



MİSİNA İPİNİN BETONUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

¹Emrah TURAN, ²Meral OLTULU

^{1,2}Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 25090, ERZURUM

¹turan.emrah16@gmail.com, ²mroltulu@atauni.edu.tr

(Geliş/Received: 29.06.2017; Kabul/Accepted in Revised Form: 08.02.2018)

ÖZ: Dünyada inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan, kompozit malzemelerden birisi olan, betona; farklı birçok alanda kullanılabilen misina ipinin katılması sonucunda mekanik özelliklerinin araştırıldığı bu çalışmada misina ipinin yapı lifi olarak değerlendirilip değerlendirilmeyeceği incelenmiştir. Lifli betonun mekanik özelliklerini saptamak amacıyla yarmada çekme, basınç ve eğilme de çekme deneyleri yapılmıştır. Lif olarak polipropilen ve poliamid esaslı lifler ve piyasadan temin edilebilen naylon esaslı misina ipi hacimsel olarak %0,5; %1,0 ve %1,5 oranlarında eklenmiştir. Deney sonuçlarında misina ipinin yapı lifi olarak kullanımının mümkün olduğu saptanmış ve oransal olarak kısmen diğer yapı liflerine benzer etki gösterdiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda lif katkısız betona göre %0,5 misina lifinin betonların basınç dayanımını yaklaşık %19 oranında, eğilme dayanımını %26 oranında; %1,0 oranındaki ise yarmada çekme dayanımını %23 oranında artırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, doğada uzun yıllar bozulmadan kalabilen misina ipinin yapı lifi olarak değerlendirilebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Lif, Misina, Poliamid (PA) lif, Polipropilen (PP) lif

The Effect of Monofilament Fishing line on the Mechanical Properties of Concrete

ABSTRACT: In this study, the mechanical properties of concrete, one of the composite materials widely used for the construction sector in the world, with adding monofilament fishing line that can be used in many different areas has been investigated. It was investigated whether or not the monofilament fishing line could be considered as the structural fiber. In order to determine the mechanical properties of fibrous concrete split tensile, compressive, and flexural strength tests were performed. As polypropylene fiber and polyamide-based fibers available from the market, nylon-based monofilament fishing line was added at 0.5%, 1.0% and 1.5% by volume. Experimental results showed that the use of monofilament fishing line as a structural fiber were possible and showed a similar effect as the other structural fibers. As a result of the experiments compared to the plain concrete, it was found that adding 0.5% monofilament fishing line increasing the compressive strength and flexural strength by 19% and 26% respectively. While adding 1.0% monofilament fishing line increased the split tensile strength by 23%. As a result, monofilament fishing line which can remain intact for many years in nature could be evaluated as structural fiber.

Key Word: Concrete, fiber, monofilament fishing line, polyamide-(PA) fiber, polypropylene (PP) fiber

GİRİŞ (INTRODUCTION)

Geniş bir kullanım alanına sahip olan betonun değişik alanlarda kullanımı ve üretim teknolojisi her geçen gün daha da gelişmektedir. Betonun kolaylıkla istenen boyut ve şekilde elemanlar üretmeye imkan sağlaması, yüksek basınç dayanımına sahip olarak üretilebilmesi, bakım işlemleri ve masraflarının diğer yapı malzemelerine kıyasla daha düşük olması gibi avantajları olmasına rağmen,

düşük çekme ve eğilme dayanımı gibi dezavantajları da mevcuttur.

Betonun olası dezavantajlarını ortadan kaldırmak adına birçok yöntem geliştirilmiştir. Örneğin, geçmişten günümüze kadar yapı malzemeleri içerisinde çekme gerilmelerini karşılamak amacıyla birçok malzeme (örneğin; keçi kılı, saman, yün, at yelesi vs.) eklenmiştir (Akman, 2003; Alpaslan ve diğ., 2015; Yasa, 2016). Betona taze halde iken çeşitli yöntemlerle, değişik miktarlarda eklenen belirli bir (boy/çap) narinlik oranına sahip olan ve lif olarak tanımlanan malzemeler metal, polimer, mineral esaslı olabilmektedirler(Osman ve diğ., 2007).

Beton içerisinde homojen olarak dağılan lifler, oluşan çatlakları önlemekte ve bu çatlakların ilerlemesini yavaşlatarak betonu daha dayanıklı bir hale getirmektedir. İçerisinde lif bulunan betonların tokluk, yorulma, ilk çatlak dayanımı gibi özellikleri iyileşmektedir (Song ve Hwang, 2004; Nili ve Afroughsabet, 2010). Lifle güçlendirilmiş beton bileşenleri, endüstriyel yapılar, kaldırımlar, köprüler, tüneller, kanal kaplamaları, hidrolik yapılar, borular, patlamaya karşı dirençli yapılar, güvenlik odaları gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Xia ve diğ., 2001; Alyamaç ve İnce, 2016; Bozkurt ve Karakurt, 2016).

Lifli betonlar üzerinde günümüze kadar yapılan çalışmalarda çelik, polipropilen, poliamid, polietilen, bazalt lifler gibi farklı kimyasal ve fiziksel yapıya sahip liflerin etkileri, optimum kullanılma oranları araştırılmıştır.(Akkaş ve diğ., 2010; Nili ve Afroughsabet, 2010). Eklenen lif türü ve oranına bağlı olarak beton özellikleri de değişiklik göstermektedir. Literatürden hareketle betonun mekanik özellikleri açısından en çok kullanılan lif türleri olan çelik ve polipropilen lifleri değerlendirmek, kullanımı araştırılan misina ipinin yapı lifi olarak kullanımına ışık tutacaktır.

Mekanik özellikler açısından, çelik lif kullanılan çalışmalarda belirli bir orana kadar liflerin olumlu etki yaptığı daha yüksek oranlarda ise olumsuz etki oluşturduğu görülmüştür. Bu oranı Eren ve Celik, 1997 yaptıkları çalışmada %1,0; Song ve Hwang, 2004 yaptığı çalışmada ise %2,0 olduğunu belirlemişlerdir. Belli bir orandan sonraki dayanım düşüşlerinin nedeni olarak lif kullanım oranının artırılması ile temas yüzeylerinin artarak işlenebilirliği azaltması olarak açıklanmaktadır (Eren ve Celik, 1997). Yine çelik lif kullanımı ile betonların yarmada çekme ve eğilmede çekme dayanımlarında lif miktarının artışı ile doğru orantılı bir şekilde artış olduğu tespit edilmiştir (Eren ve Celik, 1997; Abdul-Ahad ve Aziz, 1999; Song ve Hwang, 2004; Baran ve diğ., 2012; Ma ve diğ., 2013; Pajak ve Ponikiewski, 2013; Khaloo ve diğ., 2014).

En çok kullanılan lif çeşitlerinden diğeri ise polimer esaslı olan polipropilen liflerdir. Polipropilen liflerin basınç dayanımları üzerinde çok fazla bir etkisi olmadığı normal betonlara kıyaslandığında az miktarda artış sağladığı bilinmektedir. %0,2, %0,3 ve %0,5 oranlarında polipropilen lif eklenen çalışmalarda ise lif miktarı artışı ile birlikte basınç dayanımlarında artışlar olduğu gözlemlenmiş ve polipropilen lif optimum oranı %0,5 olarak tavsiye edilmiştir (Yıldırım ve diğ., 2007; Akkaş ve diğ., 2010; Nili ve Afroughsabet, 2010).

Polipropilen lif katkılı betonlar çekme dayanımı açısından normal betonlara göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Polipropilen lif katkılı betonların, normal betonlara göre %20'lere varan oranlarda daha yüksek çekme dayanımına ve eğilme dayanımlarına sahip olduğu belirlenmiştir (Bahadır, 2010). Beton hacminin %0,05, %0,1, %0,2 ve %0,3'ü oranında kullanılan multifilament polipropilen liflerin eğilme dayanımlarını artırdığı, lif oranı arttıkça bu artışın daha fazla olduğu belirlenmiştir (Song ve diğ., 2005; Hsie ve diğ., 2008; Nili ve Afroughsabet, 2010; Mazaheripour ve diğ., 2011).

Polipropilen liflerden başka polimer esaslı poliamid, polietilen gibi liflerin kullanıldığı çalışmaların sayısı da her geçen gün artmaktadır (Soroushian ve diğ., 1992; Chen ve Chung, 1996; Kim ve diğ., 2015; Halvaei ve diğ., 2016; Köroğlu ve Özdöner, 2016). Bu liflere ilaveten nylon esaslı bir polimer olan lifler çok az sayıda çalışmada kullanılmıştır (Lee ve diğ., 2005; Song ve diğ., 2005; Martínez-Barrera ve diğ., 2006). Ancak naylon esaslı olan, balıkçılık ve müzik enstrümanı endüstrisinde yaygın olarak kullanılan misina ipinin de yapı lifi olarak kullanımı üzerine literatürde bir çalışma bulunmamaktadır. Yapı lifi olarak misinanın kullanımı araştırılarak beton özelliklerini en iyi etkileyecek optimum oranının belirlenmesi önemli görülmektedir.

Ayrıca misina ipinin yapı lifi olarak betonda kullanılabilirliğinin belirlenmesi ile bu ipin atıklarının da değerlendirilebileceği bir alan bulunmuş olacaktır. Bu yönü ile de çevresel açıdan atık değerlendirme konusunda farkındalık oluşturulacaktır. Tüm bu nedenler göz önüne alınarak bu çalışmada basınç ve yarmada çekme mekanik deneylerin yapılarak misina ipinin yapı lifi olarak kullanılabilme olasılığı ve optimum kullanım oranının belirlenmesi çalışmaları yapılmıştır. Misina ipli betonların özellikleri uygulamada en çok kullanılan polimer esaslı liflerden polipropilen (PP) ve poliamid (PA) lifli betonların özellikleri ile kıyaslamalı olarak incelenmiştir. Lif oranları literatürde PP ve PA liflerinin optimum kullanım oranları ile aynı değerlerde seçilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

Materyal (Material)

Yapı lifi (Structural Fiber)

Bu çalışmada yapı lifi olarak polipropilen ve poliamid lif kullanılmıştır. Polipropilen lifler BASF firmasından, poliamid lifler ise KRATOS firmasından temin edilmiştir. Şekil 1.a'da poliamid lifleri, Şekil 1.b'de polipropilen lifleri ve Şekil 1.c'de misina lifleri verilmiştir. Bu lifler en küçük kalıp boyutunun (70 mm) 1/3 oranını aşmayacak şekilde 20 mm boyunda kullanılmışlardır.



Şekil 1. Poliamid lif (a), polipropilen lif (b), misina lifi (c)
Figure 1. Polyamide (a), Polypropylene (b), monofilament fishing line (c)

Çizelge 1' de deneylere tabii tutulan yapı lifleri ve misina ipinin birim ağırlık ve narinlik oranları verilmiştir.

Çizelge 1. Liflerin ve misina ipi teknik özellikler
Table 1. Technical properties of fibers and monofilament fishing line

Grup	Birim ağırlık (g/cm ³)	Narinlik (l/d)
Poliamid lif	1,14	36,4
Polipropilen lif	0,91	22,2
Misina ipi	1,01	33,3

Çimento (Cement)

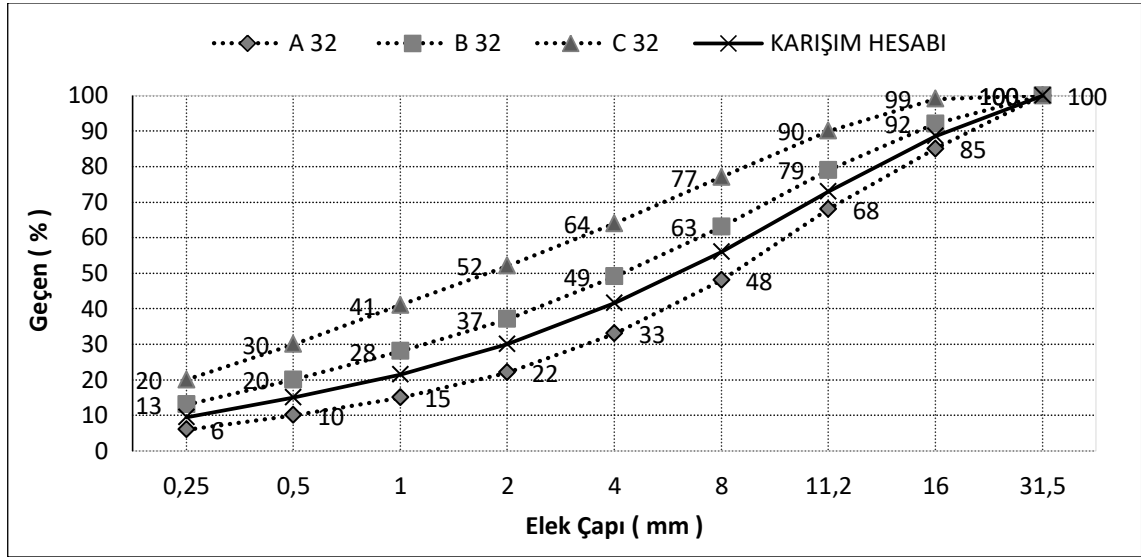
Yapılan deneylerde bağlayıcı olarak TS EN 197-1'e uygun CEM I 42,5 N grubu çimento kullanılmıştır.

Süper Akışkanlaştırıcı (Super plasticizer)

Deneylerde işlenebilirliği artırmak için naftalin sülfonat esaslı süper akışkanlaştırıcı çimento ağırlığın %1,5' i oranında kullanılmıştır.

Agrega (Aggregate)

Agregalar maksimum tane boyutu 31,5 mm olan kırmataş agregalar olup elek analizi sonucunda beton numuneleri için TS 800 – 2009 standart eğrisi (Şekil 2) olan eğri kullanılarak beton karışım hesabı yapılmıştır. Deneylerde kullanılan karışım hesabının standart eğrilerdeki yeri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Karışım hesabında kullanılan agrega granülometrisi

Figure 2. Aggregate granulometry used in concrete mix design

Beton Karışım Hesabı (Concrete mix design)

Özellikleri belirlenmek istenen numune grupları ve 1m³ betondaki kullanılan malzemeler Çizelge 2'de verilmiştir. Deneysel testler için kontrol grubu (lifsiz), misina ipli, poliamid lifli ve polipropilen lifli beton grupları olmak üzere dört grup beton üretilmiştir. Çizelge 1'de genel özellikleri verilen lifler beton içerisine beton hacminin; %0,5, %1,0 %1,5'i oranlarında eklenerek numunelerin basınç, yarmada çekme, eğilme dayanımları belirlenmiştir. Her bir grubun deney sonuçları 3 numunenin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Numuneler isimlendirilirken kolaylık olması için kodlama yapılmıştır. Burada kodlardaki ilk harf kullanılan lif türünün baş harfini (M, PP, PA), sayısal değer ise kullanılma oranını göstermektedir. Örneğin, aşağıdaki örnekte beton hacminin %0,5 oranında misina ipli kullanıldığı beton grubu kısaltması verilmiştir.

Lif Tipi ← M 0,5 → Kullanılan Oran

Çizelge 2. 1000 dm³ beton karışımında kullanılan malzeme miktarı
Table 2. Material proportion for 1000 dm³ concrete mix design

MALZEME	KO	PP0,5	PP1,0	PP1,5	M0,5	M1,0	M1,5	PA0,5	PA1,0	PA1,5
Çimento (kg)	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
Su (kg)	191,23	191,23	191,23	191,23	191,23	191,23	191,23	191,23	191,23	191,23
Su/Çimento	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Süper Akışkanlaştırıcı (kg)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
0-2 mm Agrega	528,33	528,33	528,33	528,33	528,33	528,33	528,33	528,33	528,33	528,33
2-4 mm Agrega	190,35	190,35	190,35	190,35	190,35	190,35	190,35	190,35	190,35	190,35
4-8 mm Agrega	246,48	246,48	246,48	246,48	246,48	246,48	246,48	246,48	246,48	246,48
8-16 mm Agrega	282,24	282,24	282,24	282,24	282,24	282,24	282,24	282,24	282,24	282,24
16-31,5 mm Agrega	340,01	340,01	340,01	340,01	340,01	340,01	340,01	340,01	340,01	340,01
PP (kg)	-	4,50	9,00	13,50	-	-	-	-	-	-
M (kg)	-	-	-	-	5,05	10,10	15,15	-	-	-
PA (kg)	-	-	-	-	-	-	-	5,70	11,40	17,10

Beton numunelerinin karışım aşamaları Şekil 3'de verilmiştir. TS EN-206-1 standardına göre beton numunelerinin slump sınıfı S4 (160-210 mm çökme değeri) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Beton karışımı hazırlama prosedürü

Figure 3. Concrete mixture preparation procedure

Metod (Method)

Atatürk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı ve Malzemeleri Tatbiki Laboratuvarı'nda birim hacim ağırlık deneyi, basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Basınç Dayanımı Tayini (Compressive strength calculation)

Basınç deneyleri, 150x150x150 mm'lik küp numuneler üzerinde 28. günde Şekil 4.a da gösterilen düzenele yapılmıştır. Yapılan bütün basınç deneyleri, sabit yükleme hızı altında gerçekleştirilmiş ve yükleme hızı TS EN 12390-3/AC (Anonim 2012)'ye 0,4 MPa/s olarak alınmıştır. Basınç dayanımı deneylerinde elde edilen sonuçlar Araştırma Bulguları kısmında verilmiştir.

Yarmada Çekme Dayanımı Tayini (Split tensile test)

Yarmada çekme deneyleri, R10/20 mm'lik silindir numuneler üzerinde 28. günde Şekil 4.b'de gösterilen düzenekle yapılmıştır. Betonların yarmada çekme dayanımlarının aşağıda verilen eşitlik yardımıyla sonuçlar hesaplanmış ve sonuçları Araştırma Bulguları bölümünde belirtilmiştir.

$$\text{Çekme Dayanımı} = \frac{2P}{\pi LD} \quad (1)$$

P: Yük, N,

L: Silindirin yüksekliği, mm,

D: Silindirin Çapı, mm

Eğilme Dayanımı Tayini (Bending strength test)

Eğilme deneyleri, 70x70x280 mm'lik kiriş numuneler üzerinde 28. günde Şekil 4.c'de gösterilen düzenekle 3 nokta eğilme deneyi yapılmıştır. Betonların eğilme dayanımlarının aşağıda verilen eşitlik yardımıyla sonuçlar hesaplanmıştır. Deney sonuçları Araştırma Bulguları bölümünde belirtilmiştir.

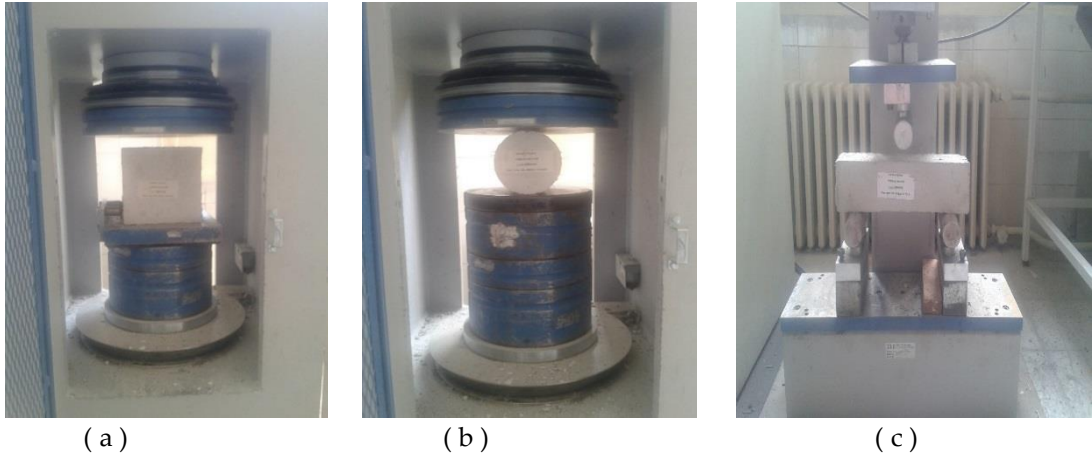
$$F = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2)$$

F: Eğilme Dayanımı, MPa,

P: Yük, N,

L: Mesnetler Arası Açıklık, mm,

b ve d: Numunenin Enkesit Uzunlukları, mm.



Şekil 1. (a) Basınç dayanımı deney düzeneği, (b) Yarmada çekme dayanımı deney düzeneği (c) 3 nokta eğilme dayanımı deney düzeneği

Figure 4. Compressive strength test setup (a) split tensile strength test setup (b) 3 point bending strength test setup (c)

BULGULAR (RESULTS)

Çalışma kapsamında KO, M, PA ve PP katkıli betonlar üzerinde yapılan 28 günlük numunelerin mekanik dayanımları Çizelge 4' de verilmiştir.

Çizelge 4. Mekanik deney sonuçları

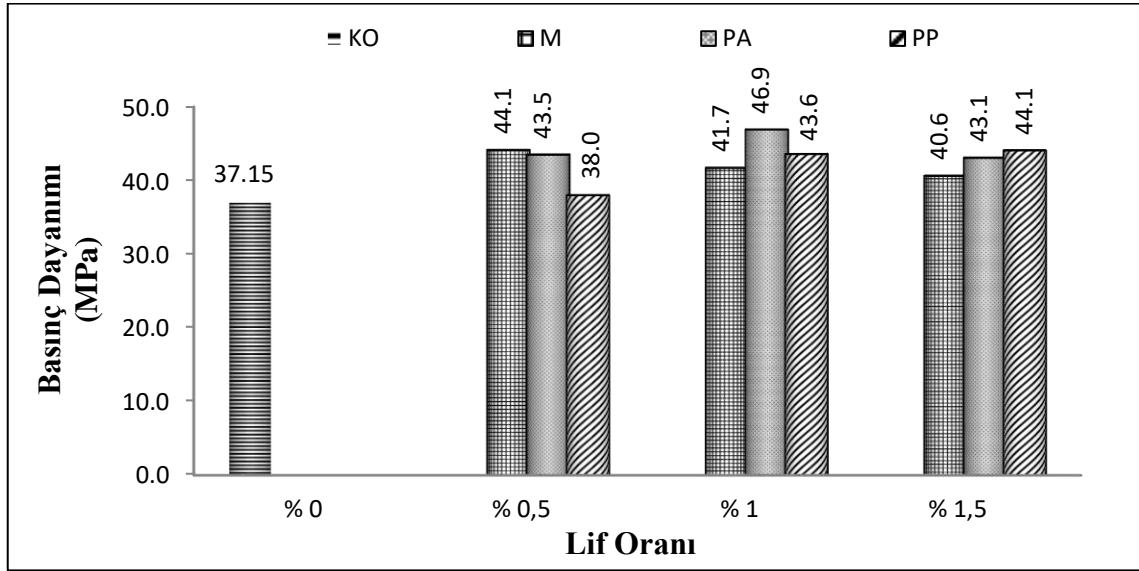
Table 4. Results of mechanical tests

<u>Numune Grupları</u>	<u>Basınç Dayanımı (MPa)</u>	<u>Kontrol Grubuna Göre Değişimi %</u>	<u>Yarmada Çekme Dayanımı (MPa)</u>	<u>Kontrol Grubuna Göre Değişimi %</u>	<u>Eğilmede Çekme Dayanımı (MPa)</u>	<u>Kontrol Grubuna Göre Değişimi %</u>
<u>KO</u>	<u>37,2</u>	<u>-</u>	<u>3,6</u>	<u>-</u>	<u>4,6</u>	<u>-</u>
<u>M0,5</u>	<u>44,1</u>	<u>18,8</u>	<u>4,3</u>	<u>19,2</u>	<u>5,8</u>	<u>26,3</u>
<u>M1,0</u>	<u>41,7</u>	<u>12,2</u>	<u>4,4</u>	<u>22,6</u>	<u>4,6</u>	<u>0,7</u>
<u>M1,5</u>	<u>40,6</u>	<u>9,4</u>	<u>4,3</u>	<u>18,4</u>	<u>4,7</u>	<u>2,6</u>
<u>PA0,5</u>	<u>43,5</u>	<u>17,1</u>	<u>3,7</u>	<u>3,1</u>	<u>5,8</u>	<u>26,3</u>
<u>PA1,0</u>	<u>46,9</u>	<u>26,3</u>	<u>4,5</u>	<u>25,1</u>	<u>5,1</u>	<u>10,7</u>
<u>PA1,5</u>	<u>43,1</u>	<u>15,9</u>	<u>4,3</u>	<u>18,9</u>	<u>5,2</u>	<u>13,4</u>
<u>PP0,5</u>	<u>38,0</u>	<u>2,3</u>	<u>4,8</u>	<u>32,3</u>	<u>5,4</u>	<u>18,4</u>
<u>PP1,0</u>	<u>43,6</u>	<u>17,3</u>	<u>4,3</u>	<u>19,2</u>	<u>5,8</u>	<u>25,8</u>
<u>PP1,5</u>	<u>44,1</u>	<u>18,7</u>	<u>4,5</u>	<u>25,6</u>	<u>5,9</u>	<u>28,0</u>

Basınç Dayanımı Deneyi Bulguları (Results of Compressive Strength Test)

Tüm beton grupları üzerinde yapılan basınç deneyi bulguları Çizelge 4'de, elde edilen grafik ise Şekil 5'de verilmiştir. Bu sonuçlardan yola çıkılarak kontrol grubuna göre tüm lif oranlarının numunelerin basınç dayanımını olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Misina lifi için artış oranları %9-19 arasında, PA lifleri için %16-26 arasında ve PP lifleri içinse %2-19 arasında olduğu görülmektedir. Misina ve PA lifli betonlarda %1,5 lif kullanılma oranı basınç dayanımında en az artışı sağlarken PP liflerde bu oranın kullanıldığı grup en yüksek basınç dayanımı değerini almaktadır. PP liflerin bu optimum kullanılma oranı literatürle uyumlu çıkmıştır (Song ve diğ. 2005; Badr ve diğ. 2006; Nili and Afroughsabet, 2010). Bu yönü ile çalışmadan lif türünün sonuçlar üzerinde önemli etkileri olduğu sonucu çıkmaktadır.

Kullanılan oranlar arasında lif türleri gözönüne alındığında en yüksek basınç dayanımı %1,0 PA lif katkı gruplarında %26,3 oranı ile olmakla birlikte, % 0,5 misina ve %1,5 PP lifli numunelerde %19'a varan bir basınç dayanımı artışı da görülmektedir. Basınç dayanımı açısından kullanılan oranlar değerlendirildiğinde misina lifleri için betonda optimum kullanım oranı %0,5, PA lifleri için %1,0 ve PP lifleri içinde %1,5 olduğu söylenebilmektedir. Basınç dayanım artışının az olduğu gruplarda lif topaklaşmasının etkin olduğu düşünülmektedir. Sonuçlar gözönüne alındığında araştırma konusu olarak seçilen misina lifinin de yapılı lifi olarak kullanılabilirliği görülmektedir.



Şekil 5. Farklı fiber ve hacimsel oranın basınç dayanımı deneyi bulguları

Figure 5. Compressive strength test results at different volume fractions and fibers

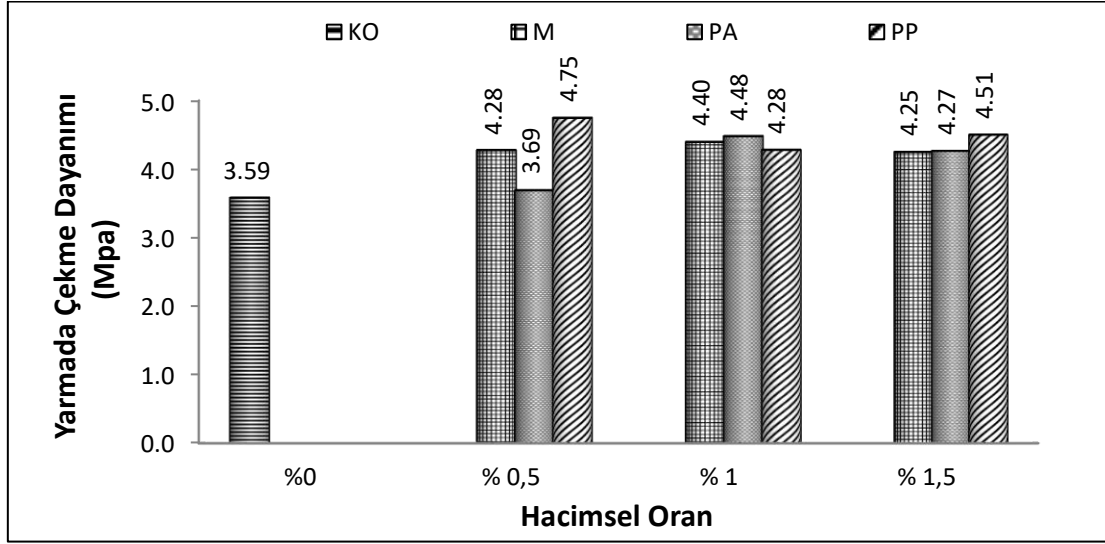
Liflerin farklı oranlarda kullanılması farklı özellikteki lif optimum oranlarını değiştirdiği görülmüştür. Çalışmada kullanılan lif oranları göz önünde alındığında Şekil 5’de görüldüğü üzere basınç dayanımında M için optimum oranı %0,5; PA için %1,0 ve PP ise optimum oran %1,5 olduğu tespiti yapılmıştır. Bu durumda PP için literatürde yaklaşık oranlar bulunmuştur (Song ve diğ., 2005; Badr ve diğ., 2006; Nili ve Afroughsabet, 2010).

Yarmada Çekme Deneyi Bulguları (Result of Split Tensile Strength Test)

Çizelge 4 ve Şekil 6’da görüldüğü gibi yarmada çekme deney sonuçlarında basınç dayanımı sonuçlarında olduğu gibi liflerin olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Tüm lifli gruplarda kontrole göre artış oranı %3-32 oranları arasında olup en iyi sonuç PP0,5 grubunda elde edilmiştir. Liflerin olumlu etkisi gerilmeleri üzerine alarak taşınması ve köprüleme etkisi ile malzemenin tokluğunu artırabilmesinden dolayı oluşmaktadır (Kurt, 2015).

Lif türüne bağlı olarak gruplar ayrı değerlendirildiğinde misinanın tüm oranları için diğer gruplara göre artış oranı hemen hemen yakın çıkmakla birlikte ve PA lifleri için %1,0 oranı, pp için ise %0,5 oranının en optimum oranlar olduğu söylenebilmektedir. Misina lifleri diğer liflerle kıyaslandığında yapı lifi olarak kullanılabilirliği söylenebilmektedir.

Liflerin yarmada çekme dayanımını belirli bir orana kadar artırdığı daha sonra azaltma eğilimine geçtiği görülmüş, lif türünün yanısıra oranının da sonuçlar üzerindeki rolünün etkili olduğu literatürle benzer biçimde belirlenmiştir. (Eren ve Celik, 1997; Song ve Hwang, 2004; Badr ve diğ., 2006; Akkaş ve diğ., 2010; Nili ve Afroughsabet, 2010; Bolat ve diğ., 2014).



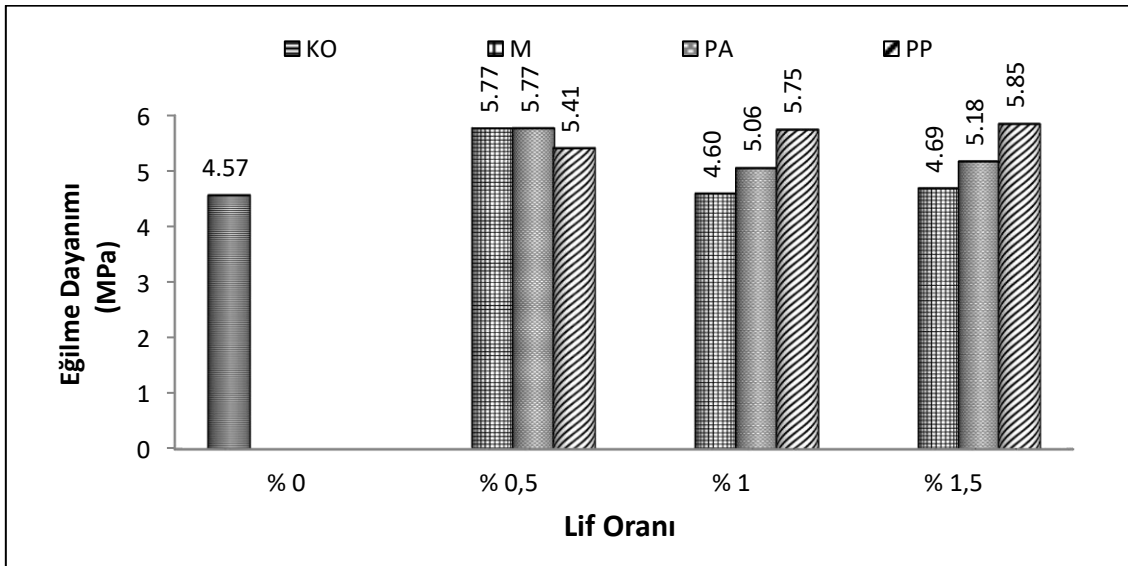
Şekil 6. Farklı fiberler ve hacimsel oranın yarmada çekme dayanımı deneyi bulguları

Figure 6. Split tensile strength test results at different volume fractions and fibers

Eğilmede Çekme Deneyi Bulguları (Result of Bending Strength Test)

Çizelge 4 ve Şekil 7'den görüldüğü üzere diğer deneylerde olduğu gibi tüm lif oranlarının eğilmede çekme dayanımını artırdığı, bu artış oranının özellikle misina lifi ve PA liflerinin %0,5 oranı için %26 mertebesine çıktığı, PP lifler içinse tüm oranlarında %18-28 e varan oranlarda artış olduğu söylenebilmektedir. Bu sonuçla yine misina lifinin yapı lifi olarak kullanımının uygun olduğu söylenebilmektedir.

Tüm gruplar içerisinde eğilme dayanımı açısından en yüksek artışı PP1,5 grubu göstermiştir. Lif oranı arttıkça eğilme dayanımı artmaktadır. Bu durum literatürle uyumluluk göstermektedir (Hsie ve diğ., 2008; Mazaheripour ve diğ., 2011; Çakır, 2013; Sümer ve Sarıbıyık, 2013). Bu lif türü için optimum oranın %1,5 olduğu söylenebilir çalışmada öngörülen maksimum lif oranı %1,5 olduğundan daha sonra yapılacak çalışmalar için bu değerden daha yüksek bir değer seçilerek karar verilmesi daha isabetli olacaktır.



Şekil 7. Farklı fiberler ve hacimsel oranın eğilmede çekme dayanımı deneyi bulguları

Figure 7. Bending strength test results at different volume fractions and fibers

SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Araştırma sonucu kullanılan lif türü ve miktarlarına bağlı olarak bulunan sonuçlar, kıyaslamalar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

-Kontrol grubuna göre tüm lif oranlarının numunelerin basınç dayanımını olumlu yönde etkilediği (%2-26 oranlarında artırdığı) görülmüştür. En yüksek basınç dayanımı %1,0 PA lif katkılı gruplarda olmakla birlikte sonuçlar gözönüne alındığında araştırma konusu olarak seçilen misina lifinin de yapı lifi olarak kullanılabilceği görülmektedir.

-Basınç dayanımı sonuçlarında olduğu gibi liflerin yarmada çekme dayanımı sonuçlarında olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir. Liflerin olumlu etkisi gerilmeleri üzerine alarak taşıması ve köprüleme etkisi ile malzemenin tokluğunu artırabilmesinden dolayı tüm lifli gruplarda kontrole göre artış oranı %3-32 oranları arasında olup en iyi sonuç PP0,5 grubunda elde edilmiştir. Lif türüne bağlı olarak gruplar ayrı değerlendirildiğinde misinanın tüm oranları için diğer gruplara göre artış oranı hemen hemen yakın çıkmakla birlikte ve PA lifleri için %1,0 oranı, PP için ise %0,5 oranının en optimum oranlar olduğu söylenebilmektedir. Lif türünün yanısıra oranının da sonuçlar üzerinde çok önemli etkisi bulunmaktadır.

-Sonuçlardan hareketle tüm lif oranlarının eğilmede çekme dayanımını artırdığı, bu artış oranının özellikle misina lifi ve PA liflerinin %0,5 oranı için %26 mertebesine çıktığı, PP lifler içinse tüm oranlarında %18-28'e varan oranlarda artış olduğu söylenebilmektedir. Tüm gruplar içerisinde eğilme dayanımı açısından en yüksek artışı PP1,5 grubu göstermiştir. Polipropilen lifli beton numunelerinde çalışmada seçilen lif oranları gözönüne alındığında lif oranı (%0,5; %1,0; %1,5) arttıkça eğilme dayanımı artmaktadır.

-Betonda kullanımı mekanik açıdan olumlu bulunan misina ile sonraki yapılacak çalışmalarda durabilite ve performans özelliklerinin de saptanması tavsiye edilmektedir. Ayrıca balıkçılık ve müzik endüstrisinde kullanımından sonra sentetik atık olan misinanın bu tür çalışmalarda kullanılması dünya ölçeğinde çevresel açıdan da olumlu bir etki oluşturacaktır.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışmada finansal destek sağlayan TÜBİTAK BİDEB 2209-A - Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı'na teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Abdul-Ahad, R. B., Aziz, O. Q., 1999, "Flexural Strength of Reinforced Concrete T-beams with Steel Fibers", *Cement & Concrete Composites*, Vol. 21, No.4, pp. 263-268.
- Akkaş, A., Alpaslan, L., Arabaci, S., Başyigit, C., 2010, "Polipropilen Lif Katkili Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanımı Özellikleri", *SDU International Journal of Technological Science*, Vol.2 No.1.
- Akman, M. S., 2003, "Yapı Malzemelerinin Tarihsel Gelişimi", *Türkiye Mühendislik Haberleri*, 426.
- Alpaslan, E., Haciefendioğlu, K., Birinci, F., Kurt, M., 2015, "Tarihi Yapılarda Lokal Güçlendirmeye Bağlı Lokal Rijitlik Artışının Yapı Davranışına Etkisi", 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, DEÜ – İZMİR, 14-16 Ekim 2015.
- Alyamaç, K. E., İnce, R., 2016, "Çelik Lif Katkılı Karo Mozaik Döşeme Kaplama Plaklarının Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi", *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Vol.10, No.1, pp. 31-45.
- Badr, A., Ashour, A. F., Platten, A. K., 2006, "Statistical Variations in Impact Resistance of Polypropylene Fibre-Reinforced Concrete", *International Journal of Impact Engineering*, Vol.32, No.11, pp. 1907-

1920.

- Bahadır, F., 2010, *Polipropilen Lifli Betonların Mekanik Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Baran, E., Akis, T., Yesilmen, S., 2012, "Pull-out Behavior of Prestressing Strands in Steel Fiber Reinforced Concrete", *Construction and Building Materials*, Vol.28, No.1, pp. 362-371.
- Bolat, H., Simsek, O., Cullu, M., Durmus, G., Can, O., 2014, "The Effects of Macro Synthetic Fiber Reinforcement use on Physical and Mechanical Properties of Concrete", *Composites Part B-Engineering*, Vol.61, pp. 191-198.
- Bozkurt, H., Karakurt, C., 2016, "Çelik Lif Katkılı Beton Yol Kaplamalarının Özellikleri", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Vol.4, No.2.
- Chen, P.-W., Chung, D., 1996, "A Comparative Study of Concrete Reinforced with Carbon, Polyethylene, and Steel Fibers and Their Improvement by Latex Addition", *ACI Materials Journal*, Vol. 93, pp.129-133.
- Çakır, C., 2013, *Makro Sentetik ve Çelik Lif Donatılı Betonların Mekanik Davranışı*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eren, O., Celik, T., 1997, "Effect of Silica Fume and Steel Fibers on Some Properties of High-Strength Concrete", *Construction and Building Materials*, Vol. 11 (7-8), pp. 373-382.
- Halvaei, M., Jamshidi, M., Latifi, M., 2016, "Strength Properties of Fine Aggregate Concretes Reinforced by Polyamide Fibers", *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 46 (3), pp. 684-697.
- Hsie, M., Tu, C., Song, P. S., 2008, "Mechanical Properties of Polypropylene Hybrid Fiber-Reinforced Concrete", *Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing*, Vol. 494 (1-2), pp. 153-157.
- Khaloo, A., Raisi, E. M., Hosseini, P., Tahsiri, H., 2014, "Mechanical Performance of Self-Compacting Concrete Reinforced with Steel Fibers", *Construction and Building Materials*, Vol. 51, pp.179-186.
- Kim, H., Kim, G., Gucunski, N., Nam, J., Jeon, J., 2015, "Assessment of Flexural Toughness and Impact Resistance of Bundle-Type Polyamide Fiber-Reinforced Concrete", *Composites Part B-Engineering*, Vol. 78, pp. 431-446.
- Köroğlu, M. A., Özdöner, N., 2016, "Behavioural Study of Steel Fiber and Polypropylene Fibre Reinforced Concrete", *Key Engineering Materials*, Vol. 708, pp. 59-63,
- Kurt, G., 2015, *Lif İçeriği ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışına Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lee, S. J., Rust, J. P., Hamouda, H., Kim, Y. R., Borden, R. H., 2005, "Fatigue Cracking Resistance of Fiber-Reinforced Asphalt Concrete", *Textile Research Journal*, Vol. 75, No. 2, pp. 123-128.
- Ma, H. L., Cui, C., Li, X., Hu, S. L., 2013, "Study on Mechanical Properties of Steel Fiber Reinforced Autoclaved Lightweight Shell-Aggregate Concrete", *Materials & Design*, Vol. 52, pp. 565-571.
- Martínez-Barrera, G., Menchaca-Campos, C., Hernández-López, S., Viguera-Santiago, E., Brostow, W., 2006, "Concrete Reinforced with Irradiated Nylon Fibers", *Journal of Materials Research*, Vol. 21 No.2, pp. 484-491.
- Mazaheripour, H., Ghanbarpour, S., Mirmoradi, S. H., Hosseinpour, I., 2011, "The Effect of Polypropylene Fibers on the Properties of Fresh and Hardened Lightweight Self-Compacting Concrete", *Construction and Building Materials*, Vol.25, No.1, pp. 351-358.
- Nili, M., Afroughsabet, V., 2010, "The Effects of Silica Fume and Polypropylene Fibers on the Impact Resistance and Mechanical Properties of Concrete", *Construction and Building Materials*, Vol.24, No.6, pp. 927-933.
- Osman, Ü., Uygunoğlu, T., Gençel, O., 2007, "Çelik Liflerin Beton Basınç Ve Eğilme Özelliklerine Etkisi", *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Vol.13, No.1, pp. 23-30.
- Pajak, M., Ponikiewski, T., 2013, "Effect of the Shape of Steel Fibers on the Mechanical Properties of Reinforced Self-Compacting Concrete", *Cement Wapno Beton*, Vol. 18 (6), pp. 335-+.
- Song, P. S., Hwang, S., 2004, "Mechanical Properties of High-Strength Steel Fiber-Reinforced Concrete", *Construction and Building Materials*, Vol.18, No.9, pp. 669-673.

- Song, P. S., Hwang, S., Sheu, B. C., 2005, "Strength Properties of Nylon- and Polypropylene-Fiber-Reinforced Concretes", *Cement and Concrete Research*, Vol.35, No.8, pp. 1546-1550.
- Soroushian, P., Khan, A., Hsu, J.-W., 1992, "Mechanical Properties of Concrete Materials Reinforced with Polypropylene or Polyethylene Fibers", *Materials Journal*, Vol.89, No.6, pp. 535-540.
- Sümer, B., Sarıbyık, M., 2013, Betonda Silis Dumanı ve Polipropilen Lif Kullanımının Beton Özellikleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Vol.17, No.2.
- Xia, M., Kemmochi, K., Takayanagi, H., 2001, Analysis of Filament-Wound Fiber-Reinforced Sandwich Pipe under Combined Internal Pressure and Thermomechanical Loading", *Composite structures*, Vol.51, No.3, pp. 273-283.
- Yasa, A. A., 2016, Anadolu Selçuklu Ve Beylikler Dönemi Konya Yapılarında Malzeme Kullanımı Ve Yapım Teknikleri, *Vakıflar Dergisi*, Vol. 45, pp. 143-176.
- Yıldırım, H., Sertbaş, B., Berbergil, V., 2007, "Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Polipropilen ve Çelik Lif Kullanılmasının İşlenebilirliğe Etkisi", 7. *Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 28-30 Kasım 2007.