

Betonarme Elemanlarda Sentetik Makro Fiber Liflerin Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırılması

Zeki ÖZCAN

Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering Sakarya University, Turkey

Abstract

In the construction sector, the search for alternative materials with high corrosion resistance has been continuous. Loss of cross-section, decrease in adherence along with loss of strength are always possible for the reinforced concrete members subjected to corrosion. Synthetic macro fibers have been used as alternative materials to structural steel in reinforced concrete elements due to their high tensile strength and corrosion resistance properties. Their poor adhesion with concrete caused by those material's surface properties however, limits the use of such materials. In this study; bending-and compressive behavior of the reinforced concrete elements obtained by using the polypropylene fibers combined with deformed copolymer fibers as reinforcement is examined. The specimens produced by mixing two different rates of these materials with concrete were subjected to a bending behaviors test to evaluate. Experimental results have shown that the fibers increased the tensile strength and ductility of the concrete along with the energy absorbing capacity and the durability. The added fibers also have prevented both micro and shrinkage cracks. These positive outcomes are the direct result of prevention of corrosion.

Key words: Synthetic macro fibers, four point bending test, tensile strength, corrosion resistance

Özet

Yapı sektöründe donatıya alternatif, korozyon dayanımı yüksek malzeme arayışları devamlı olmuştur. Korozyona maruz kalan betonarme elemanlarda, donatıda kesit kaybı, aderans azalması ve dayanım kaybı ortaya çıkmaktadır. Sentetik makro fiber lifler, yüksek çekme dayanımı ve korozyon direnci özellikleri ile betonarme elemanlarda yapı çeliğine alternatif malzemeler olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak yüzey özelliklerinden dolayı beton ile arasındaki zayıf aderans bu tür malzemelerin kullanımını sınırlamaktadır. Bu çalışmada; deforme edilmiş kopolimer fiberler ile kombine edilmiş polipropilen liflerin donatı olarak kullanılması ile elde edilen betonarme elemanların eğilme ve basınç davranışı incelenmiştir. Beton içine iki farklı oranda katılarak üretilen numuneler eğilme deneyine tabi tutularak davranışları değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarından, liflerin betonun çekme dayanımını ve sünekliğini arttırdığı, enerji yutma kapasitesini yükselttiği, mikro çatlakları ve rötre çatlaklarını önlediği, korozyon oluşmadığı için de durabiliteyi arttırdığı sonuçları çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sentetik makro fiber lif, dört noktalı eğilme deneyi, çekme dayanımı, korozyon dayanımı

1. Giriş

Sentetik Makro Fiberler, polimer esaslı, yüksek dayanımlı, betonda esas donatı, çelik hasır ya da çelik tel yerine kullanılabilen, çekme dayanımını arttıran, çatlak oluşumunu bileşimindeki iki

*Corresponding author: Address: Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: ozcan@sakarya.edu.tr, Phone: +90 264 295 57 30

farklı malzeme ile engelleyen, uzun ömürlü bir malzemedir. Sentetik fiberler, çok eski zamanlardan beri doğal mikro donatı olarak kullanılan saman ve hayvan kıllarının günümüzdeki karşılığıdır. Saha ve zemin kaplama betonları, çevre düzenlemeleri, beton yollar, konut içi şaplar, açık-kapalı otopark zemin betonları, akaryakıt istasyonlarında saha kaplaması, liman, tersane, kıyı koruma elemanları ve dalgakıranlar, tünellerde zemin stabilizasyonu, beton borular, prekast elemanlar ve cephe panelleri gibi geniş kullanım alanına sahiptir. Sentetik makro fiberler beton içinde homojen dağılarak istenen dayanımı, en az işçilik ve maliyetle sağlayan ürünler olarak ortaya çıkmaktadır. Yapı öz ağırlığını yapı çeliği kadar arttırmaz ve donatı işçiliğinden tasarruf sağlanır. Bu tür katkılarla üretilen betonlarda pas payı kullanılmadığı için kesitler azalır, korozyon oluşmadığı için de servis ömürleri uzundur. İçeriğindeki lifli yapı sayesinde betonun eğilmedeki çekme dayanımı, sünekliliği ve enerji yutma kapasitesi artmaktadır.

Lifli betonlarla ilgili ilk çalışmalar 1960'lerde başlamış ve pek çok araştırmacı bu konuyu çalışmışlardır. Shah ve Rangan yaptıkları çalışmada, beton içine rastgele dağıtılmış çelik liflerin farklı hacim, boy ve lif tipi ile pratikte kullanılan donatılar arasında çekme, basınç ve eğilme etkilerini araştırmışlardır [1]. Beton karışıma rastgele liflerin katılması, betonun gevrek özelliğini geliştirip daha sünek hale getirebilmek için kullanılan güçlendirme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle betonun çekme dayanımı, sünekliliği, enerji yutma kapasitesi artırılmakta ve çatlak gelişimi engellenmektedir [2]. Karışıma eklenen lifin miktarı, uzunluğu, geometrisi, narinliği (lif boyu/lif çapı), liflerle güçlendirilmiş betonun mekanik davranışını etkileyen faktörlerdir. Bunun yanında liflerin homojen dağılımı ve bu dağılımın betonun sertleşmesine kadar korunması da çekme dayanımını etkilediği görülmektedir [3].

2. Malzeme

Betonarme elemanlarda sentetik makro fiber liflerin kullanılabilirliğinin deneysel araştırıldığı bu çalışmada, FORTA Markasının [4] ürettiği bükülmüş, 54 mm uzunluğunda, kopolimer/polipropilen taşıyıcı sentetik lifler kullanılmıştır (Şekil 1). Liflerin teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Liflerin betona iyi karışması ve beton içinde eşit olarak dağılması için lifler bükülmüş demetler olarak üretilmektedir.

Sentetik makro fiberlerin betonun eğilme davranışına etkisini belirlemek için yapılan bu çalışmada, karışımında 6kg/m³ lif içeren (L6), 10kg/m³ lif içeren (L10) ve hiçbir katkı içermeyen aynı beton sınıfında yalın numuneler (R-Referans) olmak üzere üç grup numune planlanmıştır. Sabit çimento içeriği, 0.5 su/çimento oranı ve işlenebilirliğe (10-12 cm çökme) sahip bileşimler kullanılarak beton prizmalar üretilmiştir.

C30/37 beton sınıfında, üretilen deney numunelerinde CEM I 52.5 N çimento, ince agrega olarak doğal kum ve kalın agrega olarak en büyük dane çapı 6 mm olan çakıl kullanılmıştır. Her bir deney grubundaki karışımın basınç dayanımlarını belirlemek için de üç adet 100 mm kenar ebatlı küp numuneler üretilmiştir. Lif katkılı deney numuneleri, her bir grup için 500x500x40 mm boyutlarında plaklar dökülerek laboratuvar koşullarında 28 gün saklanmıştır. Daha sonra her bir plak mermer kesme makinası ile kesilerek her bir grup için dörder adet 120x40x500 mm boyutlu deney numuneleri elde edilmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Kopolimer/polipropilen sentetik makro fiberler

Tablo 1. Kullanılan kopolimer/polipropilen liflerin teknik özellikleri

Karakteristik	Malzeme Özelliği
Ham Madde	%100 Saf Kopolimer PP/PE
Uzunluk	54 mm
Çekme Gerilmesi	550 - 750 MPa
Elastisite Modülü	5,75 GPa
Fiber Sayısı	220.000 Parça / kg
Yoğunluk	0,91 g/cm ³
Çap	0,677 mm
Erime Noktası	162-168 °C
Yanma Noktası	398 °C
Su Emilimi	Sıfır
Asit / Alkali Direnc	Mükemmel
Standart	ASTMC-1116
Yüzey Dokusu	Deforme Edilmiş Yüzey

Şekil 2. Üretilen 6 kg/m³ lif katkılı (L6) ve 10 kg/m³ lif katkılı (L10) deney numuneleri

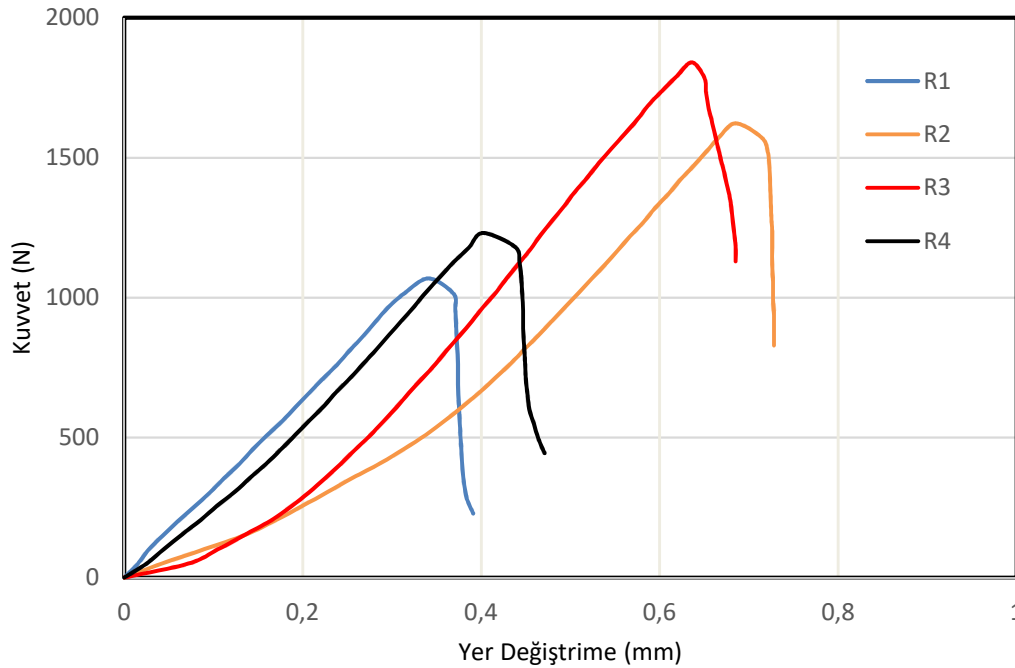
3. Yöntem

Hazırlanan 120x40x500 mm boyutlu prizma numuneler, dört noktalı eğilme deneyine, 100 mm kenar ebatlı küp numuneler ise basınç deneyine tabii tutulmuştur. Eğilme deneyleri Shimadzu marka 5 ton kapasiteli eğilme çerçevesi kullanılarak yapılmıştır. Mesnetler arası açıklık 420 mm dir. Yüklemeler kiriş açıklığının üçte bir noktalarından uygulanmıştır.

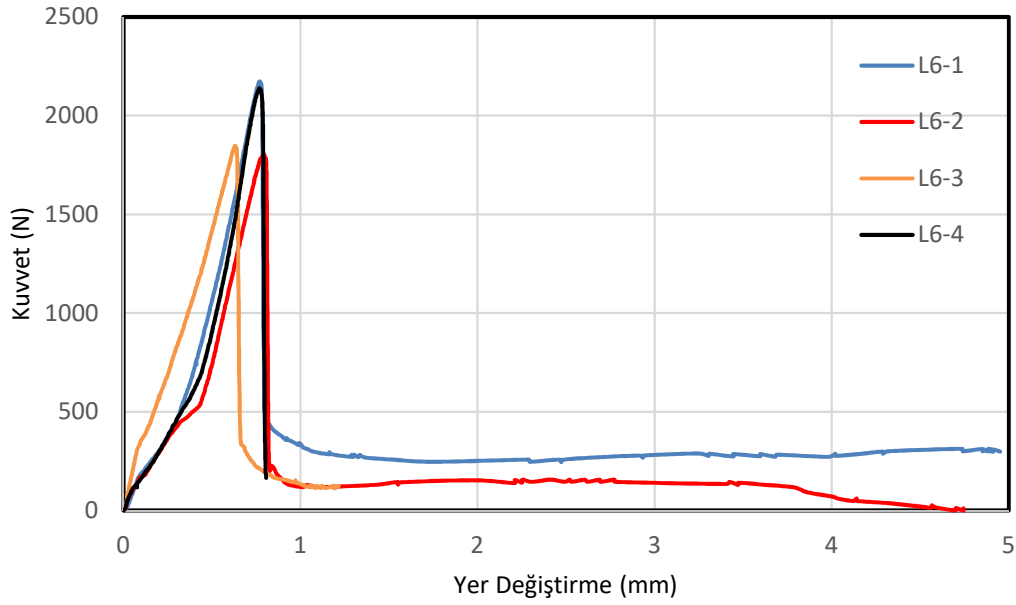
Beton küp ve beton prizma numuneler üzerinde yapılan basınç ve eğilme deneylerinden elde edilen ortalama değerler Tablo 2’de verilmiştir. Elde edilen referans numunelere ait kuvvet-yer değiştirme davranış eğrileri Şekil 3’de, 6 kg/m³ lif katkılı numunelere ait kuvvet-yer değiştirme davranış eğrileri Şekil 4’de, 10 kg/m³ lif katkılı numunelere ait kuvvet-yer değiştirme davranış eğrileri Şekil 5’de verilmiştir. Şekil 6’da her üç gruba ait davranış eğrileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 7’de test edilen L10 numunelerinin kırılma şekilleri verilmiştir. Yüklemeler 10 mm yer değiştirmeye kadar devam ettirilmiş ve deneye son verilmiştir.

Tablo 2. Ortalama basınç ve eğilme dayanımları

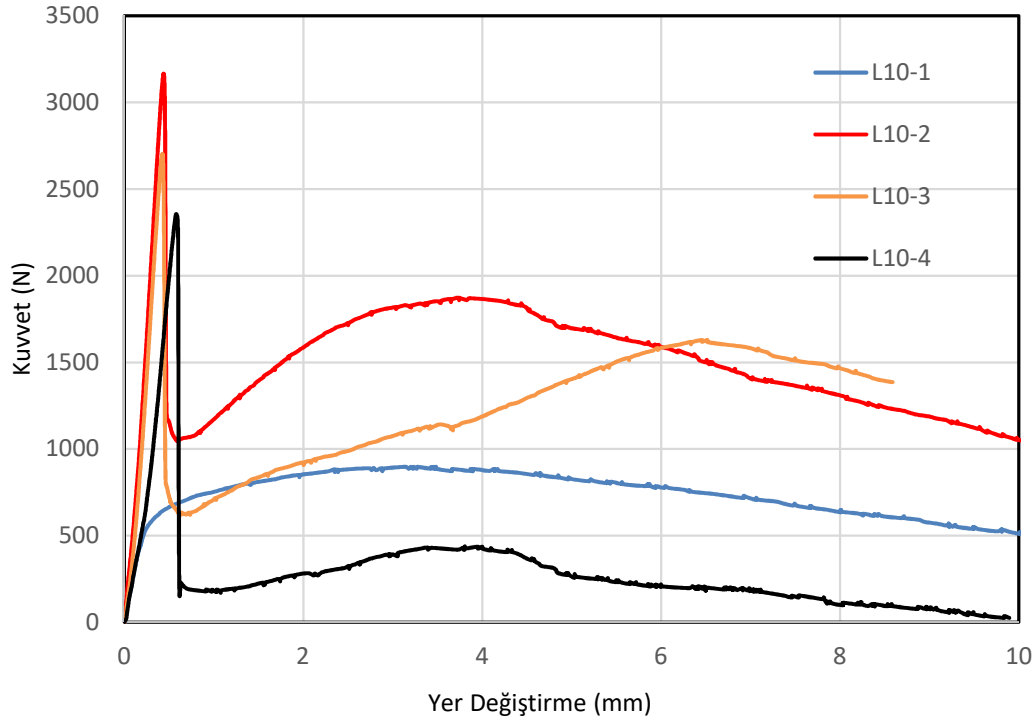
Numune Adı	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)	Ortalama Eğilme Dayanımı (MPa)
Referans	48.58	5.03
6 kg/m ³ FortaFerro	40.84	6.84
10 kg/m ³ FortaFerro	38.49	9.99



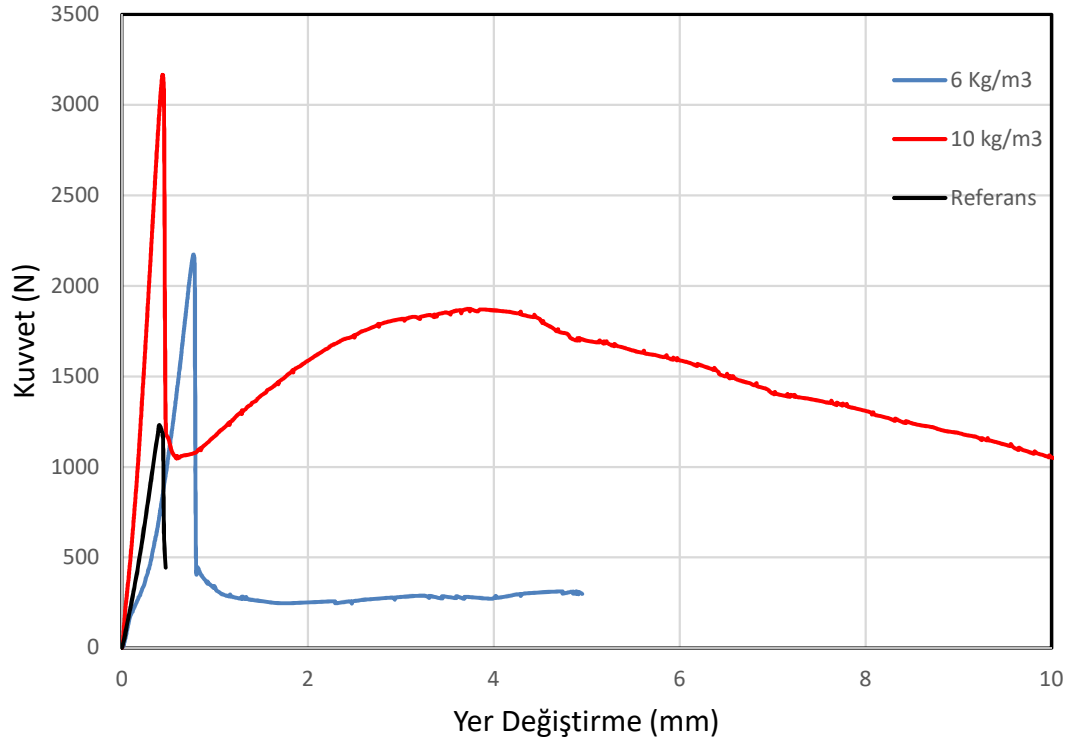
Şekil 3. Üretilen Referans (R) deney numunelerinin yük-yer değiştirme davranış eğrileri



Şekil 4. Üretilen 6 kg/m³ lif katkılı (L6) deney numunelerinin yük-yer değiştirme davranış eğrileri



Şekil 5. Üretilen 10 kg/m³ lif katkılı (L10) deney numunelerinin yük-yer değiştirme davranış eğrileri



Şekil 6. Üretilen Referans (R), 6 kg/m³ lif katkılı (L6) ve 10 kg/m³ lif katkılı (L10) deney numunelerinin yük-yer değişirme davranış eğrilerinin karşılaştırılması



Şekil 7. Test edilen 10 kg/m³ lif katkılı (L10) deney numunelerinin kırılma biçimleri

4. Sonuçlar ve Yorumlar

Betonarme elemanlara donatı yerine deforme edilmiş kopolimer fiberler ile kombine edilmiş polipropilen lifler katılarak taşıyıcı elemanların eğilme ve basınç davranışlarının iyileştirilmesinin amaçlandığı bu çalışmada, yapılan deneylerden değerli sonuçlar elde edilmiştir. Lif katılmış elemanın eğilme davranışında önemli iyileşmeler elde edilmiştir. Referans numuneye göre L6 örneklerinde %36, L10 örneklerinde %98 eğilme dayanımında artış elde edilmiştir. L10 örnekleri ise L6 örneklerine göre %46 daha fazla dayanım göstermiştir (Şekil 3-5).

Referans numunelerin 0.7 mm civarında yer değiştirme yaptıktan sonra gevrek olarak kırıldığı, L6 ve L10 numunelerinde de aynı yer değiştirme civarında ilk çatlak oluştuğu, ancak lifler etkisi ile 10-15 mm yer değiştirmeye kadar bütünlüğünü koruyarak yük taşımaya devam ettiği gözlenmiştir. Kırılma anına kadar sünek davranış göstermiş ve herhangi bir parça kopmasına rastlanmamıştır (Şekil 7).

Örnekler basınç dayanımları açısından karşılaştırıldığında, sentetik lif katkısının eğilme davranışında olduğu kadar etkili olmadığı, aksine basınç dayanımlarının düştüğü görülmüştür. Referans numunelere göre, L6 örneklerinde ortalama %16, L10 örneklerinde ise ortalama %21 oranında azalma gözlemlenmiştir (Tablo 2). Bunun sebebinin beton matris içinde liflerin oluşturduğu süreksizlikler ve liflerle arasındaki aderans olarak değerlendirilmiştir.

Deney numuneleri hazırlandıktan sonraki sertleşme aşamasında, karışım içinde bulunan polipropilen liflerin etkisi ile rötre ve sıcaklık gibi taze beton çatlaklarına rastlanmamıştır. Polipropilen liflerin eğilme dayanımına katkısı olmaksızın taze betonda rötre çatlaklarına karşı etkili olduğu, dolayısı ile taze betonun bakım masraflarını azalttığı değerlendirilmiştir.

Sentetik fiberler korozyona uğramadığı için dayanımında bir değişim olmadan işlevini yapının ömrü boyunca koruması en büyük avantajlarından biridir. Çelik hasır veya donatı da olduğu gibi işçilik gerektirmeden uygulanabilir. Kullanım sırasında liflerin esnek yapısı dolayısı ile yüzeye yakın fiberler hiçbir zarar vermez ve görsel açıdan da problem oluşturmaz.

Teşekkür

Yazar, malzeme temininde gösterdikleri kolaylık ve yardımları için Forta Firmasından İnş. Yük. Müh. Selçuk Mert'e teşekkür eder.

Kaynaklar

- [1] Shah, S.P and V.B. Rangan, Fiber Reinforced Concrete Properties. ACI Journal 68 Proc., , 1971; 126-135.
- [2] Arslan, A., Aydın, A.C., Lifli Betonların Darbe Etkisi Altında Genel Özellikleri, Hazır Beton Dergisi, 1999; 6, 36, 67-75.
- [3] Ünal, B., Köksal, F., Eyyübov, C., Polipropilen ve Çelik Liflerin Betonun Donma- Çözülme ve Aşınma Direncine Ortak Etkisi, 5. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 2003; 345-354.
- [4] Forta-Innovativ Construction <http://www.forta.com.tr>