

POLİPROPİLEN VE ÇELİK LİFLİ
YÜKSEK DAYANIMLI BETONLARIN
BASINÇ VE ÇEKME YÜKLERİ ALTINDAKİ
DAVRANIŞLARI

Mustafa TOKYAY
Y.Doç.Dr.
O.D.T.Ö.
Ankara,Türkiye

Kambiz RAMYAR
Öğr.Gör.
O.D.T.Ö.
Ankara, Türkiye

Lütfullah TURANLI
Öğr.Gör.
O.D.T.Ö.
Ankara, Türkiye

ÖZET

28 günlük silindirik basınç dayanımı 60MPa olacak şekilde, su-çimento oranı 0.25, çökme değeri 2-3 cm olan beton kontrol numuneleri PÇ 325, çimentoğun ağırlıkça %3 ü kadar süperakışkanlaştırıcı ve dere agregası kullanılarak üretilmiştir. Aynı nitelikteki betonlara (a) üretici firmanın önerdiği miktarda (1kg/m³) polipropilen lifler ve hacimce betonun %1.5 u kadar düz çelik lifler katılarak 15 x 30 cm boyutlarında iki seri lifli beton numunesi üretilmiştir. Deney gününe kadar standard bakım koşullarında tutulan numunelere 7 ve 28 gün yaşlarında basınç ve dolaylı çekme deneyleri uygulanmış ayrıca basınç altında 0.05 - 0.06 mm/dak sabit deformasyon hızında gerilme-birim deformasyon eğrileri elde edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir.

1. GİRİŞ - YÜKSEK DAYANIMLI BETONLAR
VE LİFLİ BETONLAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

Betonun davranışını karakterize eden en önemli ve en yaygın kullanılan parametre tek eksenli basınç dayanımıdır. Basınç altında yüksek dayanımlı betonların gerilme-birim deformasyon ilişkileri bir çok araştırmacı tarafından çalışılmıştır [1,2,3,4]. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen bilgi birikimi aşağıda özetlenmiştir:

a) Yüksek dayanımlı betonlarda gerilme - birim deformasyon ilişkisi normal betonlara göre maksimum dayanımın daha yüksek bir yüzdesine kadar doğrusal bir özellik göstermektedir. Agregası - çimento hamuru ara yüzeyindeki aderansın yüksek dayanımlı betonlarda daha iyi olması nedeniyle, düşük yüklerde mikroçatlakların daha az miktarlarda oluşması bu doğrusal ilişkinin başlıca nedenidir.

b) Yüksek dayanımlı betonlarda maksimum gerilmeye karşılık gelen birim deformasyon normal dayanımlı betonlara göre az bir miktar daha fazladır.

c) Gerilme - birim deformasyon eğrisinin alçalan kısmının eğimi yüksek dayanımlı betonlarda daha diktir.

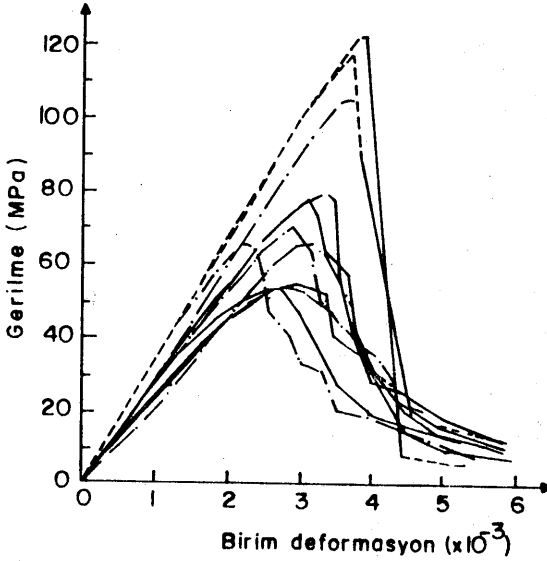
d) Maksimum birim deformasyon yüksek dayanımlı betonlarda, normal betonlara göre daha azdır.

Özellikle son iki maddeden anlaşılacağı gibi yüksek dayanımlı betonlar basınç yükleri altında gevrek bir davranış gösterirler. Yukarıda özetlenen bu davranışlar Şekil 1'de gösterilmiştir.

Öteyandan, lifli betonların üretilmesindeki ana amaç malzemenin tokluğunun, darbe yüklerine karşı direncinin, eğilme dayanımının, vb., artırılmasına yöneliktir. Günümüzde betonda en yaygın olarak kullanılan lifler çelik, alkali dirençli cam ve polipropilen liflerdir. 1960 lardan bu yana lifli betonlarla ilgili çok sayıda araştırma yapılmış ve yapılmaktadır. Bu araştırmaların büyük çoğunluğu kiriş numuneler üzerinde yapılmış olmakla birlikte liflerin yarattığı etkileri bir ölçüde çekme ve basınç özelliklerine de uyarlamak mümkündür. Yapılan çalışmalar sonucunda çimento-lu sistemlerin içine konulan liflerin başlıca rolünün betonda oluşan çatlakların matriks içinde ilerlemelerinin yavaşlatılmasıdır [5].

Bu suretle, malzemenin maksimum çatlama deformasyonu herhangi bir lif içermeyen betonunkine oranla önemli bir artış gösterir [6]. Maksimum yükten sonra, lifli betonlarda, artan deformasyon sonucunda yükün azalma hızı normal betonlara göre çok daha yavaştır [7]. Dolayısıyla, liflerin matriksden ayrılması ve uzamaları nedeniyle emilen enerji lifli betonlarda oldukça fazladır.

Lifli betonların basınç altındaki davranışlarını inceleyen az sayıdaki araştırmalardan elde edilen sonuçlar yukarıda belirtilen, ve genellikle eğilme davranışları hakkındaki, genel özellikleri doğrular niteliktedir [6, 8].

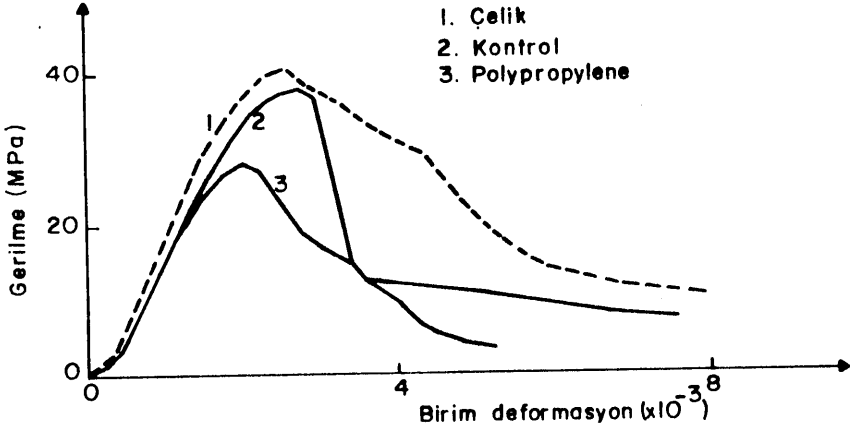


Şekil 1- Yüksek dayanımlı betonların normal betonlarla gerilme - birim deformasyon ilişkileri bakımından karşılaştırılması [4]

Sonuç olarak, lifli betonların sünekliği ve tokluğunda lifsiz betonlara göre önemli artışlar sağlanmaktadır. Basınç dayanımı lif kullanılmasıyla fazla etkilenmemektedir. Bu davranış özellikleri Şekil 2'de gösterilmiştir.

II- AMAÇ VE KAPSAM

Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarında yürütülmekte olan geniş kapsamlı bir araştırmanın bir bölümünü teşkil eden bu çalışmanın amacı yüksek dayanımlı betona lif ilavesi sonucunda basınç ve dolaylı çekme dayanımlarında meydana gelen değişikliklerin ve basınç altında gerilme-birim deformasyon ilişkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla, araştırmada, çelik ve polipropilen lifler kullanılarak üretilen betonlar üzerinde basınç ve dolaylı çekme deneyleri yapılmış, sabit basınç deformasyon hızı altında gerilme-birim deformasyon eğrileri elde edilmiş ve sonuçlar lifsiz kontrol betonlarıyla kıyaslanmıştır.



Şekil 2- Normal ve lifli betonların basınç altında gerilme-birim deformasyon eğrileri [8]

III- DENEYSEL ÇALIŞMA

III.1- Malzemeler, Karışım Oranları, Bakım Şartları

28 günlük silindirik basınç dayanımı 60MPa olacak şekilde su-çimento oranı 0.25, çökme değeri 2-3 cm olan kontrol numuneleri PÇ 325, çimentonun ağırlıkça %3 ü kadar TS 3452 YA sınıfı bir süperakışkanlaştırıcı ve maksimum dane boyutu 15 mm olan dere agregası kullanılarak üretilmiştir. Aynı nitelikteki betonlara (a) üretici firmanın önerdiği miktarda (1kg/m^3) polipropilen lifler ve (b) hacimce betonun %1.5 u miktarında düz çelik lifler katılarak iki seri lifli beton numunesi üretilmiştir. Kullanılan liflerin özellikleri sırasıyla Çizelge I'de verilmiştir.

Hazırlanan betonlar dışsal vibrasyon ile sıkıştırılmış ve deney gününe kadar 95 ± 5 bağıl nem ve $23 \pm 1.7^\circ\text{C}$ sıcaklıkta tutulmuşlardır.

Çizelge I- Kullanılan Liflerin Özellikleri

Özellik	Polipropilen lif	Çelik lif
Özgül Ağırlık	0.91	8.02
Çekme Dayanımı (MPa)	650	2000
Elastisite Modülü(MPa)	3500	220000
Boyutlar (mm)	x20	0.4 x 30

III.2- Deney Yöntemleri

Basınc ve çekme dayanımı deneyleri sırasıyla, TS 3114 "Beton Basınc Dayanımı Deney Metodu" ve TS 3129 "Betonda Yarmada Çekme Dayanımı Tayini Deneyi (Silindir Yarma Metodu)"na uygun olarak 7 ve 28 gün yaşlarında yapılmıştır.

Basınc altında yük-deformasyon eğrilerinin elde edilmesi için 500 ton kapasiteli Losenhausen UBP500 Universal Test Makinası Losenhausen EHR deformasyon kontrol ünitesine bağlanmıştır. Yük-düşey deformasyon eğrileri kontrol ünitesine bağlı olan X-Y dijital kaydediciden alınırken, yanıl deformasyonlar numunelere yerleştirilen 0.001mm hassasiyetli iki adet mekanik deformasyon ölçme cihazı ile okunmuştur.

Bu deneyler sırasında düşey deformasyon hızı 0.05 - 0.06 mm/dak olarak ayarlanmıştır.

IV- DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

Basınc ve Yarmada Çekme dayanımı deneyleri sonucunda polipropilen liflerin basınc dayanımlarını 7 ve 28 günde, lifsiz yüksek dayanımlı betona göre %0.4 - 0.5 civarında azalttığı buna karşılık çekme dayanımlarını, sırasıyla, %12 ve %14 arttırdığı belirlenmiştir.

Öte yandan, çelik liflerin, polipropilen lifler gibi, basınc dayanımını, %1 civarında artış sağlayarak, önemli ölçüde etkilemediği, çekme dayanımlarında ise %35 lik bir artışa neden olduğu anlaşılmıştır.

Basınc ve çekme dayanımı deney sonuçları Çizelge II'de özetlenmiştir. Bu çizelgedeki değerler üçer adet numunenin ortalamasıdır.

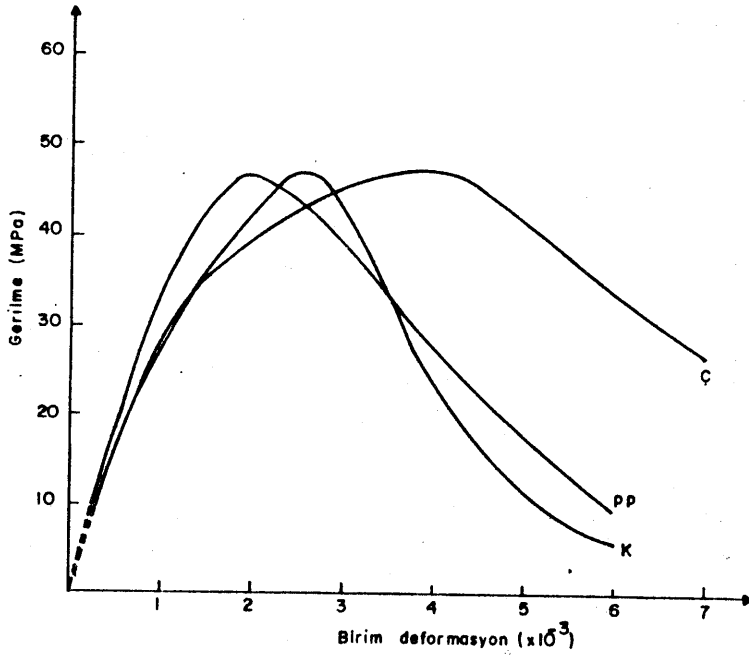
Çizelge II- Basınc ve Yarmada Çekme Dayanımı Deney Sonuçları

Numune	Basınc Dayanımı (MPa)		Çekme Dayanımı (MPa)	
	7G	28G	7G	28G
Kontrol Numuneleri	46.3	63.9	3.2	4.1
Polipropilen lifli numuneler	46.1	63.6	3.6	4.7
Çelik lifli numuneler	46.8	64.7	4.3	5.6

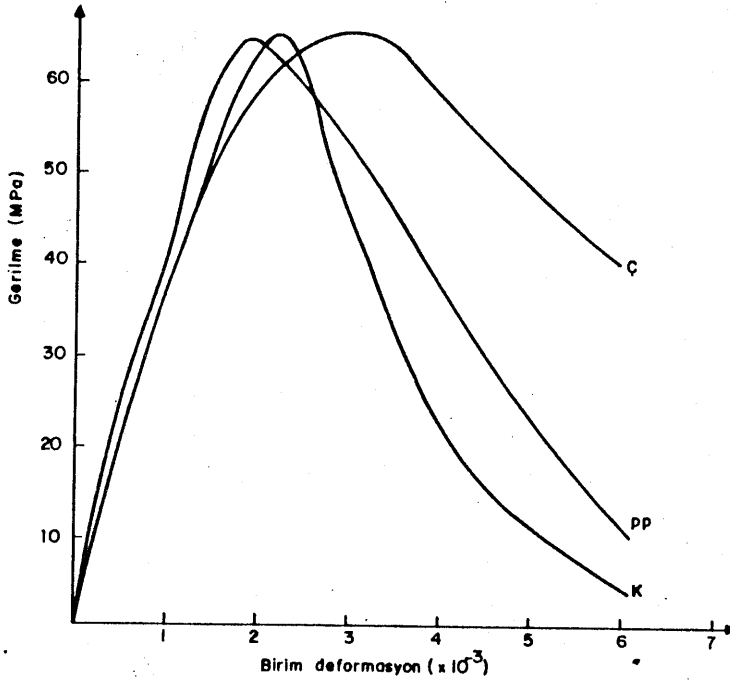
Polipropilen lif içeren numunelerin, çok az da olsa, gösterdiği basınc dayanımındaki azalmaya kullanılan liflerin doğrudan neden olmadığı ancak bu numunelerin sıkıştırılması sırasında karşılaşılan görelı güçlüğün bu küçük miktardaki dayanım düşüklüğünün gerekçesi olduğu sanılmaktadır.

Basınc altında gerilme-birim deformasyon eğrileri, 7 ve 28 gün yaşları için sırasıyla, Şekil 3 ve 4'de gösterilmiştir.

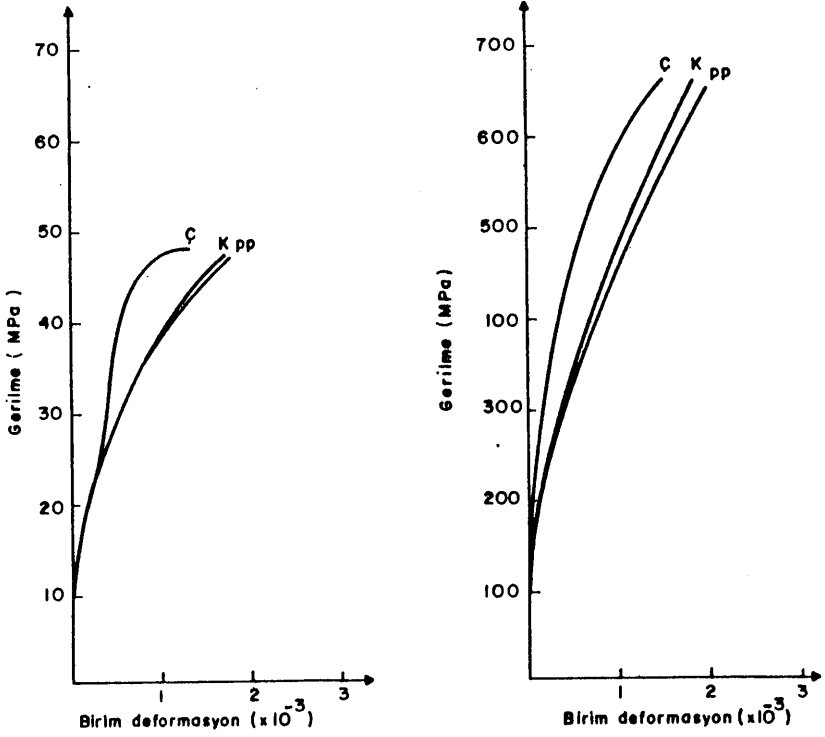
Betonda ilk çatlaklar maksimum gerilmeye ulaşmadan çok önce meydana gelmektedir. Bu durum Şekil 3 ve 4'de gerilme-birim deformasyon eğrilerinin yükselen kısmındaki doğrusallıktan sapma noktasında gözlenmektedir. 7 günlük numunelerde ilk çatlağın oluşması maksimum gerilmenin %50 sine karşı gelen gerilmeler civarında iken 28 günlük numunelerde bu değır ≈%75'e yükselmiştir. İlk çatlak oluşumu sırasındaki deformasyonlar kontrol ve çelik lifli numunelerde hemen hemen aynı olmakla birlikte polipropilen lifli numunelerde %10-20 civarında daha düşük değırler vermiştir. İlk çatlak oluşumundan sonra artan gerilmeler, maksimum gerilmeye kadar, gelişen çatlakların birleşmesine, dolayısıyla numunenin rijitliğinin azalmasına neden olmaktadır [8]. Ancak çelik lifli betonlarda, yük eksenine dik olan lifler yanal deformasyonları, yüksek çekme dayanımları ve beton matriksle aralarındaki sürtünme ile oluşan aderans nedeniyle, azalttıklarından tokluk artmaktadır. Ancak aynı durum polipropilen lif içeren betonlarda söz konusu değildir. Numunelerin Şekil 5'de verilen gerilme -yanal birim deformasyon eğrilerinde yukarıda bahsedilen durum görülmektedir. Kontrol betonları ve polipropilen lifli betonlar hemen hemen aynı davranışları gösterirken, çelik lifli betonlarda yanal deformasyonlar daha düşüktür.



Şekil 3- 7 günlük numunelerin gerilme-birim deformasyon eğrileri



Şekil 4- 28 günlük numunelerin gerilme-birim deformasyon eğrileri



Şekil 5- Numunelerin maksimum gerilme noktasına kadar gösterdikleri gerilme-yanal birim deformasyon eğrileri

Malzemelerin tokluğu gerilme-birim deformasyon eğrisinin altında kalan alan olarak tanımlandığında, kontrol numuneleri ve polipropilen lifli numunelerin birbirine çok yakın değerler verdiği buna karşılık çelik lifli numunelerin tokluğunun daha yüksek olduğu Şekil 3 ve 4'de görülmektedir. Bu eğrilerin altındaki alanlar hesaplanarak, 7 günde tokluğu polipropilen liflerin ≈ 20 çelik liflerin ise ≈ 110 artırdığı, bu değerlerin 28 günlük betonlarda ise sırasıyla, ≈ 30 ve ≈ 110 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yine aynı şekillerde eğrilerin alçalan kısımlarının eğimlerinin çelik lifli betonlarda daha düşük olması çelik liflerin sünekliği artırdığını ortaya koymaktadır.

Öte yandan, malzemelerin yapıdaki kullanımları açısından tokluk ya belirli bir deformasyon için ya da maksimum gerilmeye karşı gelen deformasyon için tarif edildiğinde daha anlamlı olmaktadır [9]. Bu açıdan ele alındığında polipropilen lifler yüksek dayanımlı betonun tokluğuna önemli bir etki yapmamaktadır. Oysa çelik lifler 7 günde ≈ 90 28 günde ise ≈ 80 artış sağlamaktadır.

6. Shah, S.P. ve Rangan, B.V.; "Effects of Reinforcements on Ductility of Concrete", Proceedings, ASCE, v.96, ST6, 1970, s.1167-1184.
7. "State-of-the-Art Report on Fiber Reinforced Concrete"; Fiber Reinforced Concrete, ACI Publication SP 44, 1974, s.535-550.
8. Hughes, B.P. ve Fattuhi, N.I.; "Stress-Strain Curves for Fiber Reinforced Concrete in Compression", Cement and Concrete Research, C.7, 1977, s.173-184.
9. Johnston, C.D.; "Steel Fiber Reinforced Mortar and Concrete -A Review of Mechanical Properties", Fiber Reinforced Concrete, ACI Publication SP44, 1974, s.127-142.