



**Eyyüp Orhan**

Bozok University, eyyup.orhan@bozok.edu.tr, Yozgat-Turkey

**Yüksel Esen**

Fırat University, yesen@firat.edu.tr, Elazığ-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2017.12.2.1A0378>

## **ÖĞÜTÜLMÜŞ ATIK CAM TOZU KATKILI BETONUN PUZOLANİK AKTİVİTESİ VE YARMADA ÇEKME DAYANIMININ BELİRLENMESİ**

### **ÖZ**

Bu çalışmada, öğütülmüş atık cam tozu katılı betonun, puzolanik aktivitesi, yarmada çekme dayanımı, su emme, porozite, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerleri bulunmuştur. Deneylerde kullanılan öğütülmüş atık cam tozu, betona %0, %5, %10, %15, %20 oranlarında, çimento ile yer değiştirilerek ilave edilmiştir. Numunelerin hazırlanmasında maksimum tane çapı (d<sub>max</sub>) 16 mm olan agrega kullanılmıştır. Puzolanik aktivite için 5x5x5 mm ölçülerinde, yarmada çekme dayanımı, su emme, porozite, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık deneyleri için 100x100x100 mm ölçülerinde küp numuneler hazırlanmıştır. Numuneler 20±2°C'de 7, 28, 90 gün standart su küründe bekletilmişlerdir. Kür işlemi tamamlanan numunelere deneyler uygulanmıştır. Cam tozu katkısının puzolanik aktivitesinin olduğu görülmüştür. İleriki yaşlarda betonun yarmada çekme dayanımı kontrol betonuna göre artış göstermiştir. Optimum cam tozu kullanım değerinin %10 ve %15 oranında olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Cam Tozu, Beton, Puzolanik Aktivite, Yarmada Çekme, Porozite

## **THE POZZOLANIC ACTIVITY OF THE CONCRETE MIXED WITH GROUND WASTE GLASS POWDER AND THE DETERMINATION OF TENSILE SPLITTING STRENGTH**

### **ABSTRACT**

In this study, the values of the pozzolanic activity, tensile splitting strength, water absorption, porosity, unit volume weight and the specific weight of the concrete mixed with ground waste glass powder have been determined. The ground waste glass powder which was used in the experiments was added by being replaced with the cement in the percentage of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% into the concrete. In the preparation of the samples; the aggregate, which was 16 mm (d<sub>max</sub>) of maximum grain diameter was used. The samples of cube in the sizes of 100x100x100 for the experiments of the tensile splitting strength, water absorption, porosity, unit volume and specific weight were prepared. The samples were steeped in standard water cure during 7, 28, 90 days in 20±2°C. The tests were applied to the samples of which the cure process was completed. It was observed that the pozzolanic activity of the additive of glass powder occurred. The tensile splitting strength of the concrete in future years showed an increase according to the control concrete. It was observed that the optimum usage value of glass powder was 15% and 20%.

**Keywords:** Glass Powder, Concrete, Pozzolanik Aktivite, Splitting Tensile, Porosity

### **How to Cite:**

Orhan, E. ve Esen, Y., (2017). Öğütülmüş Atık Cam Tozu Katkılı Betonun Puzolanik Aktivitesi ve Yarmada Çekme Dayanımının Belirlenmesi, **Engineering Sciences (NWSAENS)**, 12(2):108-116, DOI: 10.12739/NWSA.2017.12.2.1A0378.



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Çimento üretim tesisleri karbondioksit salınımının ve fosil yakıt tüketiminin en fazla olduğu sanayi kuruluşlarından biridir. Karbondioksit gibi sera gazlarının yayılmasında meydana gelen artış sebebiyle dünya küresel ısınma sorunu ile karşı karşıya kalmıştır. Küresel ısınmanın yaklaşık %65'i karbondioksit kaynaklı ve sera gazının yayılımı konusunda çimento sanayisinin payı %7 civarındadır. Bu olumsuz durum çimentoya alternatif olarak kullanılacak bağlayıcı malzemeleri arama ihtiyacı doğurmuştur [1]. Nüfus artışı, toplumun tüketim alışkanlıkları, endüstriyel tesislerin çoğalması ve bu gelişmelere paralel olarak endüstriyel atıkların çeşitli çevre sorunlarını meydana getirdiği bilinmektedir. Bu sorunların çözümü için atık malzemelerin depolanması, imha edilmesi veya yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir [2].

Günümüzde, kaliteli ve ekonomik yapı malzemelerine olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle, bazı endüstriyel atıkların yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi gerek ekonomik gerekse çevre sorunlarını çözme bakımından büyük önem taşımaktadır. Camlar günlük hayatta, şişe camı, pencere camı, dekoratif camlar, ampül camı, ışın tüpleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır [2]. Bu camlar atıl malzeme olduktan sonra çimento üretiminde, cam agrega veya filler malzeme olarak ve çimento yerine puzolanik katkı olarak geri dönüştürülmesi sağlanabilmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde katı atıklar sosyal, ekonomik ve çevresel sorunların en büyüğünü oluşturmaktadır. Atıkların denetim, kontrol altına alınması, çimento ve beton üretimine geri kazandırılmasına yönelik çalışmalar yapılmaktadır [3 ve 10]. Birçok yerleşim yeri için çok büyük problem teşkil eden katı atıkların önemli bir miktarını oluşturan cam atıklar, bazı durumlarda kaynağından özel olarak ayrılırken, bir miktarı da çöplüklerden ayırt edilerek yeniden değerlendirme için toplanmaktadır. Bu atıkların önemli bir bölümü cam eşya üretiminde kullanılmaktadır [11].

Puzolan malzeme, kendi başına bağlayıcılık değeri olmayan veya bağlayıcılık değeri çok az olan silikalı ve alüminalı malzemelerdir. İnce taneli durumdayken söndürülmüş kireç ve su ile birleştiğinde bu malzemeler arasında bir takım kimyasal reaksiyonlar oluşmaktadır. Kalsiyum hidroksit, silis ve su ile arasındaki reaksiyonlar, portland çimentosunun hidrasyonunda olduğu gibi hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip kalsiyum-silika-hidrat (C-S-H) jellerinin oluşmasına yol açmaktadır [12 ve 16]. Literatür araştırmalarında; Shao ve diğerleri, 38µm'den daha küçük tane çaplı cam tozunun beton içerisinde puzolanik etki yaptığını bulmuşlardır. Shayan ve Xu, atık cam tozunun beton durabilitesine katkıda bulunduğunu göstermiştir. Shi ve diğerleri, atık cam tozu kullanılarak üretilmiş harçlar üzerinde yapmış oldukları testler neticesinde alkali-silika reaksiyonunun azaldığını bulmuşlardır. Cornialdesi ve diğerleri, 100 µm'den daha küçük tane çaplı cam tozu ile yapılan harç ve betonlarda alkali-silika reaksiyonlarının hiç oluşmadığını göstermişlerdir. Topcu ve Canbaz ise atık camların betonda iri agrega olarak kullanılması durumunda, betonun işlenebilirlik ve basınç dayanımını bir miktar düşürdüğünü belirtmişlerdir [17 ve 21].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada atık camların öğütülüp betonda çimento yerine kullanımının puzolanik etkisi, betonun fiziksel özelliklerine etkisi ve betonun yarmada çekme dayanımına katkısının olup olmadığı deneysel olarak araştırılmıştır.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

#### 3.1. Malzemeler (Materials)

Deneylerde, Elazığ Çimento Fabrikası'ndan temin edilen ve TS EN 197-1'de CEM I 42.5 R olarak tanımlanan çimento kullanılmıştır [16]. Mineral katkı olarak atık pencere camlarının 50 µm tane büyüklüğüne kadar öğütülmesi sonucu elde edilen cam tozu kullanılmıştır. Kimyasal katkı olarak Sika ViscoCrete Hi-Tech-36 Serisi üçüncü nesil süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Çimentonun ve Cam tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de, akışkanlaştırıcının özellikleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun ve Atık cam tozunun fiziksel ve kimyasal özellikleri [11]

(Table 1. Physical and chemical properties of cement and waste ground glass powder [11])

Bileşenler (%)	Portland Çimentosu	Atık Cam Tozu
SiO <sub>2</sub>	21.12	73.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.62	1.69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.24	0.98
CaO	62.94	9.89
SO <sub>3</sub>	2.30	1.72
MgO	2.73	2.96
Na <sub>2</sub> O	-	7.89
Kızdırma Kaybı	1.78	-
Özgül Yüey (cm <sup>2</sup> /gr)	3430	-
Özgül Ağırlık	3.10	2.6

Tablo 2. Akışkanlaştırıcı katkının kimyasal ve fiziksel özellikleri [22]

(Table 2. Chemical and physical properties of plasticizer [22])

Görünüm/Renk	Açık Kahverengi Sıvı
Kimyasal Yapı	Modifiye polikarboksilat esaslı polimer
Yoğunluk	1.07-1.11 kg/l (20 °C'de)
pH Değeri	3-7
Donma Noktası	-9
Suda Çözünürlük Klorür Yüzdesi	En Fazla %0.1, Klorür içermez

#### 3.2. Karışım Oranları ve Detayları (Mix Proportions and Details)

Öğütülmüş atık cam tozu kullanılan betonların puzolanik aktivitesi, yarmada çekme dayanımı, su emme, porozite, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık deneyleri için 7, 28 ve 90 günlük kür süreleri için beş farklı beton serisi hazırlanmıştır. Bu seriler; kontrol numunesi (Control), %5 cam tozu katkılı numune (CGP5), %10 cam tozu katkılı numune (CGP10), %15 cam tozu katkılı numune (CGP15) ve %20 cam tozu katkılı numunelerden (CGP20) oluşmaktadır. Tüm beton serilerinde aynı tane çapına sahip agrega kullanılmış olup, çimento dozajı 400 kg/m<sup>3</sup> olarak seçilmiştir. Katkı maddesi olarak kullanılan öğütülmüş cam tozu, Portland çimentosu ile ağırlık olarak yer değiştirilerek kullanılmıştır. Tüm beton serilerinde karışımların slump deneyinin çökme değeri 7-9 cm arasında bulunmuştur. Puzolanik aktivite indeksi için 50x50x50 mm, Yarmada çekme dayanımı, su emme, porozite, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık deneyleri için 100x100x100 mm ölçülerinde küp numune kalıpları kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlar, her defasında 25'er kez şişlenerek 3 aşamada kalıplara yerleştirilmiştir. Bir gün kalıplarda bekletilen numuneler

sökülerek 7, 28 ve 90 gün 20±2°C'de su kürüne tabi tutulmuşlardır. Hazırlanan beton numunelerin karışım oranları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Beton karışım oranları  
(Table 3. Concrete mixture rates)

Karışım	Çimento (kg/m <sup>3</sup> )	Su/Toz	SA* (kg/m <sup>3</sup> )	GP** (kg/m <sup>3</sup> )	Agrega (kg/m <sup>3</sup> )		
					0-4	4-8	8-16
CONTROL	400	0.53	4	0	600	515	598
CGP5	380	0.53	4	20	599	513	597
CGP10	360	0.53	4	40	597	511	594
CGP15	340	0.53	4	60	595	508	593
CGP20	320	0.53	4	80	594	506	592

\*Süper Akışkanlaştırıcı

\*\*Öğütülmüş Cam Tozu (Glass Powder)

### 3.3. Puzolanik Aktivitenin Belirlenmesi (Determination of Pozzolanic Activity)

ASTM standartına göre, önce 500 g portland çimentosu +1375 g kum +242 ml su kullanılarak kontrol harcı hazırlanmıştır. Daha sonra 400 g portland çimentosu +100 g öğütülmüş cam tozu +1375 g kum + kontrol karışımının gösterdiği akmayı sağlayabilecek kadar su kullanılarak harç hazırlanmıştır [12]. Bu iki harçtan 5 cm'lik küp numuneler hazırlanarak 7, 28, 90 gün sonunda basınç deneyine tabi tutulmuştur. Dayanım aktivite indeksinin hesaplanmasında aşağıdaki formül kullanılmıştır [23-25].

$$\text{Dayanım Aktivite İndeksi} = \left(\frac{A}{B}\right) \times 100 \quad (1)$$

A= Katkılı Harç Numunelerinin Ortalama Basınç Dayanımları

B= Kontrol Harç Numunelerinin Ortalama Basınç Dayanımları

### 3.4. Fiziksel Özelliklerin Belirlenmesi (Determination of Physical Properties)

Su emme, porozite, birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık deneyleri için 100 mm'lik küp numuneler hazırlanarak 28 gün sonunda deneylere başlanmıştır. Numuneler değişmez ağırlığa gelene kadar su içinde bekletilmiştir. Numuneler sudan çıkarılıp doygun yüzey kuru hale getirilip tartılmıştır. Numuneler etüve bırakılarak değişmez ağırlığa gelene kadar kurutulmuştur. Etüvden çıkan numuneler tartılarak etüv kuru ağırlığı bulunmuştur. Tartımlar sonucunda elde edilen değerler aşağıdaki formüllerde yerlerine konularak sonuçlar bulunmuştur;

$$\text{Su emme (\%)} = \left(\frac{W_{dyk} - W_0}{W_0}\right) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Görünür Porozite (\%)} = \left(\frac{W_{dyk} - W_0}{W_{dyk} - W_1}\right) \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Özgül Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)} = \left(\frac{W_0}{W_{dyk} - W_1}\right) \quad (4)$$

$$\text{Numunenin Hacmi (cm<sup>3</sup>)} = \left(\frac{W_{dyk} - W_1}{998}\right) \times 1000 \quad (5)$$

$$\text{Birim Hacim Ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)} = \left(\frac{W_0}{H}\right) \quad (6)$$

W<sub>dyk</sub> = Suya Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (gr)

W<sub>0</sub> = Etüv Kuru Ağırlık (gr)

W<sub>1</sub> = Su Altındaki Ağırlık (gr)

H = Numunenin Hacmi (cm<sup>3</sup>)

### 3.5. Yarmada Çekme Dayanımı Deneyi (Splitting Tensile Strength Test)

Yarmada çekme dayanımı deneyi için 100x100x100 ebadında mm küp numuneler kullanılmıştır. Her yaş için 3'er adet numune olmak üzere 7,

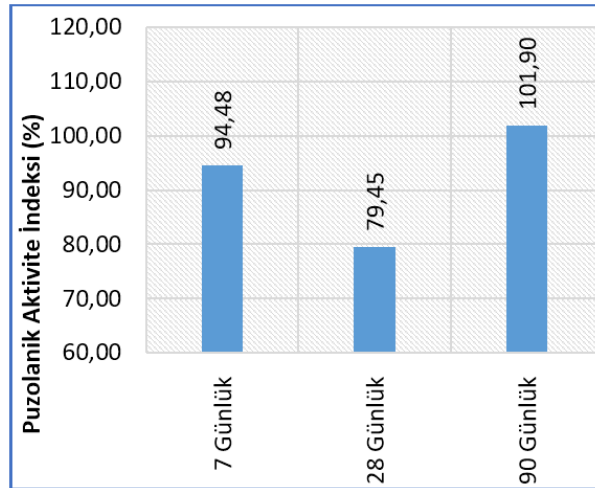
28 ve 90 günlük dayanımlarına bakılmıştır. Numunelerin yarmada çekme dayanımı deneyi TS EN 12390-6 standardındaki hususlar dikkate alınarak uygulanmıştır [26]. Yarmada çekme dayanımı deneyinin uygulanmasında 3000 kN yükleme kapasiteli hidrolik yük kontrollü, dijital göstergeli otomatik pres kullanılmıştır. Pres tablasının merkezine 10x10x100 mm ölçülerindeki demir çubuklar arasına numune yerleştirilerek yükleme yapılmıştır. Kırım sonrası preste okunan değer aşağıdaki formülde yerine konularak numunenin, yarmada çekme dayanımı hesaplanmıştır.

$$\sigma_{\text{ç}} = \frac{2P}{\pi S}$$

$\sigma_{\text{ç}}$  = Küp numunelerin yarmada çekme dayanımı (N/mm<sup>2</sup>)  
P = Kırılmaya neden olan basınç yükü (N)  
S = Kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

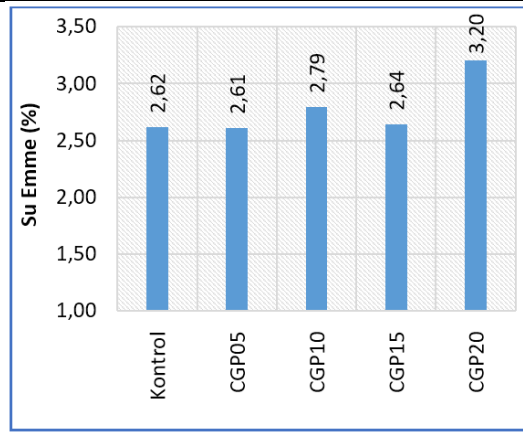
#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Puzolanik aktivite indeksi, numunelerin basınç dayanımları hesaplanarak şekil 1'deki değerler elde edilmiştir. Dayanım aktivite indeksi, ASTM standartlarına göre en az %75, Türk standartlarına göre ise en az %70 olmalıdır. Grafikte görüldüğü üzere, 7 Günlük dayanım olarak kontrol betonuna yaklaşmıştır, 28 günlük dayanımda %79'un üzerinde olduğu görülmüştür. İleriki yaşlarda, yani 90 günlük dayanımda ise kontrol betonunun dayanımının üzerinde bir sonuç elde edilmiştir.

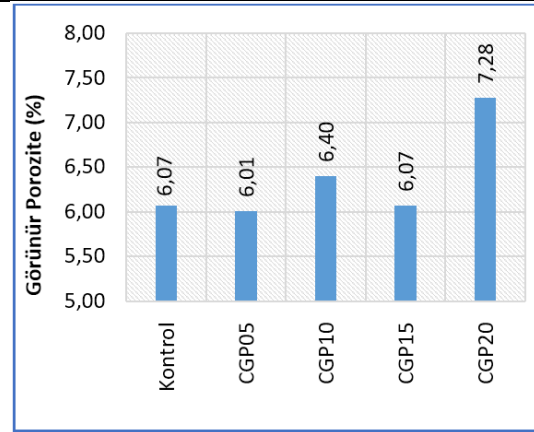


Şekil 1. Puzolanik aktivite indeksi  
(Figure 1. Pozzolanic activity index)

Su emme deneyi 28 günlük numunelere uygulanmıştır. Şekil 2'de görüldüğü üzere en iyi sonuç CGP05 olan seride alınmıştır. Beton numunesinin su emme miktarı boşluk oranıyla doğrudan ilişkilidir. Cam tozu puzolanik özelliğinin yanı sıra, çimento hamuru ile agrega arasındaki aderansı artırarak filler malzeme olarak etki yaratması boşluk oranını düşürecektir. Cam tozu kullanımı %20 olan numunelerde şekil 3'te görüldüğü gibi görünür porozite değeri artmıştır. Dolayısıyla %20 cam tozu kullanımında su emme miktarında da artış gözlenmiştir. %5 cam tozu kullanımı porozite ve su emme miktarı bakımından optimum değerdir. %5'ten fazla miktarda cam tozu kullanımı su ihtiyacını artırdığından dolayı işlenebilmeyi etkileyerek boşluk oluşumuna dolayısıyla su emme miktarlarında artışa neden olmuştur.

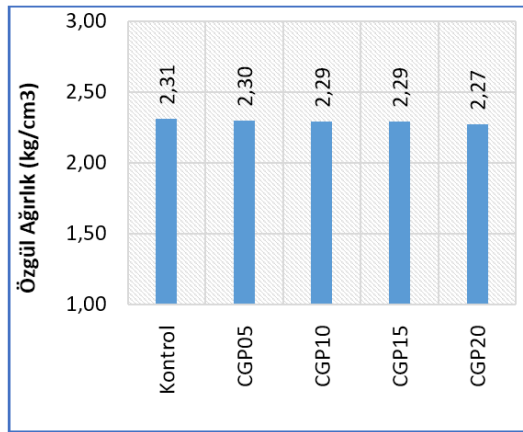


Şekil 2. Su Emme  
(Figure 2. Water absorption)

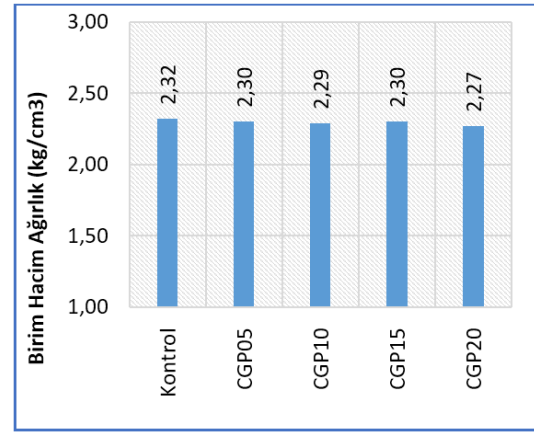


Şekil 3. Görünür Porozite  
(Figure 3. Visible Porosity)

Numunelerin özgül ağırlıkları ve birim hacim ağırlıkları Şekil 4 ve Şekil 5'te görüldüğü üzere birbirleriyle ilişkili değerlerdir. Su emme miktarı az olan yani boşluk miktarı düşük olan numunelerin özgül ağırlıkları ve birim hacim ağırlıkları fazladır.

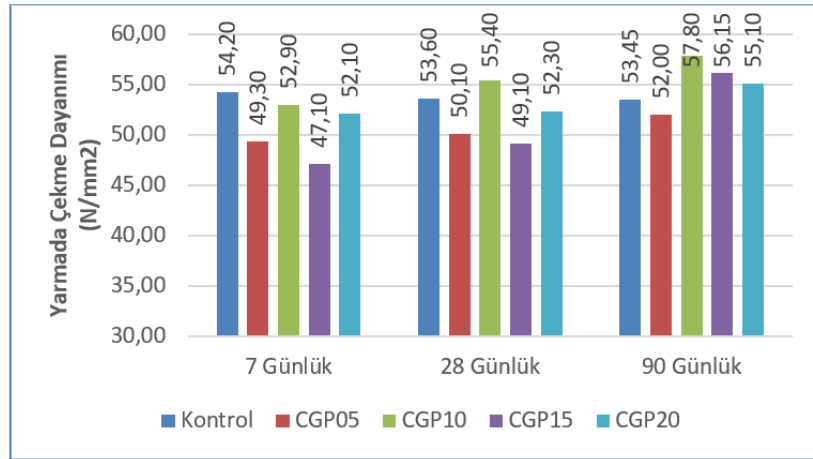


Şekil 4. Özgül Ağırlık  
(Figure 4. Specific gravity)



Şekil 5. Birim hacim ağırlık  
(Figure 5. Unit weight)

Beton numunelerine ait yarmada-çekme dayanımı değerleri Şekil 6'da verilmiştir. İlk günlerdeki dayanımlarda cam tozu etkisini gösterememiş, kontrol betonu daha yüksek dayanımlar sergilemiştir. 28 günlük yarmada-çekme dayanımında %10 cam tozu katkılı numunelerde dayanım %3.35'lik bir artış meydana gelmiştir. Grafik incelendiğinde yarmada-çekme dayanımı için cam tozunun optimum kullanımı %10 olduğu görülmektedir. 90 günlük numunelerde %10cam tozu kullanımında %7.8, %15 cam tozu kullanımında kontrol betonuna göre %4.75 ve %20 cam tozu kullanımında ise kontrol betonuna göre artışın %2.79 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar, cam tozu kullanımının betonun yarmada-çekme dayanımına ileriki yaşlarda olumlu etkisi olduğunu göstermiştir.



Şekil 6. Yarmada çekme dayanımı  
(Figure 6. Splitting tensile strength)

##### 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

- Cam tozunun puzolanik aktivite indekisinin %75'in üzerinde olduğu, dolayısıyla ASTM ile Türk standartlarına göre puzolanik özelliği olduğunu görülmüştür.
- Cam tozu kullanım oranının artması su ihtiyacını artırarak işlenebilmeyi olumsuz yönde etkilemiştir.
- %5 cam tozu kullanımında, görünür porozite ve su emme yüzdeleri kontrol betonuna göre daha iyi sonuç vermiştir.
- Yarmada-çekme dayanımında ise ileriki yaşlarda optimum cam tozu kullanım oranı %10 olarak görülmüştür.
- Atık camların öğütülüp betonda puzolanik katkı olarak kullanımı çimento kullanımını azaltacağı için, çimento üretim tesislerinden kaynaklanan karbondioksit gibi sera gazlarının yayılmasını %10-15 oranında azaltacaktır.
- Atık camların, öğütülüp beton katkı malzemesi olarak kullanımı atık camların meydana getirdiği çevre sorunlarına olumlu yönde etkisi olacaktır.

##### NOT (NOTE)

Bu çalışma, 1-4 Eylül 2016 tarihleri arasında İstanbul-Büyükdada'da yapılan "International Science Symposium (ISS2016)"da sözlü bildiri olarak sunulduktan sonra genişletilmiş ve yeniden yapılandırılmıştır.

##### SEMBOLLER (SYMBOLS)

- A = Katkılı harç numunelerinin ortalama basınç dayanımları  
B = Kontrol Harç numunelerinin ortalama basınç dayanımları  
W<sub>dyk</sub> = Suya doymuş kuru yüzey ağırlığı (gr)  
W<sub>o</sub> = Etüv kurusu ağırlık (gr)  
W<sub>1</sub> = Su altındaki ağırlık (gr)  
H = Numunenin hacmi (cm<sup>3</sup>)  
σ<sub>ç</sub> = Küp numunelerin yarmada çekme dayanımı (N/mm<sup>2</sup>)  
P = Kırılmaya neden olan basınç yükü (N)  
S = Kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Türkeş, M., (2003). Sera Gazı Salınımlarının Azaltılması İçin Sürdürülebilir Teknolojik ve Davranışsal Seçenekler. V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi: Çevre Bilim ve Teknoloji Küreselleşmenin Yansımaları, Bildiri Kitabı, Ss:267-285.
2. Özkan, Ö., (2007). Atık Cam ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Harçların Özellikleri, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 22(1), Ss:87-94.
3. Shayan, A. and Xu, A., (2006). Performance of Glass Powder as a Pozzolanic Material in Concrete, a Field Trial on Concrete Slabs, Cement and Concrete Research, 33, Ss:457-468.
4. Matos, A.M. and Sousa-Coutinho, J., (2012). Durability of Mortar Using Waste Glass Powder as Cement Replacement, Construction and Building Materials, 36, Ss:205-2015.
5. Taha, B. and Nounu, G., (2007). Using Lithium Nitrate and Pozzolanic Glass Powder in Concrete as ASR Suppressors, Cement & Concrete Composites, 30, Ss:497-505.
6. Tuan, B.L.A., Hwang, C.H., Lin, K.L., Chen, Y.Y., and Young, M.P., (2013). Development of Lightweight Aggregate from Sewage Sludge and Waste Glass Powder for Concrete, Construction and Building Materials, 47, Ss:334-339.
7. Shi, C., Wu, Y., Riefler, C., and And Wang, H., (2005). Characteristics and Pozzolanic Reactivity of Glass Powders, Cement and Concrete Research, 35, Ss:987-993.
8. Romero, S., James, J., Mora, R., and Hays, C.D., (2013). Study on The Mechanical and Environmental Properties of Concrete Containing Cathode Ray Tube Glass Aggregate, Waste Management, 33, Ss:1659-1666.
9. Cota, F.P., Melo, C.C.D., Panzera, T.H., Araujo, A.G., Borges, P.H.R., and Scarpa, F., (2015). Mechanical Properties and ASR Evaluation of Concrete Tiles with Waste Glass Aggregate, Sustainable Cities and Society, 16, Ss:40-56.
10. Buanis, G., Bajare, D., Locs, J., and Korjakins, A., (2013). Alkali-Silica Reactivity of Foam Glass Granules in Structure of Lightweight Concrete, Construction and Building Materials, 47, 274-281.
11. Orhan, E., (2016). Öğütülmüş Atık Cam Tozu Katkılı Betonun Basınç Dayanımına Yüksek Sıcaklığın Etkisi, İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5(1), Pp:61-70.
12. Erdoğan, T.Y., (2003). Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara.
13. Demir, İ., Başpınar, S., Görhan, G., and Kahraman, E., (2008). Seyitömer Uçucu Külü ve Afyonkarahisar Yöresi Volkanik Tüflerinin Puzolanik Özelliklerinin Belirlenmesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1, Ss:39-46.
14. Türkmenoğlu, A.G., Tankut, A., (2002). Use of Tuffs from Central Turkey as Admixture in Pozzolanic Cements, Cement and Concrete Research, V:32, I:4, Ss:629-637.
15. Shah, P.S. and Wang, K., (2004). Development of Gren Cement for Sustainable Concrete Using Cement Kiln Dust and Fly Ash, Proceedings of The International Workshop On Sustaniable Development & Concrete Technology, Ss:15-23, Beijing-China.
16. Türk Standardları Enstitüsü, (2002). TS EN 197-1 Beton-Bolum 1; Genel Cimentolar-Bilesim, Ozellikler ve Uygunluk Kriterleri, Ankara.
17. Shao, Y., Lefort, T., Moras, S., and Rodriguez, D., (2000). Studies on Concrete Containing Ground Waste Glass, Cement and Concrete Research, 30(1), Ss:91-100.





18. Shayan, A. and Xu, A., (2004) Value-Added Utilization of Waste Glass in Concrete. *Cement and Concrete Research*, 34(1), Ss:81-89.
19. Corinaldesi, G.G., Moriconi, G., and Montenero, A., (2005). Characteristic and Pozzolanic Reactivity of Glass Powders, *Waste Management*, 25(2), Ss:197-201.
20. Topcu, I.B. and Canbaz, M., (2004). Properties of Concrete Containing Waste Glass, *Cement and Concrete Research*, 34(1), Ss:267-274.
21. Kavas, T., Çelik, M.Y., And Evcin, A., (2004). Cam Atıklarının Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, 5.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Ss:114-119, İzmir.
22. Orhan, E., (2012). Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Katkı Oranları Değişiminin Betonun Özelliklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
23. Türk Standartları Enstitüsü, (1998). TS EN 450, Ucucu Kul - Betonda Kullanılan - Tarifler, Özellikler Ve Kalite Kontrol, Ankara.
24. ASTM C 618, (2000). Standart Specification For Coal Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Pozzolan For Use As A Mineral Admixture In Concrete, Annual Book Of ASTM Standart, No: 04.02.
25. TS 25, (1975). Türk Standartları, Tras, Birinci Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
26. TS EN 12390-6, (2003). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 6: Deney Numunelerinde Yarmada Çekme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.