

# Cam Elyaf Katkısının Betonun Basınç ve Çekme Dayanımı Üzerindeki Etkisi

Servet YILDIZ, Yakup BÖLÜKBAŞ, Oğuzhan KELEŞTEMUR

## ÖZET

Beton yapı uygulamalarında çok geniş uygulama alanına sahip bir malzemedir. Ancak, betonun gevrek bir malzeme olmasından dolayı bazı uygulamalarda farklı malzemeler ile desteklenmesi gereği doğmaktadır. Daha sünek bir yapı kazandırabilmek amacıyla betona katılan malzemelerden biride cam elyafıdır. Cam elyaf katkısı, betonda oluşan çatlakların ani olarak yayılmasını engelleyerek beton dayanımının artışı sağlamaktadır. Bu çalışmada beton dayanım sınıfı C30 olarak belirlenmiş, farklı oranlardaki cam elyaf katkısının betonun basınç ve çekme dayanımı üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla, C30 beton sınıfında, sabit su/çimento oranına sahip 300 ve 350 dozlu beton numuneler hazırlanarak bu numunelerin ultrases geçiş hızı, basınç ve yarmada çekme dayanımları incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde özellikle 5 ve 10 kg/m<sup>3</sup> cam lif katkısının beton basınç dayanımına olumlu etkisi gözlenmiştir. Ayrıca, cam lif oranındaki artışa bağlı olarak betonların çekme dayanımlarında artış meydana gelirken, ultrases geçiş hızlarında da düşüşler meydana gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Beton, Cam Elyaf, Ultrases, Basınç Dayanımı, Çekme Dayanımı.

# Effect of Glass Fiber Addition on the Compressive and Tensile Strength of Concrete

## ABSTRACT

Concrete is a material which has very wide application range in the structural application. However, because of its brittleness, sometimes it should be supported by different material. Glass fiber is one of the added materials for increasing the ductilite of concrete. Fiber glass addition increases the resistance of concrete by preventing to spread of cracks occurred in concrete. In this study, 300 and 350 dosages concrete samples which have constant water/cement ratio and strength class C30 have been prepared and pulse velocity, compressive and tensile strength of these samples have been investigated for the determining effect of the glass fiber addition on the strength of concrete. As a result of the study, especially 5 and 10 kg/m<sup>3</sup> glass fiber addition have been increased the compressive strength of the concrete. Additionally, while the tensile strength of the concretes have increased depending on the rise of the glass fiber ratio, ultrasonic pulse velocity values have also reduced.

**Keywords:** Concrete, Fiber Glass, Pulse Velocity, Compressive Strength, Tensile Strength.

## 1. GİRİŞ

Beton yapı uygulamalarında geniş uygulama alanına sahip bir malzemedir. Bu geniş kullanımdan dolayı betonun özelliklerini geliştirebilmek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Betona ilave edilen farklı türdeki lifler ile elde edilen "Lif Takviyeli Beton"lar yapılan bu çalışmalardan biridir. Lif takviyeli beton; hidrolik çimento, agrega ve süreksiz dağılmış liflerin suyla karıştırılmasıyla elde edilen kompozit bir malzeme olarak tanımlanabilir. Lif takviyeli betonların bir çeşidi olan "Cam Lif Takviyeli Beton" ise cam lif, çimento, agrega ve su karışımından oluşan bir malzemedir [1]. Cam lif takviyesi, betonda erken dönemde oluşacak mikro çatlakların gelişimini engelleyerek veya geciktirerek betonun çekme dayanımını ve tokluğunu arttırmak amacıyla kullanılmaktadır [2,3]. Yıldız [4], cam lif katkılı beton borular ile ilgili yaptığı çalışmada, cam lifli boruların

kırılma yüklerinin, lifsiz boruların kırılma yüklerinden fazla olduğunu belirtmiştir. Cam lifin, betonun mekanik özelliklerine olan etkisi beton içerisinde bulunan lif oranına, su/çimento oranına, boşluk oranına, lif dayanımına ve lif uzunluğuna bağlıdır. Burada dikkat edilmesi gereken diğer bir etken ise lif narinlik oranıdır. Bu oran lif boyunun, lif çapına oranı olarak tanımlanır. Soroushian ve Bayasi, [5] yaptıkları çalışmada karışıma eklenen liflerin narinlik oranlarının büyük olması durumunda taze betonun işlenebilirliğini azalttığını belirtmişlerdir.

Bu çalışma, 300 ve 350 dozlu üretilen beton numunelerin mekanik dayanımları üzerine cam elyaf katkısının etkisini belirleyerek, yapay sınırlarıyla (YSA) modellenmesini amaçlayan bir projeye ait deneysel verilerin bir bölümünü içermektedir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Materyal

Deney çalışmalarında kullanılan beton numunelerin hazırlanması amacıyla, agrega olarak Elazığ Palu yöresine ait yıkanmış dere agregası kullanılmıştır. Kullanılan agreganın en büyük dane boyutu 16 mm seçilmiş ve bu agregaya ait granülometri eğrisi Şekil 1' de gösterilmiştir.

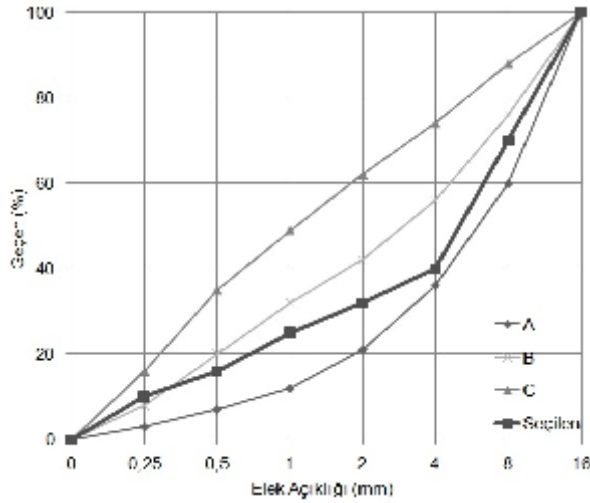
*Makale 02.08.2010.tarihinde gelmiş 23.02.2011tarihinde yayınlanmak üzere kabul edilmiştir.*

*S. YILDIZ, Y. BÖLÜKBAŞ, O. KELEŞTEMUR, Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Bölümü, ELAZIĞ,*

*e-posta :syildiz@firat.edu.tr, bolukbasy@gmail.com,*

*okelestemur@firat.edu.tr*

*Digital Object Identifier 10.2339/2010.13.3, 239-243*



Şekil 1. Kullanılan agreganın granülometri eğrisi.

Beton numunelerin karışımında çimento olarak, Çimentaş Elazığ çimento fabrikasında üretilen CEM I tipi PÇ 42,5 portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 1’ de verilmiştir [6]

Çizelge 1. Kullanılan çimentonun özellikleri [6].

Kimyasal Kompozisyon (%)	
SO <sub>3</sub>	2,69
MgO	2,1
Cl	0,005
Serbest Kireç	0,5
Çözünmeyen Kalıntı	0,26
Kızdırma Kaybı	1,58
Eşdeğer Alkali (Na <sub>2</sub> O+0,658K <sub>2</sub> O)	-
Fiziksel Özellikler	
Özgül Ağırlık (mg/m <sup>3</sup> )	3,12
Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)	3749
Priz Başlangıcı (Dakika)	161
Priz Sonu (Saat)	04,20
Su İhtiyacı (Vicac Suyu) (%)	29,6
Hacim Sabitliği (mm)	0,4
2 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	22,4
7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	39,4
28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	51

Çizelge 2. Kullanılan cam lifin özellikleri [1].

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Yüzey (m <sup>2</sup> /kg)	Bağlı Yoğunluk (Mg/m <sup>3</sup> )	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)
Cam	12	14	105	2,68	72000	1700

Beton numunelerin mekanik özellikleri üzerine lif katkısının etkisini belirleyebilmek amacıyla yapılan bu çalışmada lif katkısı olarak, Cam Elyaf Sanayii A.Ş. tarafından üretilen EMAT(1) cam lif keçeleri kullanılmıştır. Kullanılan cam life ait özellikler Çizelge 2’ de verilmiştir [1].

Beton numunelerin üretimi esnasında, lif takviyesi ile birlikte artan su ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla, Sika yapı kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen, Sikament 98R ürün kodlu süper akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi kullanılmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi deneylerde, üretici firma talimatlarına uygun olarak çimento ağırlığının %1’i oranında kullanılmıştır.

## 2.2. Yöntem

Deneylerde kullanılan 150 mm’lik küp beton numuneler, TS 802 [6]’ de belirtilen beton karışım esaslarına göre hazırlanmıştır. Karışım hesabında beton dayanım sınıfı C30 olarak alınmış, su-çimento oranı tüm karışımlarda sabit olarak 0,55 belirlenmiştir. 300 ve 350 doz olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında, karışıma 5, 10, 15, 20 kg/m<sup>3</sup> oranlarında kırılımlı cam lif ilave edilerek, cam elyaf katılmamış kontrol numunelerini de içeren 10 seri beton elde edilmiştir. Hazırlanan numunelerin karışım oranları Çizelge 3’ de verilmiştir. 24 saat sonunda kalıptan çıkarılan beton numuneler 28 gün boyunca 20±2 °C kirece doygun suda kür edilmiştir. Kür süresini tamamlayan numuneler üzerinde ASTM C 597 [8]’ ye göre ultrases geçiş hızı deneyi yapıldıktan sonra TS EN 12390-3 [9]’ ye uygun şekilde basınç dayanımı ve TS EN 12390-6 [10]’ ya uygun olarak da yarmada çekme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Deney için üretilen numunelere ait karışım oranları (1m<sup>3</sup> beton için)

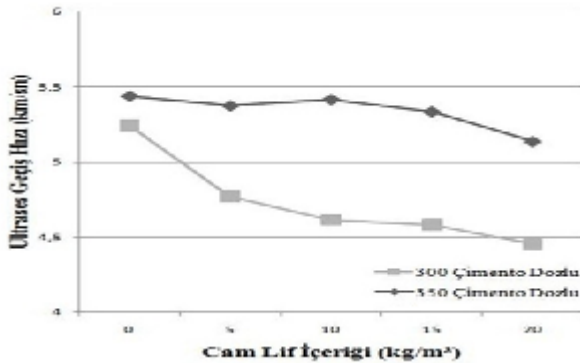
Numune No	Çimento (kg)	Su (kg)	Agrega (kg)			Cam Lif (kg)	S.A. (kg)
			0-4	4-8	8-16		
R-D30-SÇ55-A16	300	165	820,788	615,591	566,896	-	3,0
L-D30-SÇ55-A16-G5	300	165	820,788	615,591	566,896	5	3,0
L-D30-SÇ55-A16-G10	300	165	820,788	615,591	566,896	10	3,0
L-D30-SÇ55-A16-G15	300	165	820,788	615,591	566,896	15	3,0
L-D30-SÇ55-A16-G20	300	165	820,788	615,591	566,896	20	3,0
R-D35-SÇ55-A16	350	192,5	770,929	578,197	532,459	-	3,5
L-D35-SÇ55-A16-G5	350	192,5	770,929	578,197	532,459	5	3,5
L-D35-SÇ55-A16-G10	350	192,5	770,929	578,197	532,459	10	3,5
L-D35-SÇ55-A16-G15	350	192,5	770,929	578,197	532,459	15	3,5
L-D35-SÇ55-A16-G20	350	192,5	770,929	578,197	532,459	20	3,5

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Ultrases Geçiş Hızı

Beton numunelere ait ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 4' de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, beton karışımına giren tüm cam lif oranlarında, ultrases geçiş hızı referans numunelere göre azalmıştır. 300 çimento dozlu betonların ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde, 5 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunenin ultrases geçiş hızı referans numunesine göre %1,17 oranında azalmıştır. Aynı şekilde, kontrol numunesine göre 10 kg/m<sup>3</sup>, 15 kg/m<sup>3</sup> ve 20 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren beton numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri sırasıyla %0,42, %1,91 ve %5,55 oranında azalma göstermiştir.

350 çimento dozlu betonların ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde ise, 5 kg/m<sup>3</sup>, 10 kg/m<sup>3</sup>, 15 kg/m<sup>3</sup> ve 20 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri referans numunesine göre azalma göstermiş, bu azalma oranı %9,07, %12, %12,64 ve %15,12 şeklindedir.



Şekil 2. Lif oranına göre ultrases geçiş hızının değişimi

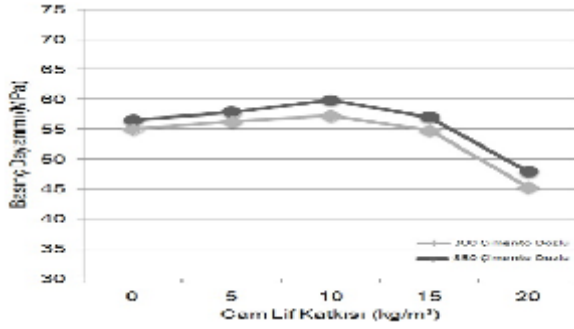
#### 3.1. Basınç Dayanımı

Beton numunelere ait basınç dayanım değerleri Şekil 3' de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, 5 kg/m<sup>3</sup> ve 10 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren 300 ve 350 çimento dozlu beton numunelerin basınç dayanımlarında refe-

rans numunesine göre bir artış meydana gelmiştir. 300 çimento dozlu betonların basınç dayanımı değerleri incelendiğinde, 5 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunenin basınç dayanımı değeri referans numunesine göre %2,29 oranında daha büyüktür. Aynı şekilde, kontrol numunesine göre 10 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren beton numunenin basınç dayanımı % 5,85 bir artış göstermiştir. Ancak, 15 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunede basınç dayanımındaki artış miktarı düşüş gösterse de, bu numunede de referans numunesine göre %0,79' luk küçük bir artış elde edilmiştir. Lif oranı 20 kg/m<sup>3</sup> olan numunenin basınç dayanımı kontrol numunesine göre %15,26 oranında düşmüştür. Lif oranının yükselmesi ile oluşan topaklanma sebebiyle homojenliğin bozulması bu düşüşe sebep olan etken olarak gösterilebilir.

350 çimento dozlu betonların basınç dayanımı değerleri incelendiğinde ise, 5 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunenin basınç dayanımı değeri referans numunesine göre %2,29 oranında daha büyüktür. Aynı şekilde, kontrol numunesine göre 10 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren beton numunenin basınç dayanımı % 4,10 luk bir artış göstermiştir. Ancak, bu numunelerde 15 ve 20 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunelerin basınç dayanımı değerleri kontrol serisine göre düşük çıkmıştır. Kontrol numunesine göre bu numunelerin basınç dayanımlarında meydana gelen düşüşler sırasıyla %0,39 ve %17,71'dir.

Yapılan deneyler sonucunda cam lif katkısının betonun basınç dayanımı üzerindeki katkısının fazla olmadığı ve özellikle yüksek cam lif oranlarında basınç dayanımını düşürdüğü görülmüştür. Benzer şekilde Kurt [1], yaptığı çalışmada, beton karışımına hacimce %2, %4 ve %6 oranında ilave ettiği cam liflerin, beton basınç dayanımı üzerinde çok fazla etki göstermediğini ayrıca bazı lif oranlarında basınç dayanımının düştüğünü belirtmiştir.



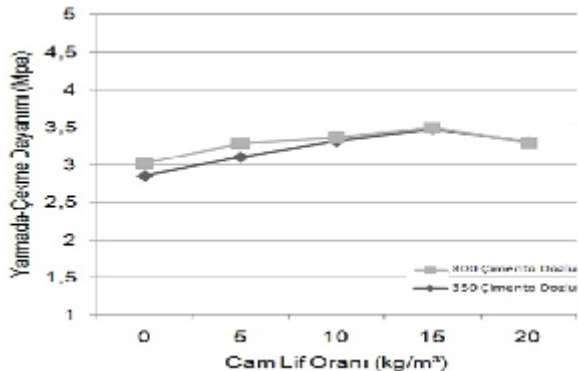
Şekil 3. Numunelerin basınç dayanımı değişimleri

### 3.2. Yarmada-Çekme Dayanımı

Beton numunelere ait yarmada-çekme dayanım değerleri Şekil 3' de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, 5 kg/m<sup>3</sup>, 10 kg/m<sup>3</sup> ve 15 kg/m<sup>3</sup> cam lifi içeren 300 ve 350 çimento dozlu beton numunelerin yarmada-çekme dayanımlarında referans numunesine göre bir artış meydana gelmiştir. 300 çimento dozlu betonların yarmada çekme dayanımları incelendiğinde, 5 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunenin yarmada-çekme dayanımı değeri referans numunesine göre %8,77 oranında daha yüküktür. Aynı şekilde, kontrol numunesine göre 10 kg/m<sup>3</sup> ve 15 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren beton numunelerin yarmada-çekme dayanımları sırasıyla % 16,14 ve %21,75' lik artış göstermiştir. Ancak, 20 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunede yarmada-çekme dayanımındaki artış miktarı düşüş gösterse de, bu numunede de referans numunesine göre %15,78' lik bir artış elde edilmiştir.

350 çimento dozlu betonların yarmada-çekme dayanımı değerleri incelendiğinde ise, 5 kg/m<sup>3</sup>, 10 kg/m<sup>3</sup> ve 15 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunelerin yarmada-çekme dayanımı değeri referans numunesine göre artış göstermiş, bu artış oranları sırasıyla %8,97, %11,62 ve %15,94 şeklindedir. Ancak, 20 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunede yarmada-çekme dayanımındaki artış miktarı düşüş gösterse de, bu numunede de referans numunesine göre %9,30' luk bir artış elde edilmiştir.

Deney sonuçlarına göre cam lif katkısının beton yarmada-ekme dayanımı üzerindeki olumlu etki sağladığı söylenebilir. Benzer şekilde Bahadır yaptığı çalışmada, cam lif oranının artması ile beton numunelerin tokluk değerlerinin arttığını belirtmiştir [11]. Bir başka çalışmada Avcı ve diğerleri, beton karışımına giren lif katkısı oranının artması ile betonun eğilme dayanımının arttığını belirtmişlerdir [12].



Şekil 4. Numunelerin çekme dayanımı değişimleri

## 4. SONUÇLAR

Yapılan deney çalışmaları sonucunda aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

1. Cam lifin, beton karışımına ilave oranına bağlı olarak işlenebilirlikte düşüş meydana gelmiştir. Özellikle 15 ve 20 kg/m<sup>3</sup> cam lif katkısı bulunan numunelerin karıştırılmaları ve kalıba yerleştirilme süreleri uzun sürmüştür.
2. Cam lif katkısının betonun basınç dayanımına etkisi belirli lif oranlarında olumlu etki göstermiştir. Dayanım artışı referans numunelere göre %2 ile %5 arasında kalmıştır. Deneylerde 59,84 MPa'lık maksimum basınç dayanımı 350 dozlu ve 10 kg/m<sup>3</sup> cam lif içeren numunelerden elde edilmiştir.
3. Yapılan deneylerde cam lif katkısının, betonun yarmada-çekme dayanımına katkısının daha belirgin olduğu görülmüştür. Yarmada-çekme dayanımına olan etki %8 ile %15 arasında olduğu tespit edilmiştir. Deneylerde 3,49 MPa'lık maksimum yarmada-çekme dayanımını ise 350 dozlu ve 15 kg/m<sup>3</sup> cam elyaf içeren numunelerden elde edilmiştir.
4. Cam elyaf oranındaki artışa bağlı olarak beton numunelerin ultrases geçiş hızlarında düşüş meydana gelmiştir. 4,45 km/sn'lik en düşük ultrases geçiş hızı 350 dozlu ve 20 kg/m<sup>3</sup> cam lif katkılı numunelerden elde edilmiştir.

## 5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, 1871 proje numarası ile destekleyen Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP)'ne teşekkür ederiz.

## 6. KAYNAKLAR

1. Kurt, G., "Lif İçeriğini ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, (2006), (Danışman: M. A. Taşdemir).
2. Ekincioglu, Ö., "Karma lif içeren çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışının incelenmesi", Sika Teknik Bülten, 10-11, (2003).
3. Balaguru, P. N. and Shah, S. P., "Fiber-Reinforced Cement Composites", ISBN-13: 978-0070564008, McGraw-Hill, 523 p, (1992).
4. Yıldız, S. And Keleştemur, M. H., "Cam Lif Katkısının Beton Dayanımına Etkisi", F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 12, 373-381, (2000).
5. Soroushian, P. And Bayasi, Z., "Fiber-Type Effects on the Performance of Steel Fiber Reinforced Concrete", *ACI Materials Journal*, V.88, No.2, (2001).
6. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), "Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları", TS 802, Ankara, Türkiye, 1-29 (2009).
7. [http://www.cimentas.com.tr/elazig/index.php/tr/products/detail/PR\\_EZ\\_42\\_5\\_N](http://www.cimentas.com.tr/elazig/index.php/tr/products/detail/PR_EZ_42_5_N)
8. American Society for Testing and Materials (ASTM), "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", ASTM C597, ICS Number Code 91.100.30 (2002).

9. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), “Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini”, TS EN 12390-3, Ankara, Türkiye, 1-21 (2010).
10. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), “Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarımda Çekme Dayanımının Tayini”, TS EN 12390-6, Ankara, Türkiye, 1-6 (2002).
11. Bahadır, B., “Liflerin Beton Kırılma Tokluğuna Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye, (2007), (Danışman: M. Sarıbiyık).
12. Avcı, A., Arıkan, H. and Akdemir, A., “Fracture Behavior of Glass Fiber Reinforced Polymer Composite”, Cement and Concrete Research, 34, 429–434, (2004).