kaybı Ortalaması(kg/m^2)	**0,10**	**0,09**	**0,05**

Beton Yol donma-çözülme direnci kategorilerinde donma-çözülme olayı olan ve buz çözücü maddelerin kullanıldığı yerlerde numunenin kütle kaybı ortalaması 0,5 kg/m^2'den küçük olmalıdır. Üç karışım değeri de bu ortalamadan küçüktür ve donma çözülme koşullarına dirençlidir.

Her üç karışımın numuneleri, 28 günlük dayanımlarında 7 günlük dayanımlarına göre mukavemet kazanmıştır. %20 UK'lı karışım, bütün dayanım sonuçlarında diğer iki karışıma göre daha az mukavemet değerleri göstermiştir. 7 günlük basınç ve yarmada çekme dayanımlarında Referans karışım, en yüksek değere sahiptir. Ama 28 günlük sonuçlar, %20 ÖGYFC'li karışımın dayanımlarında Referans karışımın değerlerine ulaştığını göstermektedir.

%20 ÖGYFC'li karışımınların 7 günlük ortalama dayanım değeri %20 UK'lı karışımların 7 günlük ortalama dayanım değerinden yaklaşık 2,5 MPa daha büyüktür. Beton yolların erken trafiğe açılması açısından öğütülmüş yüksek fırın cürufunun uçucu küle göre küçük bir avantaj teşkil ettiği söylenebilir.

Durabilite, diğer birçok beton yapısına kıyasla beton yollar için daha fazla önem arz etmektedir. Çünkü beton yollara tesir eden çevresel etkiler çok fazladır. Taşıt trafiğinin yükü, taşıtlardan sızan yakıtların kimyasal etkileri, sülfat, alkali ve buz çözücü tuz etkileri, iklime bağlı donma çözülme durumları vb. birçok etken beton yolların durabilitesini etkiler. Mineral

katkıların durabiliteyle alakalı olan donma çözülme, su geçiririmliliği deneyleriyle ilişkisi bu çalışmada gözlenmiştir. Basınç altında su işleme derinliği deneyinde %20 UK'lı ve %20 ÖGYFC'li karışımı numunelerinin Referans karışımı numunelerine göre daha az geçirgen olduğu sonucuna varılmıştır.

Donma çözülme deneyinde de en az kabuk atma cüruflu karışımda en fazla kabuk atma Referans karışımda olmuştur. Bu sonuçlar mineral katkıların geçirimliliği düşürdüğünü ve donma çözülme direncini arttırdığını ispat etmiştir. Böylece mineral katkıların uzun vadede beton durabilitesine olumlu anlamda katkı vereceği söylenebilir.

Cüruf ve uçucu kül karşılaştırıldığında ise cürufun %20'lik çimentoyla ikame oranlarında uçucu küle göre hem dayanıma hem durabiliteye daha fazla katkı sunduğu görülmüştür. Diğer ikame oranlarında performanslarının araştırılması gerekmektedir.

Dayanıma ve özellikle durabiliteye sağladığı faydalarının yanında mineral katkılar, çimentoyla ikame edildiği için betonun ekonomisini de iyileştirir. Çünkü mineral katkılar çimentoya göre daha ucuz bir malzemedir.

Günümüzde dünyada beton malzemesi kullanılarak yapılan baraj, yol, köprü vb. bütün büyük yapılarda uçucu kül, cüruf, silis dumanı gibi mineral katkılar büyük ölçüde kullanılmaktadır. Ülkemizde bu mineral katkıların eksikliği konusunda sıkıntı olmadığı ve sağlayacağı büyük avantajları düşünülürse gelecek yıllarda yapılacak beton yollarda da mineral katkıların kullanılması tavsiye edilir.

Kaynaklar

Acıkök, F. (2019). Mineral Katkılar İçeren Beton Yol Karışımlarınn Mekanik ve Durabilite Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Acıkök, F. (2018). Effect of Fly Ash and Ground Granulated Blast Furnace Slag on The Strength of Concrete Pavement, Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies, 3:278-285

Aruntaş, H., (2006). ''Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli'', Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak.Der. Cilt 21, No 1, 193-203, Ankara

Karayolları Genel Müdürlüğü Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi, (2016), s.1

Özturan T., ''Beton Üretiminde Uçucu Kül Kullanımının İrdelenmesi'', Bogaziçi Üniv.

Taylor, P.C., S.H. Kosmatka, G.F. Voigt (2006). "Integrated Material sand Construction Practicesfor Concrete Pavements", A State-of-the-Practice Manual. Ames, IA: National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University.

Tokyay, M., Erdoğdu, K., (1998). ''Türkiye Termik Santrallerinden Elde Edilen Uçucu Küllerin Karakterizasyonu'', TÇMB, Ankara

PROGRAM

1 BETON YOLLAR Kongresi & Sergisi 2019

T.C. ULAŞTIRMA VE ALTYAPI BAKANLIĞI

TÇMB

EUPAVE

1 BETON YOLLAR
Kongresi ve Sergisi

13-14 Kasım 2019
KGM Halil Rıfat Paşa Konferans Salonu, Ankara

I. GÜN - 13 KASIM 2019, Çarşamba

08.30-09.15	**Kayıt**
09.30-10.45	**Açılış Konuşmaları** *Dr. Tamer Saka, TÇMB* *Nihat Özdemir, TÇMB* *Luc Rens, EUPAVE* *Abdulkadir Uraloğlu, KGM* *T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı*
10.45-11.15	**Sergi Açılışı ve Çay-Kahve Arası**
11.15-12.45	**I. Oturum -** *Mücahit Arman, KGM*
	Yol Pazarında Endüstriler Arası Rekabetin Yararları: İdareler Yol Proje Maliyetlerini Nasıl Azaltabilir, *James Mack, ABD*
	Beton Yol Yapımında Kalite Güvence ve Kalite Kontrol Süreçleri, *Luc Rens, Belçika*
	Ülkemiz Karayolları İçin Beton Yol Projelendirme Rehberi Çalışmaları ve Beton Sınıfına Bağlı Beton Plak Kalınlıkları, *S. Kaşak, M. Komut, Ş. Altıok*
12.45-14.00	**Öğle Yemeği**
14.00-15.30	**II. Oturum -** *Emine Ağar, İTÜ*
	Beton Yol Takviyesi: Başarılı Bir Yapım ve Kullanım için Önemli Hususlar, *Mark Snyder, ABD*
	Beton Yollarda Sürüş Konforu, *Erwin Kohler, Şili*
	Yansıma Çatlağı Oluşumu Açısından Kompozit Bir Üstyapının Performansının Belirlenmesi, *Y. Abut*
15.30-15.50	**Çay-Kahve Arası**
15.50-17.05	**III. Oturum -** *Mustafa Yurt, İnşaat Mühendisi*
	ABD'de Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol Yapımındaki Son Gelişmeler, *Corey Zollinger, ABD*
	Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) ve Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) Yolların Teknik ve Ekonomik Analizi, *B. Akbelen, İ. Ö. Yaman*
	T.C. Eskişehir Büyükşehir Belediyesi Yol Yapım Bakım ve Onarım Dairesi Başkanlığı Beton Yol Uygulamaları, *S. Özkan, S. E. Ünverdi, O. D. Tiryaki*
19.30-22.00	**Gala Yemeği, *Ankara HiltonSA***

II. GÜN - 14 KASIM 2019, Perşembe

09.00-10.30	**IV. Oturum -** *Mehmet Tutaş, KGM*
	Polonya'nın Beton Yollardaki Deneyimleri, *Jan Deja, Polonya*
	Belçika'nın 50 Yıllık Beton Yol Tecrübesi, *Pierre Nigro, Belçika*
	Karayolları Genel Müdürlüğü Ağındaki Beton Deneme Yolların Performans Değerlendirmesi, *M. Komut, E. N. Ünal, Ş. Altıok*
10.30-10.50	**Çay-Kahve Arası**
10.50-12.40	**V. Oturum -** *Şenol Altıok, KGM*
	Tünellerde Beton Kaplamalar: Belçika'daki Bazı Vaka Çalışmalarına Dayanan Faydalar, Tasarım ve Yapım Kuralları, *Anne Beeldens, Belçika*
	Alman Yönetmeliklerine Göre Beton Yolların Bakımı, *Tim Alte-Teigeler, Almanya*
	Kayarkalıplı Sericilerle Çift Tabakalı Beton Yol Yapımı, *Alessandro Bernacchia, İtalya*
	Sürdürülebilir Karayolu Üstyapı Kaplamaları İçin Çatlaksız, Dayanıklı ve Sünek Beton Tasarımı, *M. Şahmaran*
12.40-13.45	**Öğle Yemeği**
13.45-15.20	**VI. Oturum -** *Gençağa Karakaş, KGM*
	Beton Bariyerler, *Martin Page, Fransa*
	New Jersey Tipi Beton Bariyerlerin Tasarımında Çarpma Şiddetini (ASI) Etkileyen Şekil Faktörlerinin Tespit Edilmesi, *S. Özcanan, A. O. Atahan*
	Sürdürülebilir Bir Çevre İçin Geçirimli Beton Uygulamaları: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Merkez Yerleşkesi Örneği, *B. Akbelen, M. Uslu, İ. Ö. Yaman*
	Doğu Karadeniz Bölgesindeki Beton Yollarının Düşey Deplasmanlarının Hızlandırılmış Yol Testinde İncelenmesi, *M. Çelik, M.T. Seferoğlu, M. V. Akpınar*
15.20-15.40	**Çay-Kahve Arası**
15.40-17.00	**VII. Oturum -** *İ. Özgür Yaman, ODTÜ*
	Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi, *A. Cömert, E. Bayrak, A. Ünsal*
	Kalsiyum Alümina Çimentolu Beton Yol Uygulamaları, *M. Severoğlu, M. Sucu, T. Delibaş*
	Beton Yol İmalatında Kimyasal Katkıların Rolü ve Etkileri, *A. Çankayalı, E. Karataş, O. Tezel, S. Sarıkaya*
	Uçucu Kül ve Öğütülmüş Yüksek Fırın Cürufunun Beton Yol Karışımlarının Basınç Dayanımı ve Durabilitesine Olan Etkilerinin Araştırılması, *F. Acıkök, O. Canpolat, M. Uysal, Y. Aygörmez*
17.00-17.15	**Kapanış ve Değerlendirme**