

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Investigation of Physical and Mechanical Properties of Concrete Produced with Scraped Asphalt Waste and Glass Fiber

Turhan Can Karci^a, Behcet Dünder^{*b}, Emriye Cınar Resuloğulları^c

Submitted: 13.10.2022 Revised: 09.11.2022 Accepted: 29.12.2022 doi:10.30855/gmbd.0705036

ABSTRACT

Keywords: Scraped Asphalt Waste, Glass Fiber, Abrasion, Fiber Concrete

^a Osmaniye Korkut Ata University,
Engineering Faculty,
Dept. of Civil Engineering
8000 - Osmaniye, Türkiye
Orcid: 0000-0002-2993-0178

^{b,*} Osmaniye Korkut Ata University,
Engineering Faculty,
Dept. of Civil Engineering
8000 - Osmaniye, Türkiye
Orcid: 0000-0003-0724-9469
e mail: behcetdunder@osmaniye.edu.tr

^c Osmaniye Korkut Ata University,
Engineering Faculty,
Dept. of Civil Engineering
8000 - Osmaniye, Türkiye
Orcid: 0000-0002-9435-2968

*Corresponding author:
behcetdunder@osmaniye.edu.tr

Since aggregates constitute the majority of the concrete volume, the use of waste aggregates is preferred to reduce natural aggregate consumption, contribute to waste disposal and reduce costs. The most important property expected from concrete is compressive strength. However, in this study, Recycle Asphalt Pavement (RAP) and Glass Fiber (GF) were used to improve the tensile strength of concrete as well as compressive strength. For the experimental study, RAP was replaced with 0-4 mm crushed sand at 0% (REF), 30%, 60% and 90% by weight, and GF with 6 mm length was included in the mixture in the amount of 0.5, 1 and 1.5 kg/m³ by weight has been done. CEM I 42.5 R type cement was used as binder, and crushed sand (0-4 mm) and crushed stone (4-12 mm) aggregate were used as aggregate. The water/cement ratio was waited constant at 0.4. Concrete samples were produced in dimensions of 15x15x15, 10x10x10 and 7.1x7.1x7.1 cm. After the samples produced were waited in the standard curing pool for 7 and 28 days, the experiments were carried out. In the scope of the study, Slump test, compressive strength, splitting tensile strength, unit volume weight, water absorption, porosity and Böhme (abrasion) experiments were performed on the samples. As a result of the experiments, the highest compressive strength was measured in the REF sample and the lowest strength was measured in the KAA90-CE1.5 sample in 28-day samples. As a result of the study, the ideal WAA replacement rate was determined as 30% and the most ideal CE usage amount was determined as 1.0 kg/m³.

Kazınmış Asfalt Atığı ve Cam Elyaf ile Üretilen Betonların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması

ÖZ

Beton hacminin büyük bir çoğunluğunu agregalar oluşturduğundan atık agregaların kullanımı, doğal agrega tüketimini azaltmak, atık bertarafına katkı sağlamak ve maliyeti düşürmek için tercih edilmektedir. Betondan beklenen en önemli özellik basınç dayanımıdır. Ancak bu çalışmada basınç dayanımının yanında betonların çekme dayanımlarını iyileştirmek amacıyla Kazınmış Asfalt Atığı (KAA) ile Cam Elyaf (CE) kullanılmıştır. Deneysel çalışma için KAA ağırlıkça %0 (REF), %30, %60 ve %90 oranlarında 0-4 mm boyutlarında kırma kum ile ikame edilerek, 6 mm uzunluğuna sahip olan CE ise ağırlıkça 0.5, 1 ve 1.5 kg/m³ miktarda karışıma dahil edilmiştir. Bağlayıcı olarak CEM I 42.5 R tipi çimento, agregası olarak da kırma kum (0-4 mm) ve kırma taş (4-12 mm) agregası kullanılmıştır. Su/çimento oranı 0.4 olarak sabit tutulmuştur. Beton numuneleri 15x15x15, 10x10x10 ve 7.1x7.1x7.1 cm boyutlarında üretilmiştir. Üretilen numuneler 7 ve 28 gün süreyle standart kür havuzunda bekletildikten sonra deneyler uygulanmıştır. Çalışmada kapsamında numunelere Slump (çökme), basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, birim hacim ağırlık, su emme, porozite ve Böhme (aşınma) deneyleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda, 28 günlük numunelerde en yüksek basınç dayanımı REF numunesinde, en düşük dayanım ise KAA90-CE1.5 numunesinde ölçülmüştür. Yapılan çalışma sonucunda en ideal KAA'nın ikame oranı %30, en ideal CE kullanım miktarı ise 1.0 kg/m³ olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kazınmış Asfalt Atığı, Cam Elyaf, Aşınma, Lifli Beton

1. Giriş (Introduction)

Dünyada her yıl farklı ve çok sayıda endüstriyel atık oluşmaktadır. Bu atıklara uçucu kül, yüksek fırın cürufu, beton atıkları ve asfalt kaplama atıkları örnek olarak gösterilebilir. Bu atıkların beraberinde getirdiği sorunlardan olan depolama sorunu giderek artmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için atık malzemelerin geri dönüşüm sürecine sokulması gerekmektedir. Aynı zamanda atık malzemeleri geri dönüştürülmesi çevre kirliliği azaltma yöntemleri arasında yer alır. Bu atıklardan biri olan asfalt atığı, üst yapı onarım sürecine bağlı olarak ortaya çıkan bitümlü bir malzemedir. Asfalt atığı eskimiş asfalt ve agregadan meydana gelir ve alt tabanında granüler bir malzeme içerir. Asfalt atığı agregasını çimento esaslı malzemelere dâhil edilmesi çevresel ve ekonomik faydalar sağlamaktadır [1]. Bunun üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde işlenebilirliği ve mekanik davranışlarda olumsuz, süneklik davranışlarında iyileşme gösterdiği bildirilmiştir [2,3]. Beton üretiminde kullanılan agregaların azaltılıp geri dönüştürülmüş malzeme ile yer değiştirilmesi çevre kirliliği ve depolama sorunlarını da düzenli olarak azaltmaktadır [4]. Bu nedenle betonda kullanılan geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımı gün geçtikçe daha çok artmaktadır. Betonlarda geri dönüştürülmüş atıkların kullanımının yanısıra mekanik davranışlarını arttırmak için mineral katkıları ve çeşitli lifler eklenerek zayıf olan özellikleri güçlendirilmektedir. Beton çekme dayanımı açısından zayıf bir malzemedir. Zamanla uygulanan gerilmeler nedeniyle betonda çatlamlar ve dayanıklılık sorunlarından kaynaklanan bozulmalar görülmektedir [5,6]. Beton elemanlarının çekme dayanımını iyileştirmek için karışımda çeşitli lifler kullanılmaktadır. Aynı zamanda lif ilavesi çatlak direncinin artırılmasında etkili bir yöntemdir [7-9]. Bu durum çekme yükleri altındaki betonun kapasitesini önemli ölçüde arttırmaktadır. Liflerin uçak park yerleri, tünel kaplamaları, şev stabilizasyonları, hidrolik yapılar ve patlamaya dayanıklı yapılarda kullanımı gün geçtikçe artmaktadır [10,11]. Genel olarak çatlak direnci için kullanılan CE'ler, çekme mukavemetini arttırması nedeniyle yaygın olarak kullanılır. Kullanılan CE, liflerin genel özellikleri olan işlenebilirlik açısından olumsuz etkilere sahip olsa da betonun mekanik ve dayanıklılık özelliklerini önemli ölçüde iyileştirmektedir [12]. Literatürde KAA ve CE kullanımlarıyla ilgili literatür mevcuttur. Soltanabadi, vd. yapmış oldukları çalışmada doğal iri agrega, geri dönüştürülmüş beton agregası ve geri dönüştürülmüş asfalt agregası içeren kırıların davranışını incelemiştir. Geri dönüştürülmüş asfalt atığını %50 ve %100 oranlarında kullanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde ise doğal iri agreganın %50 oranında asfalt ve beton atığı ile değiştirilmesinde kesme kapasitesinde %4 ile %11 oranları arasında azalma gözlemlenmiştir [13]. Muhammed et al. (2021), CE içeren yüksek performanslı fiber takviyeli harçların süneklik özelliklerini ve fiziksel özelliklerini araştırmışlardır. Numune üretiminde CE'yi hacimsel olarak %3, %2.5, %2, %1.5, %1, %0.5 ve %0 oranlarında kullanmışlardır. Sonuçlar, %3 ila %1.5 CE içeren karışımın daha yüksek mukavemet gösterdiğini ve daha fazla CE ilavesinin faydasız olduğunu gözlemlenmiştir [14]. Paktiawal ve Alam 2022 yılında yapmış oldukları çalışmada CE ve Bazalt elyaf kullanarak yüksek dayanımlı betonlar üretmişlerdir. Kullanılan elyaf oranlarını çimentoya ağırlıkça %0.8, 1.2, 1.6, 2.0 ve %2.4 olarak seçmişlerdir. Sonuç olarak optimum CE ve bazalt elyaf oranlarının sırasıyla %1.6 ve %1.2 olarak ve CE'nin bazalt elyaftan daha yüksek oranda dağılma özelliği gösterdiğini saptamışlardır [15].

Bu çalışmada, KAA ve CE ile üretilen betonların fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. KAA güncel çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir atık türüdür. Ancak bu çalışmada KAA kullanımının yanında CE kullanılarak iki değişkenin birlikte kullanıldığı ve ayrıntılı bir şekilde beton özelliklerine etkisinin incelendiği çalışmaya rastlanmamıştır. KAA ile beton üretiminde, bazı olumsuz mekanik özelliklerini iyileştirilmesi amacıyla CE ile birlikte bu olumsuzlukların giderilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda s/ç oranı 0.4 ve çimento dozajı 350 kg olarak sabit tutulmuştur. KAA %0, %30, %60 ve %90 oranlarında 0-4 mm boyutlarında olan kırma kum ile ikame edilmiştir. CE ise ağırlıkça 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/m³ miktarlarında kullanılmıştır. Üretilen betonlara Slump (çökme) deneyi, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, birim hacim ağırlık, su emme, porozite ve Böhme (aşınma) deneyleri uygulanmıştır.

2. Malzeme ve Yöntem (Material and Method)

Deneysel çalışma için kullanılacak olan betonun hazırlanmasında bağlayıcı olarak TS EN 197-1 standardına uygun olarak üretilen ÇİMSA Çimento San. Tic. A.Ş.'den temin edilen CEM I-42.5/R tipi çimento kullanılmıştır [16]. Bağlayıcı olarak kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan CEM I 42.5/R çimentosunun kimyasal ve fiziksel özellikleri (Chemical and physical properties of the CEM I 42.5/R cement used)

	Kimyasal Analiz	Analiz Sonuçları (%)
Kimyasal Özellikler	Al ₂ O ₃ (%)	5.65
	SiO ₂ (%)	20.62
	CaO (%)	62.08
	Fe ₂ O ₃ (%)	4.05
	K ₂ O (%)	0.69
	SO ₃ (%)	2.57
	MgO (%)	2.55
	Na ₂ O (%)	0.27
	Kızdırma Kaybı	1.55
	Çözünmez Kalıntı	0.54
Fiziksel Özellikler	Yoğunluk (gr/cm ³)	3.11
	Blaine- İncelik (cm ² /g)	3400
	Serbest CaO	0.3
	Serbest Kireç	1.21
	Priz Başlangıcı (dk)	135
	Priz Sonu (dk)	220

Beton numuneler üretiminde kullanılan su, TS EN 1008 standardına göre içilebilir nitelikte Osmaniye ili şebeke suyu kullanılmıştır [17]. Agregalar olarak TS 706 EN12620+A1 standardına uygun kırma kum (0-4 mm) ve kırma taş (4-12 mm) agregaları kullanılmıştır [18]. Beton numunelerin hazırlanırken karışımda kullanılan kimyasal katkı yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı (Fosroc Gantre 142) seçilmiştir. Kullanılan süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı her karışım için sabit tutulup bağlayıcının %1.2 oranında karışıma ilave edilmiştir. Kullanılan kimyasal katkının teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kimyasal katkının teknik özellikleri (Technical characteristics of the chemical additive)

Özellikler	Değerler
Malzemenin Yapısı	Polikarboksilik eter esaslı
Görünüm	Kahverengi- Sıvı
Özgül Ağırlık	25 °C'de 1.18 kg/L
pH Değeri	5-7
Klor İçeriği	En fazla %0.1
Hava Sürüklenmesi	En fazla %2

Osmaniye Belediyesinden temin edilen KAA, kullanım ömrünü tamamlamış veya yenilenmek için kazınan asfalt çeneli kırıcı yardımıyla kırılarak 0-4 mm tane boyutuna getirilip numune üretiminde kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. KAA görünümü (KAA appearance)

Çalışmada kullanılan CE, Fiber Elyaf Kompozit A.Ş. tarafından üretilen 6 mm uzunluğunda seçilmiştir. Kullanılan CE'ye ait teknik özellikler Tablo 3'te, görünümü ise Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 3. CE'in teknik özellikleri (Technical specifications of CE)

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (μ m)	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Cam	6	13	2.68	72000	1700



Şekil 2. CE görünümü (CE appearance)

Çalışma kapsamında hazırlanan beton numuneler TS 802 standardına uygun olarak beton karışımları hazırlanmıştır [19]. KAA, 0-4 mm kırma kum ile %0, %30, %60 ve %90 oranlarında ikame edilmiştir. CE ise ağırlıkça 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/ m³ miktarlarında kullanılmıştır. Çalışma kapsamında üretilen beton numunelerinin KAA ve CE içeriğine göre isimlendirilmiştir. Örneğin KAA30-CE1.5 isimlendirilmesinde KAA30 ifadesi KAA oranının %30 olduğunu, CE1.5 ifadesi ise CE'nin 1.5 kg/m³ miktarında kullanıldığını ifade etmektedir. Üretilen numunelerin hazırlanmasında kullanılan 1 m³ için malzeme miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. 1 m3 Beton için gerekli olan malzeme miktarları (kg) (Amount of material required for 1 m3 of concrete (kg))

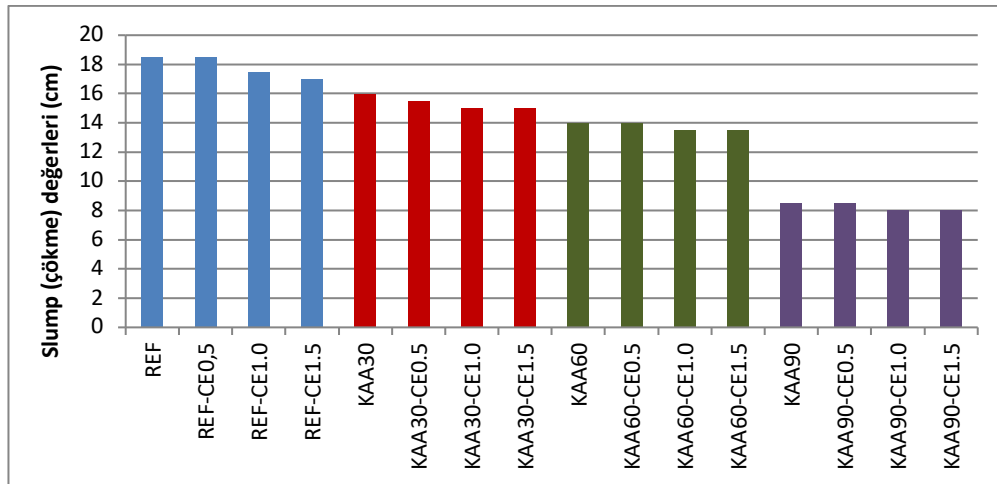
Numune Adı	Çimento	Su	CE	Kimyasal Katkı	Kırma Kum (0-4 mm)	Kırma Taş (4-12 mm)	KAA
REF			0		1073		0
REF-CE0.5			0.5		1073		0
REF-CE1.0			1		1073		0
REF-CE1.5			1.5		1073		0
KAA30			0		749		276
KAA30-CE0.5			0.5		749		276
KAA30-CE1.0			1		749		276
KAA30-CE1.5			1.5		749		276
KAA60	350	140	0	4.2	425	875	552
KAA60-CE0.5			0.5		425		552
KAA60-CE1.0			1		425		552
KAA60-CE1.5			1.5		425		552
KAA90			0		101		827
KAA90-CE0.5			0.5		101		827
KAA90-CE1.0			1		101		827
KAA90-CE1.5			1.5		101		827

Taze haldeki betonların işlenebilirliğinin belirlenmesi amacıyla TS EN 12350-2 standardına uygun olarak Slump (çökme) deneyi yapılmıştır [20]. Slump deneyi yapılan numuneler önceden yağlanmış 15x15x15, 10x10x10 ve 7.1x7.1x7.1 cm boyutlarındaki kalıplara sarsma tablası yardımıyla yerleştirilmiştir. 24 saat kalıpta bekletildikten sonra sertleşen beton numuneleri kür havuzuna alınmıştır. Boyutları 15x15x15 cm olan beton numuneleri 7 ve 28 günlük kür sürelerinin tamamlanmasından ardından TS EN 12390-3 standardına uygun basınç dayanımı, TS EN 12390-6 standardına uygun yarmada çekme dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur [21,22]. Boyutları 10x10x10 cm olan beton numuneleri üzerinde Arşimet terazisi yardımıyla TS EN 1170-6 standardına uygun olarak porozite, su emme ve BHA'ları belirlenmiştir [23].

Boyutları 7.1x7.1x7.1 cm olan beton numunelerinin aşınma dirençlerinin belirlenmesi amacıyla TS 2824 EN 1338/AC standardına uygun Böhme (aşınma) deneyine tabi tutulmuştur [24]. Böhme (aşınma) deneyi sırasında, numune döküm yüzeyi ve ona karşılık gelen alt yüzey hariç diğer 4 yüzeyin 4 kez yapılması sonucu toplamda 16 defa tekrarlanarak numune aşınmaya maruz bırakılmıştır. Her bir aşınma sırasında 20 gramlık zımpara tozu kullanılmış olup yatay disk 22 tur çevrilerek numuneler aşınmaya maruz bırakılmıştır. Deney sonrasında numunenin aşınma sonucu ağırlık kayıpları belirlenmiştir.

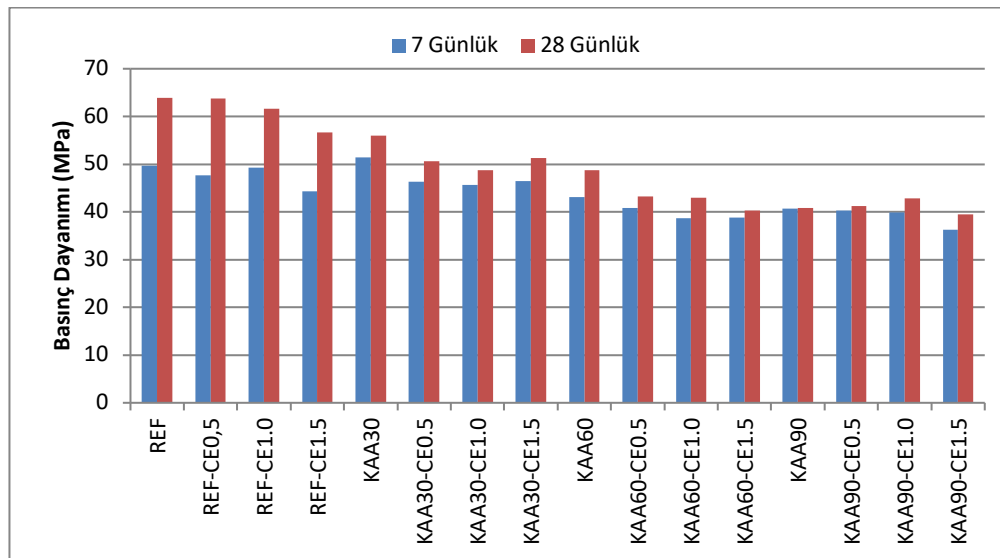
3. Bulgular ve Tartışma (Results and Discussion)

Hazırlanan beton karışımlarının işlenebilirliğini belirlemek için taze haldeki betona Slump (çökme) deneyi yapılmıştır. Yapılan Slump (çökme) deneyinin sonuçları Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde REF numunesinin çökme değeri 18.5 cm ölçülmüştür. REF karışımlarına CE eklendikçe Slump (çökme) değerlerinde düşüşler gözlemlenmiştir. REF-0.5, REF-1 ve REF-1.5 numunelerin Slump (çökme) değerleri sırasıyla 18.5, 17.5 ve 17 cm belirlenmiştir. KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinde benzer sonuçlar görülmüş ve CE miktarı arttıkça Slump (çökme) değeri azalmıştır. Amin M. vd 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada CE miktarının artmasıyla Slump (çökme) değerinin azalmasını gözlemlemiştir [25]. Slump (çökme) değerlerini KAA açısından incelendiğinde KAA ikame oranı arttıkça çökme değerleri azalmıştır. Hossiney N. Vd 2020 yılında yapmış oldukları çalışmada asfalt atığı içermeyen numunede en yüksek Slump (çökme) değeri görülürken %25, %50 ve %75 asfalt atığı içeren numunelerde Slump (çökme) değerlerinde azalmalar olmuştur [26]. En düşük çökme değeri ise 8 cm ile KAA90-CE1.5, en yüksek çökme değeri ise 18.5 cm ile REF numunesine aittir.



Şekil 3. Slump (çökme) değerleri sonuçları (Slump values results)

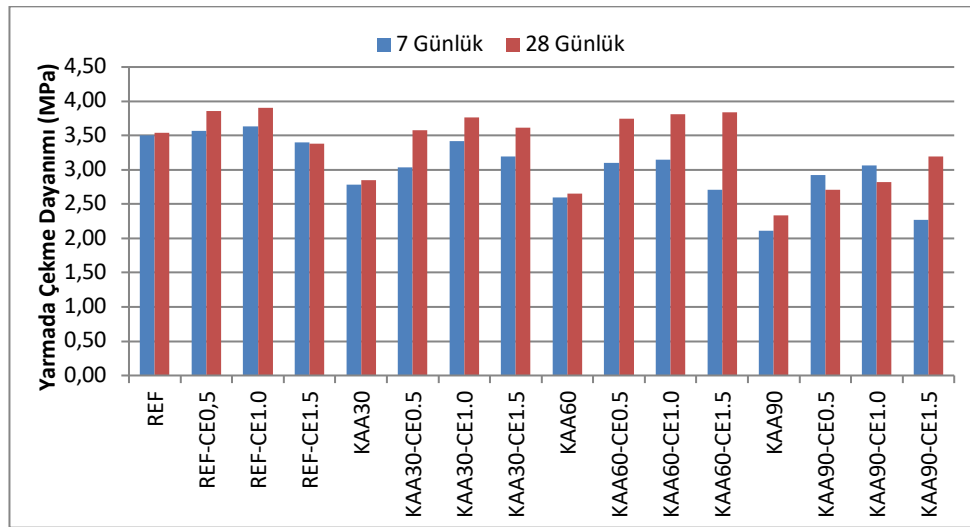
Üretilen beton numunelerine 7 ve 28 günlük kür uygulamasının ardından basınç dayanımı deneyi uygulanmıştır. KAA ve CE'li numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Şekil 4'te verilmiştir. Beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanım verileri incelendiğinde en yüksek dayanım 51.45 MPa değeri ile KAA30 olmuştur. En düşük dayanım ise 36.32 MPa değeri ile KAA90-CE1.5 numunesinde meydana gelmiştir. Beton numunelerinin 28 günlük basınç dayanım verileri incelendiğinde, en yüksek basınç dayanımı 63.84 MPa değeri ile REF numunesinde, en düşük dayanım ise 39.44 MPa değeri ile KAA90-CE1.5 olmuştur. Beton kür süresi arttıkça tüm numunelerin basınç dayanımlarında artış gerçekleşmiştir. REF ve KAA numunelerinde CE miktarı arttıkça basınç dayanımlarında genel olarak bir düşüş gerçekleştiği görülmektedir. KAA ikame oranının %30 olduğu KAA30 numunesinde basınç dayanımı REF numunesine oranla artarken, bu oranın %60 ve %90 çıkması durumunda basınç dayanımı düşüşleri gerçekleşmiştir. Basınç dayanımı için en ideal oranın KAA30 olduğu görülmüştür. Beton numunelerde basınç dayanımının azalmasına neden olan agrega ile yer değiştirilen KAA'nın beton içerisinde bitümden kaynaklı yumuşak yüzey oluşturması olduğu söylenebilir [27].



Şekil 4. Beton numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı sonuçları (7 and 28 day compressive strength results of concrete Samples)

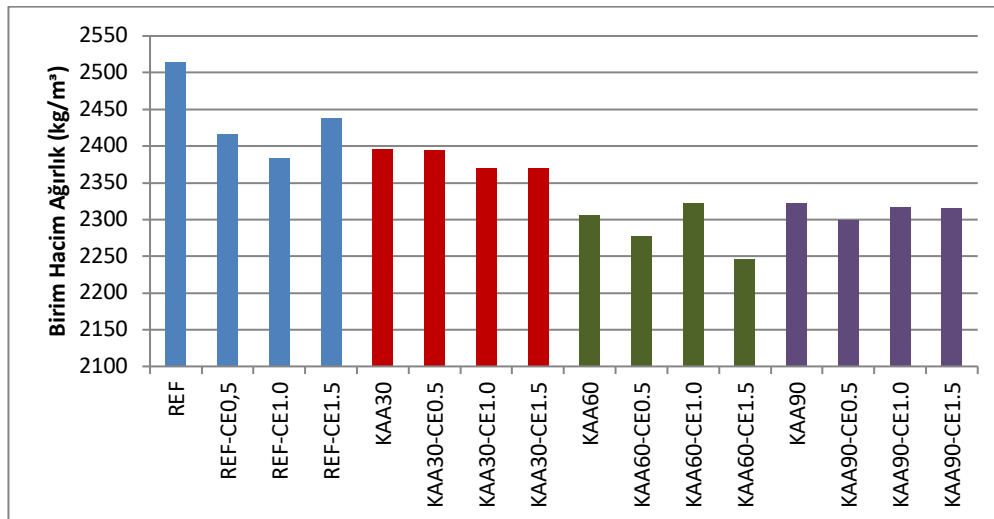
Üretilen beton numunelerine 7 ve 28 günlük kür uygulamasının ardından yarmada çekme dayanımı deneyi uygulanmıştır. KAA ve CE'li numunelerin 7 ve 28 günlük yarmada çekme dayanımları Şekil 5'te verilmiştir. 7 ve 28 günlük yarmada çekme dayanımı verileri incelendiğinde, CE 1.0 kg/m³ miktarında kullanıldığında yarmada çekme dayanımı artarken CE miktarının 1.5 kg/m³ kullanımıyla düşüşler gerçekleşmiştir. Genel olarak KAA ikame oranının artmasıyla birlikte yarmada çekme dayanımlarında düşüşler gerçekleşmiştir. 7 günlük yarmada çekme dayanımında en yüksek dayanım 3.633 MPa değeri

ile REF-CE1 numunesi, en düşük çekme dayanımı ise 2.110 MPa değeri ile KAA90 numunesinde olmuştur. 28 günlük yarmada çekme dayanım verileri incelendiğinde en yüksek çekme dayanımı 3.906 MPa değeri ile REF-CE1 numunesi, en düşük dayanım ise 2.334 MPa değeri ile KAA90 numunesinde olmuştur. KAA içeren numuneler incelendiğinde ise REF-CE1.0 numunesine en yakın 3.842 MPa değeri ile KAA60-CE1.5 numunesi olmuştur. Beton numunelerinin yarmada çekme dayanımları esas alındığında en ideal CE miktarının 1.0 kg/m³ olduğu sonucuna varılmıştır. Marcalikova, vd. 2020 yılında yapmış oldukları çalışmada farklı elyaf türlerinin çekme mukavemetini karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ise lifli betonların normal betonlara göre basınç dayanımlarında düşüş görülürken, çekme mukavemetinde önemli bir artış görmüştür [28]. Yurt 2020 yılında yapmış olduğu çalışmada CE, bazalt elyaf ve polipropilen elyaf olmak üzere farklı çeşit elyafları Jeopolimer betonda kullanmış ve eğilme dayanımlarının arttığını gözlemlemiştir [29]. Ahmed, vd. 2017 yılında normal beton ve CE takviyeli kendiliğinden yerleşen beton ile yapmış olduğu çalışmada CE ilavesinin yarmada çekme dayanımını arttırdığını göstermiştir [30].



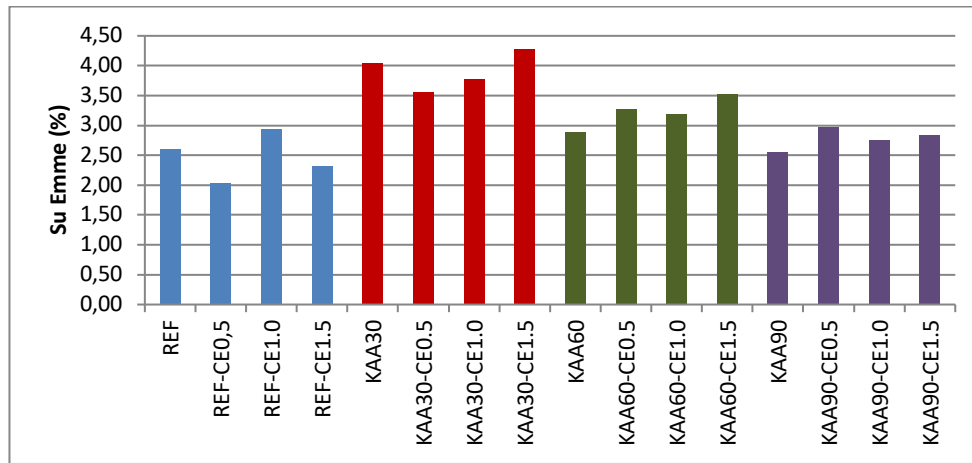
Şekil 5. Beton numunelerinin 7 ve 28 günlük yarmada çekme dayanımı sonuçları (7 and 28 days split tensile strength results of concrete Samples)

Üretilen beton numunelerine 28 günlük kür uygulamasının ardından BHA deneyi uygulanmıştır. Beton numunelerinin BHA değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde KAA ve CE ilavesi numunelerin BHA'yı düşürmüştür. REF numunesinin BHA 2514 kg/m³ iken, CE'nin 0.5, 1.0 ve 1.5 kg/m³ miktarında kullanılmasıyla BHA sırasıyla 2417, 2383 ve 2438 kg/m³ olarak belirlenmiştir. En düşük BHA 2246 kg/m³ değeri ile KAA60-CE1.5 numunesi, en yüksek ise 2514 kg/m³ değeri ile REF numunesi olmuştur.

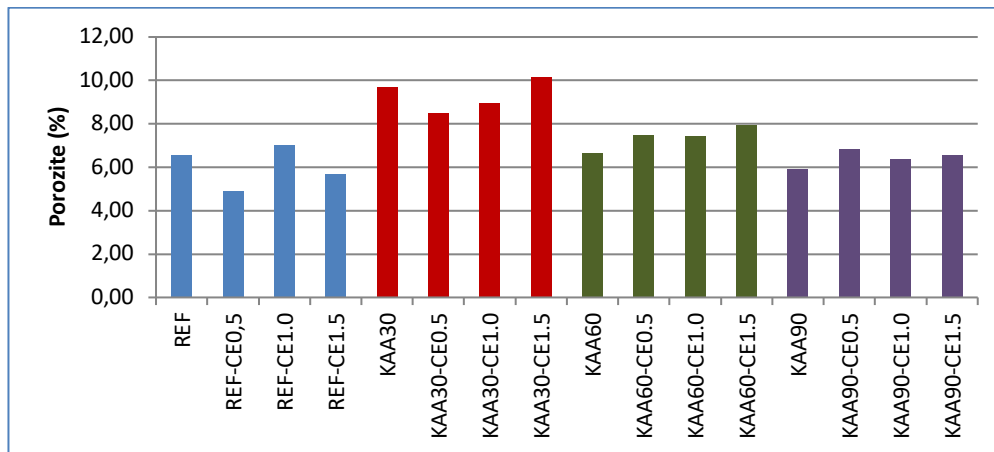


Şekil 6. Beton numunelerinin BHA değerleri (BHA (Unit Volume Weight) values of concrete Samples)

Üretilen beton numunelerine 28 günlük kür uygulamasının ardından su emme ve porozite deneyleri uygulanmıştır. Beton numunelerinin su emme yüzdeleri Şekil 7’de, porozite yüzdeleri ise Şekil 8’de verilmiştir. Şekil 7’de verilen numunelerin su emme yüzdeleri incelendiğinde, KAA ikamesiyle su emme yüzdelerinde REF’e göre artış gözlemlenmiştir. Ancak KAA ikame oranlarını kendi içerisinde değerlendirdiğimizde KAA oranının artmasıyla su emme yüzdeleri azalmıştır. REF numunesinin su emme yüzdesi %2.61 iken, KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinde su emme yüzdeleri sırayla %4.05, %2.89 ve %2.56 olmuştur. CE’nin 0.5 kg/m³ miktarında ilavesiyle su emme yüzdelerinde düşüş gözlemlenirken, daha yüksek miktarlarda kullanılan numunelerde artış meydana gelmiştir. Şekil 8’de verilen numunelerin porozite yüzdeleri incelendiğinde, KAA ikamesiyle porozite yüzdelerinde REF’e göre artış gözlemlenmiştir. REF numunesinde porozite yüzdesi %6.56 iken, KAA30, KAA60 ve KAA90 porozite yüzdeleri sırasıyla %9.70, %6.67 ve %5.93 şeklindedir. En düşük porozite yüzdesi %4.61 değeri ile REF-CE0.5, en yüksek porozite yüzdesi ise %10.16 değeri ile KAA30-CE1.5 olmuştur. Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılan deneyler sonucunda, en ideal KAA oranının %30, CE miktarının ise 0.5 kg/m³ olduğu sonucuna varılmıştır. Kullanılan KAA’nın yüzeyinde bulunan asfalt atıkları ve doğal agregadan şekilsel olarak farklılıklarından kaynaklı betonda aderansı azalttığını daha boşluklu betonlar elde edilmesine ve dolayısıyla yüksek su emme yüzdelerine sebep olmuştur.

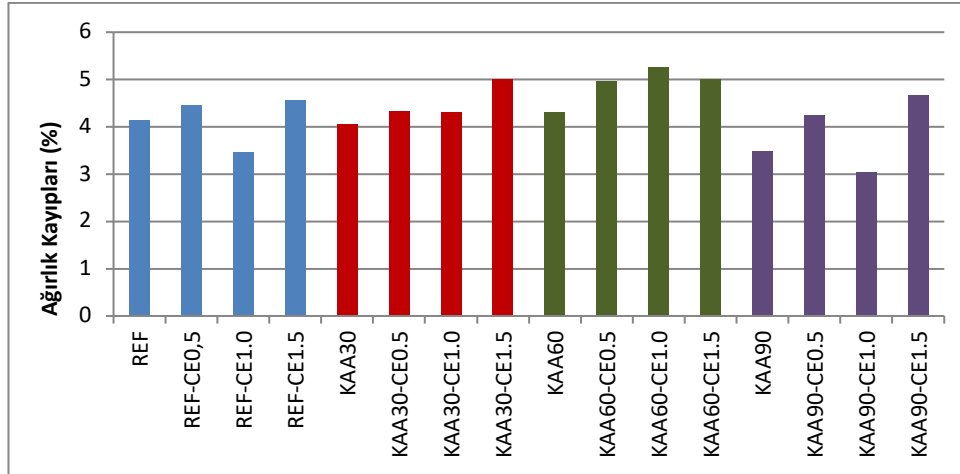


Şekil 7. Beton numunelerinin su emme değerleri (Water absorption values of concrete Samples)



Şekil 8. Beton numunelerinin porozite değerleri (Porosity values of concrete Samples)

Üretilen beton numunelerine 28 günlük kür uygulamasının ardından Böhme (aşınma) deneyi uygulanmıştır. Beton numunelerin Böhme (aşınma) deneyine ait sonuçları Şekil 9’da verilmiştir. Böhme (aşınma) deneyi sonucunda elde edilen beton numunelerin ağırlık kayıpları incelendiğinde, en yüksek ağırlık kaybı %5.25 değeri ile KAA60-CE1.0 numunesi, en düşük ağırlık kaybı ise %3.04 değeri ile KAA90-CE1 numunesinde meydana gelmiştir. KAA’nın %30 oranında ikamesiyle REF ile kıyaslandığında ağırlık kaybı azalırken, bu oranın artışı ile birlikte ağırlık kayıpları artmıştır. CE kullanım miktarının değişimi her bir REF ve KAA ikameli numunelerde farklı davranışlar elde edilmiştir. CE kullanılan beton numunelerin en düşük ağırlık kaybı KAA90-1.0 numunesinde %3.04, en yüksek ağırlık kaybı ise KAA60-1.0 numunesinde %5.25 olarak görülmüştür.



Şekil 9. Beton numunelerinin Böhme (aşınma) deneyi sonucu ağırlık kayıpları (Weight losses of concrete samples as a result of Böhme (abrasion) test)

4. Sonuçlar ve Öneriler (Conclusions and Suggestions)

KAA ve CE ile üretilen betonların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması amacıyla yapılan deneysel çalışmaların sonuçları aşağıdaki gibidir.

- REF karışımlarına CE eklendikçe Slump (çökme) değerlerinde düşüşler gözlemlenmiştir. KAA30, KAA60 ve KAA90 numunelerinde benzer sonuçlar görülmüş ve CE miktarı arttıkça Slump (çökme) değeri azalmıştır.
- Beton kür süresi arttıkça tüm numunelerin basınç dayanımlarında artış gerçekleşmiştir. REF ve KAA numunelerinde CE miktarı arttıkça basınç dayanımlarında genel olarak bir düşüş görülmektedir. KAA ikame oranının %30 olduğu KAA30 numunesinde basınç dayanımları REF numunesine oranla artarken, bu oranın %60 ve %90 çıkması durumunda basınç dayanım düşüşleri gerçekleşmiştir.
- Beton kür süresi arttıkça tüm numunelerin yarmada çekme dayanımlarında artış gerçekleşmiştir. CE 1.0 kg/m³ miktarında kullanıldığında yarmada çekme dayanımı artarken CE miktarının 1.5 kg/m³ kullanımıyla düşüşler gerçekleşmiştir. Genel olarak KAA ikame oranının artmasıyla birlikte yarmada çekme dayanımlarında düşüş görülmektedir.
- Mekanik özelliklerin belirlenmesi için yapılan deneyler sonucunda, en ideal KAA oranının %30, CE miktarının ise 1.0 kg/m³ olduğu sonucuna varılmıştır.
- KAA ikamesi ve CE ilavesi betonların boşluk miktarını arttırdığından BHA'larının düşmesine sebep olmuştur.
- KAA ikamesiyle su emme değerleri REF'e göre artış gözlemlenmiştir. Ancak KAA ikame oranlarını kendi içerisinde değerlendirildiğinde KAA oranının artmasıyla su emme değerleri azalmıştır. CE'nin 0.5 kg/m³ miktarında ilavesiyle su emme değerlerinde düşüş gözlemlenirken, daha yüksek miktarlarda kullanılan numunelerde artış meydana gelmiştir.
- KAA ikamesiyle porozite değerlerinde REF'e göre artış gözlemlenmiştir. Su emme değerleriyle benzer davranış göstermiştir.
- Fiziksel özelliklerin belirlenmesi için yapılan deneyler sonucunda, en ideal KAA oranının %30, CE miktarının ise 0.5 kg/m³ olduğu sonucuna varılmıştır.
- KAA'nın %30 oranında ikamesiyle REF ile kıyaslandığında ağırlık kaybı azalırken, bu oranın artışı ile birlikte ağırlık kayıpları artmıştır. CE kullanım miktarının değişimi sonucu her bir REF ve KAA ikameli numunelerde farklı davranışlar elde edilmiştir. CE kullanılan beton numunelerinin en düşük ağırlık kaybı KAA90-1.0 numunesinde %3.04, en yüksek ağırlık kaybı ise KAA60-1.0 numunesinde %5.25 olarak görülmüştür.

Yapılan tüm deneyler sonucunda KAA'nın ikame oranı %30 ve CE kullanım miktarı 1.0 kg/m³ olarak belirlenmiştir. Bu oran ve miktar belirlenirken uygulanan deneyler sonucunda beton numunelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri göz önünde bulundurulmuştur. CE'nin miktarının 1.0 kg/m³ kullanılması durumunda basınç ve Böhme (aşınma) deneyi sonucunda ihmal edilebilir olumsuz etkisi

görülmesine rağmen diğer deney sonuçlarında görülen olumlu etkisi sayesinde ideal miktar olarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda gelecekte yapılacak olan çalışmalarda, bulunan sonuçlar doğrultusunda KAA ve CE kullanımıyla fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanısıra dayanıklılık özelliklerinin de çalışılabileceği önerilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar (References)

- [1] S. V. Bittencourt, M. S. Magalhães, M. E. N. Tavares, "Mechanical Behavior And Water İnfiltration of Pervious Concrete Incorporating Recycled Asphalt Pavement Aggregate" *Construction Materials*, vol. 14, pp. e00473, 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00473>
- [2] M. A. Kareem, A. A. Raheem, K. O. Oriola, R. Abdulwahab, "A Review on Application of Oil Palm Shell As Aggregate İn Concrete - Towards Realising A Pollution-Free Environment And Sustainable Concrete" *Environmental Challenges*, vol. 8, pp. 100531, 2022. doi:<https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100531>
- [3] S. Erdem, M. A. Blankson, "Environmental Performance And Mechanical Analysis of Concrete Containing Recycled Asphalt Pavement (RAP) And Waste Precast Concrete As Aggregate" *Journal of Hazardous Materials*, vol. 264, pp. 403-410, 2014. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.11.040>
- [4] A. Adesina, S. Das, "Crack Properties, Toughness and Absorption Evaluation Of FRCC İncorporating Reclaimed Asphalt Pavement and Crumb Rubber As Aggregates" *Cleaner Materials*. vol. 1, pp. 100004, 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100004>
- [5] A. Abbadi, P. A. M. Basheer, J.P. Forth, "Effect of Hybrid Fibres on The Static Load Performance of Concrete Beams" *Materials Today :Proceedings*, vol. 65, pp. 681-687, 2022. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.263>
- [6] H. Zhao, B. Jia, H. Huang, Y. Mou, "Experimental Study on Basic Mechanical Properties of Basalt Fiber Reinforced Concrete" *Materials*. vol. 13, pp. 1362. 2020. doi:<https://doi.org/10.3390/ma13061362>
- [7] W. Lin, S. He, S. Qiao, Z. Xiang, Y. Qui, J. Zhang, J. Li, "Combined Effects of Expansive Agents and Glass Fibres on The Fracture Performance of Seawater and Sea-Sand Concrete" *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 20, pp. 1839-1859, 2022. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.08.019>
- [8] K. Zhao, L. Zhao, J. Hou, X. Zhang, Z. Feng, S. Yang, "Effect of Vibratory Mixing on The Slump, Compressive Strength, and Density of Concrete with The Different Mix Proportions" *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 15 pp. 4208-4219, 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.10.033>
- [9] B. Dündar, E. Çınar, H. Özkaya, "Profillit katkılı lifli harçların fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi" *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, vol. 8 (2), pp. 17-27, 2019.
- [10] I. Hussian, B. Ali, T. Akhtar, M. S. Jameel, S. S. Raza, "Comparison of Mechanical Properties of Concrete and Design Thickness of Pavement With Different Types of Fiber-Reinforcements (Steel, Glass, and Polypropylene)" *Construction Materials*, vol. 13, pp. e00429, 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00429>
- [11] B. Dündar, E. Çınar, S. Peşin, "Bazalt ve karbon lif takviyeli betonların fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması" *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol. 10 (4) pp. 1039-1048, 2020.
- [12] S. Anandaraj, J. Rooby, P. O. Awoyera, R. Gobinath, "Structural Distress in Glass Fibre-Reinforced Concrete under Loading and Exposure to Aggressive Environments" *Construction and Building Materials*. vol. 197 pp. 862-870, 2019. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.090>
- [13] R. Soltanabadi, K. Behfarnia, "Shear Strength Of Reinforced Concrete Deep Beams Containing Recycled Concrete Aggregate And Recycled Asphalt Pavement" *Construction and Building Materials*. vol. 314, pp. 125597, 2022. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125597>
- [14] B. H. Mohammed, A. F. H. Sherwani, R. H. Faraj, H. H. Qadir, K. H. Younis, "Mechanical properties and ductility behavior of ultra-high performance fiber reinforced concretes: Effect of low water-to-binder ratios and micro glass fibers" *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12 (2) pp. 1557-1567, 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.11.008>
- [15] A. Paktiawal, M. Alam, "Experimental Evaluation Of Sorptivity For High Strength Concrete Reinforced With Zirconia Rich Glass Fiber And Basalt Fiber" *Materials Today: Proceedings*, vol. 49 (5) pp. 1132-1140, 2021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.06.008>
- [16] TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, TSE, Ankara Türkiye, 2012.
- [17] TS EN 1008-2003, Beton-Karma suyu-Numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları, TSE, Ankara Türkiye, 2003.

- [18] TS 706 EN 12620+A1, Beton agregaları, TSE, Ankara Türkiye, 2009.
- [19] TS 802-2016, Beton karışım tasarımı hesap esasları, TSE, Ankara Türkiye, 2016.
- [20] TS EN 12350-2, Beton- Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi, TSE, Ankara Türkiye, 2019.
- [21] TS EN 12390-3, Beton – Sertleşmiş beton deneyleri – Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini, TSE, Ankara Türkiye, 2019.
- [22] TS EN 12390-6, Beton- Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, TSE, Ankara Türkiye, 2010.
- [23] TS EN 1170-6. Ön yapımlı beton mamuller-Cam elyaf takviyeli çimento (ctç) deney metodu-Bölüm 6: Suya daldırma yoluyla su emme ve kuru yoğunluk tayini, TSE, Ankara Türkiye, 1999.
- [24] TS 2824 EN 1338/AC, Zemin döşemesi için beton kaplama blokları-Gerekli şartlar ve deney metotları, TSE, Ankara Türkiye, 2009.
- [25] M. Amin, B. A. Tayeh, İ. S. Agwa, "Investigating The Mechanical And Microstructure Properties of Fibre-Reinforced Lightweight Concrete under Elevated Temperatures" *Construction Materials*. vol. 13, pp. e00459, 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00459>
- [26] N. Hossiney, H. K. Sepuri, M. K. Mohan, H. R. Arjun, S. Govindaraju, J. Chyne, "Alkali-Activated Concrete Paver Blocks Made with Recycled Asphalt Pavement (RAP) Aggregates" *Construction Materials*. vol. 12, pp. e00322, 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00322>
- [27] Y. Khodair, M. Raza, "Sustainable Self-Consolidating Concrete Using Recycled Asphalt Pavement and High Volume of Supplementary Cementitious Materials" *Construction and Building Materials*. vol. 131, pp. 245-253, 2017. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.11.044>
- [28] Z. Marcalikova, M. Racek, P. Mateckova, R. Cajka, "Comparison of Tensile Strength Fiber Reinforced Concrete With Different Types of Fibers" *Procedia Structural Integrity*. vol. 28, pp. 950-956, 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.11.068>
- [29] Ü. Yurt, "An experimental study on fracture energy of alkali activated slag composites incorporated different fibers" *Journal of Building Engineering*, vol. 32, pp. 101519, 2020. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101519>
- [30] S. Ahmad, A. Umar, A. Masood, "Properties of Normal Concrete, Self-compacting Concrete and Glass Fibre-reinforced Self-compacting Concrete: An Experimental Study" *Procedia Engineering*. vol. 173, pp. 807-813, 2017. doi:<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.12.106>

This is an open access article under the CC-BY license

