

Cam Tozu Katkılı Lifli Harçların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Emriye ÇINAR^{1*}, Behçet DÜNDAR², Ebru ŞAHİN³

^{1,2,3}Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 80100, Osmaniye, Türkiye

¹<https://orcid.org/0000-0002-9435-2968>

²<https://orcid.org/0000-0003-0724-9469>

³<https://orcid.org/0000-0003-1873-2405>

*Sorumlu yazar: emriyecinar@osmaniye.edu.tr

Araştırma Makalesi

Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 10 Aralık 2019

Kabul tarihi: 6 Nisan 2020

Online Yayınlanma: 15 Haziran 2020

Anahtar Kelimeler:

Lifli harç

Atık cam tozu

Polipropilen lif

ÖZET

Bu çalışmada, öğütülmüş atık cam tozu ve polipropilen lif kullanımının çimento esaslı harçlarda taze, fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Harç karışımlarının hazırlanmasında agrega olarak kırma kum, bağlayıcı olarak CEM I 42.5 R Portland Çimentosu kullanılmıştır. Karışımlarda su/bağlayıcı oranı 0.5 olarak sabit tutulmuştur. Mineral katkı olarak kullanılan atık cam tozu, çimento ile ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Lif olarak polipropilen lif hacimce %0, %0.1, %0.3 ve %0.5 oranlarında ilave edilerek kullanılmıştır. Üretilen harç numuneleri 7. günde eğilme ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur. Kür havuzunda 28. gününü tamamlayan numunelere su emme yüzdesi, porozite yüzdesi ve birim hacim ağırlık deneyleri gibi fiziksel özellikleri; eğilme ve basınç dayanımları gibi mekanik özellikleri gözlemlenmiştir. Sonuç olarak atık cam tozu oranının artmasıyla birlikte yayılma değerlerinde %10' a varan artış gözlenirken, lif oranının artmasıyla birlikte yayılma değerlerinde % 31' e varan azalma gözlemlenmiştir. Lif oranının artmasıyla birlikte tüm serilerde eğilme dayanımında artış meydana gelmiştir. Özellikle eğilme dayanımında artış gözlemlenen %10 cam tozu katkılı harçın 28 günlük eğilme dayanımı 7.2 MPa iken %0.5 lif ilavesi ile eğilme dayanımı 8.98 MPa değerine yükselmiştir. Öğütülmüş cam tozu oranının artmasıyla birlikte eğilme dayanımında artış, basınç dayanımının azalma gerçekleşmiştir. Lif içeriğinin artmasıyla birlikte eğilme ve basınç dayanımlarında artış görülmüştür.

Physical and Mechanical Properties of Glass Powder Additive Fiber Mortars

Research Article

Article History:

Received: 10 December 2019

Accepted: 6 April 2020

Published online: 15 June 2020

Keywords:

Fiber mortar

Waste glass powder

Polypropylene fiber

ABSTRACT

In this study, the effect of the use of ground waste glass powder and polypropylene fiber on the fresh, physical and mechanical properties of cement based mortars was investigated. In the preparation of mortar mixtures, crushed sand was used as aggregate and CEM I 42,5 R Portland Cement was used as binder. In the mixtures, the water / binder ratio was kept constant at 0.5. Waste glass powder used as mineral additive was used by substituting 0%, 10%, 20% and 30% by weight with cement. As a fiber, polypropylene fiber was used by adding 0%, 0.1%, 0.3% and 0.5% by volume. Produced mortar samples were subjected to bending and pressure tests on the 7th day. Physical properties such as water absorption percentage, porosity percentage and unit volume weight tests are completed on the 28th day in the curing pool; Mechanical properties such as bending and compressive strengths were observed. As a result, with the increase of the waste glass powder ratio, the spreading values increased up to 10%, while the spreading values decreased by 31% with the increase in the fiber ratio. With the increase in fiber ratio, bending strength increased in all series. In particular, the 28-day flexural strength of the mortar with 10% glass powder added, with an increase in flexural strength, was

7.2 MPa, while the flexural strength increased to 8.98 MPa with the addition of 0.5% fiber. With the increase in the rate of ground glass powder, an increase in bending strength and a decrease in compressive strength have occurred. With the increase in fiber content, bending and compressive strengths were increased.

To Cite: Çınar E., Dündar B., Şahin E. Cam Tozu Katkılı Lifli Harçların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2020; 3(1): 17-23.

1. Giriş

Son yıllarda artan nüfus, endüstriyel tesislerin artması ve insanların tüketim miktarının artmasıyla birlikte artan atıklar çevre sorunlarını meydana getirmektedir. Ortaya çıkan bu çevre sorunları; atık malzemelerin depolanması, imha edilmesi veya yeniden değerlendirilmesiyle zararlı etkileri ortadan kaldırılarak çevreci ürünlere dönüşümü sağlanmaktadır [1]. Kalitelinin ve ekonomikliği bir araya getiren yapı malzemelerine olan talebin artması ve sürdürülebilirlik problemlerinin ortaya çıkması ile birlikte endüstriyel atıkların yapı malzemelerinde kullanımına yönelik araştırmalar artmıştır [2]. Atıkların kullanımını konusunda artan ve gelişen çalışmalar ekonomik ve sürdürülebilirlik problemlerinin çözümünde önemli rol oynamaktadır.

Camlar, şişe camı, pencere camı, ampül camı, cam süs eşyaları gibi günlük hayatta kullanılan birçok materyal üretiminde kullanılmaktadır. Bu malzemelerin kullanımdan sonra ortaya çıkan atık camları agrega yerine, çimento üretiminde, filler malzeme olarak ve mineral katkı olarak çimento yerine kullanılabilir [3]. Atık camlar beton üretiminde kullanılmadan önce, yıkanarak yabancı maddelerden arındırılıp öğütülerek istenilen boyuta getirilirler tane büyüklüğüne göre sınıflandırılırlar. İri malzemeler harç ve betonlarda agrega olarak, toz malzemeler ise çimento yerine mineral katkı olarak veya filler dolgu malzemesi olarak kullanılır [4]. Beton içerisinde maksimum 38µm tane çaplı cam tozu kullanımının puzolanik etki gösterdiği tespit edilmiştir [5]. Çimento esaslı malzemeler tüm dünyada yapı malzemesi olarak yüzyılı aşkın süredir kullanılmakta ve gün geçtikçe kullanımı daha da artmaktadır.

Çimento esaslı malzemeler çekme ve eğilme dayanımı açısından zayıf malzemeler olduğundan betonun kırılma bir davranışı sonucu çatlakların oluşması kaçınılmazdır. Kullanım alanına göre basınç dayanımının yanı sıra çekme ve eğilme dayanımında yüksek olması beklenmektedir. Çimento esaslı malzemelerin bu beklentiyi karşılaması ancak ilave katkıları ile sağlamak

mümkündür. Çekme ve eğilme dayanımını artırılmanın en kolay ve ekonomik yolu çimento esaslı malzemeler içerisine çeşitli türlerde lif eklenmesidir [6].

Çimento esaslı malzemeler yük altında çekme dayanımını aştığında, farklı büyüklüklerde çatlaklar oluşturur ve ek olarak, betonun büzülmesi, erken aşamalarda çatlamaya ve daha sonra durabilite problemleri neden olduğundan verilebilirliğinin kısılmasına neden olabilir. Çimento esaslı malzeme karışımlarına lif eklenmesi, özellikle çekme ve eğilme dayanımı gibi mekanik özelliklerine, tokluk ve dayanıklılık özelliklerini önemli ölçüde iyileştirmektedir [7]. Çimento esaslı malzemelerde genellikle kullanılan lif çeşitleri çelik, karbon, cam ve polipropilen esaslı olmaktadır. Polipropilenden üretilen lifler oldukça yüksek dayanımları, alkali ortama çok iyi direnç göstermeleri ve düşük fiyatlarıyla önemli bir donatı malzemesi özelliğini taşımaktadır. Polipropilen lifler harç beton özellikleri üzerine, çarpma, aşınma dayanımı ve geçirimsizliği artırmaları sebebiyle endüstriyel tesisler, havaalanları, konutlar ve yüzme havuzları gibi birçok yapı uygulamalarında kullanılmaktadır [8]. Dayanımı ve dayanıklılığı arttırmaya yönelik olarak harç ve betonlarda liflerin yanında uçucu kül, silika dumanı, taş tozu, cam tozu vb. mineral katkıları kullanılabilir.

Bu çalışmada, atık ürün olan cam tozu kullanılarak atık tüketimine katkıda bulunurken lif kullanımı ile fiziksel ve mekanik özelliklerinde iyileşme hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda cam tozu, çimento ile ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında ikame yapılarak kullanılırken, diğer çalışmalara ilaveten polipropilen lif hacimce %0, %0.1, %0.3 ve %0.5 oranlarında ikame edilmiştir. Taze haldeki harçlara yayılma deneyi yapılarak işlenebilirlikleri karşılaştırılmıştır. Harçların yayılma değerleri ölçüldükten sonra, kalıba yerleştirilip 24 saat sonra kalıptan çıkartılarak standart kür havuzuna bırakılmıştır. 7 ve 28 günlük numuneler üzerinde basınç ve üç noktalı eğilme deneyi yapılarak dayanımları

bulunmuştur. 28. günü dolduran numunelerin su emme yüzdeleri, porozite ve birim hacim ağırlık gibi fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kullanılan Materyaller

Harç numunelerinin üretimin de agrega olarak 0-4 mm boyutlarında kırma kum kullanılmıştır. Bağlayıcı olarak TS EN 197-1'e uygun olarak üretilen CEM I 42.5 R tipi çimento seçilmiştir [9]. Mineral katkı olarak kullanılan öğütülmüş cam tozu 0-63 mikron tane dağılımına sahiptir. Öğütülmüş cam tozunun görünümü Şekil 1'de ve kimyasal analizi Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Öğütülmüş atık cam tozu

DeneySEL çalışmada lifli harç üretimi için kullanılan Şekil 2'deki polipropilen lifin teknik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir [10]. Bu çalışmada kullanılan polipropilen lif, malzeme olarak termoplastiklerin içinde yer alan ve oldukça hafif bir polimerdir.

Tablo 1. Atık cam tozunun kimyasal analizi

Kimyasal Bileşenleri	İçerik Oranları (%)
SiO ₂	67.33
Al ₂ O ₃	2.62
Fe ₂ O ₃	1.42
TiO ₂	0.16
CaO	12.45
MgO	2.74
Na ₂ O	12.05
K ₂ O	0.64
ZrO ₂	0.02
ZnO	0.01
SrO	0.02
P ₂ O ₅	0.05
NiO	0.01
CuO	0.01
Cr ₂ O ₃	0.02

Tablo 2. Polipropilen lifin teknik özellikleri

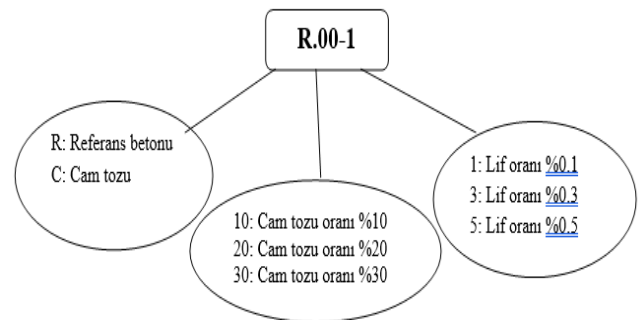
Teknik Özellikler	Açıklama
Kimyasal yapı	% 100 polipropilen
Yoğunluk	0.91 g/cm ³
Lif uzunluğu	12 mm
Lif çapı	18 mikron-nominal
Su emme	Eser miktarda
Ergime noktası	160 °C
Tutuşma sıcaklığı	365 °C
Isı iletkenliği	Düşük
Liflerin özgül yüzey alanı	250 m ² /kg
Asit direnci	% 100
Çekme dayanımı	300-400 MPa
Elastisite modülü	~4000 MPa



Şekil 2. Polipropilen lif

2.2. Numune Üretimi

Harç üretiminde, su/bağlayıcı oranı 0.5 olarak sabit tutulan standart harç karışım oranları kullanılmıştır. Mineral katkı olarak kullanılan öğütülmüş atık cam tozu, çimento ile ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında ikame yapılarak harçlar üretilmiş ve bu harçlara polipropilen lif hacimce %0, %0.1, %0.3 ve %0.5 oranlarında ilave edilmiştir. Toplamda kontrol numuneleri de dahil olmak üzere 16 adet numune hazırlanmıştır. Üretilen harç numunelerine ait isimlendirme şeması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Deney serilerinin isimlendirilmesi

Numune üretimi için kullanılan malzeme karışım miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Harç karışım miktarları (gr)

Seri Adı	Çimento	Kum	Su	Cam Tozu	P. Lif
R	450	1350	225	-	-
R-1	450	1350	225	-	0.4
R-3	450	1350	225	-	1.2
R-5	450	1350	225	-	2.0
C.10	405	1350	225	45	-
C10-1	405	1350	225	45	0.4
C.10-3	405	1350	225	45	1.2
C.10-5	405	1350	225	45	2.0
C.20	360	1350	225	90	-
C.20-1	360	1350	225	90	0.4
C.20-3	360	1350	225	90	1.2
C.20-5	360	1350	225	90	2.0
C.30	315	1350	225	135	-
C.30-1	315	1350	225	135	0.4
C.30-3	315	1350	225	135	1.2
C.30-5	315	1350	225	135	2.0

Bu çalışmada, öğütülmüş cam tozu farklı oranlarda çimentoya ağırlıkça ikame edilmesi ile hazırlanan 16 farklı deney numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları test edilmiştir. Karışımlarda agrega olarak kırma taş kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlar 40x40x160 mm boyutlarındaki kalıplarda TS EN 13369 kurallarına göre 24 saat bekletildikten sonra kür havuzunda küre bırakılmıştır. Referans numunemiz (R) numune: agrega, çimento ve su karışımından yapılmıştır [11].

2.3. İşlenebilirliğin ve Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

Yayıma tablası deneyi, mineral bağlayıcı ve yoğun (normal) agrega veya hafif agregaların karıştırıldıktan hemen sonra taze haldeki harç kıvamını, yayılma değerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Deneyde kullanılan kalıp içerisine yerleştirilen taze haldeki harç, deney aşamasında kalıp düşey olarak yukarıya doğru yavaşça çekilerek alınır ve dairesel levha üzerinde kalan harç kütlesi, yayılma tablası yaklaşık olarak saniyede bir defa olmak üzere, sabit sıklıkta 15 defa düşürülerek levhaya yayılır. Taze haldeki harç numunelerine TS EN 1015-3 standardına göre yayılma tablası deneyi uygulanmıştır [12].

Cam tozu ve polipropilen katkı tüm harç serileri kalıplara yerleştirilmeden önce yayılma deneyi yapılarak işlenebilirlikleri belirlenmiştir. 28. günü dolduran harç numuneleri havuzdan çıkartıldıktan sonra, Arşimet prensibi ile çalışan tartıda suya doygun ağırlıkları ve yüzey kuru suya doygun ağırlıkları alındıktan sonra 24 saat süreyle 105 °C standart etüv koşullarında etüv kurusu hale getirilerek, kuru ağırlıkları not edilmiştir. Arşimet tartısından alınan ağırlıklar değerleri gerekli formüllerde yerine yazılarak su emme yüzdeleri, porozite ve birim hacim ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Tüm seriler üzerinde TSE EN 1170-6'ya uygun Arşimet prensibi ile çalışan terazi yardımıyla porozite, su emme özellikleri belirlenmiştir [13]. Betonlar 28 gün sonunda kür havuzundan çıkartılarak tartının su içerisindeki sepete koyularak arşimet terazisi yardımıyla veriler kaydedilmiştir. Daha sonra yüzeyleri bir bez yardımı ile kurularak havadaki ağırlıkları tartı üzerindeki veriler kaydedilmiştir. Numuneler 110 °C'de etüvde 24 saat boyunca kurutulup etüv kurusu ağırlıkları tartılarak alınmıştır. Ağırlık ölçümleri her seri için 3'er numune üzerinde yapılarak ortalama değerleri kaydedilmiştir.

2.4. Eğilme ve Basınç Dayanımlarının Belirlenmesi

Tüm seriler 24 saat sonra kalıptan alındıktan sonra standart kür koşullarında 7 ve 28 gün süre ile kür edilmiştir. 7. ve 28. gününü dolduran numuneler Şekil 4'deki 200 ton kapasiteli TS EN 12390-4'e uygun olarak imal edilen harç presi yardımıyla eğilme ve basınç deneylerine tabi tutulmuştur [14]. Çalışmada eğilme-basınç dayanımlarının belirlenmesinde TS EN 196-1 standardı esas alınmıştır [15]. Eğilme ve basınç dayanımları için 40x40x160 mm boyutlarında harç prizmaları kullanılmıştır.

**Şekil 4.** Eğilme ve basınç dayanımı cihazı

3. Bulgular ve Tartışma

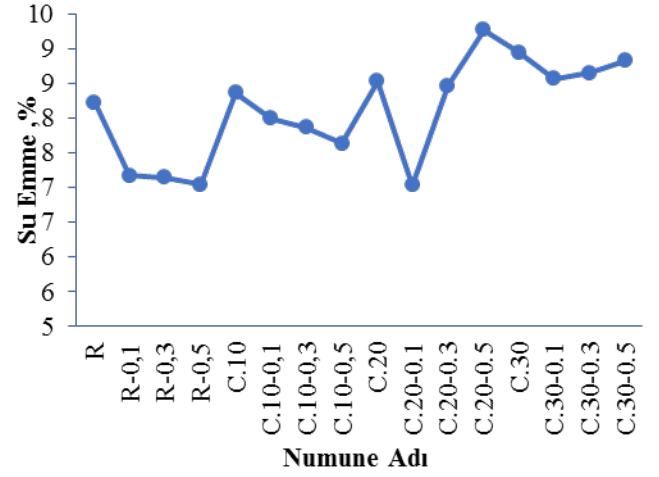
3.1. İşlenebilirlik ve Fiziksel Özellikleri

Oluşturulan karışımlarda kıvam açısından en iyi sonuçlar kontrol numunesi ile elde edilmiştir. Referans numunenin yayılma değeri 12.7 cm, %10 cam tozu içeren numunenin 13.5 cm, %20 Cam tozu içeren numunenin 15.5 cm, %30 cam tozu içeren numunenin 16.8 cm olarak bulunmuştur. Bu durum cam tozunun çimentodan daha ince bir madde olmasından dolayı karışımın su ihtiyacının artmasıyla açıklanabilir. Cam tozu oranı arttıkça suyun kaplaması gereken yüzey alanı artarak su gereksinimini artırmıştır. Ancak polipropilen lif ve cam tozunun birlikte kullanıldığı numunelerde cam tozu miktarı arttıkça belirgin bir şekilde yayılma değerlerinde azalma olmakla birlikte polipropilen lif oranı arttıkça daha da azalmaktadır. Bu nedenle kalıba yerleştirme işleminde de güçlük yaşanmıştır. Yayılma tablası deneyi sonuçları Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. Yayılma tablası deneyi sonuçları

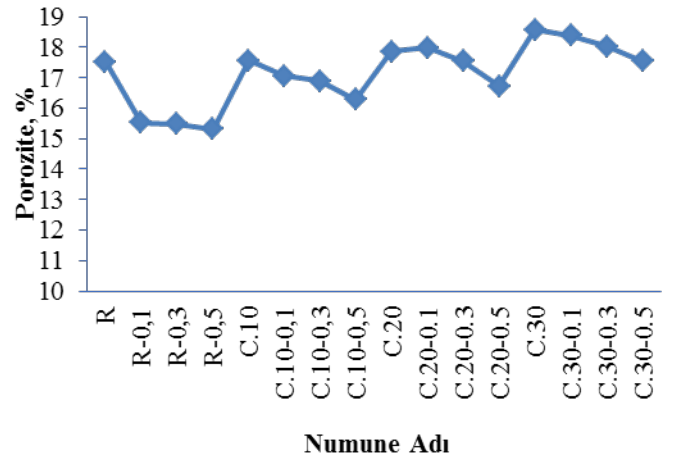
Seri Adı	Yayılma Değerleri (cm)
R	12.7
R-1	14.6
R-3	14.0
R-5	12.0
C.10	13.5
C.10-1	15.8
C.10-3	13.8
C.10-5	13.0
C.20	15.5
C.20-1	14.3
C.20-3	14.5
C.20-5	11.8
C.30	16.8
C.30-1	11.5
C.30-3	11.8
C.30-5	11.5

Cam tozu ikameli lifli harçların su emme oranları, Şekil 5'de verilmiştir. Su emme oranı, cam tozu oranının artmasıyla birlikte arttığı gözlemlenmiştir. Referans harç numunesinin su emme değeri %7.17 iken %30 cam tozu ikame edilmesiyle %8.56'ya yükselmektedir. Lif miktarının artmasıyla birlikte tüm referans ve cam tozu serilerinde, su emme oranının arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Su emme yüzdeleri

Şekil 6'daki porozite yüzdelerine baktığımızda cam tozu oranı ile arttığı gözlemlenmiştir. Cam tozu oranının artmasıyla birlikte ince madde miktarı arttığından yerleşme güçlükleri ile birlikte daha boşluk oranı artmıştır. Referans harç numunesinde porozite değeri %17.51 iken cam tozu oranının %18.57 değerine çıktığı gözlemlenmiştir. Lif miktarının artmasıyla birlikte porozite oranlarında tüm seriler için düştüğü gözlemlenmiştir.



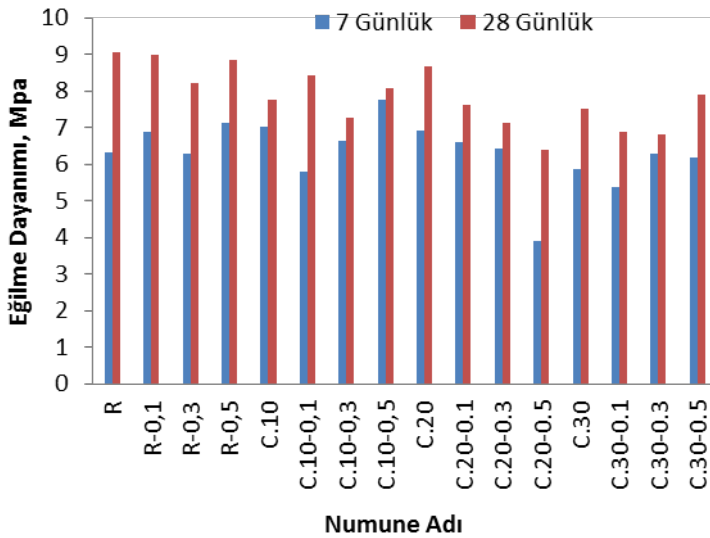
Şekil 6. Porozite yüzdeleri

Cam tozu ve lif oranının, su emme oranı üzerinde olumsuz etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni cam tozu partiküllerinin çok yüksek yüzey alanına sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Cam tozunun yüksek yüzey alanının fazla olmasının yanında çimento ile yer değiştirme yapıldığından cam tozu oranının artmasıyla birlikte çimento miktarında azalma meydana gelmektedir. Çimento miktarı azaldıkça bağlayıcılık azaldığından harçların porozite değerlerinde artma meydana gelmiştir. Lif miktarının artması ile birlikte yüzey alanında artış ve işlenebilirlik ve kalıba yerleştirme güçlükleri çıkmaktadır, bu nedenle lif miktarı

arttıkça boşluk oranında ve su emme miktarlarında artış gözlemlenmiştir.

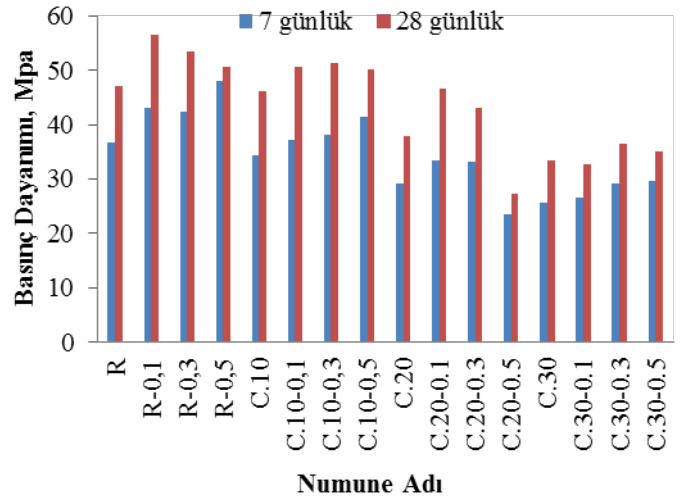
3.2. Eğilme ve basınç dayanımı sonuçları

Cam tozu katkılı lifli harç numunelerinin 7 ve 28 günlük eğilme dayanımları Şekil 7’de verilmiştir. Numunelerin 7 ve 28 günlük eğilme dayanım değerleri incelendiğinde cam tozu oranının %10 olması durumunda artma meydana gelirken %20 ve %30 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Lif oranının artmasıyla birlikte tüm serilerde eğilme dayanımında artış meydana gelmiştir. Özellikle eğilme dayanımında artış gözlemlenen %10 cam tozu katkılı harcın 28 günlük eğilme dayanımı 7.2 MPa iken %0.5 lif ilavesi ile eğilme dayanımı 8.98 MPa değerine yükselmiştir.



Şekil 7. Eğilme dayanımı deneyi sonuçları

Cam tozu katkılı lifli harç numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları Şekil 8’de verilmiştir. Cam tozu oranının artmasıyla birlikte basınç dayanımlarında azalma meydana gelmektedir. Cam tozu ince tane yapısından kaynaklı harç numunelerinde dolgu etkisi oluşturduğundan dolayı bağlayıcı gereksinimi arttırmaktadır. Bu nedenle cam tozu oranının artmasıyla birlikte bağlayıcı ihtiyacı artacağından basınç dayanımlarında azalma meydana gelmiştir. Lif oranının artmasıyla birlikte tüm serilerde artış gözlemlenmiştir. Referans numunesinin 28 günlük basınç dayanımı 47.14 MPa iken %0.5 lif ilavesi ile basınç dayanımı 56.61 MPa değerine yükselmiştir.



Şekil 8. Basınç dayanımı deneyi sonuçları

4. Sonuç

- Cam tozu miktarı arttıkça belirgin bir şekilde yayılma değerlerinde azalma olmakta, polipropilen lif oranı arttıkça ise daha da azalmaktadır.
- Harç numunelerinde porozite oranları incelendiğinde cam tozu oranı ile bu değer arttığı gözlemlenmiştir. Cam tozu oranının artmasıyla birlikte ince madde miktarı arttığından yerleşme güçlükleri ile birlikte boşluk oranında da artışlar meydana gelmiştir.
- Referans harç numunesinin su emme değeri %7.17 iken %30 cam tozu ikame edilmesiyle %8.56’ya yükselmektedir
- Lif miktarının artması ile birlikte yüzey alanında artış gözlenmekte, ayrıca işlenebilirlik ve kalıba yerleştirme güçlükleri çıkmaktadır. Bu nedenle lif miktarı arttıkça boşluk oranında ve su emme miktarlarında artış gözlemlenmiştir
- Cam tozu ve lif oranının, su emme oranı üzerinde olumsuz etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi cam tozu partiküllerinin yüzey alanının çok fazla olmasından kaynaklanmaktadır.
- Referans harç numunesinin su emme değeri %7.17 oranında meydana gelirken, %30 oranında cam tozu ikame edilen numunede %8.56 oranına yükselmektedir.
- Cam tozu ince tane yapısına sahip olmasından dolayı, harç numunelerinde dolgu etkisi oluşturduğundan bağlayıcı ihtiyacı arttırmaktadır. Bu nedenle cam tozu oranının artmasıyla birlikte bağlayıcı ihtiyacı artacağından basınç dayanımlarında azalma meydana gelmiştir.

- Lif oranının artmasıyla birlikte tüm serilerde basınç dayanımlarında artış gözlemlenmiştir. Referans numunesinin 28 günlük basınç dayanımı 47.14 MPa iken %0.5 lif ilavesi ile basınç dayanımı 56.61 MPa değerine yükselmiştir.
- Numunelerin 7 ve 28 günlük eğilme dayanım değerleri incelendiğinde cam tozu oranının %10 olması durumunda artış meydana gelmiş, cam tozu oranı %20 ve %30 ilave edildiğinde numunelerde eğilme dayanımında azalmalar görülmektedir.
- Lif oranının artmasıyla birlikte tüm serilerde eğilme dayanımında artış meydana gelmiştir. Özellikle eğilme dayanımında artış gözlemlenen %10 cam tozu katkılı harcın 28 günlük eğilme dayanımı 7.2 MPa iken %0.5 lif ilavesi ile eğilme dayanımı 8.98 MPa değerine yükselmiştir.

Not: Bu çalışma, 13-15 Haziran 2019 tarihleri arasında İskenderun/Türkiye’de düzenlenen Uluslararası İnşaat Mühendisliği’nde İnovasyon, Sürdürülebilirlik, Teknoloji ve Eğitim Konferansında (iSTE-CE’2019) sunulmuştur.

Kaynakça

- [1] Kılıçoğlu C. Cam atıklarının betonda agrega ve çimento yerine kullanımı, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2013.
- [2] Liu M. Incorporating ground glass in self-compacting concrete, *Construction and Building Materials* 2011; 25, 919-925.
- [3] Özkan Ö. Atık cam ve yüksek fırın cürufu katkılı harçların özellikleri, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* 2007; 22(1): 87-94.
- [4] Baradan B. İnşaat mühendisleri için malzeme bilgisi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, Yayın No: 307, İzmir, 2003.
- [5] Shao Y., Lefort T., Moras S., Rodriguez D. Studies on concrete containing ground waste glass, *Cement and Concrete Research* 2000; 30(1): 91-100.
- [6] Topçu İB., Demirel OE., Uygunoğlu T. Polipropilen lif katkılı harçların fiziksel ve mekanik özellikleri, polipropilen lif katkılı harçların fiziksel ve mekanik özellikleri, *Politeknik Dergisi* 2017; 20(1): 91-96.
- [7] Açıkgenç M., Arazsu U., Alyamaç KE. Farklı karışım oranlarına sahip polipropilen lifli betonların dayanım ve durabilite özellikleri, *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi* 2012; 4(3): 41-54.
- [8] Bekaert. Duomix hakkında genel bilgiler kılavuzu. Bekaert, Belgium, 1998.
- [9] TS EN 197-1. Cement-Stage 1: General cements-component, TSE, Ankara Turkey. Using the orthogonal design method, *Construction and Building Materials* 2012; 31, 289-293.
- [10] Akkaş A., Alpaslan L., Arabacı S., Başyigit C. Polipropilen lif katkılı yarı hafif betonların basınç dayanımı özellikleri, *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi* 2010; 2(1): 9-14.
- [11] TS EN 13369. Ön dökümlü beton mamuller-Genel kurallar TSE, Ankara, Türkiye, 2018.
- [12] TS EN 1015-3. Kâgir harcı-Deney metotları-Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini TSE, Ankara, Türkiye, 2000.
- [13] TS EN 1170-6. Ön yapımlı beton mamuller-Cam elyaf takviyeli çimento (ctc) deney metodu-Bölüm 6: Suya daldırma yoluyla su emme ve kuru yoğunluk tayini TSE, Ankara Türkiye, 1999.
- [14] TS EN 12390-4. Beton basınç dayanımının ölçülmesinde kullanılan basınç deney makinelerinin performans özellikleri-Bölüm 4: Basınç dayanımı-Deney makinelerinin özellikleri TSE, Ankara Türkiye, 2002.
- [15] TS EN 196-1. Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini TSE, Ankara Türkiye, 2016.