



CAM ELYAF LİF KATKISININ BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

EFFECT OF THE FIBER GLASS ADDITION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE

Yakup BÖLÜKBAŞ^a, Servet YILDIZ^b, Oğuzhan KELEŞTEMUR^c

^a Firat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Bölümü, Elazığ, Türkiye, bolukbas@gmail.com

^b Firat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Bölümü, Elazığ, Türkiye, syildiz@firat.edu.tr

^c Firat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ, Türkiye, okelestemur@firat.edu.tr

Özet

Beton yapılarında çok geniş uygulama alanına sahip bir malzemedir. Ancak gevrekliği nedeniyle zaman zaman farklı malzemelerle desteklenmesi gereği doğabilir. Daha sünek bir yapı kazandırabilmek amacıyla betona cam elyaf katılmaktadır. Cam elyaf katkısı, betonda oluşan çatlakların ani olarak yayılmasını engelleyerek beton dayanımını artışı sağlamaktadır. Bu çalışmada, farklı oranlardaki cam elyaf katkısının betonun dayanımı üzerindeki etkisini belirleyebilmek amacıyla, sabit su/çimento oranına sahip 300 ve 350 dozlu beton numuneler hazırlanarak bu numunelerin mekanik dayanımları incelenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, cam lif oranındaki artışa bağlı olarak, farklı dozajlara sahip olan betonların çekme dayanımlarında artış meydana geldiği gözlenmiştir.

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

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. Fiber glass is added into concrete for can be obtained more ductile material. 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 have been prepared and mechanical properties of these samples have been investigated. As result of the experimental works, it was observed that the tensile strengths of the concretes with various dosages have increased depending on rise of the fiber glass ratio.

Keywords: Concrete, fiber glass, ultrasonic pulse, compressive strength, tensile strength.

1. Giriş

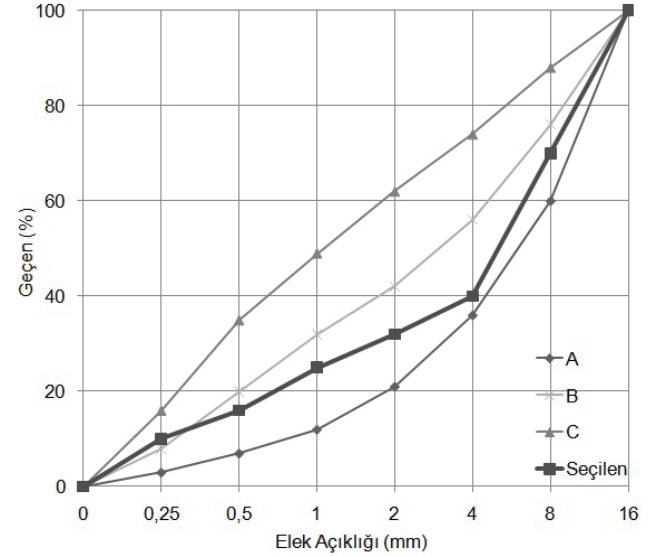
Beton yapı uygulamalarında geniş uygulama alanına sahip bir malzemedir. Bu geniş kullanımı sebebiyle betonun özelliklerini geliştirebilmek amacıyla pek çok çalışma yapılmıştır. Betona ilave edilen farklı türdeki lifler ile elde edilen "Lif Takviyeli Beton"lar yapılan bu çalışmalardan biridir. Lif takviyeli beton; hidrolik çimento, agregat 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, agregat ve su karışımından oluşan 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 cam lif katkıları beton borular ile ilgili yaptığı çalışmada, cam lifli boruların kırılma yüklerinin, lifsiz boruların kırılma yüklerinden fazla olduğunu belirtmiştir [4]. 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, yaptıkları çalışmada karışıma eklenen liflerin narinlik oranlarının büyük olması durumunda taze betonun işlenebilirliğini azalttığını belirtmişlerdir [5].

Bu çalışma; farklı dozajlarda üretilen beton numunelerin mekanik dayanımları üzerine cam lif katkısının etkisini belirleyerek, yapay sinir ağlarıyla (YSA) modellenmesini amaçlayan bir projeye ait deney verilerinin bir bölümünü içermektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Beton numunelerin hazırlanması amacıyla, agregat 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.



Şekil 1. Kullanılan agreganın granülometri eğrisi.

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

Çizelge 1. Kullanılan çimentonun özellikleri.

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

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

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 oranında kullanılmıştır.

Çizelge 2. Kullanılan cam lifin özellikleri.

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Cam	12	14	2.68	72000	1700

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/m³ oranlarında kırılmış cam lif ilave edilerek, cam lif katılmamış kontrol numunelerini de içeren toplam 10 seri beton elde edilmiştir. Hazırlanan numunelerin karışım oranları ve numune kodları Çizelge 3' de verilmiştir. Deneylerde kullanılan 300 dozlu referans numune R-D30-SC55-A16, 300 dozlu ve 5 kg/m³ cam lif içeren numune L-D30-SC55-A16-G5, 300 dozlu ve 10 kg/m³ cam lif içeren numune L-D30-SC55-A16-G10, 300 dozlu ve 15 kg/m³ cam lif içeren numune L-D30-SC55-A16-G15, 300 dozlu ve 20 kg/m³ cam lif içeren numune ise L-D30-SC55-A16-G20 şeklinde isimlendirilmiştir. Deneylerde kullanılan 350 dozlu referans numune R-D35-SC55-A16, 350 dozlu ve 5 kg/m³ cam lif içeren numune L-D35-SC55-A16-G5, 350 dozlu ve 10 kg/m³ cam lif içeren numune L-D35-SC55-A16-G10, 350 dozlu ve 15 kg/m³ cam lif içeren numune L-D35-SC55-A16-G15, 350 dozlu ve 20 kg/m³ cam lif içeren numune ise L-D35-SC55-A16-G20 şeklinde isimlendirilmiştir. 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 [7]' ye göre ultrases geçiş hızı deneyi yapıldıktan sonra, TS EN 12390-3 [8]' ye uygun şekilde basınç dayanımı ve TS EN 12390-6 [9]' ya uygun olarak da yarmada çekme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

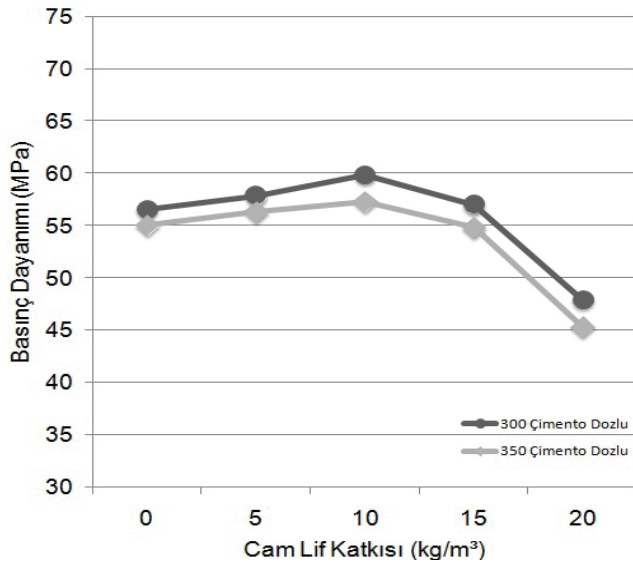
3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Basınç Dayanımı

Beton numunelere ait basınç dayanım değerleri Şekil 2' de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, 5 kg/m³ ve 10 kg/m³ cam lifi içeren 300 ve 350 çimento dozlu beton numunelerin basınç dayanımlarında referans numunesine göre bir artış meydana gelmiştir. 300 dozlu betonların

Çizelge 3. Deney için üretilen numunelere ait karışım oranları (1m³ beton için)

Numune No	Çimento (kg)	Su (kg)	Agrega (kg)			Cam Lif (kg)	Süper Akışkanlaştırıcı (kg)
			0-4	4-8	8-16		
R-D30-SC55-A16	300	165	820.788	615.591	566.896	-	3.0
L-D30-SC55-A16-G5	300	165	820.788	615.591	566.896	5	3.0
L-D30-SC55-A16-G10	300	165	820.788	615.591	566.896	10	3.0
L-D30-SC55-A16-G15	300	165	820.788	615.591	566.896	15	3.0
L-D30-SC55-A16-G20	300	165	820.788	615.591	566.896	20	3.0
R-D35-SC55-A16	350	192.5	770.929	578.197	532.459	-	3.5
L-D35-SC55-A16-G5	350	192.5	770.929	578.197	532.459	5	3.5
L-D35-SC55-A16-G10	350	192.5	770.929	578.197	532.459	10	3.5
L-D35-SC55-A16-G15	350	192.5	770.929	578.197	532.459	15	3.5
L-D35-SC55-A16-G20	350	192.5	770.929	578.197	532.459	20	3.5



Şekil 2. Numunelerin basınç dayanımı değişimleri

basınç dayanımları incelendiğinde, 5 kg/m³ cam lif içeren numunenin basınç dayanımı değeri referans numunesine göre %2,29 oranında daha büyüktür.

Aynı şekilde, 10 kg/m³ cam lif içeren beton numunenin basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 5,85 lik bir artış göstermiştir. Ancak, 15 kg/m³ cam lif içeren numunenin 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/m³ 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 dozlu betonların basınç dayanımları incelendiğinde ise, 5 kg/m³ cam lif içeren numunenin basınç dayanımı değeri referans numunesine göre %2,29 daha büyüktür. Aynı şekilde, 10 kg/m³ cam lif içeren beton numunenin basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 4,10 luk bir artış göstermiştir. Ancak, 350 dozlu numunelerde 15 ve 20 kg/m³ cam lif içeren numunelerin basınç dayanımı değerleri kontrol serisine göre düşük gelmiştir. Kontrol numunesine göre bu numunelerin basınç dayanımlarında meydana gelen düşüşler sırasıyla %0,39 ve %17,71'dir.

Yapılan basınç deneyleri sonucunda cam lif katkısının betonun basınç dayanımı üzerindeki olumlu 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 2'den görüleceği gibi, 300 dozlu beton numunelerin basınç dayanımları 350 dozlu beton numunelerin basınç dayanımlarından büyük çıkmıştır. Bu durum, 300 dozlu beton numunelerin iri agregâ miktarının daha fazla olmasından kaynaklanmıştır.

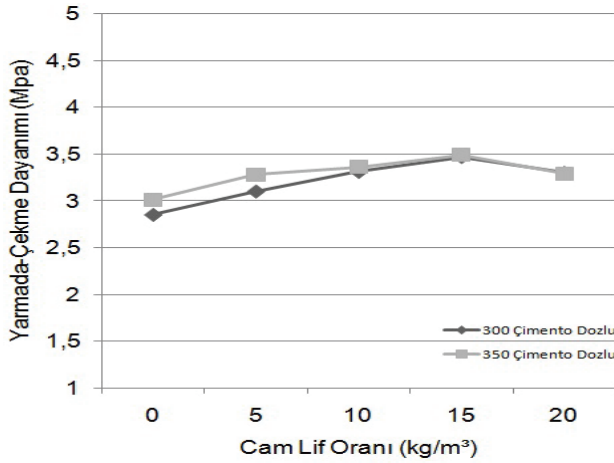
3.2. Yarmada-Çekme Dayanımı

Beton numunelere ait yarmada-çekme dayanım değerleri Şekil 3' de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, 5 kg/m³, 10 kg/m³ ve 15 kg/m³ cam lifi içeren 300 ve 350 dozlu beton numunelerin yarmada-çekme dayanımlarında referans numunesine göre bir artış meydana gelmiştir. 300 dozlu betonların yarmada çekme dayanımları incelendiğinde, 5 kg/m³ cam lif içeren numunenin yarmada-çekme dayanımı değeri referans numunesine göre %8,77 oranında daha büyüktür. Aynı şekilde, 10 kg/m³ ve 15 kg/m³ cam lif içeren beton numunelerin yarmada-çekme dayanımları kontrol numunesine göre sırasıyla % 16,14 ve %21,75' lik artış göstermiştir. Ancak, 20 kg/m³ 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 dozlu betonların yarmada-çekme dayanımı değerleri incelendiğinde ise, 5 kg/m³, 10 kg/m³ ve 15 kg/m³ cam lif içeren numunelerin yarmada-çekme dayanımı değerleri referans numunesine göre sırasıyla %8,97, %11,62 ve %15,94 oranlarında artış göstermiştir. Ancak, 20 kg/m³ 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 betonun yarmada-çekme dayanımı üzerine olumlu etki sağladığı söylenebilir. Benzer şekilde Bahadır [10] yaptığı çalışmada, cam lif oranının artması ile beton numunelerin tokluk değerlerinin arttığını belirtmiştir. Bir başka çalışmada Avcı ve diğerleri [11], beton karışımına giren lif katkısı oranının artması ile betonun eğilme dayanımının arttığını belirtmişlerdir.

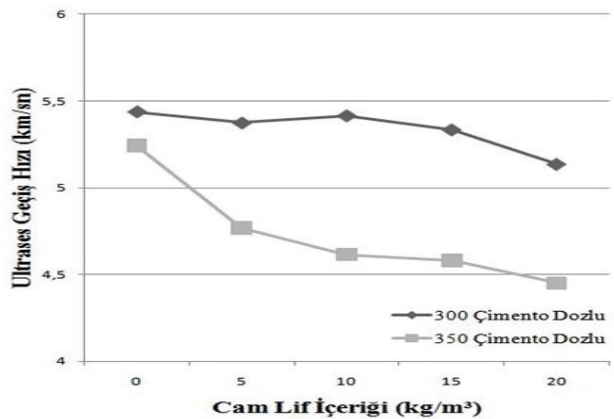


Şekil 3. Numunelerin çekme dayanımı değişimleri

3.3. Ultrases Geçiş Hızı

Beton numunelere ait ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 4' de gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, cam lifli katkılı betonların tamamında ultrases geçiş hızı referans numunesine göre düşüktür. Lif oranındaki artışa bağlı olarak ultrases geçiş hızı değerleri düşmüştür. 300 dozlu betonların ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde, 5 kg/m³ cam lif içeren numunenin ultrases geçiş hızı değeri referans numunesine göre %1,17 oranında düşüktür. Aynı şekilde, 10 kg/m³, 15 kg/m³ ve 20 kg/m³ cam lif içeren beton numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri kontrol numunesine göre sırasıyla %0,42, %1,91 ve %5,55 oranında düşüş göstermiştir.

350 çimento dozlu betonların ultrases geçiş hızı değerleri incelendiğinde ise, 5 kg/m³, 10 kg/m³, 15 kg/m³ ve 20 kg/m³ cam lif içeren numunelerin ultrases geçiş hızı değerleri referans numunesine göre sırasıyla %9,07, %12, %12,64 ve %15,12 oranlarında düşüş göstermiştir. Lif miktarındaki artışa bağlı olarak ultrases geçiş hızında meydana gelen azalma numunelerdeki boşluk miktarı artışının bir göstergesidir.



Şekil 4. Numunelerin ultrases geçiş hızı değişimleri

3. Sonuçlar

Yapılan deney çalışmaları sonucunda aşağıdaki neticeler elde edilmiştir.

1. Cam lif miktarındaki artışa bağlı olarak taze betonun işlenebilirliği düşmüştür. Özellikle 15 kg/m³ lif oranından sonra taze betonun işlenebilirliği önemli ölçüde azalmıştır.
2. Cam lif katkısının betonun basınç dayanımı üzerindeki olumlu etkisinin fazla olmadığı ve 15 kg/m³ den sonraki cam lifi katkı oranlarında betonun basınç dayanımında düşüş meydana geldiği belirlenmiştir. 59,84 MPa'lık maksimum basınç dayanımı, 300 dozlu ve 10 kg/m³ cam lif içeren (L-D30-SÇ55-A16-G10) numunesinden elde edilmiştir.
3. Yapılan deneyler, cam lif katkısının betonun yarmada-çekme dayanımı üzerine olumlu etkisinin olduğunu göstermiştir. Beton numunelerin yarmada-çekme dayanımları, cam lifi oranındaki artışa bağlı olarak %8 ile %15 arasında artış göstermiştir. 3,49 MPa'lık maksimum yarmada-çekme dayanımı, 350 dozlu ve 15 kg/m³ cam elyaf içeren (L-D35-SÇ55-A16-G15) numunesinden 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/m³ cam lif katkılı (L-D35-SÇ55-A16-G20) numunesinde meydana gelmiştir.

Deney çalışmaları neticesinde elde etmiş olduğumuz veriler literatürdeki bulgular ile uyum içerisindedir. Ancak, devam etmekte olan bu projenin deney çalışmaları tamamlandıktan sonra, elde edilecek olan verilerin tamamı yapay sınır ağları ile modellenerek literatüre bu yönüyle olumlu bir katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, 1871 proje numarası ile Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından desteklenmiştir.

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]. Balaçur, P. N. and Shah, S. P., "Fiber-Reinforced Cement Composites", ISBN-13: 978-0070564008, McGraw-Hill, 523 p, (1992).
- [4]. Yıldız, S., "Lifli Beton Boruların Durabilitesi Kırılma Performansı ve Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye, (1998), (Z. Ç. Ulucan).
- [5]. Soroshian, 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]. American Society for Testing and Materials (ASTM), "Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete", ASTM C597, ICS Number Code 91.100.30 (2002).
- [8]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), "Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini", TS EN 12390-3, Ankara, Türkiye, 1-21 (2010).
- [9]. Türk Standardı Enstitüsü (TSE), "Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini", TS EN 12390-6, Ankara, Türkiye, 1-6 (2002).
- [10]. Bahadır, B., "Liflerin Beton Kırılma Tokluğuna Etkileri", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye, (2007), (Danışman: M. Sarıbayrak).
- [11]. Avcı, A., Arıkan, H. and Akdemir, A., "Fracture Behavior of Glass Fiber Reinforced Polymer Composite", *Cement and Concrete Research*, 34, 429-434, (2004).