



ÖĞÜTÜLMÜŞ CAM ELYAF TAKVİYELİ BETON (GRC) ATIKLARININ ÇİMENTO İKAME MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

¹Ozlem SALLI BİDECI, ²Kader MERCANOĞLU, ³Alper BİDECI

^{1,3}Düzce Üniversitesi, Sanat Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Düzce, TÜRKİYE

²Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Düzce, TÜRKİYE

¹ozlembideci@duzce.edu.tr, ²kader_mercanoglu@hotmail.com, ³alperbideci@duzce.edu.tr

(Geliş/Received: 18.04.2017; Kabul/Accepted in Revised Form: 14.08.2017)

ÖZ: Tabii kaynaklardan maksimum derecede faydalanabilmek amacıyla, ekonomik değeri olan maddelerin geri dönüşümü ve tekrar kullanımı çok önemlidir. Bu çalışmada, cam elyaf takviyeli beton (GRC) atıklarının çimento ikame malzemesi olarak geri dönüşümünün sağlanabilmesi hedeflenmiştir. Ağırlıkça %0 (Referans), %5, %10 ve %15 oranında öğütülmüş GRC atıkları ile üretilen çimento harç numuneleri üzerinde; taze harç deneylerinin yanı sıra basınç dayanımı, eğilme dayanımı, ısıtma-yağmur ve donma-çözülme deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, %5 oranında öğütülmüş GRC atıklarının tekrar harç içerisinde kullanılmasının çevre açısından olumlu katkı sağlayacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Basınç dayanımı, Cam elyaf takviyeli beton (GRC) atığı, Çimento, Donma-çözülme

Usability of Glass Fiber Reinforced Concrete (GRC) Wastes as Cement Substitute Material

ABSTRACT: Recycling and reuse of economic value materials is very important in order to benefit from natural resources at maximum level. In this study, it is aimed to provide recycling of glass fiber reinforced concrete (GRC) wastes as cement substitute material. On cement mortar samples produced with 0% (Reference), 5%, 10% and 15% by weight of ground GRC wastes; compressive strength, bending strength, heating-rain and freeze-thaw experiments were carried out in addition to fresh mortar tests. As a result of the experimental studies, it has been determined that re-use of 5% ground adding GRC waste into mortar will contribute positively to environment.

Key Words: Compressive strength, Glass fiber reinforced concrete (GRC) waste, Cement, Freezing-thawing

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Modern toplumların en büyük sorunlarından biri katı atıkların kontrolü ve yönetimidir. İnşaat ve yıkıntı atıkları, katı atıklar içerisinde büyük bir pay oluşturduğu gibi bu atıkların geri kazanımı, çevresel ve ekonomik açıdan büyük bir öneme sahiptir. Ülkemizde geri kazanılmış ürünlerin; ilgili standartların sağlanması şartı ile gerekli işlemlerden sonra orijinal malzemelerle veya ayrı olarak, yeni beton üretiminde, yol, otopark, kaldırım, yürüyüş yolları, drenaj çalışmaları, kanalizasyon borusu ve kablo döşemelerinde dolgu malzemesi olmak üzere, alt ve üst yapı inşaatlarında, spor ve oyun tesisleri inşaatları ile diğer dolgu ve rekreasyon çalışmalarında öncelikli olarak kullanılabilir (Kılıç, 2012).

Endüstriyel atıklar, son yıllarda işleme problemleri ve artan çevresel kaygılar sebebiyle etkin bir şekilde geri dönüştürülmektedir (Nishibori ve diğ., 2005). Yapı materyallerinin çoğu, endüstriyel atıkların doğal veya yapay katkı malzemeleri olarak kullanımını geliştirilebilmektedir. Atıkların

çimentoda puzolan olarak kullanılabilirliği konusunda birçok araştırma mevcuttur. Özdemir ve Uğurlu (2007); çimento içerisinde çimentonun fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz etkilemeyen her türlü mineral katkı malzemesinin kullanılmasının mümkün olduğunu belirtmişlerdir (Özdemir ve Uğurlu 2007). Aruntaş ve diğ. (2010) mermer, Bignozzi ve diğ. (2010) cam, Lin ve diğ. (2010) ve Şimşek ve Çiftci (2006) tuğla, Kalınçimen ve diğ. (2015) seramik atıklarını çimentoda puzolan olarak kullanılabilirliği konusunda çalışmalar yapmışlardır.

Günümüzde; modern inşaat estetiğine katkı sağlayan, çok yönlü inşaat materyali, "Cam Elyaf Takviyeli Beton" GRC (Glass Reinforced Concrete); yüksek mekanik özellikleri, yangın dayanımı, korozyon direnci, kolay kalıplanabilir olması ile temel kullanım alanı cephe kaplama panelleri olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yüksek performanslı çimento bazlı bileşiminin alkali dayanımlı cam elyafı ile takviye edilmesi sayesinde betonda oluşan çatlakların ani yayılmasını engelleyerek yüksek çekme dayanımı ve beton dayanımında artış sunmaktadır (<http://www.omniskompozit.com>; Enfedaque ve diğ., 2015; Enfedaque ve diğ., 2012). Genel olarak cephe kaplama panelleri de dahil olmak üzere kullanım ömrünü tamamlamış veya farklı nedenlerle hasar oluşmuş ürünlerde depolama zorunluluğu oluşmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir ve yaşanabilir bir çevre için sıkıntı oluşturmakta, depolama zorunluluğundan dolayı ilave bir maliyet getirmekte ve birçok atık içeriğine bakılmaksızın ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Fakat atık malzemelerinde bir değeri vardır ve atıklar katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesinde, doğal veya yapay katkı malzemeleri olarak tekrar değerlendirilebilmektedir (Kaya ve Turan, 2004; Mesci ve diğ., 2007). GRC atıklarının tekrar geri kazanımı konusunda Takeuchi ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada (2008); hızlı yaşlandırma işlemine tabi tutulan GRC atıklarını, GRC ve beton içerisine tekrar katarak performansını incelemişler, sonucunda ince agrega veya çimento yerine başarıyla kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, öğütülmüş GRC atıklarının çimento ikame malzemesi olarak kullanılabilirliği deneysel olarak araştırılmıştır. Ağırlıkça %0 (Referans), %5, %10 ve %15 oranında öğütülmüş GRC atıkları ile üretilen çimento harç numuneleri üzerinde, taze harç deneylerinden; priz süresi tayini, genleşme deneyi, standart kıvam ve yayılma deneyleri ve sertleşmiş harç deneylerinden; basınç dayanımı, eğilme dayanımı, ısıtma-yağmur ve donma-çözülme deneyleri yapılmıştır.

MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

Materyal (Material)

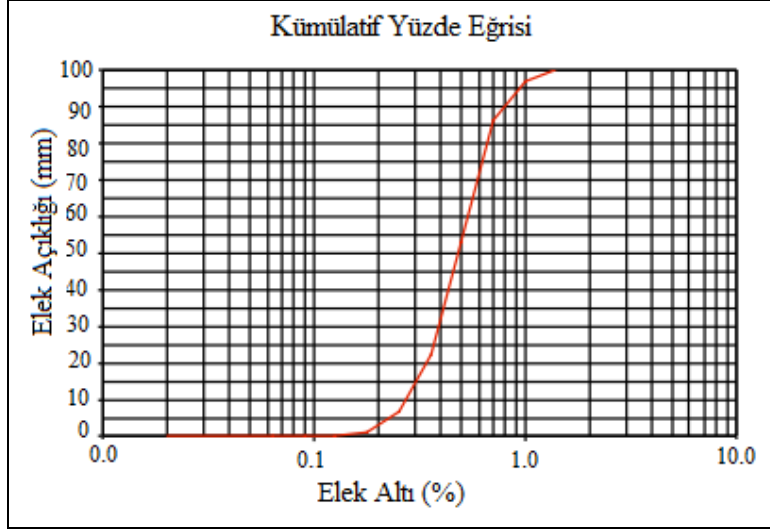
GRC (Cam Elyaf Takviyeli Beton) Atığı: Araştırmada üretim esnasında uygulamadan kaynaklanan kabul görmeyen, paketleme ve nakliye esnasında hasar görmüş olan GRC atık malzemeleri kullanılmıştır (Şekil 1). GRC atık malzemeleri sprey yöntemiyle 32mm cam lif kullanılarak üretilen en az 730 günlük malzemelerden oluşmaktadır.



Şekil 1. Atık GRC ürünler

Figure 1. Waste GRC products

Silis Agregası: Çeliktaş Sınai Kumu Mak. Nak. ve Tic. A.Ş.'den temin edilen 30-35 Afs aralığında tane boyutuna sahip silis agregası kullanılmıştır. Silis agregası granülometrisi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Silis agregası granülometrisi

Figure 2. Silica aggregate granulometry

Çimento: Mersin Çimsa Çimento San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilen TS EN 197-1 standardına uygun olarak üretilen CEM I 52,5/R Beyaz Portland çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun kimyasal analiz raporu Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Beyaz Portland çimentosu kimyasal analizi

Table 1. White Portland cement chemical analysis

Kimyasal Özellikler (%)	Çimsa Değerleri	EN 197-1 Limitleri	
		Minimum	Maksimum
SiO ₂	21.6	-	-
Al ₂ O ₃	4.05	-	-
Fe ₂ O ₃	0.26	-	-
CaO	65.7	-	-
MgO	1.30	-	-
SO ₃	3.30	-	4.0
Kızdırma Kaybı	3.20	-	5.0
Na ₂ O	0.30	-	-
K ₂ O	0.35	-	-
Klorür(Cl ⁻)	0.01	-	0.1
Serbest CaO	1.60	-	-
Çözülme Kalıntı	0.18	-	5.0

Akışkanlaştırıcı: Firmanın kendi bünyesinde üretimini gerçekleştirdiği FİBRO WR 78 tipi hiperakışkanlaştırıcı kimyasal katkı kullanılmıştır.

Cam Lif: Betonun mekanik özelliklerine etkisini incelemek için %3 oranında cam lif katılmıştır. Kullanılan cam lifin özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Cam elyafın teknik özellikleri*Table 2. Glass fiber technical properties*

Teknik Özellikleri	
Çekme Dayanımı	3400MPa
Elastisite Modülü	77Gpa
Uygulama Sıcaklık Limitleri	-60°C - ±650°C
Ergime Sıcaklığı	1120°C
Özgül Ağırlık	2,60gr/cc
Lif Çapı	9-13mikron
Lif Uzunluğu	12mm

Metod (Method)

Araştırmada öncelikle cam elyaf takviyeli cephe panelleri agrega taş ocağında kırıcı yardımıyla kırılarak öğütülmüştür. Öğütme işleminden sonra GRC atıklarının çimento ile ağırlıkça %0 (Referans), %5, %10 ve %15 oranında yer değişimiyle hazırlanan taze harç numuneleri üzerinde TS EN 196-3'e göre; priz süresi tayini, genleşme deneyi ve standart kıvamı elde etmek için gereken su miktarı değerleri ile yayılma deneyleri yapılmıştır. Mekanik deneylerden basınç dayanımı için 50x50x50 mm boyutlarında 60 adet küp numune üretilmiştir. Eğilme dayanımı için TS EN 1170-5 standardına uygun olarak gerçek imalatı temsil edecek şekilde aynı şartlar altında 600x600x12 mm boyutlarında iki düz plaka üzerinde yüzeyi tamamıyla GRC ile kaplanmış 600x600x12 mm boyutlarında bir numune paneli hazırlanmıştır. 24 saat sonra numune panel kalıptan çıkartılarak 6 günlük olana kadar gerçek imalatı temsil edecek biçimde aynı şartlar altında depolanmıştır. Bu plakalardan 12L ve 12T şeklinde 275x50mm boyutlarında numuneler kesilerek çıkarılmıştır. İlk panelden elde edilen sekiz deney parçası 6 gün süreyle yaşlandırıldıktan sonra deneye tabi tutulacakları zaman 7 günlük olmaları için 20±2°C'de su dolu tank içerisinde 24 saat bekletilmiştir. İkinci panelden deney parçaları ise 6 gün süreyle yaşlandırıldıktan sonra 21 gün boyunca 20±3°C'lik bir laboratuarda bağıl nemin %60±5 olduğu bir ortamda 27 günlük olana kadar küre tabi tutulmuştur. Sonrasında 20±3°C'lik su dolu tank içerisine 24 saat daha tutulduktan sonra 28 günlük olana kadar deneye alınmışlardır. 56 ve 90 günlük numuneler deney tabi tutulacakları zamana kadar laboratuvar koşullarında bekletilmişlerdir. Ayrıca numunelerin durabilite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla ısıtma-yağmur ve donma-çözülme etkisi deneyleri TS EN 12467 standardına göre gerçekleştirilmiştir.

Malzeme Karışım Dizaynı (Materials Mixture Design)

Çalışmada TS EN 197-1 standardındaki esaslar dikkate alınarak harç karışım hesabı yapılmıştır. Numuneler; premix yöntemiyle ve 12 mm cam lif kullanılarak üretilmiştir. Malzeme karışım dizaynı Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Malzeme karışım dizaynı*Table 3. Materials mixture design*

Malzeme	0%RecGRC	%5RecGRC	%10RecGRC	%15RecGRC
Çimento CEM I 52,5R (kg)	45	42.75	40.50	38.25
GRC (öğütülmüş) (kg)	-	2.25	4.50	6.75
Metakaolin (kg)	5	5	5	5
Silis Kumu (kg)	50	50	50	50
Su (kg)	16	16	16	16
Polimer (kg)	1.65	1.65	1.65	1.65
Akışkan (kg)	0.13	0.16	0.16	0.16
12mm Cam Lif (%)	2.75	2.75	2.75	2.75

BULGULAR VE TARTIŞMA (FINDINGS AND DISCUSSION)

Taze Harç Deneyleri (Fresh Mortar Experiments)

Priz süresi tayini, genişleme deneyi, standart kıvam ve yayılma deneyleri TS EN 196-3 standardına göre yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Priz süreleri, standart kıvam ve genişleme deney sonuçları

Table 4. Set-up times, standard consistency and expansion test results

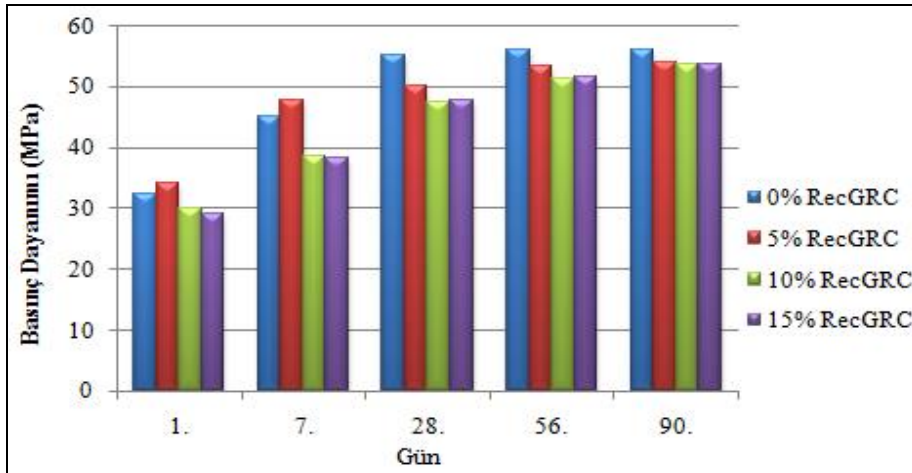
Deneyler	Standart TS EN 197-1	0%RecGRC	%5RecGRC	%10RecGRC	%15RecGRC
Priz Başlama (dak.)	Min. 45.	80	105	110	115
Priz Sona Erme (dak.)	-	145	145	145	200
Genleşme (mm)	Max.10	1.03	2.21	1.76	0.28
Su Değişim Miktarı (%)	-	-	3	5	7
Yayılma (cm)	-	11.5	12	9	13

Priz başlama ve sona erme sürelerinin TS EN 197-1'de CEM I 52.5 R çimentosu için tanımlanan limite (Priz başlama süresi \geq 45 dak.) uygun olduğu görülmektedir. %15RecGRC numunesi en yüksek priz başlangıç ve sonu sürelerine sahiptir. Deneyde 0%RecGRC numunesine göre priz başlama sürelerinin katkı oranının artmasına paralel olarak %31-44 oranında uzadığı gözlenmiştir. Bu duruma katkı miktarının artışına bağlı olarak bünyedeki ana bağlayıcı matriks olan çimento miktarındaki azalmanın sebep olacağı söylenebilir (Kavas ve diğ., 2004).

Çimentolarda hacim genişlemesini etkileyen faktör içeriklerindeki CaO, MgO ve SO₃' tür (Yılmaz, 2006). Çimento numunelerinde sonuçlar değerlendirildiğinde Çizelge 4'te verilen hacim genişleme değerlerinin %5-12 arasında değiştiği ve TS EN 197-1'deki standart limit sınırları (maksimum 10 mm) içerisinde olduğu görülmüştür. Öğütülmüş GRC atıklarının harç içindeki oranının artmasına paralel olarak standart kıvam suyu ihtiyacının %3-5 oranında arttığı ve ayrıca numunelerin yayılma değerleri incelendiğinde ise; öğütülmüş GRC katkısının taze harç özelliklerini olumlu şekilde etkilediği gözlenmiştir.

Sertleşmiş Çimento Harç Deneyleri (Hardened Cement Mortar Experiments)

Basınç Dayanımı: Üretilen beton numunelerin TS EN 196-1'e göre yapılan basınç dayanımı deney sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 3'te verilmiştir.



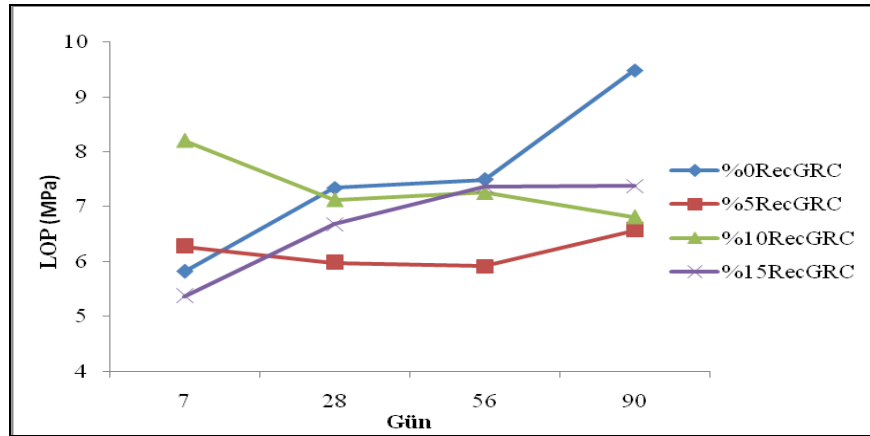
Şekil 3. Harç numunelerin basınç dayanım grafiği

Figure 3. Compressive strength graph of mortar samples

Basınç dayanım deney sonuçları %0RecGRC numunelerine göre incelendiğinde; 1 ve 7 günlük %5RecGRC numunelerinde %6 oranında artış olurken, %10RecGRC ve %15RecGRC 1 günlük numunelerde %7 ve %9, 7 günlük numunelerde %15 azalma meydana geldiği görülmüştür. Bunun yanı sıra katkı oranı artışına bağlı olarak 28 günlük numunelerde sırasıyla %9, %14 ve %14, 56 günlük numunelerde %4, %8 ve %8 ve 90 günlük numunelerde %4 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir.

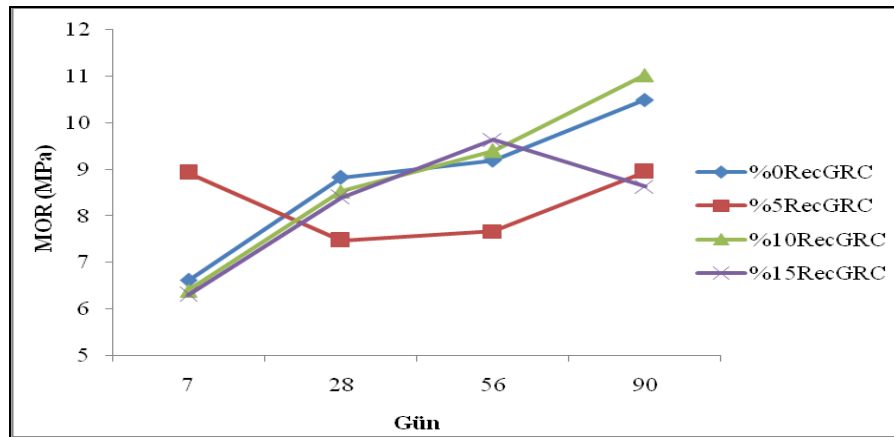
TS EN 197-1 standardına göre 28 günlük numunelerde istenilen minimum standart dayanım 52.5 MPa'yı sağladığı belirlenmiştir. Basınç dayanım deney sonuçları genel olarak incelendiğinde, her numune serisinin basınç dayanımı kür süresine paralel olarak artmıştır. Ayrıca literatürde (www.fibrobeton.com.tr) lif takviyeli premix GRC ürünlerin basınç dayanımlarının 50-80 MPa arasında değiştiği belirtilmiştir. Çalışmada 28 günlük %5 GRC katkılı numunelerin (%5RecGRC) bu sınır değerler arasında kaldığı tespit edilmiştir. Genellikle çimento sanayinde katkı tipine bağlı olmaksızın katkı miktarındaki artışa bağlı olarak ilk dayanımlarda düşüş gözlenmekte ve katkıların puzolanik aktivitelerini 21. gün ve daha ileriki yaşlarda kazanmaları sebebiyle 90. günlük basınç dayanımları önem kazanmaktadır (Kavas ve ark. 2004). 56 ve 90 günlük numunelerin basınç dayanım sonuçları incelendiğinde ise standart sınır değerlere ulaştığı tespit edilmiştir.

Eğilme Dayanımı: Eğilme dayanımı tayini deneyi TS EN 1170-5 standardına göre yapılmıştır. Bu testin amacı, eğilmeye maruz kalmış GRC bileşimli bir malzemenin orantısal limit (LOP) ve kırılma anındaki gerilim ve deformasyon (MOR) performansını belirlemektir. Numunelere ait 7, 28, 56 ve 90 günlük LOP grafiği Şekil 4'te ve MOR grafiği Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. Harç numunelerin LOP grafiği

Figure 4. LOP graph of mortar specimens

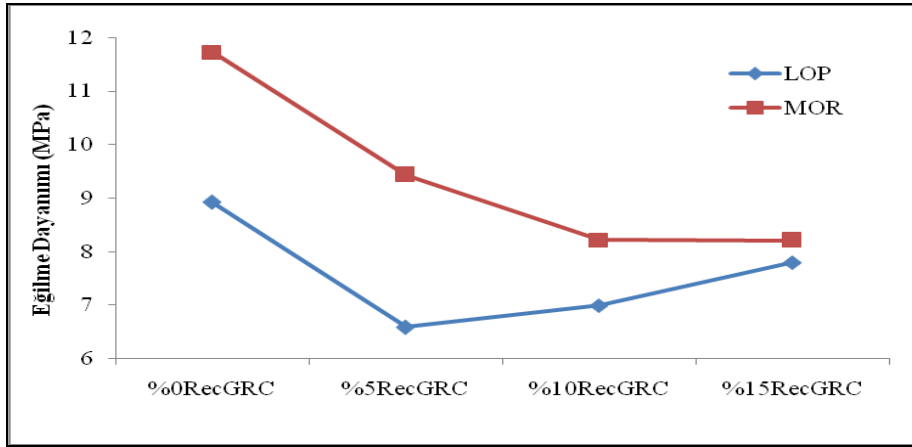


Şekil 5. Harç numunelerin MOR grafiği

Figure 5. MOR graph of mortar specimens

Literatürde verilen değer aralığı LOP 7 ± 2 MPa ve MOR 9 ± 3 MPa'dır (www.fibrobeton.com). %0RecGRC numunelerde 28 günlük sonucun standart değerleriyle uyum içerisinde olmasından dolayı 56 ve 90 günlük deney sonuçları okunmaya devam edilmiştir. Tablo 7 incelendiğinde, kendi aralarında tüm değerlerin yaşla birlikte orantılı biçimde arttığı gözlenmiştir. 28 günlük %0RecGRC numuneye göre %5RecGRC, %10RecGRC ve %15RecGRC numunelerde sırasıyla LOP değerleri %19, %3, %9 ve MOR değerleri %15, %3, %5 azalmıştır. Eğilme dayanımı sonuçlarının literatürde verilen sınır aralığında kaldığı belirlenmiştir.

Isıtma-yağmur deneyi: TS EN 12467 standardına göre yapılan ısıtma-yağmur deneyinde, levhanın 50 ısı-yağmur etki döngüsüne maruz bırakılarak deneye tabi tutulmasından sonra görünür çatlak, tabakalaşarak ayrılma veya diğer herhangi bir hasar görülmemiştir. Ayrıca, numunelerin 50 çevrim sonundaki orantılılık sınır değerleri (LOP) ve kırılma anındaki gerilme değerleri (MOR) bulunarak Şekil 6'da verilmiştir.

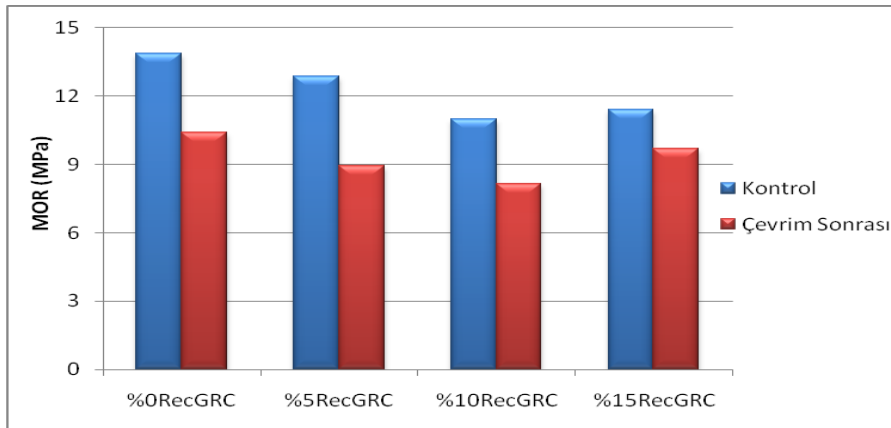


Şekil 6. Isıtma-yağmur deneyi sonrası eğilme dayanımı grafiği

Figure 6. Bending strength graph after heating-rain test

50 çevrim sonunda, %0RecGRC numunelere göre orantılılık sınır değer (LOP) sonuçları incelendiğinde; %5RecGRC, %10RecGRC ve %15RecGRC numuneleri sırasıyla %26, %22, %13 ve kırılma anındaki gerilme değerleri (MOR) incelendiğinde; %20, %29 ve %30 azalmıştır.

Donma-çözülme testi: TS EN 12467 standardına göre yapılan deneyde levhanın 100 donma-çözülme döngüsüne maruz bırakılarak deneye tabi tutulmasından sonraki kırılma anındaki gerilim ve deformasyon (MOR) grafiği Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. Donma-çözülme deneyi sonrası eğilme dayanımı grafiği

Figure 7. Bending strength graph after freeze-thaw test

Numunelerin donma-çözülme sonrası MOR değerleri, donma-çözülme öncesine değerleri ile kıyaslanmıştır. Buna göre; %0RecGRC numunesinde %25, %5RecGRC numunesinde %31, %10RecGRC numunesinde %26 ve %15RecGRC numunesinde %15 azalma olduğu tespit edilmiştir.

SONUÇLAR (RESULTS)

Cam elyaf takviyeli beton (GRC) atıklarının çimento ikame malzemesi olarak geri dönüşümünün sağlanabilmesi üzerine yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

-Priz başlama süresi katkı miktarının artışına bağlı olarak uzamıştır. Genleşme oranlarının, limit sınırlar içinde kaldığı gözlemlenmiştir. Yayılma deneyinde ise katkının yayılmaya olumlu etki yaptığı belirlenmiştir.

-Basınç dayanım değerleri sonuçlarına göre; 28 günlük %5RecGRC numunelerin standartta belirtilen 50-80 MPa arasındaki limit sınırları içinde olduğu görülmüştür.

-Eğilme dayanımları değerlerinde %0RecGRC numuneye göre tüm serilerde azalma gözlenmiştir.

-Isı-yağmur etkisi deneyi sonucunda levha numuneler üzerinde herhangi görünür çatlak, tabakalaşarak ayrılma vb. hasar kaydedilmemiştir.

-Donma-çözülme çevirimleri sonucunda, numunelerin donma-çözülme sonrası MOR değerleri, donma-çözülme öncesi değerlerine göre azaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmanın sonucunda; %5 öğütülmüş GRC atığın çimento ikamesi olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir. Böylece, üretim esnasında uygulamadan kaynaklanan, kabul görmeyen ürünler, paketlenme ve nakliye esnasında hasar görmüş ürünler ve kalite kontrol aşamasında uygunsuz olan atık GRC malzemeleri tekrar değerlendirilebilecektir. Bununla beraber inşaat sektöründe tabii kaynak kullanımını azaltılarak geri dönüşüm malzemesinin verimli şekilde kullanılması sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Aruntaş, H. Y., Gürü, M., Dayı, M., Tekin, İ., 2010, "Utilization of Waste Marble Dust as an Additive in Cement Production", *Materials & Design*, Vol. 31 (8), pp. 4039-4042.
- Bignozzi, M. C., Sacconi, A., Sandrolini, F., 2010, "Chemical-Physical Behaviour of Matt Waste in Cement Mixtures", *Construction and Building Materials*, Vol. 24 (11), pp. 2194-2199.
- Enfedaque, A., Gálvez, J. C., Suárez, F., 2015, "Analysis of Fracture Tests of Glass Fibre Reinforced Cement (grc) Using Digital Image Correlation", *Construction and Building Materials*, Vol. 75, pp. 472-487.
- Enfedaque, A., Paradela, L. S., Gálvez, V. S., 2012, "An Alternative Methodology to Predict Aging Effects on the Mechanical Properties of Glass Fiber Reinforced Cements (GRC)", *Construction and Building Materials*, Vol. 27 (1), pp. 425-431.
- <http://www.fibrobeton.com.tr/Upload/Pdf/fibrofombeton.pdf> (Erişim Tarihi:2017)
- <http://www.omniskompozit.com/teknik-bilgiler/grc> (Erişim Tarihi: 2017)
- Kalınçimen, G., Öztürk, A. U., Kaplan, G., Yıldız, S. A., 2015, "Seramik atıklarının Çimento İkame Malzemesi Olarak Kullanılması ve Asit Dayanıklılığının İncelenmesi", *Kastamonu University, Journal of Engineering and Science*, Vol. 1 (1), pp. 9-16.
- Kavas, T., Çelik, M. Y., Evcin, A., 2004, "Cam Atıklarının Çimento Üretiminde Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", *5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, 13-14 Mayıs 2004.
- Kaya, G., Turan, S., 2004, "Yüksek Fırın Curufunun Seramik Sektöründe Katma Değeri Yüksek Ürünlerin Eldesinde Değerlendirilmesi", *Mühendis ve Makine Dergisi*, Cilt: 45, Sayı: 536, ss. 48-60, Eylül 2004.

- Kılıç, N., Kentsel Dönüşümde Geri Dönüşüm Atağı, *İzmir Ticaret Odası, AR&GE Bülten 2012 Aralık – Sektörel*
- Lin, K. L., Chen, B. Y., Chiou, C. S., Cheng, A., 2010, "Waste brick's Potential for use as a Pozzolan in Blended Portland Cement", *Waste Management and Research*, Vol. 28(7), pp. 647-652
- Mesci, B., Ergun, O. N., Çakıroğlu, M., 2007, "Bakır Endüstrisi Atıklarının Beton Katkı Maddesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", *2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu*, Ankara, 12-13 Nisan 2007.
- Nishibori, S., Takeuchi, Y., Sugiyama M., Kobayashi M., 2005, "Properties of GRC Using Recycled Material", *The 14th International Congress GRCA*, Hong Kong, pp. 31-39, 14-16 November 2005.
- Özdemir, M., ve Uğurlu, U., 2007, "Boraks Üretiminde Ortaya Çıkan Atık Malzemenin Çimentoda Değerlendirilmesi", *2.Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu*, pp.319-329, 12-13 Nisan 2007.
- Şimşek, O., Çiftci, M., 2006, "Usability of Waste Brick Powder as Pozzolanic Additive in Cement", *Journal of Polytechnic*, Vol. 9(4), pp. 325-329.
- Takeuchi, Y., Nishibori, S., Sugiyama M., Kobayashi M., 2008, "Basic Research on GRC Recycling", *Nippon Electric Glass Co Ltd, 906*, Imacho, Higashiomi, Shiga, pp. 521-1295, Japan.
- TS EN 1170-5, 1999, *Ön Yapımlı Beton Mamuller-Cam Elyaf Takviyeli Çimento (Ctç) Deney Metodu-Bölüm 5: Eğilme Dayanımı Tayini "Tam Eğilme Deneyi" Metodu*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12467 +A1, 2016, *Düz Levhalar - Elyaf Takviyeli Çimento Kullanılarak İmal Edilmiş-Mamul Özellikleri ve Deney Yöntemleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-1, 2002, *Çimento-Deney Metotları Bölüm1: Dayanım*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 196-3, 2002, *Çimento-Deney Metotları Bölüm 3: Priz Süresi ve Genleşme Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 197-1, 2002, *Çimento-Bölüm 1: Genel Çimentolar-Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, B., 2006, "Na-CMC Polielektrolit İlavesinin Puzolanlı Çimento Özelliklerine Etkisi", *Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Vol. (11), pp.143-154.