

CAM TOZUNUN BETON BASINÇ DAYANIMINA ETKİSİ

*Mehmet UZUN, **M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ, ***Ülkü S. KESKİN

*Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, KARAMAN

**Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA

***Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA

*mehmetuzun@selcuk.edu.tr, **mtolgac@selcuk.edu.tr, ***ulkusyilmaz@selcuk.edu.tr

ÖZ

Çimento üretimi ile ortaya çıkan karbondioksit salınımı nedeni ile son yıllarda çimento yerine kullanılabilir malzeme arayışlarında bir artış görülmektedir. Çimentoya eklenti olarak kullanılan bu tür malzemeler genelde endüstriyel atıklardan tercih edilerek çevre kirliliğini önlemek amaçlanmaktadır. Cam tozunun beton karışımında çimentoya eklenti olarak kullanılması da çevresel atıkların değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Pencere ve kapılarda kullanılan camlar, ampüllerde kullanılan camlar, süs eşyalarında kullanılan camların tamamı camın kırılması ile atık hale gelmekte ve kullanılamaz olmaktadır. Bu camların mikron seviyesinde öğütülmesi ile tekrardan kullanıma kazandırılması mümkün olmaktadır. Camın kimyasal içeriği incelendiğinde çimentoya benzer kimyasal birleşimlerden oluştuğu ve çimentonun gerçekleştirdiği kimyasal tepkimeleri sağlayabileceği görülmektedir. Bu özelliği kullanılarak çimento yerine çevre dostu bir malzeme olarak kullanılması mümkün olmaktadır.

Bu çalışma da bir kontrol numunesi ve cam tozunun çimento yerine sırasıyla %10, %15 ve %20 oranlarda kullanıldığı karışımın hazırlanmıştır. Buhar kücü uygulanan karışımın 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde cam tozunun beton basınç dayanımını %20 oranında artırdığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cam Tozu, Buhar Kücü, Beton Basınç Dayanımı, Beton Karışımı

EFFECT OF GLASS POWDER ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH

*Mehmet UZUN, **M. Tolga ÇÖĞÜRCÜ, ***Ülkü S. KESKİN

*Karamanoğlu Mehmet Bey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, KARAMAN

**Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA

***Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, KONYA

*mehmetuzun@selcuk.edu.tr, **mtolgac@selcuk.edu.tr, ***ulkusyilmaz@selcuk.edu.tr

ABSTRACT

Due to the carbon dioxide emission resulting from the production of cement, there has been an increase in the search for materials that could be used instead of cement in recent years. Such materials used as cement additive are generally aimed at preventing environmental pollution by being preferred from industrial wastes. The use of glass powder as a cement additive in the concrete mix also aims at the assessment of environmental wastes. Glasses used in windows and doors, light bulbs, decorative materials become waste and unusable due to breakage of glass. It is possible to recycle these glasses by micron-level grinding. When the chemical content of the glass is examined it can be seen that it is composed of chemical compounds similar to cement and can provide the chemical reactions that the cement performs. It is possible to use this feature as an environmentally friendly material instead of cement.

In this study, a control sample and blends are prepared in which glass powder is used at 10%, 15% and 20%, respectively, instead of cement. Compressive strengths of 7 days and 28 days of steam cured mixtures are compared. As a result of the study, it was observed that glass powder increased the concrete compressive strength by 20%.

Keywords: Glass Powder, Steam Cure, Concrete Compressive Strength, Concrete Mixture

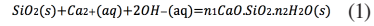
GİRİŞ

Dünyada artan sera gazı etkileri ile çevre kirliliğinin ve karbondioksit salınımının azaltılmasına yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Çimento üretim tesisleri de karbondioksit salınımının en fazla olduğu endüstriyel tesislerden biridir. Karbondioksit salınımının küresel ısınmadaki payı %65 civarında ve çimento üretimi ise karbondioksit salınımı içerisinde %7' lik bir paya sahiptir [1, 2]. Birleşik Devletler'de 2007 yılında üretilen betonun yaklaşık 800 milyon ton olduğu, dünyada toplamda üretilen betonun ise 11 milyar ton olduğu düşünüldüğünde beton içerisinde kullanılan çimentonun kullanımını azaltacak çalışmaların yapılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır [3-5].

Gelişen sanayi tesisleri, nüfustaki artış gibi etkilere endüstriyel atıklarda oldukça yüksek bir artış görülmektedir. Bu atıkların depolanması, imha edilmesi veya yeniden kullanıma alınması önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir [1, 6]. Atık camlar da diğer endüstriyel atıklar gibi çözünmesi zor ve geri dönüşüm maliyeti yüksek ürünlerdir [4]. Diğer bir taraftan silika yönünden zengin olması ve dünya genelinde çok fazla atık ortaya çıkması atık camların daha önemli bir hale getirmektedir. Cam üretimi kristalleşme olmadan katılaşmanın gerçekleştiği sırada yüksek sıcaklıktaki kalsiyum karbonat, soda külü ve erimiş silikanın soğutulmasıyla gerçekleşmektedir [7, 8]. Dünya çapında atıkların 2004 yılında 200 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir ve bunun %7'si ise cam ürünlerden oluşmaktadır [9, 10]. 2013 yılında sadece Amerika'da 11.54 milyon ton atık cam oluşmuştur ve bunun sadece %27.3'ü tekrar kullanıma dönüştürülmüştür [9]. Cam fiber ve agrega olarak birçok kompozitin güçlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [11-14]. Cam atıkları ise beton içerisinde agrega olarak [15-17], dolgu olarak [18], alkali ile aktive edilmiş bağlayıcı olarak [19] ve çimentoya eklenti olarak [20, 21] gibi farklı şekillerde kullanımı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [9].

. Atık camların puzolanik özelliği sayesinde beton içerisinde kullanıma olanak sağlamaktadır. Beton agregası olarak bazı denemeler yapılmış ancak beton yüzeyinde oluşan çatlamlar bir olumsuzluk oluşturmuştur [22-24]. Cam tozunun 0.005 mm boyutun altında öğütülerek çimentoya eklenti olarak kullanılması yönünde yapılan çalışmalarda daha olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Özellikle çimentoya eklenti olarak kullanılması sonucu dayanım ve dayanıklılığı artırmak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır [3, 24-27].

Atık cam tozunun çimentoya eklenti olarak kullanılmasındaki amaç içeriğindeki silisten yararlanmaktır. Cam tozu puzolanik özelliği sayesinde ek avantajlar sağlamaktadır. Cam tozu içeriğindeki amorf silikanın (SiO₂) çimento hidratasyonu sırasında oluşan portlandit (Ca(OH)₂) ile reaksiyona girerek kalsiyum silika hidrat (C-S-H) yapıları oluşturur [7, 20, 21, 28]. Kullanılan atık cam tozunun gerçekleştirdiği reaksiyonlar aşağıda verilmiştir [29]:



Cam tozunun çimentoya eklenti miktarı ile ilgili çok fazla çalışma yapılmıştır. İslam ve ark. 2017'de yaptıkları çalışma da kontrol numunesi haricinde çimentoya eklenti olarak %10, 15, 20, 25 oranlarda cam tozu kullanarak numuneler üretmiştir. Numunelerin 7 günlük, 28 günlük, 56 günlük, 90 günlük, 180 günlük ve 365 günlük basınç test sonuçlarına bakılmıştır. Sonuç olarak %20 cam tozunun optimum seviye olduğuna karar verilmiştir [30]. Kushartomo ve ark. 2015'te yaptıkları çalışma da ise çimentoya eklenti olarak %10, 20, 30 cam tozu kullanarak numuneler hazırlamışlardır. Hazırlanan numunelerde basınç, çekme, eğilme testleri yapılmıştır. Deney sonuçlarına göre optimum oranın %20 olduğuna karar verilmiştir [31]. Orhan ve Esen 2017'de yaptıkları çalışma da, hazırladıkları numunelerde çimentoya eklenti olarak %5, 10, 15, 20 oranlarında cam tozu kullanmışlardır. Yapılan deneylerde su emme kapasitesi, yarmada çekme dayanımı gibi mekanik özellikler irdelenmiştir. Sonuç olarak optimum cam tozu miktarının %10 olduğu vurgulanmıştır [1]. Öz 2017'de yaptığı çalışma da çimentoya eklenti olarak %5, 10, 15, 20 oranlarında cam tozu kullanarak numuneler üretmiştir. Taze beton özellikleri ile basınç dayanımı, eğilme dayanımı gibi mekanik özellikler irdelenmiştir. Sonuç olarak kendiliğinden yerleşen betonlarda yüksek fırın çürufu ve atık cam tozu gibi endüstriyel atıkların değerlendirilmesinin faydalı olacağı kanaatine varılmıştır [4].

Bu çalışma kapsamında çimento kullanımını azaltmak ve atık maddelerin tekrar kullanımını sağlamak amacı ile atık camların çimentoya eklenti olarak kullanılması amaçlanmıştır. Kontrol numunesi dışında çimentoya eklenti olarak %10, 15, 20 oranlarında cam tozu eklenmiştir. Karışımın işlenebilirliğin sağlanabilmesi için hiper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Cam tozu kullanımının taze beton çökmeye değerine etkisini irdelemek için slump değerleri ölçülmüştür. Hazırlanan numunelerin boyutları 150x150x150 mm olarak alınmıştır. Numuneler kalıba yerleştirilirken

yönetmelik şartlarına uygun olarak şişlenerek yerleştirilmiştir. Numuneler bir gün bekletildikten sonra buhar kürüne tabi tutulmuştur. Buhar kürü sonrasında ise normal küre bırakılmıştır. 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Malzeme Özellikleri

Deneylerde toplamda 4 farklı karışım oranında numuneler üretilmiştir. Numunelerde çimentoya

eklenmesi olarak ağırlıkça %10, 15 ve 20 oranlarında cam tozu (CT) eklenmiştir. Cam tozu Konya'da bulunan atık camları öğütürerek pres baskı ile seramik üreten bir firmadan temin edilmiştir (Şekil 1). Kullanılan cam tozu 0.005 cm maksimum tane çapı olacak şekilde öğütülerek elde edilmiştir.



Şekil 1. Cam tozu

Çimento olarak, Konya Çimento firması tarafından üretilen TS EN 197-1'de CEM I 42.5 R olarak tanımlanan çimento kullanılmıştır. Karışımında hiper akışkanlaştırıcı olarak Sefar Conslumper 5252 HZ

hiper akışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılmıştır. Kullanılan çimento ve cam tozunun üretici firmalardan alınan kimyasal içerikleri ise tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimento ve cam tozu kimyasal içerikleri

Bileşenler (%)	Çimento	Cam Tozu
SiO ₂	20.83	71.79
Al ₂ O ₃	5.14	2.23
Fe ₂ O ₃	3.01	0.28
CaO	63.87	10.51
MgO	2.47	0.84
SO ₃	2.5	-
Na ₂ O	0.15	13.83
TiO ₂	-	0.1
Cr ₂ O ₃	-	0.01
K ₂ O	-	0.17

Hiper akışkanlaştırıcının (HA) özellikleri ise tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Hiper akışkanlaştırıcı özellikleri

Renk	Koyu Kahverengi
Yoğunluk	1.06
Kullanım Dozajı	0.8-2.0
Ph Değeri	3.8

2.2. Karışım Oranları

Cam tozunun farklı oranlarda çimentoya eklenmesi ile hazırlanan numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları test edilmiştir. Toplamda kontrol numuneleri de dahil olmak üzere 24 adet küp numune hazırlanmıştır. Cam tozu katkısından dolayı karışım

oluşabilecek kıvam problemlerini incelemek için her karışımında slump testleri yapılmıştır. Çalışma da kontrol numunesi “KN” %10 cam tozu içerikli numune “CT10” %15 cam tozu içerikli numune “CT15” ve %20 cam tozu içerikli numune ise “CT20” olarak adlandırılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan karışım oranları ise tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Beton karışım oranları

Numune Adı	Çimento (kg/m ³)	Su (kg/m ³)	Su/(Çimento+Cam Tozu)	Hiper Akışkanlaştırıcı (kg/m ³)	Cam Tozu (kg/m ³)	Agrega (kg/m ³)		
						0-5	7-15	15-25
KN	330	157	0.48	8	-	1120	390	385
CT10	297	157	0.48	8	33	1118	389	384
CT15	280.5	157	0.48	8	49.5	1116	387	382
CT20	264	157	0.48	8	66	1114	386	379

Karışımlarda agrega olarak kırma taş kullanılmıştır (Şekil 2). Hazırlanan karışımlar üç aşamada kalıp içine yerleşmesi sağlanarak 150x150x150 mm kalıplara yerleştirilmiştir ve beton yüzeyinin iyi çıkması için beton yüzeyi düzeltilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Kırma taş agrega

Hazırlanan karışımlar öncelikle TS 3648 kurallarına göre bir gün bekletildikten sonra buhar kürtüne maruz bırakılmıştır. Buhar kürtü sonrasında ise küre havuzunda küre bırakılmıştır.



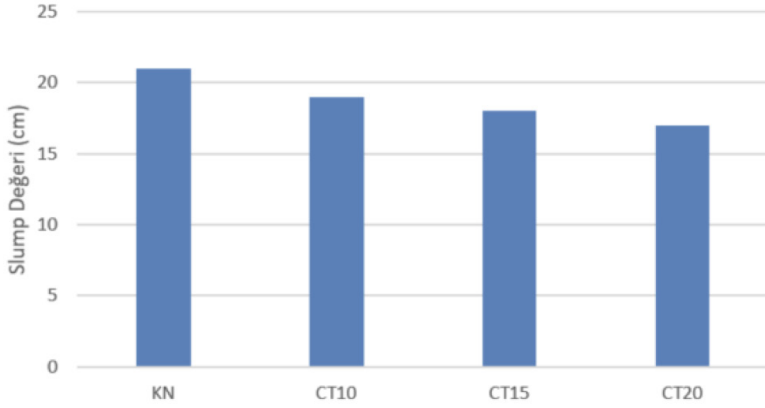
Şekil 3. Betonun kalba yerleştirilmesi

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Çökme Testi (Kıvam)

Oluşturulan karışımlarda kıvam açısından en iyi sonuçlar kontrol numunesi ile elde edilmiştir. Cam

tozu karıştırılan numunelerde cam tozu miktarı arttıkça belirgin bir şekilde slump değerlerinde azalma oluşmuştur. Bu nedenle kalba yerleştirme işleminde de güçlük yaşanmıştır. Çökme testi sonuçları şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Çökme testi sonuçları

Kullanılan cam tozu miktarındaki artışla kıvamın azalmasına neden olan şey cam tozunun çimentodan daha ince bir malzeme olmasıdır. Cam tozunun inceliğinin fazla olması nedeni ile suyun kaplaması gereken yüzey alanı artmış ve suyla temas eden yüzey genişledikçe su ihtiyacı artmıştır. Bir başka deyişle kontrol numunesinde sadece çimento kullanıldığı için suyun kaplayacağı bağlayıcı yüzey alanı daha düşük olmuştur. Ancak çimento ve cam tozunun birlikte kullanıldığı numunelerde cam tozunun daha ince bir malzeme olmasından dolayı suyun kaplayacağı bağlayıcı yüzey alanında artış olmuş ve su ihtiyacı da artmıştır.

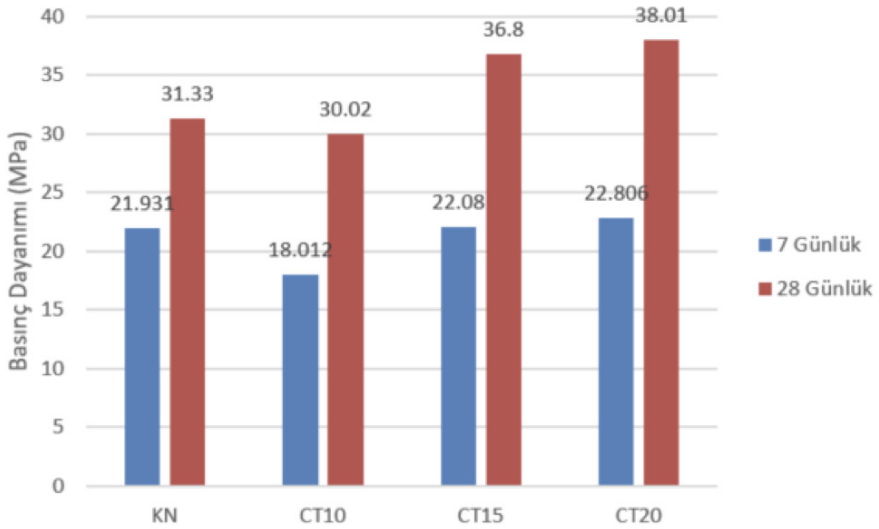
3.2. Basınç Testi

Basınç testleri için 150x150x150 mm boyutlarında toplamda her karışımdan 6'şar adet olacak şekilde 24 adet numune üretilmiştir. Numunelerin 3 tanesi 7 günlük basınç testi için, 3 tanesi ise 28 günlük basınç testi için üretilmiştir. Test sonuçlarında 3 numuneden elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır. Basınç testleri Selçuk Üniversitesi Yapı Malzemesi laboratuvarında basınç test cihazlarında yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Basınç testleri

Basınç testinde 7 günlük numunelerde ve 28 günlük numunelerde elde edilen sonuçların ortalaması şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Basınç dayanım testi sonuçları

Basınç testlerinde cam tozu kullanılan numunelerde 7 günlük sonuçlarda kontrol numunesinden daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Cam tozu eklentili numunelerin 28 günlük basınç testi sonuçlarında ise

kontrol numunesinden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Buradan anlaşılmaktadır ki cam tozu kullanımı basınç dayanımında ilk kazanımı düşürürken nihai dayanımı artırmaktadır.

4. Sonuçlar ve öneriler

Çalışma kapsamında biri kontrol grubu olmak üzere cam tozu oranları değiştirilerek toplamda 4 grup numune üretilmiştir. Her grupta 7 günlük ve 28 günlük basınc dayanımları ve slump değerleri incelenmiştir. Aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Cam tozu kullanım oranı arttıkça karışımların kıvamı azalmıştır. Cam tozunun inceliğinin fazla olmasından dolayı yüzey alanı artışı nedeniyle kıvam azalmıştır.

- Cam tozu kullanımı arttırdıkında slump değerlerinde azalma gerçekleşmiştir. Bu nedenle cam tozunun miktarı arttırıldıkka kullanılacak hiper akışkanlaştırıcı miktarı da arttırılmalıdır. Bu çalışmada hiper akışkanlaştırıcı miktarı sabit tutulduğu için karışımın işlenebilirlik ve yerleştirme özelliklerinde kayıplara neden olmuş sonuç olarak slump değerinde azalma gerçekleşmiştir.

- Basınc dayanımı açısından en iyi sonuçlar %20 oranında cam tozu kullanımı ile elde edilmiştir.

- Cam tozu kullanımında betonun basınc dayanımında ilk kazanımda azalma gerçekleşirken nihai dayanımda kazanımlar olmuştur.

- 28 günlük basınc dayanımı sonuçları incelendiğinde %20 oranında basınc dayanımına katkı sağladığı gözlenmiştir.

- Kullanılan cam tozu tanelerinin inceliği sayesinde mekanik etki ile oluşan çatlakların ilerleme hızı yavaşlatılmıştır. Bu sayede basınc dayanımlarında kazanımlar elde edilmiştir.

- Cam tozunun mekanik özelliklere katkısı çimentoya göre daha iyi reaktiflik göstermesi, daha ince taneli bir malzeme olması, daha fazla yüzey alanına sahip olması sayesinde gerçekleşmektedir.

- Atık camların geri dönüştümü için çimentoya katkı olarak kullanılması iyi bir yöntem olarak değerlendirilebilir.

- Çimento retimi sırasında gerçekleşen karbondioksit salınımını azaltmak ve daha evre dostu bir beton üretimi gerçekleştirmek için atık camların çimentoya eklenti olarak kullanılması uygun olacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] E. Orhan, Y. Esen, Öğütülmüş Atık Cam Tozu Katkılı Betonun Puzolanik Aktivitesi ve Yarmada Çekme Dayanımının Belirlenmesi, *Journal of New World Science Academy* 12(2) (2017) 108-116.
- [2] M. Türkeş, Sera Gazı Salınımlarının Azaltılması İçin Sürdürülebilir Teknolojik ve Davranışsal Seçenekler, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: Çevre Bilim ve Teknoloji Küreselleşmenin Yansımaları, Ankara, 2003, pp. 267-285.
- [3] A.A. Aliabdo, A.E.M.A. Elmoaty, A.Y. Aboshama, Utilization of Waste Glass Powder in The Production of Cement and Concrete, *Construction and Building Material* 124 (2016) 866-877.
- [4] H.Ö. Öz, Atık Cam Tozu ve Yüksek Fırın Cürufunun İçeren Kendiliğinden Yerleşen Harçların Taze, Mekanik ve Durabilite Özellikleri, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 20(4) (2017) 9-22.
- [5] C. Pade, M. Guimaraes, The co2 uptake of concrete in a 100 year perspective, *Cement and Concrete Research* 37(9) (2007) 1348-1356.
- [6] Ö. Özkan, Atık Cam ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Harçların Özellikleri, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 22(1) (2007) 87-94.
- [7] A. Omran, A. Taghit-Hamou, Performance of glass-powder concrete in field applications, *Construction and Building Material* 109(2016) (2016) 84-95.
- [8] S.B. Park, B.C. Lee, J.H. Kim, Studies on Mechanical Properties of Concrete Containing Waste Glass Aggregate, *Cement and Concrete Research* 34(12) (2004) 2181-2189.
- [9] H. Du, K.H. Tan, Properties of High Volume Glass Powder Concrete, *Cement and Concrete Composites* 75(2017) (2017) 22-29.
- [10] I.B. Topcu, M. Canbaz, Properties of Concrete Containing Waste Glass, *Cement and Concrete Research* 34(2004) (2004) 267-274.
- [11] H. Suzuki, M. Taira, K. Wakasa, M. Yamaki, Refractive-Index-Adjustable Fillers for Visible-Light-Cured Dental Resin Composites: Preparation of TiO₂-SiO₂ Powder by The Sol-Gel Process, *Journal of Dental Research* 70(5) (1991) 883-888.
- [12] C. Yang, C. Cheng, The Influence of B₂O₃ on The Sintering of MgO-CaO-Al₂O₃-SiO₂ Composite Glass Powder, *Ceramics International* 25(4) (1999) 383-387.
- [13] S.A. Yildizel, Mechanical Performance of Glass Fiber Reinforced Composites Made with Gypsum, Expanded Perlite, and Silica Sand, *Revista Romana de Materiale-Romanian Journal of Materials* 48(2) (2018) 229-235.
- [14] S.A. Yildizel, S. Çarbaş, Mechanical Performance Comparison of Glass and Mono Fibers Added Gypsum Composites, *Challenge* 4(1) (2018) 9-12.
- [15] H. Du, K.H. Tan, Concrete with Recycled Glass as Fine Aggregates, *ACI Materials Journal* 111(2014) (2014) 47-58.
- [16] T.C. Ling, C.S. Poon, Feasible Use of Large Volumes of GGBS in %100 Recycled Glass Architectural Mortar, *Cement and Concrete Composites* 53(2014) (2014) 350-356.

KAYNAKÇA

- [17] K.H. Tan, H. Du, Use of Waste Glass as Sand in Mortar: Part 1-Fresh-mechanical and Durability Properties, *Cement and Concrete Composites* 35(2013) (2013) 109-117.
- [18] V. Vaitkevicius, E. Serelis, H. Hillbig, The Effect of glass Powder on The Microstructure of Ultra High Performance Concrete, *Construction and Building Material* 68(2014) (2014) 102-109.
- [19] R. Redden, N. Neithalath, Microstructure, Strength and Moisture Stability of Alkali Activated Glass Powder-Based Binders, *Cement and Concrete Composites* 45(2014) (2014) 46-56.
- [20] Y. Shao, T. Lefort, S. Moras, D. Rodriguez, Studies on concrete containing ground waste glass, *Cement and Concrete Research* 30(2000) (2000) 91-100.
- [21] C. Shi, Y. Wu, C. Riefler, H. Wang, Characteristics and Pozzolanic Reactivity of Glass Powders, *Cement and Concrete Research* 35(2005) (2005) 987-993.
- [22] C.D. Johnston, Waste Glass as Coarse Aggregate for Concrete, *Journal of Testing and Evaluation* 2(5) (1974) 344-350.
- [23] C. Meyer, S. Baxter, W. Jin, Alkali-Aggregate Reaction in Concrete Mechanism, *Cement and Concrete Research* 17(1) (1987) 141-152.
- [24] P. Turgut, Uçucu Kül, Kireç ve Cam Tozu Kullanarak Blok Üretimi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 24(3) (2018) 413-418.
- [25] F. Aladdine, S. Laldji, A. Tagnit-Hamou, Glass Powder As An Alternative Cementitious Material in Concrete, 10th ACI International Conference Recent Advances in Concrete Technology and Sustainability Issues, Sevilla, Spain, 2009, pp. 683-698.
- [26] A.F. Omran, E. D.-Morin, D. Harbec, A. Tagnit-Hamou, Long-Term Performance of Glass-Powder Concrete in Large Scale Field Applications, *Construction and Building Material* 135 (2017) 43-58.
- [27] G. Vijayakumar, H. Vishaliny, D. Govindarajulu, Studies on Glass Powder as Partial Replacement of Cement in Concrete Production, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering* 3(2) (2013) 153-157.
- [28] A. Shayan, A. Xu, Value-added utilisation of waste glass in concrete, *Cement and Concrete Research* 34(1) (2004) 81-89.
- [29] S. Urhan, Alkali silica and pozzolanic reactions in concrete. Part I: Interpretation of published results and a hypothesis concerning the mechanism, *Cement and Concrete Research* 17(1) (1987) 141-152.
- [30] G.M.S. Islam, M.H. Rahman, N. Kazi, Waste Glass Powder as Partial Replacement of Cement for Sustainable Concrete Practice, *International Journal of Sustainable Built Environment* 6(2017) (2017) 37-44.
- [31] W. Kushartomo, I. Bali, B. Sulaiman, Mechanical Behavior of Reactive Powder Concrete with Glass Powder Substitute, *Procedia Engineering* 125(2015) (2015) 617-622.
- [32] H.O. Oz, Fresh, mechanical and durability properties of self-compacting mortars incorporating waste glass powder and blast furnace slag, *Kahramanmaraş Sutcu Imam University Journal of Engineering Sciences* 20(4) (2017) 9-22.