



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Çelik liflerin geometrik şeklinin ve oranının beton özelliklerine etkisinin araştırılması

Investigation of the effect of geometric shape and ratio of steel fibers on concrete properties

Yazar(lar) (Author(s)): Osman ŞİMŞEK¹, Kenan TOKLU², Muhammed Talha ÜNAL³

ORCID¹: 0000-0003-3842-5541

ORCID²: 0000-0003-1288-845X

ORCID³: 0000-0001-6971-5838

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Şimşek O., Toklu K. ve Ünal M.T., “Çelik liflerin geometrik şeklinin ve oranının beton özelliklerine etkisinin araştırılması”, *Politeknik Dergisi*, 24(2): 409-415, (2021).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.691640

Çelik Liflerin Geometrik Şeklinin ve Oranının Beton Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Investigation of the Effect of Geometric Shape and Ratio of Steel Fibers on Concrete Properties

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Çelik liflerin geometrik şekli ve oranı, taze betonun işlenebilirliğini ve hava miktarını olumsuz etkilemektedir.(The geometric shape and ratio of steel fibers negatively affect the workability and air content of fresh concrete.).
- ❖ Sertleşmiş beton özelliklerine, liflerin miktarı ve boy/çap oranı önemli etkisi vardır (The amount of fibers and the length / diameter ratio have a significant effect on the properties of hardened concrete.).

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Farklı geometrik şekilli çelik liflerin betonunun işlenebilirlik ve basınç, eğilme ve aşınma özelliklerine etkileri araştırılmıştır (The effects of different geometrical shaped steel fibers on the workability and pressure, bending and abrasion properties of concrete were investigated.)

Çizelge. Lifli betonun teknik özellikleri / Chart. Technical characteristics of fibers concrete

Çelik lif / Steel fiber	Şahit/ reference	Z tipi/ type			C tipi/ type			80/60 tipi/ type			
Lif oranı/ Fiber ratio (%)	0.00	0.10	0.15	0.20	0.10	0.15	0.20	0.10	0.15	0.20	
Çökme/slump (cm)	8	7	6	4.5	6.7	5.8	4	6	5.2	3	
Hava/ Air (%)	30	35	40	45	34	42	48	32	35	36	
Basınç dayanımı/ Compressive strength (MPa)	7 gün/day	21.5	7.8	8.0	7.6	7.9	9.5	9.6	8.2	9.6	10.8
	28 gün/day	33.8	19.5	18.3	17.9	20.2	18.7	18.3	22.2	21.0	18.9
Eğilme dayanımı/ Flexural strength (MPa)	7 gün/day	5.1	7.8	8.0	7.6	7.9	9.5	9.6	8.2	9.6	10.8
	28 gün/day	8.5	11.4	12.7	13.2	12.0	13.6	12.8	12.8	13.9	15.7
Aşınma direnci/ abrasion resistance (%)	0.32	0.28	0.23	0.19	0.26	0.24	0.22	0.27	0.26	0.25	

Amaç (Aim)

Farklı geometrik şekillendirilmiş çelik liflerin taze ve sertleşmiş beton özelliklerine etkileri araştırılmıştır / The effects of different geometrically shaped steel fibers on fresh and hardened concrete properties have been investigated.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Çelik lif tipi (Z, C şeklinde) ve 80/60 lifli çimento ağırlığının % 0.0, 0.10, 0.15 ve 0.20 oranlarında kullanılmıştır. Betonun basınç dayanımı TS EN 12390-3, aşınma kaybı ASTM C944-19 ve eğilme dayanımı TS EN 12390-5 standartları esas alınarak özellikleri belirlenmiştir./ Steel fiber type (Z, C shaped) and 80/60 fiber were used at the ratios of 0.0, 0.10, 0.15 and 0.20% of cement weight. The properties of concrete are determined based on TS EN 12390-3, abrasion loss ASTM C944-19 and bending strength TS EN 12390-5 standards.

Özgünlük (Originality)

Taze ve sertleşmiş beton özelliklerine çelik lif geometrisinin etkisinin incelenmesi./ Investigation of the effect of steel fiber geometry on fresh and hardened concrete properties

Bulgular (Findings)

Çelik lifler betonun mekanik özelliklerini olumlu etkilerken taze beton özelliklerini olumsuz etkilemektedir./ While steel fibers affect the mechanical properties of concrete positively, they also negatively affect the properties of fresh concrete.

Sonuç (Conclusion)

Taze ve sertleşmiş betonda en optimum özellik, 80/60 lifinin %10 kullanılmasıyla elde edilmiştir. / The optimum property in fresh and hardened concrete was obtained by using 10% of 80/60 fiber.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Çelik Liflerin Geometrik Şeklinin ve Oranının Beton Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Osman ŞİMŞEK^{1*}, Kenan TOKLU², Muhammed Talha ÜNAL¹

¹Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü,

²Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü,

(Geliş/Received : 20.02.2020 ; Kabul/Accepted : 06.04.2020)

ÖZ

Birçok araştırmada betonun teknik özelliklerini artırmak için farklı cins ve tiplerdeki liflerle çalışmalar yapılmıştır. Genellikle son yıllarda betonun mekanik özelliklerinin öncelikli olan yerlerde çelik lif tercih edilmektedir. Bu çalışmada, tarafımızca şekil verilerek oluşturulan 2 farklı çelik lif tipi (Z, C şeklinde) ve 80/60 çelik lifi, çimento ağırlığının 0.0, 0.10, 0.15 ve 0.20 oranlarında kullanılmıştır. Bu farklı şekillere sahip çelik liflerin, taze betonda oluşturdukları hava %'si miktarı ve işlenebilirlik özelliği gözlenirken; sertleşmiş betonda ise basınç, eğilme ve aşınma dayanımlarına olan etkileri incelenmiştir. Lifin şekli ve oranının, taze ve sertleşmiş beton özellikleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Taze ve sertleşmiş betonda en optimum özellik, 80/60 lifinin %10 kullanılmasıyla elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çelik lif, aşınma direnci, basınç ve eğilme dayanımı.

Investigation of the Effect of Geometric Shape and Ratio of Steel Fibers on Concrete Properties

ABSTRACT

Many studies have been conducted with fibers of different types and shapes to increase the technical properties of concrete. Generally, steel fiber has been preferred in the places where the mechanical properties of concrete have priority in recent years. In this study, 2 different steel fiber types (Z, C shaped) and 80/60 steel fiber, which are formed by us, were used in the ratios of cement weights at 0.0, 0.10, 0.15 and 0.20. While the amount of air content and the workability of the steel fibers of these different shapes added in fresh concrete were observed; In hardened concrete, its effects on compressive strength, flexural strength and abrasion resistance were investigated. The shape and ratio of the fiber have been shown to be effective on fresh and hardened concrete properties. The optimum feature in fresh and hardened concrete has been achieved by using 10% of 80/60 fiber.

Keywords: Steel fiber, abrasion resistance, compressive and flexural strength.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde gelişen teknolojiyle beraber beton teknolojisindeki gelişmeler de hızlı bir şekilde artmıştır. Bu gelişmelere paralel olarak betonun özellikleri iyileştirilmiş ve buna bağlı olarak kullanım yerleri artmıştır. Araştırmacılar, basınç dayanımı yanında çekme ve eğilme dayanımı da yüksek olan beton üretebilmek ve çeşitli boyutlarda liflerden yararlanmayı düşünmüşlerdir. Bu arayışlar 1970'li yıllarda Avrupa ülkelerindeki yoğun çalışmalar sonucu lifli beton teknolojilerinin ortaya çıkmasını ve gelişmesini sağlamıştır.

Betonun mekanik özelliklerini iyileştirmek amacıyla beton karışımına eklenen çeşitli oran ve türde lifler kullanılmıştır. Böylece lifli beton olarak tanımlanan yeni bir beton çeşidi ortaya çıkmıştır. Lifli betonda, mevcut liflerin gelişi güzel şekilde dağılması veya yönlendirilmiş lif konumunda olmasından dolayı kaviteasyon ve enerji

yutma özellikleri çok yüksek oranda artmıştır. Betondan beklenen özellik ve kullanım alanına göre cam, plastik, polipropilen, PVA, karbon ve çelik lifler tercih edilen liflerden bazılarıdır. Genellikle lif takviyeli bir betonda çatlak, aşınma ve oyulmaya karşı dirence ek olarak, tokluk ve mekanik özelliklerinde de artış sağlanmaktadır. Basınç ve çekme gerilmelerinden dolayı betonda kılcal çatlaklar meydana gelir. Beton karışımında kullanılan lifler, sahip oldukları çekme gerilmelerine ulaşmaya kadar betonda meydana gelebilecek bu kılcal çatlakları minimum seviyede tutarlar [1-4].

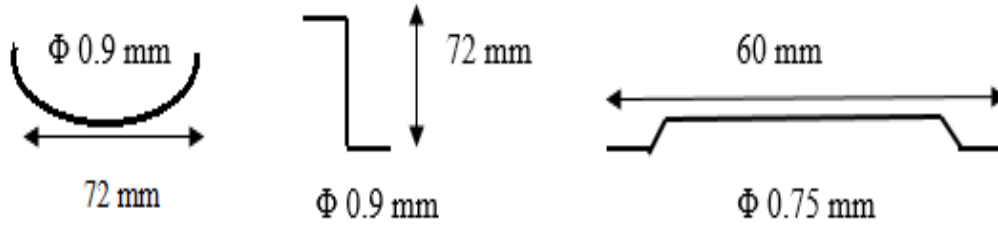
Betonun sahip olduğu gevrek malzeme özelliğinin dezavantajları bilinmektedir. Karışıma lif eklenerek betonun sünek davranış sergilemesi sağlanarak, bazı mekanik özelliklerinde de olumlu gelişmeler meydana getirmesi düşünülmüştür. Bu mekanik özelliklerin iyileştirilmesinde liflerin şekli, cinsi, lif-matris aderansı, boy/çap oranı, beton içerisindeki doğrultusu ve dayanımı gibi nitelikleri etkili olurken; eğilmede çekme dayanımı, çatlak boyutunun azaltılması, şekil değiştirme gibi birçok açıdan olumlu tesiri gözlenmiştir. Lifsiz betonlarla karşılaştırıldığında sentetik lif katkılı betonların rötre

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)

e-posta : simsek@gazi.edu.tr

çatlaklarını azalttığı kanıtlanmışken yüksek sıcaklığa maruz kalması sonrası dayanım ve dayanıklılık performansları önemli ölçüde artmıştır. Çelik lifler ise

olarak Elmadağ'dan temin edilen kırma taş ve kimyasal katkı (KK) maddesi olarak kahve renkli, yoğunluğu 1.2 kg/L, pH değeri 7-10, homojen, sıvı halde olan



Şekil 1. Karışımlarda kullanılan çelik lifler (Steel fibers used in mixtures)

daha çok beton mekanik özelliklerinde etkili olarak yüksek deformasyonlarda taşıma kapasitesini muhafaza edip enerji sönmülme özelliğini artırır. Betonun bu özelliklerinin geliştirilmesi konusundaki en önemli faktörler çelik liflerin boy/çap oranı, şekli, dayanımı ve lif matris aderansı gösterilebilir[5]. Özetle, karışımlarda kullanılan malzemeler özellikleri itibarıyla betonun zayıf yönlerini güçlendirir [6,7]. Lif boyutunun çekme mukavemetine olan etkisinin incelendiği bir çalışmada, farklı boyuttaki liflerin bir arada kullanılması sonucu, kısa boyutlu liflerin betondaki ilk çatlak oluşumunu geciktirerek çekme gerilmesini artırdığı, uzun boyutlu liflerin ise yük aktarımı sağlayarak betonda sünekliği sağlayarak nihai kopma dayanımını ciddi oranda yükselttiği görülmüştür [2,8].

Başka bir çalışmada, eklenen lif miktarının artması sonucu betonun çökme özelliğinin azalmış olduğu ve Ve-Be süresini arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, bu çalışmada beton karışımında kullanılan çelik lifler sayesinde liffsiz referans betonuna göre eğilme ve basınç dayanımlarında belirgin bir biçimde artış meydana geldiği belirtilmiştir [9].

Bu çalışmada tarafımızca şekil verilerek oluşturulan (Z, U) şekilli ve 80/60 çelik lifleri kullanılmıştır. Bu farklı şekillere sahip çelik liflerin taze betondaki hava miktarına ve ters koni deneyindeki çökme değerine etkisi; sertleşmiş betonda ise basınç, eğilme ve aşınma dayanımlarına etkileri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

2.1 Materyal (Material)

Karışımlarda şekil vererek oluşturduğumuz 2 farklı çelik lif (Z ve C) tipi ile 80/60 çelik lifi kullanılmıştır. Karışımlarda kullanılan tüm çelik liflerin boy/çap oranı 80'dir. Bu liflere ait özellikler Şekil 1' de verilmiştir. Çimento olarak CEM II/BL 32.5 N kullanılmış olup bu çimentoya ait fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Karışım suyu olarak Ankara ili şebeke suyu, filler olarak tane boyutu 0-0.25 mm elek aralığında olan ve Afyon ilinden temin edilen mermer tozu, agrega

akışkanlaştırıcı Sikament HE-200 kullanılmıştır. TS 10514 [10]'e göre çimento miktarı en az 320 kg, ince malzeme filler <0.25 ortalama 425 kg/m³ ağırlığında, su/çimento oranı en çok 0.55 olarak alınmıştır. (0-4 mm) agrega miktarı, toplam agrega kütlelerinin % 40- % 45'i dir. Betona karıştırılan çelik teller, TS 14889-1 [11]' e uygun dur.

Çizelge 1. CEM II/BL 32.5 N'nin Teknik özellikler (Technical properties of CEM II / BL 32.5 N)

CEM II/ BL 32.5 N	Kimyasal ve Fiziksel Özellikler								Kızdırma Kaybı	Blain inceliği (m ² /kg)
	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₂	MgO	N a ₂ O	K ₂ O		
	63.17	11.82	5.22	0.80	4.54	0.33	0.22	0.48	10.59	439

2.2 Metot (Method)

Karışımlarda kullanılan çelik lif miktarı çimento ağırlığının %0, %10, %15 ve %20 olarak kullanılmış ve üretilen beton numunelerin beton dayanım sınıfı TS 802 [12]'ye göre hesaplanarak C25 olarak belirlenmiştir. Tüm karışımlar için karışım hesabı Tablo 2' de verilmiştir. Üretilen beton numunelere taze beton deneylerinden hava miktarı tayini TS EN 12350-7 [13] ve çökme deneyi TS EN 12350-2 [14] esas alınarak yapılmıştır. Sertleşmiş beton deneylerinden basınç dayanımı TS EN12390-3 [15], eğilme dayanımı TS EN 12390-5 [16] ve aşınma dayanım direnci ASTM C 944/C 944 M [17] Rotating-Cutter metoduna göre yapılmıştır.

Çizelge 2. Farklı lif oranlarına göre karışım miktarları (Mixtures with different fiber ratios)

Lif Oranları (%)		0 (Referans)			10			15			20		
Malzemeler		kg	γ (kg/dm ³)	dm ³	kg	γ (kg/dm ³)	dm ³	kg	γ (kg/dm ³)	dm ³	kg	γ (kg/dm ³)	dm ³
Su		180	1	180	180	1	180	180	1	180	180	1	180
Çimento		346	3.05	113	346	3.05	113	346	3.05	113	346	3.05	113
Hava		-	-	18	-	-	18	-	-	18	-	-	18
Çelik Lif		0	0	0	35	7.8	4	52	7.8	7	70	7.8	9
K.K.Maddesi (%1,5)		2.7	1.2	2.25	2.7	1.2	2.25	2.7	1.2	2.25	2.7	1.2	2.25
Agrega grupları	<0,25 (%22)	365	2.40	152	360	2.40	150	360	2.40	150	358	2.40	149
	0,25-4 (%25)	452	2.63	172	450	2.63	171	447	2.63	170	447	2.63	170
	4-11 (%33)	592	2.61	227	587	2.61	225	585	2.61	224	585	2.61	224
	11-22 (%20)	366	2.65	138	363	2.65	137	360	2.65	136	360	2.65	136

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Taze Betonda Özellikleri (Properties of Fresh Concrete)

Taze beton için önemli özellikler hava %'sinin bilinmesi ve işlenebilirliktir. Taze betonun işlenebilirliği istenilen kıvam da ise betonun mekanik özellikleri genel olarak istenilen düzeydedir. Bunun için taze betonun hava %'si ve işlenebilirliği üzerinde durulmuştur.

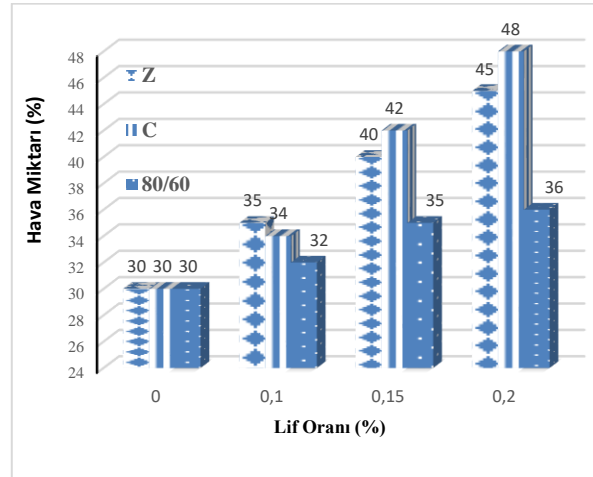
3.1.1 Taze betonda hava miktarı (Air content in fresh concrete)

Betonda hava miktarı, agrega boşlukları dışında taze beton içindeki mevcut hava hacminin beton hacmine oranının yüzde olarak ifadesidir. Deney sonucu elde edilen değerler Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2 incelenip analiz edildiğinde lif oranı artıkça bütün karışımlarda hava %'si artmaktadır. Lif şeklinin betonda oluşturduğu hava içeriği karşılaştırıldığında, "C" şekilli çelik lif ihtiva eden karışımların hava %'si en yüksek değeri almıştır. En düşük hava miktarı %'si ise 80/60'da görülmektedir. Lif şeklinin hava muhtevasına etkisi açık olarak görülmektedir. Bunun nedeni, lif şeklinin beton içinde dağılımının homojen olmayışından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Genel olarak lif şeklinin taze betonun hava miktarına yerleştirmeden kaynaklanan bir durum olduğu söylenebilir. Beton içinde hapsolmuş hava miktarının fazla olması genel olarak boşluk oranının fazla olması demektir. Beton içinde boşluk oranı fazla ise basınç dayanımı mantık olarak düşmesi gerekir.

3.1.2 İşlenebilme özelliği (Workability property)

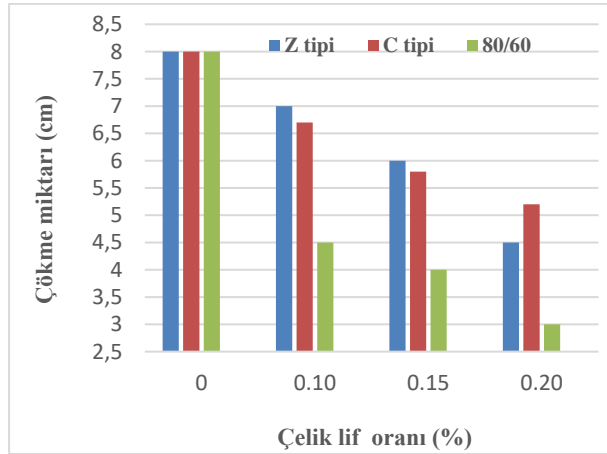
Taze betonlarda işlenebilme özelliği çökme testi ile belirlenir miktarını ölçmek için kullanılan ters koni deneyi TS EN 12350-2 [14] 'ye göre yapılmıştır ve

deneylerden elde edilen sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan lif oranı ve şekli değişiklik gösterdiğinden çökme miktarı farklı sonuçlar



Şekil 2. Hava Boşluğu- Lif Oranı ilişkisi(Air Content-Fiber Ratio relationship)

almıştır. Buna göre, lif miktarı artıkça çökme azalmıştır. Aynı zamanda lif şeklinin işlenebilirlik üzerindeki etkisi Şekil 3'de belirtilmiştir. Betonun işlenebilirliği ile mekanik özellikleri arasında bir ilişki söz konusudur. Lif şekli yönünden analiz edilir ise, 80/60 tipi lifli karışımların çökme miktarı en yüksek değerleri almıştır. En düşük çökme miktarı ise C tipi liflerde, %20 oranlı karışımda 4 cm olarak ölçülmüştür. Lif şeklinin çökme miktarına etkisinin olduğu açık olarak görülmektedir. Bunun nedeni lif şeklinin beton içinde dağılımının homojen olmayışından kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Genel olarak taze betonun işlenebilirliği üzerine lifin etkisi olduğu kanaatine varılmıştır.



Şekil 3.Çökme- Lif Oranı ilişkisi(Slump-Fiber Ratio relationship)

3.2 Sertleşmiş Betonun Özellikleri (Properties of Hardened Concrete)

Sertleşmiş beton özelliklerinde basınç ve eğilme dayanımı yanında aşınmaya karşı direnç özellikleri üstünde durulmuştur.

3.2.1 Basınç dayanımı (Compressive strength)

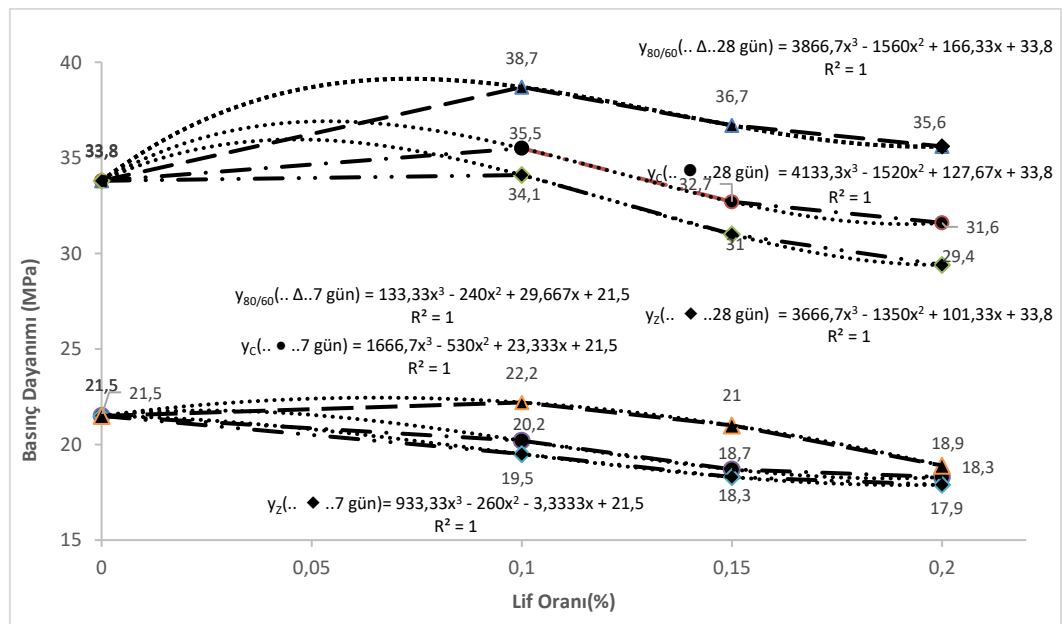
Her karışımdan her bir yaş için 3' er adet olmak üzere toplam 60 adet üretilen 100x100 mm'lik küp numunelere (Resim 1) 7 ve 28 gün boyunca su kürü uygulanmış ve TS EN 12390-3 [15] standardına uygun olacak şekilde basınç dayanım testine tabii tutulmuşlardır. Basınç testine ait sonuçların aritmetik ortalaması ve referans betona göre değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Basınç dayanımının 7 ve 28 günlüğü analiz edildiğinde, 7 günlük basınç dayanımının 28 günlük numunelere oranladaha düşük olması doğaldır. Her iki yaşta da genel olarak lif oranı arttıkça basınç dayanımında belirli

oranlarda azalma görülmektedir. Kısaca lif oranıyla basınç dayanımı arasında ters ilişki söz konusudur.Basınç dayanımı lifin şekli dikkate alarak analiz edecek olursak, en yüksek dayanımı 80/60 olarak isimlendirilen karışımlar vermiştir. Kısaca 80/60 lifleriyle üretilen numunelerin basınç dayanımını, Z ve C şekilli liflerle üretilen numunelerden daha yüksektir. En düşük basınç dayanımı C şekilli liflerle üretilen numunelerden elde edilmiştir. Eğer basınç dayanımıyla taze betondaki hava yüzdesi ilişkilendirildiğinde hava yüzdesiyle basınç dayanımı arasında ters orantı söz konusudur.

Şekil 4'ten elde edilen basınç dayanımı-çelik lif oranı ilişkisi eğilim çizgisi incelendiğinde, 3.Dereceden parabolik bir eğri oluşturmaktadır. Bu eğrinin parabolik denklemi şekil üzerinde görülmektedir. Bu ilişkinin regresyon katsayısı (R^2)'dir. R^2 'nin 1 olması, lif oranıyla basınç dayanımı arasında kuvvetli bir ilişki olduğunu gösterir. Bu ilişki bütün yaş ve lif çeşitleri için geçerlidir.



Resim 1. Basınç dayanım testi yapılan numune (Compressive strength experiment on a sample)



Şekil 4. Basınç Dayanımı- Lif Oranı ilişkisi (Compressive Strength-Fiber Ratio relationship)

3.2.2 Eğilme dayanımı (Flexural strength)

100x100x400 mm boyuta sahip toplamda 60 adet üretilen numuneler (Resim 2) 7 ve 28 gün kür havuzunda bekletilmiş ve TS EN 12390-5 [16] standardına uygun olarak eğilme çekme dayanım testine tabii tutulmuşlardır. Deney sonuçlarının aritmetik ortalaması grafik üzerinde verilmiştir.

Eğilme çekme deneyi sonuçları karşılaştırıldığında, "C" şekilli lif ile 80/60 lifinin eğilme dayanımına katkısının "Z" şekilli life oranla daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 5 incelenip analiz edildiğinde, lif oranı arttıkça eğilme çekme dayanımı artmıştır. Bu da çelik lifin kullanım amacını betonun çekme dayanımını arttırmak olduğu düşünüldüğünde gayet normaldir. Çelik lif şekli keskin köşeli veya dik açılı olması, eğilme dayanımı üzerinde olumsuz bir etki oluşturduğu gözlemlenmiştir. Örneğin "Z" şekilli çelik lifli betonun eğilme dayanımı gösterilebilir.

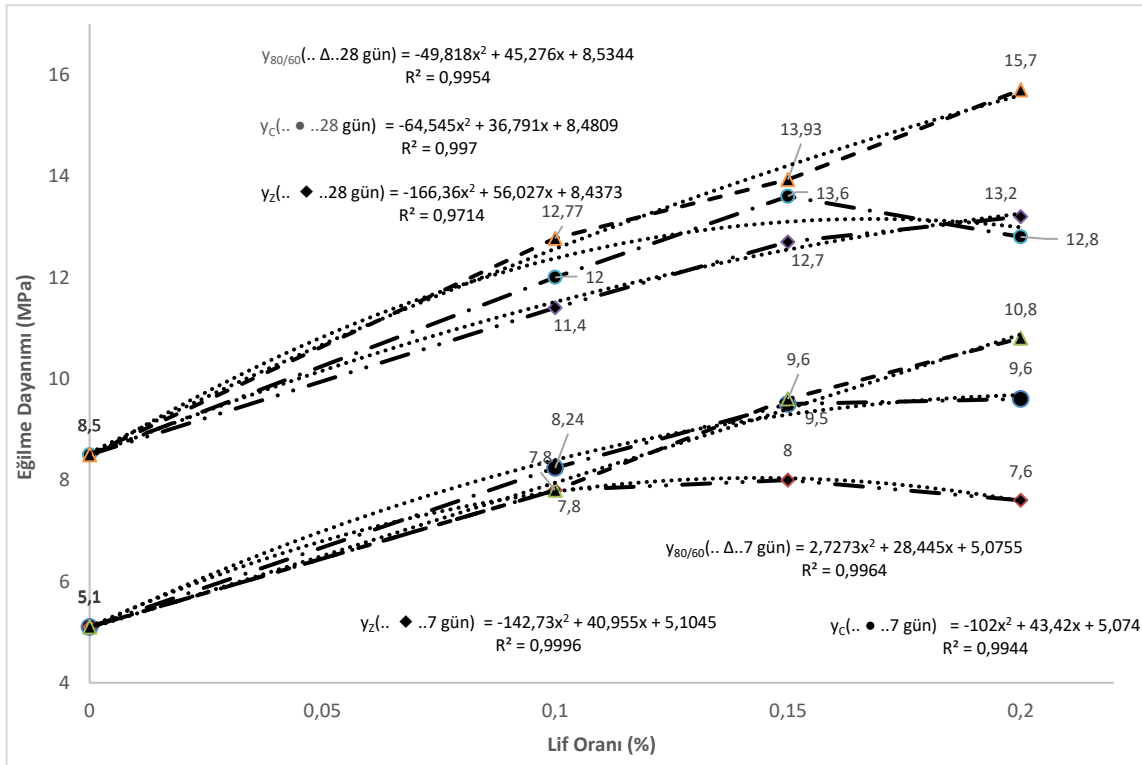
Eğilme Dayanımı-Lif Oranı ilişkisi eğilim çizgisi incelendiğinde 2.Dereceden parabolik bir eğri oluşturmaktadır. Basınç dayanımında olduğu gibi, parabolik denklemi üzerinde regresyon katsayısı (R^2) olduğu görülmektedir. Genellikle R^2 değerinin 0,99 olması, lif oranıyla eğilme dayanımı arasındaki güçlü bir ilişkiyi gösterir. Bu ilişkideki eğilme dayanımının, bütün yaş ve lif çeşitleri için geçerli olduğu belirtilebilir.



Resim 2. Eğilme dayanımı deneyi yapılan numune (Flexural strength experiment on a sample)

3.2.3 Aşınma direnci (Abrasion resistance)

Boyutları 100x100 mm oluşan küp numunelerden toplam 60 adet numune üretilmiş (Resim 3) ve üretilen numuneler 28 gün boyunca su küründe bekletilmiştir. 28 günlük numuneler ASTM C 944/C 944 M [17]' ye uygun şekilde aşınma deneyine tabii tutulmuşlardır. Numuneler 200 devir/dakika hızında dönen aşındırıcıya 6 dakika



Şekil 5. Eğilme Dayanımı- Lif Oranı ilişkisi (Flexural Strength-Fiber Ratio relationship)

boyunca maruz bırakılmıştır. 6 dakikalık süre sonucunda kütlece ağırlık kayıpları ölçülmüş ve sonuçlar % ağırlık kaybı olarak Eşitlik 1'den hesaplanmıştır.

$$\% \text{Ağırlık Kaybı} = (m_1 - m_2) / m_2 \times 100 \quad (1)$$

Eşitlikte;

m_1 = Aşınma öncesi numunenin ağırlığı (gr)

m_2 = Aşınma sonrası numunenin ağırlığı (gr)

Lifli betonun aşınma kaybı direnci incelendiğinde Şekil 6'da görüldüğü gibi lif oranı arttıkça aşınma kaybı azalmaktadır. Aşınma kaybı-Lif Oranı ilişkisi eğilim çizgisi, 2.dereceden polinom denklemiyle regresyon katsayısı 0,99'un üzerindedir. Bu da ilişkinin önemli bir seviyede olduğunu ifade etmektedir. Kısacası lifin şekli, aşınma kaybı üzerinde önemli bir etkiye sahip değildir. Deney sonuçlarının aritmetik ortalaması Şekil 9'da grafik üzerinde verilmiştir. Aşınma deneyi sonuçları kıyaslandığında, lif miktarı arttıkça aşınmanın azaldığı gözlemlenmiştir. "C" şekilli çelik lifli betonların aşınma değerleri, diğer karışımlara oranla daha düşük çıkmıştır.



Resim 3. Aşınma direnci deneyi yapılan numune (Abrasion resistance experiment on a sample)

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Lifin şekli taze betonun hava yüzdesine ve betonun işlenebilirliği üzerine etkilidir. Lif oranı arttıkça bu özellikler olumsuzluk göstermektedir.

Sertleşmiş beton dayanımlarında lif oranı arttıkça betonun basınç dayanımı azalmaktadır.

Lifin geometrik şekli betonun basınç dayanımı üzerine etkisi vardır.

Lif miktarı arttıkça betonun eğilme dayanımı da buna bağlı olarak artar. Lifin geometrik şekli betonun eğilme dayanımı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Lifli betonda aşınma, lif oranı arttıkça aşınma kaybı azalmaktadır. Lifin betonun aşınma direncini arttırdığı belirtilebilir.

Basınç ve eğilme dayanımlarının değişmesinde lif şekillerinin, lif boylarının ve lif çapının etkili olduğu düşünülmüştür. Aşınma deneyi sonuçları kıyaslandığında, lif miktarı arttıkça aşınmanın azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, lif şeklinin aşınma üzerine etkili olduğu görülmüştür.

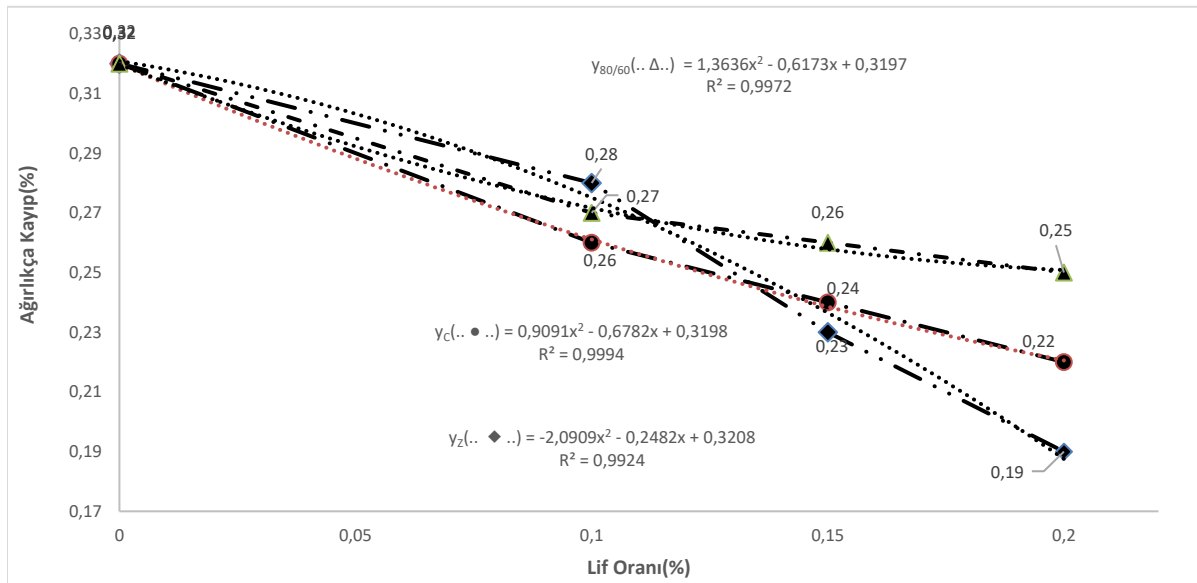
ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Osman ŞİMŞEK: Deneyleri yapmış ve sonuçlarını analiz etmiştir. / Performed the experiments and analyse the results.

Kenan TOKLU: Deneyleri yapmış ve sonuçlarını analiz etmiştir. / Performed the experiments and analyse the results.



Şekil 6. Aşınma Kaybı- Lif Oranı İlişkisi (Weight Loss-Fiber Ratio relationship)

Muhammed Talha ÜNAL : Makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir. / Wrote the manuscript.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Arslan A. ve Aydın A. C., "Lifli Betonların Darbe Etkisi Altındaki Genel Özellikleri", *Çelik Tel Donatılı Betonlar Sempozyumu*, Sabancı Center, İstanbul, 1-30, (1999).
- [2] Yaprak H., Şimşek O., ve Öneş A., "Cam ve Çelik Liflerin Bazı Beton Özelliklerine Etkisi", *Politeknik Dergisi*, 7(4): 353-358, (2004).
- [3] Şimşek O., "Beton ve Beton Teknolojisi", 5. Baskı, *Seçkin Yayın Evi*, Ankara, (2016).
- [4] Şimşek O., Erdal M., Sancak E., "Silis Dumanının Çelik Lifli Betonun Eğilme Dayanımına Etkisi", *G.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(2): 211-215, (2005)
- [5] Yıldırım H., Sertbaş B. ve Berbergil V., "Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Polipropilen ve Çelik Lif Kullanılmasının İşlenebilirliğe Etkisi", *7. Ulusal Beton Kongresi*, 28-30, (2007).
- [6] Sevil, C., "Uçucu Küllü, Lifli Beton Kompozitinde Lif Tipinin Beton Özelliklerine Etkisi", *Yüksek Lisans Tezi*, OGÜ, 75, (2001).
- [7] Topçu İ. B. ve Boğa A. R., "Uçucu Kül ve Çelik Liflerin Beton ve Beton Borularda Kullanımı", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(2): 1-14, (2005).
- [8] Yıldız, S., Bölükbaş, Y. ve Keleştemur, O.. "Cam Elyaf Katkısının Betonun Basınç ve Çekme Dayanımı Üzerindeki Etkisi". *Politeknik Dergisi*, 13(3): 239-243, (2010).
- [9] Bozkurt H. ve Karakurt C., "Çelik Lif Katkılı Beton Yol Kaplamalarının Özellikleri", *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(2), (2016).
- [10] TS 10514, "Lif Takviyeli Betonun Karışım Oranları ve İmalatı İçin Kurallar", *Türk Standardları Enstitüsü, Ankara*, (2015).
- [11] TS 14889-1, "Lifler – Betonda Kullanım için – Bölüm 1: Çelik Lifler – Tarifler, Özellikler ve Uygunluk", *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2006).
- [12] TS 802, "Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları". *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2016).
- [13] TS EN 12350-7, "Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 7: Hava İçeriğinin Tayini - Basınç Yöntemi", *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2019).
- [14] TS EN 12350-2, "Beton - Taze Beton Deneyleri - Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi", *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2019).
- [15] TS EN 12390-3, "Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini", *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2019).
- [16] TS EN 12390-5, "Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini", *Türk Standardları Enstitüsü*, Ankara, (2019).
- [17] ASTM C944/C944M, "Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method", *ASTM International*, West Conshohocken, USA, (2019).