



Engineering Sciences
ISSN: 1308 7231 (NWSAENS)
ID: 2016.11.4.1A0366

Status : Original Study
Received: June 2016
Accepted: October 2016

Demet Yavuz
Soner Güler
Fuat Korkut

Zehra Funda Türkmenoğlu

Yüzüncü Yıl University, fundaturkmenoglu@gmail.com,
gulersoner@yyu.edu.tr, fuatkorkut@yyu.edu.tr, demetyavuz@yyu.edu.tr,
Van-Turkey

<http://dx.doi.org/10.12739/NWSA.2016.11.4.1A0366>

ÇELİK LİF KATKILI BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZ

Yarı gevrek bir yapı malzemesi olan betonun içine çelik liflerin katılmasıyla mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanabilmektedir. Bu amaçla en yaygın olarak kullanılan çelik lif türleri arasında düz, iki ucu kancalı ve kıvrımlı lifleri sayabiliriz. Bu lifler betonda makro boyutta oluşan çatlakların büyümesini ve yayılmasını engelleyerek betonun tokluk ve süneklik kapasitesini arttırmaktadırlar. Bu çalışmada, çeşitli narinlik ve hacimsel oranlarına bağlı olarak düz ve iki ucu kancalı çelik liflerin normal dayanımlı betonların basınç, eğilme ve yarmada çekme dayanımı gibi mekanik özelliklerine olan etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Çelik Lif, Basınç Dayanımı,
Çekme Dayanımı

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL FIBER REINFORCED CONCRETES

ABSTRACT

Semi-brittle properties of concrete can be improved by the inclusion of steel fibers into the concrete mix. For this purpose, the most widely used types of steel fibers can be regarded as flat, two ends hooked and crimped fibers. These fibers enhance toughness and ductility capacity of concretes by preventing the growth and spread of cracks occurred in the concrete. In this study, depending on a variety of slenderness and volumetric ratio, the effects of flat and two ends hooked steel fibers on mechanical properties of normal strength concrete such as compressive, bending and splitting tensile strength were examined.

Keywords: Concrete, Steel Fiber, Compressive Strength,
Tensile Strength

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Basınç dayanımı yüksek olan beton malzemesinin, çekme ve eğilme etkisi altında davranışı oldukça zayıftır. Günümüzde beton malzemesinin çeşitli mekanik özellikleri, süneklik ve tokluk kapasiteleri beton karışımına katılan çeşitli tipteki sentetik ve çelik lifler yardımıyla iyileştirilebilmektedir. Sentetik ve çelik lif katkılı betonlar son yıllarda tünellerde, saha betonlarında, beton yollarda, otoparklarda yüksek tokluk ve enerji yutma kapasitesi nedeniyle tercih edilmektedir. Yalın betonların zayıf özelliklerinin iyileştirilmesi amacı ile araştırmacılar, teknolojideki ilerlemelere bağlı olarak daha üstün özellikli yüksek performanslı yapı malzemeleri geliştirmeyi amaçlamışlardır. Bu nedenle basınç ve çekme dayanımı gibi mekanik özellikleri oldukça yüksek ve aynı zamanda ekonomik olarak uygulamaya alanı bulan yeni bir yapı malzemesi elde edilmesi amaçlanmıştır. Sonuçta yük taşıma kapasitesi yüksek, tepe yükü sonrası daha sünek davranış gösteren, bunun neticesinde tokluk kapasitesi yalın betonlara nazaran daha üstün olan betonların geliştirilmesi mümkün olmuştur. Günümüzde betonun daha üstün bu mekanik özelliklere sahip olabilmesi için en yaygın olarak kullanılan yapı malzemeleri çelik liflerdir. Çelik lifler geometrilerine bağlı olarak düz, iki ucu kancalı, kıvrımlı vb. özellikte olabilirler. Bu lifler uzunluk/boy oranlarına bağlı olarak birbirinden farklı narinlik oranlarına sahip olarak üretilmektedirler. Bu lifler beton içerisinde oluşan çatlakların rastgele ve hızlı ilerleyişini sınırlandırarak betonun daha sünek bir davranış göstermesine neden olmaktadır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Yalın betonun sünek olmayan davranışını iyileştirmek için araştırmacılar, teknolojik ilerlemelere bağlı olarak yük etkileri altındaki davranışları daha iyi olan yüksek performanslı yapı malzemeleri üretmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla maliyeti çok yüksek olmayan, mekanik özellikleri daha üstün ve uygulama aşaması kolaylıkla yapılabilen yeni nesil yüksek performanslı betonların geliştirilmesi hedeflenmiştir. Birbirinden farklı özelliklere sahip çeşitli lifler de bu amaçla geliştirilmiş yapı malzemeleridir. Bu çalışmada ülkemizde inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılan düz ve iki ucu kancalı çelik liflerin yalın betonun basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımı gibi mekanik özelliklerini hangi ölçüde artırdığı belirlenmeye çalışılacaktır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Bu çalışmada çelik lif katkılı normal dayanımlı betonların basınç, çekme ve eğilme dayanımlarının belirli lif oranlarına bağlı olarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Kontrol betonun hedef basınç dayanımı 35 MPa olarak belirlenmiştir. Çalışmada farklı narinlik oranlarına sahip iki ucu kancalı çelik lifler kullanılmıştır. Biri kontrol betonu olmak üzere 9 adet lif katkılı beton karışımı hazırlanmıştır. Basınç ve yarmada çekme dayanımlarının belirlenebilmesi için bir kenarı 150mm olan küp numuneler üretilmiştir. Eğilme deneyleri için ise boyutları 100 mm x100 mm x400 mm olan kiriş numuneler üretilmiştir. Çalışmada kullanılan malzemeler ise aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

3.1. Çimento (Cement)

Çalışmada, Van ili, Aşkale çimento fabrikası CEM I 42.5 N tipi Portland Çimentosu kullanılmıştır. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri
(Table 1. The physical and chemical properties of cement)

Fiziksel Özellikler		Kimyasal Özellikler	(%)
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	3,08	SiO ₂	18,30
Özgül yüzey (cm ² /gr)	3656	Al ₂ O ₃	4,95
Priz başlangıcı (dk)	175	Fe ₂ O ₃	3,45
Priz sonu (dk)	235	CaO	61,01
0,045 mm elekten kalıntı (%)	3,8	MgO	3,76
0,090 mm elekten kalıntı (%)	0,1	SO ₃	2,73
Su/çimento	29,8	K ₂ O	0,75
Densite	990	Na ₂ O	0,53
Hacim Genleşmesi (mm)	1	Cl	0,019
		Kızdırma Kaybı	3,6

3.2. Agregata (Aggregate)

Çelik lif katkılı betonların üretiminde, Van yöresine ait kireçtaşı agregası kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan agreganın maksimum tane çapı 19 mm'dir. Deneylerde 0-5 mm kırma kum, 5-12 mm ve 12-19 mm kırma taş olmak üzere üç farklı boyutta kireçtaşı kökenli agregata kullanılmıştır. Agregaların fiziksel özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Agregaların fiziksel özellikleri
(Table 2. The physical properties of aggregates)

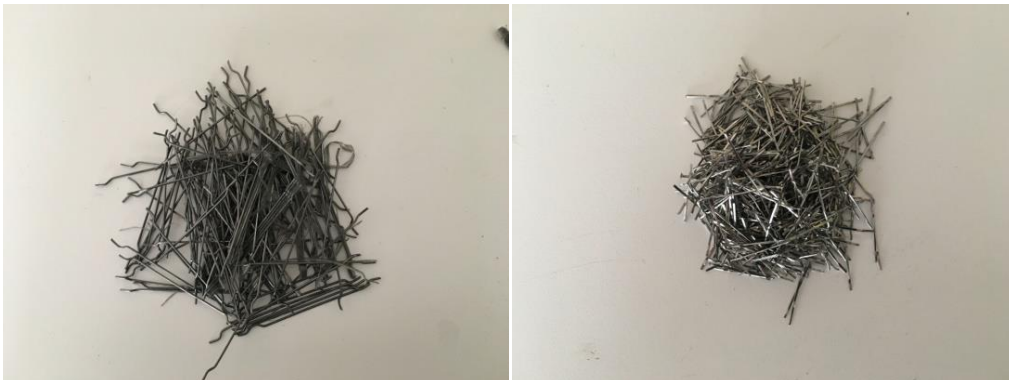
Agregata Grubu	0-5mm	5-12mm	12-19mm
Özgül Ağırlık	2,59	2,69	2,62
Su Emme Oranı (%)	0,005	0,15	0,53

3.3. Çelik Lif (Steel Fiber)

Çalışma kapsamında düz ve iki ucu kancalı çelik lifler kullanılmış olup, liflerin teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir. Çelik liflere ait görünüm ise Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 3. Çelik liflerin teknik özellikleri
(Table 3. The technical properties of steel fibers)

	Hooked end (HE)	Hooked end (HE)
Boy (mm)	30	60
Çap (mm)	0,75	0,90
Narinlik Oranı	40	67
Çekme Dayanımı (MPa)	1100	1100
Elastisite Modülü (MPa)	200000	200000
Özgül Ağırlık	7,86	7,86



Şekil 1. İki ucu kancalı lif ve düz lif görünümü
(Figure 1. Two hooked ends and straight fibers)

3.4. Kimyasal Katkılar (Chemical Additives)

Çelik lif katkılı beton üretimi sırasında işlenilebilirliği artırmak amacı ile yüksek oranda su azaltıcı özelliğe sahip yeni nesil süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Ayrıca beton karışımlarında hava sürükleyici katkı kullanılmıştır. Kimyasal katkılara ait özellikler Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Akışkanlaştırıcının teknik özellikleri
(Table 4. The technical properties of superplasticizer)

Malzemenin Yapısı	Polikarboksilik Eter Esaslı
Renk	Kahverengi
Yoğunluk	1,07 kg/litre
Klor içeriği %	< 0,1
Alkali içeriği %	< 3

3.5. Yöntem (Method)

Bu çalışmada, düz, iki ucu kancalı ve kıvrımlı çelik liflerin beton içerisinde %0,25, %0,50 ve %0,75 hacimsel oranlarında katılarak düşük, normal ve yüksek dayanımlı betonlar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çelik liflerin miksera konulması aşaması Şekil 1'de gösterilmektedir. Deneyde toplam bağlayıcı miktarı ve su/çimento oranı sırasıyla 400 kg ve 0,4 olup, bu değerler tüm gruplarda sabit tutulmuştur.

Tablo 5. Beton karışım oranları
(Table 5. Mixing of concrete)

Bileşen	Miktar kg/m ³
Çimento	400
Su	160
Kaba agrega (5-12 mm)	350
Kaba agrega (12-19 mm)	900
İnce agrega (0-5 mm)	700
Süperakışkanlaştırıcı	2
Su/Çimento	0.4
Hava sürükleyici	0.2



Şekil 2. Çelik lifin miksera eklenmesi
(Figure 2. Adding of steel fibers in the pan mixer)

Çelik lif etkisinin farklı basınç dayanımlarına sahip betonlar üzerindeki etkisini inceleyebilmek amacıyla TS 802'ye göre beton karışım hesabı yapılmıştır. Karışım hesabında hedef basınç dayanımları 35 MPa olarak belirlenmiştir. Hazırlanan beton karışım reçetesine göre beton üretimi gerçekleştirilmiştir. Beton numuneler 28 gün küre tabii tutulduktan sonra sertleşmiş betonlar üzerinde; ilk olarak (TS EN

12504-4, 2012) standardına göre uygun olarak ultrases geçiş hızı deneyi yapılmıştır. Daha sonra basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.



Şekil 3. Ultrases geçiş hızı deneyi
(Figure 3. The test of ultrasonic pulse velocity)

Basınç dayanımı deneyleri, TS EN 12390-3 (2010) standardına göre yapılmış olup, deney için bir boyutu 150 mm olan küp numuneler kullanılmıştır. Yarmada çekme deneyleri TS EN 12390-6 (2010) standardına göre yapılmış olup, deney 150 mm boyutlarında küp ve 150 x 300 mm boyutlarında silindir numuneler üzerinde yapılmıştır. Eğilme dayanımlarını belirleyebilmek amacı ile ise 100 x 500 x 500 mm boyutlarında kiriş numuneler üretilmiştir.



Şekil 4. Beton basınç dayanım deney düzeneği
(Figure 4. The test setup of compressive strength of concretes)

Betonların 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında, kontrol betonuna göre düz ve iki ucu kancalı çelik lif katkılı betonların basınç dayanımları daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Beton içine katılan lif oranı arttıkça kontrol betonuna göre daha yüksek



basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımları elde edilmiştir. Basınç dayanımındaki en büyük artış % 24.05 ile iki ucu kancalı 60 mm uzunluğunda %0.75 lif oranına sahip betonlarda görülmüştür. Yarmada çekme dayanımındaki en büyük artış % 46.61 ile iki ucu kancalı 60 mm uzunluğunda %0.75 lif oranına sahip betonlarda görülmüştür. Lif katkılı ve kontrol betonun ultrases geçiş hızları birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Üretilen karışımlarının fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 6'da verilmiştir.

4. BULGULAR VE/VEYA TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Betonların 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında, kontrol betonuna göre düz ve iki ucu kancalı çelik lif katkılı betonların basınç dayanımları daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Beton içine katılan lif oranı arttıkça kontrol betonuna göre daha yüksek basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımları elde edilmiştir. Basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımındaki en büyük artış sırasıyla % 24.05, % 46.61, ve %38.61 ile iki ucu kancalı 60 mm uzunluğunda %0.75 lif oranına sahip betonlarda görülmüştür. Lif katkılı ve kontrol betonun ultrases geçiş hızları birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Üretilen karışımlarının mekanik özellikleri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Beton karışımlarının fiziksel ve mekanik özellikleri
(Table 6. The physical and mechanical properties of concrete mixes)

Karışım Kodu	Basınç Dayanımı (MPa)	Yarmada çekme dayanımı (MPa)	Ultrases geçiş hızı (km/sn)	Eğilme Dayanımı (MPa)
Kontrol	36.22	3.86	4,26	8.74
S0.25	36.44	4.13	4.02	9.38
S0.5	36.52	4.83	4.18	9.5
S0.75	38.36	5.30	4.39	10.04
HE60 0.25	42.69	6.47	4.21	11.76
HE60 0.5	45.63	6.98	4.36	13.16
HE60 0.75	47.67	7.23	4.23	14.25
HE30 0.25	37.47	5.49	3.76	11.09
HE30 0.5	38.21	5.86	4.21	11.76
HE30 0.75	40.35	6.30	4.32	12.99

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- Beton içine katılan lif oranı arttıkça kontrol betonuna göre daha yüksek basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımları elde edilmiştir.
- Basınç dayanımındaki en büyük artış % 24.05 ile iki ucu kancalı 60 mm uzunluğunda %0.75 lif oranına sahip betonlarda görülmüştür.
- Yarmada çekme dayanımındaki en büyük artış % 46.61 ile iki ucu kancalı 60 mm uzunluğunda %0.75 lif oranına sahip betonlarda görülmüştür
- Eğilme dayanımındaki en büyük artış %38.66 ile iki ucu kancalı 60 mm uzunluğunda %0.75 lif oranına sahip betonlarda görülmüştür
- İki ucu kancalı çelik lif katkılı betonların basınç, yarmada çekme ve eğilme dayanımı değerleri düz lif katkılı betonlara göre daha yüksek elde edilmiştir.
- Düz çelik lifler yarmada çekme ve eğilme dayanımında önemli bir artışa neden olmasına rağmen basınç dayanımını arttırmadaki etkisi sınırlıdır.

- Lif katkılı ve kontrol betonun ultrases geçiş hızları birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENT)

Bu çalışma, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon birimince desteklenmiştir. Proje No:2016-MİM-B007.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Ekincioğlu, Ö., (2002). Karma Lif İçeren Çimento Esaslı Kompozitlerin Mekanik Davranışının İncelenmesi. Sika Teknik Bülten, ss:10-11.
2. Çakıroğlu, A.M., Kasap, S. ve Erenoğlu, E., (2011). Betona Değişik Geometrik Formlarda Çelik Lif Eklenmesinin Basınç Dayanımına Etkisi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, 96-100, Elazığ, Turkey.
3. Floyd, O.A., Nilson, S.H., and Salvador, M., (1986). Mechanical Properties of High-Strength Lightweight Concrete, ACI Journal, ss:606-613.
4. Fanella, D.A. and Naaman, A.E., (1985). Stress-strain Properties of Fiber Reinforced Concrete in Compression. ACI, 82(4), 475-483.
5. Gao, J., Sun, W., and Morino, K., (1997). Mechanical Properties of Steel Fiber-Reinforced, High Strength, Lightweight Concrete, Cement and Concrete Composites. ss:307-313.
6. Nili, M. and Afroughsabet, V., (2010) Combined effect of silica fume and steel fibers on the impact resistance and mechanical properties of concrete. International Journal of Impact Engineering 37, ss:879-886.
7. Swamy, R.N. and Jojagha, A.H., (1982). Lightweight Concrete Impact Resistance of Steel Fibre Reinforced Lightweight Concrete, International Journal of Cement Composites, ss:209-220.
8. Taşdemir, M A., (2000). Dramix Çelik Tel Donatılı Beton Plaklar Üzerinde Yapılan Deneyler, İTÜ.
9. Yıldırım, M.A., (1994). Hafif ve Yarı Hafif Betonlarda Çelik Lif Kullanımının Etkisi. Bitirme Tezi, İTÜ.
10. Yerlikaya, M., (2003). Çelik Tel Donatılı Betonların Deprem Etkisi Altında Davranışları, Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
11. Ünal, O., Uygunoğlu, T. ve Gençel, O., (2007). Çelik Liflerin Beton Basınç ve Eğilme Özelliklerine Etkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergi Si, Cilt:13, Sayı:1, Sayfa:25-30, Denizli.
12. TS EN 12390-3, (2010). Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini. TSE, Ankara.
13. TS EN 12390-6, (2010). Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini. TSE, Ankara.
14. TS EN 12504-4, (2012). Beton Deneyleri, Bölüm4: Ultrasonik Atımlı Dalga Hızının Tayini. TSE, Ankara.