LİFLİ BETONLARIN DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Orhan Erkek
161412201

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Ayşe Elif Özsoy Özbay
İkinci Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Seyit Çeribaşi

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ocak, 2020

LİFLİ BETONLARIN DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Orhan Erkek
161412201
Orcid**:** 0000-0003-3980-9379

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Ayşe Elif Özsoy Özbay
İkinci Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Seyit Çeribaşi

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ocak, 2020



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

ORHAN ERKEK'ın "LİFLİ BETONLARIN DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ" başlıklı tezi 29.01.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca Yapı-Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans/~~Doktora~~ tezi oy birliğiyle/~~oy çokluğuyla~~, başarılı/~~başarısız~~ olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı. Adı ve Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Elif ÖZSOY ÖZBAY	.....
Üye	Doç. Dr. Fuat ARAS	.....
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Onur PEHLİVAN	.....

Prof. Dr. Belma AKŞİT
Enstitü Müdürü V.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

maltepe üniversitesi	LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	23.01.2020
		Revizyon No	01
		Sayfa	1

29/01/2020

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bulguların sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmanın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.



Orhan Erkek

Hazırlayan: Enstitü Sekreterliği	Onaylayan: Kalite Yönetim Koordinatörlüğü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimi süresince mesleki olarak gelişimimde katkısı olan Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerine ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında yol gösterici olan Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Elif Özsoy Özbay'a ve Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşı'ya, Deneysel çalısmalarımda bana labaratuvar ve malzeme sağlayan Kalite ve BYZ Laboratuarlarına, Deney numunelerini sağlayan Atlas Kimyasalları A.S.'ye ve Gebze İnşaat Mühendisleri Odasından sevgili İnş.Müh. Sinem Gökalp'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitim - öğretim hayatım boyunca, benden desteklerini bir an bile esirgemeyen anneme ve babama minnettarım.

Orhan Erkek

Ocak 2020

ÖZ

LİFLİ BETONLARIN DAVRANIŞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Orhan Erkek
Yüksek Lisans Tezi
Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Yapı Deprem Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Elif Özsoy Özbay
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Seyit Çeribaşi
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2020

Yüksek lisans tezi, lifli betonların yalın betona göre deneysel değerlendirmesi, T.C Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı.

Teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlediği günümüz şartlarında beton teknolojisi de bu gelişmelerden nasibini almış durumdadır. Teknolojideki ilerlemeler betonda kullanılan malzemelerin kalitesini arttırdığı gibi aynı zamanda yeni özellikler yeni tariflerin oluşmasına olanak sağlamıştır. Lifler de bu kazanım ve yeniliklerden biridir.

İnşaat sektöründe akla ilk gelen yapılar betonarme yapılardır. Bu yapılarda taşıyıcı görevi gören beton günümüzde en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Beton gevrek malzeme olduğundan dolayı yapısı gereği basınç altında süneklik özelliği zayıf kalmaktadır ve tek başına kırılgan bir yapı ortaya çıkmaktadır. O yüzden özellikle sabit ve hareketli yüke maruz kaldığı saha betonları, yol betonları, havaalanları, makine robot temelleri, nihai tünel kaplamaları, endüstriyel zeminlerde, şap betonlarında, prekast elemanlarda, püskürtme betonlarında vb. betonların içerisine lifler kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında amaç çekme ve eğilme dayanımı düşük olan betona çelik lif, polipropilen lif, makro lif ve karma liflerin dahil edilmesiyle betonun bu zayıf yönlerinin iyileştirilmesi. Yapılacak deneysel çalışmalarla farklı özelliklerdeki lifli betonların yalın betona göre değerlendirilmesi.

Anahtar kelimeler: 1.Lifli beton; 2. Fiber beton; 3. Polipropilen lifli beton; 4.Çelik lifli beton; 5; karışık lifli beton.

ABSTRACT

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE BEHAVIOR OF FIBERS

Orhan Erkek
Master Thesis
Department of Structural Earthquake Engineering
Structural Earthquake Engineering Programme
Advisor: Asst.Prof. Ayşe Elif Özsoy Özbay
Second Advisor: Asst.Prof. Seyit Çeribaşi
Maltepe University Graduate School, 2020

Master Thesis, Experimental Evaluation Of Fiber Concrete By Reinforced Concrete, T.C Maltepe University, Graduate School of Science and Engineering, Structural Earthquake Engineering.

In today's conditions where technology is advancing rapidly, concrete technology has also received its share from these developments. Advances in technology have improved the quality of materials used in concrete, and at the same time, new features have led to the creation of new recipes. Fibers are also one of these gains and innovations.

Reinforced concrete structures are the first structures that come to mind in the construction sector. Concrete, which acts as a carrier in these structures, is the most widely used building material today. Since concrete is brittle material, its ductility property under pressure remains weak due to its structure and a brittle structure occurs by itself. Therefore, it can be used in field concretes, road concretes, airports, machine robot foundations, final tunnel coatings, industrial floors, screed concrete, precast elements, sprayed concrete, etc. where it is subjected to constant and moving load. fibers are used in concrete.

The aim of this thesis is to improve these weaknesses of concrete by including steel fiber, polypropylene fiber, macro fiber and mixed fibers in concrete with low tensile and bending strength. Evaluation of fiber concrete with different properties according to lean concrete by experimental studies.

Keywords: 1.Fiber Concrete; 2.Fiber Concrete; 3. Polypropylene Fiber Concrete; 4. Steel Fiber Concrete; 5. Mixed Fiber Concrete

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI ii
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI iii
TEŞEKKÜR iv
ÖZ v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
TABLOLAR LİSTESİ viii
ŞEKİLLER LİSTESİ ix
SİMGELER LİSTESİ xi
ÖZGEÇMİŞ xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
BÖLÜM 2.BETON VE ÖZELLİKLERİ 4
BÖLÜM 3.LİF ÇEŞİTLERİ VE BETON KARIŞIMINA ETKİLERİ 9
3.1 Liflerin Çeşitleri 10
3.1.1 Polipropilen Lifler- betonfiber BF12, BF19 12
3.1.2 Çelik Lifler- HE0735, HE1050, HE0960 15
3.1.3 Makro Sentetik Lifler- Enduro Prime, Makromesh54 21
3.1.4 Karma Lifler- Enduro Prime + BF12, HE0960 + BF12 25
3.2 Liflerin Betona Etkisi 26
BÖLÜM 4.DENEY ÇALIŞMALARI VE METOT 28
4.1 Deney Grupları 28
4.2 Deney Çalışmaları 46
4.2.1 Basınç Dayanımı Deneyi 46
4.2.2 Eğilme Dayanımı Deneyi 53
BÖLÜM 5. SONUÇ 62
BÖLÜM 6.ÖNERİLER 63
EK'LER 64
KAYNAKÇA 70

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.Beton sıkıştırılabilme derecesi sınıfları 4
Tablo 2.2.Beton çökme sınıfları 5
Tablo 2.3.Beton yayılma sınıfları 5
Tablo 2.4.Beton vebe sınıfları..... 5
Tablo 2.5.Normal - ağır betonlar için basınç dayanımı sınıfları..... 7
Tablo 2.6.Deney betonu granülometrisi 8
Tablo 3.1.Deney grupları ve lif sarfiyatları 11
Tablo 3.2.BF12 polipropilen lif özellikleri..... 13
Tablo 3.3.BF19 polipropilen lif özellikleri..... 14
Tablo 3.4.HE0735 çelik lif özellikleri 18
Tablo 3.5.HE1050 çelik lif özellikleri 19
Tablo 3.6.HE0960 çelik lif özellikleri 20
Tablo 3.7.Enduro prime makro sentetik lifin özellikleri 22
Tablo 3.8.Macromesh-54 sentetik lifin özellikleri..... 24
Tablo 3.9.Karma lifli beton grupları..... 26
Tablo 4.1. 1.Grup (BF12) lifli beton numuneleri 29
Tablo 4.2. 2.Grup (BF19) lifli beton numuneleri 30
Tablo 4.3. 3.Grup (HE0735) lifli beton numuneleri..... 34
Tablo 4.4. 4.Grup (HE1050) lifli beton numuneleri..... 35
Tablo 4.5. 5.Grup (HE0960) lifli beton numuneleri..... 36
Tablo 4.6. 6.Grup (enduro prime) lifli beton numuneleri..... 37
Tablo 4.7. 7.Grup (macromesh-54) lifli beton numuneleri..... 38
Tablo 4.8. 8.Grup (Enduro Prime+BF12) karma lifli beton numuneleri..... 40
Tablo 4.9. 9.Grup (HE0960+BF12) karma lifli beton numuneleri..... 41
Tablo 4.10.Deney grupları, alınan numuneler ve kullanılan lif sarfiyatları 44
Tablo 4.11.Küp deney grupları numune numaraları..... 45
Tablo 4.12.Kiriş deney grupları numune numaraları..... 45
Tablo 4.13.Basınç dayanımı deneyi sonuçları..... 48
Tablo 4.14.Eğilme dayanımı deneyi sonuçları 56

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.Saman takviyeli kerpiç yapımı [32] 9
Şekil 3.2.Eski çağlarda lif (saman) takviyeli kerpiç yapımı [33] 10
Şekil 3.3.BF12 polipropilen elyaf lif 12
Şekil 3.4.BF19 polipropilen elyaf lif 14
Şekil 3.5.Düz, pürüzsüz yüzeyli teller [23] 16
Şekil 3.6.Üzerinde girintiler (çentikler) açılmamış teller [23] 16
Şekil 3.7.Uzunluğu boyunca dalgalı (kıvrımlı) teller [23] 16
Şekil 3.8.İki ucu kıvrılmış teller [23] 17
Şekil 3.9.Bir ucu kıvrılmış teller [23] 17
Şekil 3.10.HE0735 çelik lif 18
Şekil 3.11.HE1050 çelik lif 19
Şekil 3.12.HE0960 çelik lif 20
Şekil 3.13.Enduro prime makro sentetik lif 22
Şekil 3.14.Macromesh-54 sentetik lif 24
Şekil 4.1.Numune kalıpları ve kalıp yağlama uygulaması 28
Şekil 4.2.Granülometrisine göre üretilen beton tedariği 29
Şekil 4.3.Polipropilen elyaf lif sarfiyat ölçümü 30
Şekil 4.4.Polipropilen elyaf liflerin betona karma işlemi 31
Şekil 4.5.Lifli betonun kalıplara masa vibratörü ile yerleştirilmesi 32
Şekil 4.6.Küp ve kiriş numunelerinin etiketlenmesi 33
Şekil 4.7.HE0735 çelik lifinin betona karma işlemi 34
Şekil 4.8.HE1050 çelik lifinin betona karma işlemi 35
Şekil 4.9.HE0960 çelik lifinin betona karma işlemi 36
Şekil 4.10.Enduro prime sentetik liflerin betona karma işlemi 37
Şekil 4.11.Enduro prime sentetik liflerin betona homojen olarak karılması 38
Şekil 4.12.Macromesh54 sentetik lifinin sarfiyat ölçümü 39
Şekil 4.13.Macromesh54 sentetik liflerin betona homojen olarak karılması 39
Şekil 4.14.Karma lifli betonun kalıplara yerleştirilmesi 40
Şekil 4.15.Karma lifli betonun masa vibratörüyle kalıplara yerleştirilmesi 41
Şekil 4.16.Deney numunesi kalıplarının sökülmesi 42

Şekil 4.17.Kiriş numunesi kalıplarının sökülmesi 42
Şekil 4.18.Deney numunelerinin kür havuzuna alınması 43
Şekil 4.19.Küp numunelerinin kür havuzuna alınması 43
Şekil 4.20.Küp numunelerin basınç deneyi düzeneği 46
Şekil 4.21.Basınç deneyi pres makinesi 47
Şekil 4.22.Lifli betonların kontrol betonuna göre basınç dayanımı -1.Döküm 48
Şekil 4.23.Lifli betonların kontrol betonuna göre basınç dayanımı-2.Döküm 49
Şekil 4.24.Lifli küp numunelerin test sonrası görüntüleri 52
Şekil 4.25.Kiriş numunelerinin 3 nokta eğilme deneyi düzeneği 53
Şekil 4.26.Kiriş numunelerinin 3 nokta eğilme deneyi düzeneği-2 54
Şekil 4.27.Eğilme deneyi düzeneği 55
Şekil 4.28.Lifli betonların kontrol betonuna göre eğilme dayanımı-1.Döküm 56
Şekil 4.29.Lifli betonların kontrol betonuna göre eğilme dayanımı-2. Döküm 57
Şekil 4.30.Çelik lifli kirişin eğilme deneyi sonrası görüntüsü 60
Şekil 4.31.Macromesh54 lifli kirişin eğilme deneyi sonrası görüntüsü 60
Şekil 4.32.Enduro prime lifli kirişin eğilme deneyi sonrası görüntüsü 61
Şekil 4.33.Kontrol kirişinin eğilme deneyi sonrası görüntüsü 61
Şekil 4.34.Lifli betonların zamana bağlı eğilme dayanımı 64
Şekil 4.35.Lifsiz Kontrol betonlarının zamana bağlı eğilme dayanımı 65
Şekil 4.36.(1.döküm) Lifli betonların zamana bağlı eğilme dayanımı 65
Şekil 4.37.(2.döküm) Lifli betonların zamana bağlı eğilme dayanımı 66
Şekil 4.38.Lifli küp betonların zamana bağlı basınç dayanımları 67
Şekil 4.39.Lifli ve kontrol betonlarının zamana bağlı basınç dayanımları 68
Şekil 4.40.(1. Döküm) Lifli ve kontrol betonunun zamana bağlı basınç dayanımları 69
Şekil 4.41.(2. Döküm) Lifli ve kontrol betonunun zamana bağlı basınç dayanımları 69

SİMGELER LİSTESİ

MPa : Megapascal

kg/m^3 : Kg /metreküp

C30 : Beton sınıfı 30 MPa(N/mm^2)

mm : Milimetre

cm : Santimetre

°C : Santigrad derece

l/d : Lif Narinlik Oranı

V_f : Lif Hacmi

Kg : Kilogram

N/mm^2 : Newton/milimetrekare

P_{max} : En büyük yük değeri

σ : Gerilme N/mm2

F_c : Basınç dayanımı (MPa)

ε : Şekil Değiştirme, mm

F : Kırılma esnasında oluşan en büyük yük (N)

A_c : Basınç yükü altındaki en kesit alanı (mm^2)

E_{cj} : j günlük betonun elastisite modülü

f_{ckj} : j günlük betonun karakteristik dayanımı

f_{cf} : Eğilme dayanımı, MPa

l : Mesnet silindirlerinin arasındaki açıklık (mm)

b : Numune eni (mm)

h : Numune yüksekliği (mm)

KN mm : Kilo Newton milimetre

PÇ 42,5 : Portland Çimentosu

ACI : American Concrete Institute

ÇTDB : Çelik Tel Donatılı Betonlar

YB : Yalın Beton

KB : Kontrol Betonu

BF12 : Polipropilen Lif 12 mm

BF19 : Polipropilen Lif 19 mm

HE0735 : Çelik Lif 0,7 mm kalınlığında 35 mm uzunluğunda

HE1050 : Çelik Lif 1,0 mm kalınlığında 50 mm uzunluğunda

HE0960 : Çelik Lif 0,9 mm kalınlığında 60 mm uzunluğunda

EP : Enduro Prime Makro sentetik lif 60 mm uzunluğunda

MM54 : Macromesh54 Makro sentetik lif 54 mm uzunluğunda

KL1 : Karma Lifli Beton (enduro prime+BF12)

KL2 : Karma Lifli Beton (HE0960+BF12)

KSD : Kullanılabilirlik Sınır Durumu

TSD : Taşıma Gücü Sınır Durumu

JSCE : Japan Society of Civil Engineers

PP : Polipropilen Lif

Ç : Çimento

KTT : Kırma Taş Tozu

İMO : İnşaat Mühendisleri Odası

TSE : Türk Standartları Enstitüsü

ASTM : American Society For Testing And Materials

ÖZGEÇMİŞ

Orhan Erkek

Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı*
Y.Ls.	2016	Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü Yapı Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı
Ls.	2009	Dumlupınar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Lise	2005	Diyarbakır Süleyman Demirel Lisesi

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2017 –	Şirket Yetkilisi- İnşaat Mühendisi. Local Yapı
2015- 17	Şantiye Şefi. Fi İnşaat
2013-2015	Arıkan İnşaat A.Ş-Gafgüm İnşaat. İnşaat Mühendisi

Mesleki Birlik/Dernek Üyelikleri

Yıl	*Kurum*
2019 -	Uyap: Bilirkişi
2019-	İSG Katip: C Sınıfı İsg Uzmanlığı
2013 -	Üye: İnşaat Mühendisleri Odası

Alınan Burs ve Ödüller

Yıl	*Burs/Ödül*
2009	Başbakanlık Eğitim Bursu
2009	Gafgüm A.Ş Eğitim Bursu

Yayınlar ve Diğer Bilimsel/Sanatsal Faaliyetler

"İsmek Diksiyon Eğitimi, İlk Yardım Eğitimi" **Eğitim Teori ve Uygulama**. 2016.

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : Mardin, 1992 Cinsiyet: E
Yabancı diller : İngilizce (orta)
GSM / e-posta : 0542 789 21 47 / orerkek@gmail.com

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Beton özellikle ülkemizde olmak üzere dünya genelinde en yaygın kullanılan yapı malzemesi olması sebebiyle teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişim göstermek durumunda kalmaktadır. Ekonomik, mukavemeti yüksek ve uzun süre kullanılabildiğinden dolayı tercih edilme sebebi olan beton teknolojisi farklı kullanım alanlarında meydana gelen mikro ve makro çatlakları önlemek amacıyla lif takviyesine ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden lif kullanımı üzerine daha önce yapılan çalışmalara farklı liflerle farklı bir çalışma eklemek adına bu tez hazırlanmıştır. Bu tez kapsamında polipropilen, çelik, makro ve karma liflerden oluşan 7 farklı lif çeşidi ve 2 karma grup üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Doğangün, modern mühendislikte sınıflandırma için sadece basınç dayanımı yeterli olmadığını, sınıflandırmayı dayanımla birlikte dayanıklılık (durabilite) kriterinin de göz önünde bulundurulması gerektiğini betonun basınç dayanımı yüksek olmasına rağmen çok düşük bir çekme mukavemetine ve orta seviyede bir kesme dayanımına sahip olduğunu dillendirmiş. Betonun kesme dayanımı basınç dayanımının %35-80'i, çekme dayanımı ise basınç dayanımının %10' u civarında olduğunu, gevrek (kırılgan) bir malzeme olan betonun süneklik özelliği zayıftır demiştir. Çeşitli koşullara bağlı olarak büzülme ve sünme meydana geldiğini açıklamıştır. [1]

Alparslan, çelik lifler üzerine çalışma yapmıştır. 2 farklı geometrik şekle sahip çelik lifleri 4 Grupta incelemiş çalışmalarında çelik lif hacim oranlarının (Çelik lif içerikleri, 20 kg/m³ - 40 kg/m³ - 60 kg/m³) ve su/çimento oranının değiştiği (su/çimento oranının 0.37 ile su/çimento oranının 0,50) olduğu numunelerle değerlendirmeler yapmıştır. Her grupta 3 adet farklı oran ile 1 adet de referans betonu üretilmiştir. Numuneler, 4 adet prizma (10cmx10cmx50m) ve 6 adet silindir (φ=10cm, h=15cm) içerisine yerleştirmiştir. Sonuç olarak çelik lifler ile beraber beton daha sünek bir yapıya kavuştuğunu gözlemlemiştir. Çelik lif miktarı 60 kg/m³ olan betonlarda yalın betona göre, eğilme etkisi altında enerji yutma miktarında referans betona göre (yalın beton) 30 kata kadar artış meydana gelebiliyorken bu artış 40 kg/m³ ve 20 kg/m³ çelik lif içeren numunelerde sırasıyla 22 kat ve 9 kat olarak saptamıştır. Aynı miktarda çelik lifin

bulunduğu ve aynı matris dayanımına sahip betonların kullanılan çelik lif türünü değiştirerek yapılan tokluk ölçümlerinde birbirine yakın değerler çıktığını ve miktarlar arasındaki fark %3'e kadar çıktığını saptamıştır. [2]

Kızılırmak, yaptığı çalışmada çelik liflerle ilgili kanca geometrisi farklı iki ürün (30 kg/m^3ile 60 kg/m^3) ve normal dayanıma sahip beton ile yüksek dayanımlı betonla kullanıldığı durumları ele almıştır. Çökme deneyi sonuçlarına göre işlenebilirlik üzerindeki esas değişken matrise eklenen çelik lif miktarıdır demiştir. Çelik lif miktarı, lif uzunluğu, görünüm oranı ve kanca sayısındaki artışla işlenebilirlikte azalma meydana gelmiş, aynı işlenebilirlik için gerekli katkı ihtiyacı arttığı görülmüştür. Normal dayanımlı beton serisinde çelik lif kullanımı ile basınç dayanımında yaklaşık %6 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Yüksek dayanımlı seride ise hacimce %0,38 lif kullanımıyla %3, %0,76 lif kullanımıyla ise %17 oranında basınç dayanımı artışı gerçekleşmiştir. Lif hacminin %0,38'den %0,76'ya çıkışıyla normal dayanımlı beton serisinde %20-%77, yüksek dayanımlı beton serisinde ise %42-115 arasında eğilme dayanımı artışı ortaya çıkmıştır. [3]

Berbergil, yaptığı çalışmalarında basınç deneyi için 15x15x15cm küp numune ve eğilme deneyi için de 10x10x50 cm kiriş numunesi kullanmıştır. Deneysel çalışmaları sonucunda; kendiliğinden yerleşen betonlarda artan çelik lif oranının sertleşmiş beton deneylerinde betonların basınç dayanımını ve elastisite modülünü önemli derecede etkilemediğini ifade etmiş, eğilme dayanımını önemli derecede arttırdığını gözlemlemiştir. Lifsiz olan betona 60 kg/m^3çelik lif katılmasıyla betonun eğilme dayanımında % 130' lara varan artışlar bulmuştur. [4]

Yıldırım, çalışmalarında lifli betonların performans özellikleri üzerinde durmuştur. Çalışmasında, %0.5, %0.75 ve %1 olmak üzere 3 farklı hacimsel çelik lif katkı oranı almış; diğer lifleri ise %0,1 hacimsel katkı oranı ile kullanmıştır. Numunelerin üzerinde birim ağırlık, özgül ağırlık, boşluk oranı, su emme, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, tokluk gibi özellikleri saptamaya çalışmıştır. Çelik lifler uzun oldukları için eğilme dayanımları çok olumlu geliştikleri ve lif oranı arttıkça yükseldiğini, çelik lifli betonların kırılma esnasında birbirinden ayrılmadığını ve dağılmadıklarını belirtmiştir. Çelik liflerin betonun sadece tokluğunu değil, toklukla ilgili diğer özellikleri de pozitif etkilediğini ifade etmiştir. [5]

Bu çalışmada aynı su/çimento oranlarına sahip farklı liflerle, farklı oranlarda, farklı lif narinliğindeki lifli betonlar üzerindeki mekanik özellikler incelenmiş ve karma lifli betonlar ile de karşılaştırılmıştır. Deneylerde polipropilen lif olarak BF12 (12mm) ve BF19 (19mm) lifler, çelik donatılı lif olarak HE0735 (çap:0,7 mm l=35mm), HE1050 (çap:1,0 mm l=50mm), HE0960 (çap:0,9 mm l=60mm) olan 3 çeşit çelik lif, makro sentetik lif olarak enduro prime ve makromesh54 lifler olmak üzere toplam 7 farklı lif kullanılmıştır. Her çeşit numune için basınç dayanımı karşılaştırmaları yapılmıştır. Farklı çeşitte lifli betonların eğilme dayanımı ve enerji yutma kapasitelerine bağlı olarak maksimum süneklik elde edilmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2.BETON VE ÖZELLİKLERİ

Beton, değişik boyut ve özelliklerde olan çakıl-kum gibi ‘agrega’ denilen maddelerin, çimento, kimyasal/mineral katkı ve su ile elde edilen bir yapı malzemesidir ve inşaat sektörünün yapıtaşıdır. Gerek modern eserler elde etmede gerekse istenilen sağlamlık açısından vazgeçilmez bir malzemedir.

Kıvam Sınıfları

Beton kıvamları, aşağıdaki çökme sınıflarına göre sınıflandırılmıştır. Bazı durumlarda beton kıvamı, hedef değerlerle de tanımlanabilir. [6]

Çökme deneyi yapılırken(Slump);

• Çökme hunisinin düzgün bir zemine konulduğuna dikkat edilir.

• Standart huni üç eşit parçada doldurulur, her dolumda şişleme çubuklarıyla şişlenmelidir.

• Çökme hunisi dolunca yüzeyi malayla düzlenmelidir.

• Çökme hunisi yavaş bir şekilde yukarı kaldırılıp; bu esnada yaş beton kendi ağırlığıyla çöker.

• Şişleme çubuğu huninin üzerine konulur ve beton üst noktasından çubuğun altına kısmına kadar olan mesafe ölçülür.

• Bu uzunluk değeri, betonun çökme değeridir. [6]

Aşağıdaki Tablo 2.1’de betonun sıkıştırılabilme derecelerine göre sınıflandırılmalarına yer verilmiştir. [6]

Tablo 2.1.Beton sıkıştırılabilme derecesi sınıfları

SINIFLAR	SIKIŞTIRILABİLME DERECELERİ
C0	≥1,46
C1	1,45-1,26
C2	1,25-1,11
C3	1,10-1,04

Aşağıdaki Tablo 2.2'de betonun çökme miktarlarına göre sınıflandırılmalarına yer verilmiştir. [6]

Tablo 2.2.Beton çökme sınıfları

SINIFLAR	ÇÖKME DEĞERİ (mm)
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	≥220

Aşağıdaki Tablo 2.3'te betonun yayılma miktarlarına göre sınıflandırılmalarına yer verilmiştir. [6]

Tablo 2.3.Beton yayılma sınıfları

SINIFLAR	YAYILMA ÇAPLARI (mm)
F1	≤ 340
F2	350-410
F3	420-480
F4	490-550
F5	560-620
F6	≥ 630

Aşağıdaki Tablo 2.4'te betonun vebe deneyindeki sürelere göre sınıflandırılmalarına yer verilmiştir. [6]

Tablo 2.4.Beton vebe sınıfları

SINIFLAR	Vebe Süreleri (sn)
V0	≥ 31
V1	30-21
V2	20-11
V3	10-6
V4	5-3

Agreganın En Büyük Tane Büyüklüğüne Göre Betonun Sınıflandırılması

Betonların en büyük tane büyüklüğüne göre sınıflandırılmasında, betonda kullanılan en büyük agrega tane sınıfının üst anma büyüklüğü ($D_{en\,çok}$) esas alınmaktadır. $D_{en\,çok}$, EN12620 : 2000 [10]'e göre, agrega büyüklüğüne bağlı olarak tanımlanan en büyük elek göz açıklığıdır. [6]

Sertleşmiş Betonlarda- Basınç Dayanımı Sınıfları

Betonların, basınç dayanımına göre sınıflandırılmasında normal beton, ağır beton ve hafif beton için aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmalarda, çap 150mm, yükseklik 300mm olan silindir şeklinde numunelerin 28 günlük karakteristik basınç dayanımı ($f_{ck\,sil}$) veya boyutları 150 mm olan küp şeklindeki numunelerin 28 günlük karakteristik basınç dayanımı ($f_{ck\,küp}$) kullanılabilir. Tablo 2.5'te verildiği gibi normal ve ağır betonlar için sınıflandırma bu şekildedir. [6]

Tablo 2.5.Normal - ağır betonlar için basınç dayanımı sınıfları

Beton Basıncı Dayanım Sınıfları	En Düşük Karakteristik Silindir Dayanımı $F_{ck,sil.}$ (N/mm^2)	En Düşük Karakteristik Küp Dayanımı $F_{ck,küp.}$ (N/mm^2)
C8/10	**8**	**10**
C12/15	**12**	**15**
C16/20	**16**	**20**
C20/25	**20**	**25**
C25/30	**25**	**30**
C30/37	**30**	**37**
C35/45	**35**	**45**
C40/50	**40**	**50**
C45/55	**45**	**55**
C50/60	**50**	**60**
C55/67	**55**	**67**
C60/75	**60**	**75**
C70/85	**70**	**85**
C80/95	**80**	**95**
C90/105	**90**	**105**
C100/115	**100**	**115**

Çimento

Betonların üretiminde kullanılan çimento EN197-1 [7] veya TS10157 [8] Sülfata Dayanıklı Çimentolar veya TS21 [9] Beyaz çimentoya genel uygunluğu kanıtlanmış olmalıdır. Agregalar, normal ile ağır agregalar TS706 EN12620 : 2000 [10], hafif agregalar EN13055-1:1997 [11], standartlarına uygun olmalıdır. [6]

Karma Suyu

Karma suyunun ve beton üretiminden sonra ortaya çıkan sudan tekrar geri kazanılan suyun EN1008: 1997 [12] 'ye uygunluğu kanıtlanmalıdır.

Deneylerde Kullanılan Betonun Granülometrisi

Beton santralinden sağlanan betonun granülometrisi Tablo 2.6' daki reçeteye göre hazırlanmıştır.

Tablo 2.6.Deney betonu granülometrisi

BETON REÇETESİ		
	MALZEME	**FORMÜL(KG)**
1	1 Nolu Agrega (5-12 mm)	570
2	2 Nolu Agrega (12-22 mm)	550
3	D.Kumu	400
4	Taş Tozu	315
5	Su	150
6	C-PC 42,5-Cüruflu Çimento	50
7	PÇ.42,5 D- Portland Çimento	290
8	Polisan 940-Akışkanlaştırıcı	4,42
		TOPLAM 2.329 KG

BÖLÜM 3.LİF ÇEŞİTLERİ VE BETON KARIŞIMINA ETKİLERİ

Özcan, doğal kaynaklardan elde edilen uzunluğu, dayanıklılığı ve esnekliği olan maddelere lif tanımını yapmıştır. Lifler doğal ve yapay olmak üzere iki kısımda elde edilip, bitki, hayvan ve mineral gibi doğal kaynaklardan elde edildiği şekli ile doğrudan kullanılabilen maddelerin doğal lifler olduğunu ifade etmiştir. Yapay lifleri ise belirli özellikleri taşıyacak biçimde özel olarak geliştirilen ve bu amaçla insan yapısı olarak üretilen madde olarak tanımlamaktadır. [13]



Şekil 3.1.Saman takviyeli kerpiç yapımı [32]

Lifler eski çağlarda özellikle toprak, su ve içerisine hayvan kılları ile saman serpilerek karıştırılıp, hazırlanan tahta bölmelere dökülerek üretilen bir yapı malzemesi olup, kalıplarda sıkıştırılarak kerpiç elde ediliyordu. [14]



Şekil 3.2.Eski çağlarda lif (saman) takviyeli kerpiç yapımı [33]

Değirmenci, tuğla ve çimento endüstrisinin gelişimi ile beraber şehir yapılarında kullanımından vazgeçilen kerpiç yapı, ekonomik nedenlerle kırsal kesimlerde hala vazgeçilmez bir yapı malzemesi olduğunu söylemiştir. [15]

3.1 Liflerin Çeşitleri

Özelik ve farklı kullanım amaçları yönünden birden çok lif çeşidi bulunmaktadır. Bu lifleri farklı başlıklar altında sınıflandırmak mümkündür.

Aral, lifleri genel itibarıyla şu şekilde sınıflandırmıştır; [16]

Lifler;

1- Doğal Lif -Hayvansal lif, bitkisel lif, mineral lif
2- Sentetik Lifler - Polimer lif , metalik lif, seramik lif

Betonun mekanik özelliklerini güçlendirmek için lif katılarak elde edilen kompozitlere lif takviyeli kompozitler tanımını yapmıştır. Lif ilaveli karışımları oluşturmada kullanılan en eski doğal lifler; saman ve at yelesi olduğunu, eski devirde mimar ve mühendisler yapılarını zamanın tahrip edici etkilerine karşı korumak için saman, hayvan kılları vb. doğal lifleri kullanarak mikro donatı tekniğini uyguladıklarını

söylemiştir. Bilinen en eski lif takviyesi kerpiç duvarların sıvasında kullanılan saman takviyeli killer olduğunu belirtmiştir.

İpek, eski kaynaklara göre saman ilaveli kil harcı kullanımı, 4500 yıl öncesine dayandığını, eski çağlardan beri kullanılan kerpiç malzemesinde, kil hamuru ile birlikte bitkisel liflerin (genellikle saman), sıva uygulamalarında da kenevir ve keten liflerinin ve at kuyruğu, kuş tüyü gibi hayvansal liflerin kullanıldığını belirtmiştir. [17]

Kurt, sentetik lifler daha çok yapı alanında kullanılan lifler olduğunu, polimer ve metalik lifler uygulamada en çok karşılaşılan sentetik lif türleri olduğunu, metalik lifler başta mühendislik uygulamaları olmak üzere, birçok alanda sıkça kullanıldığını ifade etmiştir. [18]

Bu çalışmada polipropilen, çelik, makro ve karma liflilerden oluşan 7 farklı lif çeşidi ve 2 karmadan elde edilen 9 grup üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu gruplar Tablo 3.1'de özetlenmiştir.

Tablo 3.1.Deney grupları ve lif sarfiyatları

DENEYLER		**SARFİYAT**
POLİPROPİLEN ELYAF		
1.GRUP	BF12	600 gr/m^3
2.GRUP	BF19	900 gr/m^3
ÇELİK LİFLER		
3.GRUP	HE0735	20 kg/m^3
4.GRUP	HE1050	20 kg/m^3
5.GRUP	HE0960	20 kg/m^3
MAKRO SENTETİK LİFLER		
6.GRUP	ENDURO PRİME	4 kg/m^3
7.GRUP	MACROMESH 54	4 kg/m^3
KARMA LİFLER		
8.GRUP	ENDURO PRİME+BF12	4 kg/m^3+ 0.60 kg/m^3
9.GRUP	HE0960+BF12	20 kg/m^3+ 0.60 kg/m^3

3.1.1 Polipropilen Lifler- betonfiber BF12, BF19

Cosar ve Diğerleri [19], polipropilen liflerin, beton içerisinde mikro donatı sistemi sağlayan, geleneksel donatı sistemi yerine tali donatı sistemi vazifesini üstlenen, malzeme endüstrisinde çok yaygın kullanım alanına sahip, mekanik, ısıl ve korozyon özellikleri nedeniyle çok tercih edilen sünek bir polimerik malzeme olduğunu ifade etmişlerdir.

Karahan, polipropilen elyafların tamamen polipropilen esaslı olup, kullanımında ekstra isçilik gerektirmeyen, kolay uygulanabilen ve çürümeyen bir malzeme olduğunu, polipropilen liflerin hasır, metal, elyaf, kümes filesi gibi alternatif donatı sistemleri ile karşılaştırıldığında en hafif mikro donatı sistemi olduğunu ifade etmiştir. [20]

BF12 Polipropilen Elyaf

Polipropilen lifler (elyaflar); beton, şap, sıva, alçı, bitüm, prekast ve shotcrete uygulamaları için kullanılan mikro donatı sistemleridir ve betonda ikincil donatı görevi yaparlar. Farklı uygulamalar için farklı boyutlarda imal edilen elyaflar belirlenen dozajda kullanıldığında betonun içerisinde homojen olarak dağılarak rötre ve büzülme çatlaklarının bertaraf edilmesini sağlar. Günümüzde yapılan saha ve laboratuvar çalışmaları göstermiştir ki, Polipropilen Elyaf kullanılarak inşa edilen projeler yüksek performans sağlamaktadır.

Bu çalışmamızda polipropilen lif olarak (Şekil 3.3) kullandığımız BF12 lifinin özelliklerine Tablo 3.2'de yer verilmiştir.



Şekil 3.3.BF12 Polipropilen elyaf lif

Tablo 3.2.BF12 Polipropilen lif özellikleri

BF12 PP ELYAF			
Standart	ASTM CIII6 CE,EN 14889-2BBA 92/2830	Yanma Noktası	593 ^oC
Görünüm	Doğal Beyaz Lif	Asit Reaksiyonu	Asit etkisine Karşı Dayanıklı
Tip	Polipropilen	Tuz Reaksiyonu	Tuz etkisine Karşı Dayanıklı
Saflık	%100 Saf	Alkali Reaksiyonu	Alkali etkisine Karşı Dayanıklı
Yoğunluk	0,91 g/cm^3	UV Reaksiyonu	UV etkisine Karşı Dayanıklı
Uzunluk	12 mm	Oksidasyon Direnci	Yüksek
Kesit&Çap	Dairesel, 18µm -20 µm	Aşınma Dayanımı	Yüksek
Kullanım Alanları	Şap Betonlar	Çimento İle Uyum	Çok İyi
Çekme Mukavemeti	450-700 N/mm2 (Mpa)	Nem Tutma	0
Elastisite Modüllü	3000-3500 N/mm2 (Mpa)	Raf Ömrü	Kuru ortamda sınırsız
Erime Noktası	162 C	Ambalaj	Suda Eriyebilen 600 gramlık paketler halinde, kolide 21 kg

BF19 Polipropilen Elyaf

Atlas Websitesi [21] ve ASTM 1116-C [22] Standartlarında bir betonun en az 1 Litre lif kullanılmalıdır demektir.

Tablo 3.3'te özellikleri verilen polipropilen BF19 (Şekil 3.4) malzemesinin yoğunluğu 0,9 kg/litre olduğunda standarda uygunluk açısından en az 0,9 kg/m^3 dozaj kullanılmalıdır. Polipropilen lif olan BF19'nin özelliklerine Tablo 3.3'te yer verilmiştir. Polipropilen Elyaflar suda çözünebilir özel torbalarda üretilmesi durumunda harcın içerisine olduğu gibi katılabilir. Yüksek aşınma direnci ve mikro donatı yoğunluğu gereken yerlerde BF19 Elyaf dozajı hacmine %0,2'ye (1.8 kg/m^3) kadar artırılabilir.



Şekil 3.4.BF19 polipropilen elyaf lif

Tablo 3.3.BF19 polipropilen lif özellikleri

BF19 PP ELYAF			
Standart	ASTM CIII6 CE,EN 14889-2BBA 92/2830	Yanma Noktası	593 ^oC
Görünüm	Doğal Beyaz Lif	Asit Reaksiyonu	Asit etkisine Karşı Dayanıklı
Tip	Polipropilen	Tuz Reaksiyonu	Tuz etkisine Karşı Dayanıklı
Saflık	%100 Saf	Alkali Reaksiyonu	Alkali etkisine Karşı Dayanıklı
Yoğunluk	0,91 g/cm^3	UV Reaksiyonu	UV etkisine Karşı Dayanıklı
Uzunluk	19 mm	Oksidasyon Direnci	Yüksek
Kesit&Çap	Dairesel, 18µm -20 µm	Aşınma Dayanımı	Yüksek
Kullanım Alanları	Saha ve Şap Betonları	Çimento İle Uyum	Çok İyi
Çekme Mukavemeti	450-700 N/mm^2 (MPa)	Nem Tutma	0
Elastisite Modüllü	3000-3500 N/mm^2 (Mpa)	Raf Ömrü	Kuru ortamda sınırsız
Erime Noktası	162 ^oC	Ambalaj	Suda Eriyebilen 900 gramlık paketler halinde, kolide 22,5 kg

Polipropilen BF Elyaflar;

Betonu üç boyutlu olarak donatılandırır. Plastik betondaki rötre ve büzülme çatlaklarını azaltır. Segregasyonu/ayrışmayı azaltır. Betonun geçirgenliğini azaltır. Betonu sünek hale getirir tokluk kazandırır. Betonun darbeye karşı dayanımını artırır. Asit ve bazlardan etkilenmez, deggrade olmaz. Donatının korozyonunu ve paslanmasını geciktirir. Betonun basınç ve eğilme mukavemetini artırır. Betonun dağılmasını ve parçalanmasını önler, depremde daha az hasar görür ve çökme riski azalır. Aşındırıcı kimyasallara karşı dayanımı artırır. Yüzey aşınmasını, tozumasını, ufalanmasını ve pullanmasını engeller.

3.1.2 Çelik Lifler- HE0735, HE1050, HE0960

Köksal, çelik lif donatılı betonların, agregalar, çimento ve su gibi beton bileşenlerine, mineral ve/veya kimyasal katkıların yanı sıra çelik lif katılmasıyla elde edilen bir karışım olduğunu tanımlamıştır. Çelik liflerin yalın beton ve betonarme elemanların performanslarının iyileştirilmesi için kullanıldığını belirtmiştir. Gevrek olan betonun çekmede sekil değiştirmesini arttırarak betona yarı-sünek davranış özelliği kazandırdığını, bu özelliğinden dolayı betonun çatlama dayanımı ve tokluk özelliklerini iyileştirdiğini, Özetle, çelik lif donatılı betonların, yorulma dayanımı, aşınma dayanımı, çekme dayanımı ve çatlak dayanımı sonrası yük tasıma kapasiteleri normal betonlara oranla belirgin iyileşmeler gösterdiğini saptamıştır. [23]

ACI 544'e [24] göre üretilen çelik lifler TS10513'te [25] tiplerine göre şu şekilde sınıflandırılır:

A Sınıfı- Düz, pürüzsüz yüzeyli teller (Şekil 3.5)

B Sınıfı- Bütün uzunluğunca deforme olmuş teller:

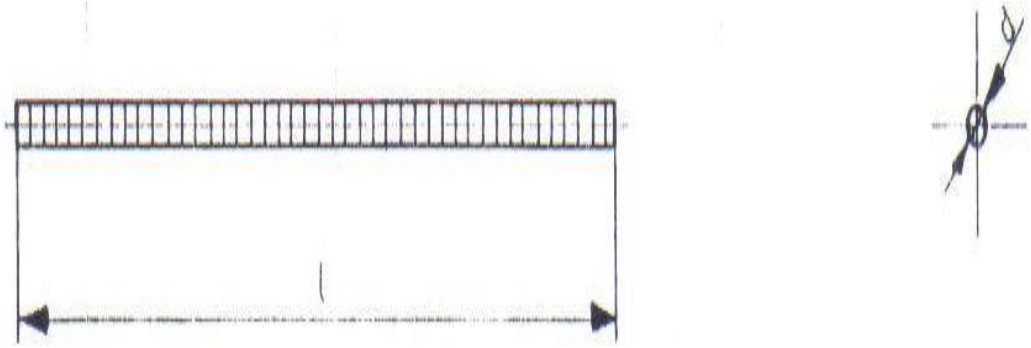
- Üzerinde girintiler (çentikler) açılmamış teller (Şekil 3.6)
- Uzunluğu boyunca dalgalı (kıvrımlı) teller (Şekil 3.7)
- Ay biçimi dalgalı teller

C Sınıfı- Sonu kancalı teller:

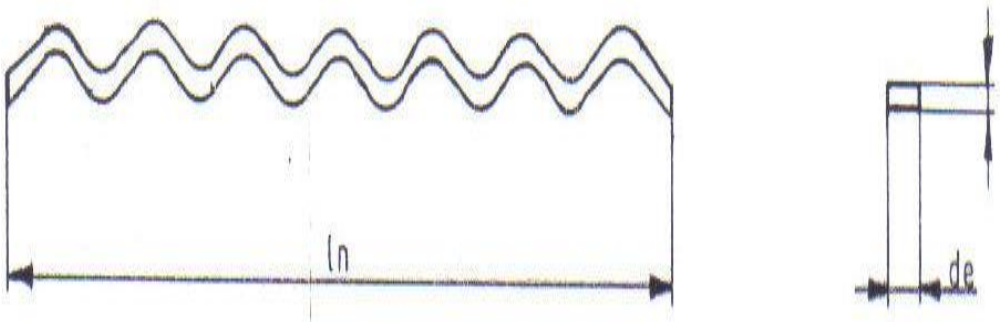
- 8ki ucu kıvrılmış teller (Şekil 3.8)
- Bir ucu kıvrılmış teller (Şekil 3.9)



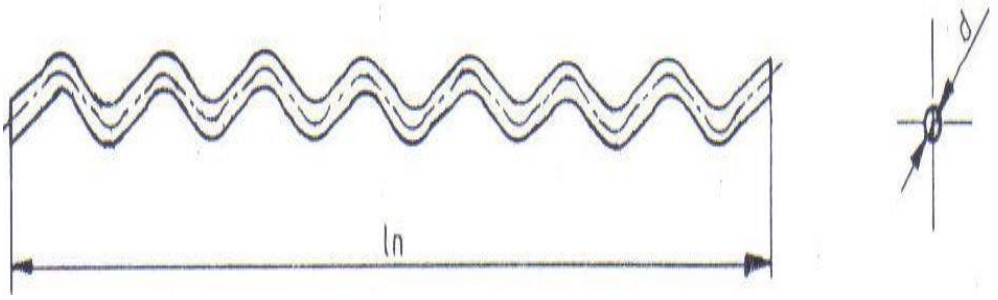
Şekil 3.5.Düz, pürüzsüz yüzeyli teller [23]



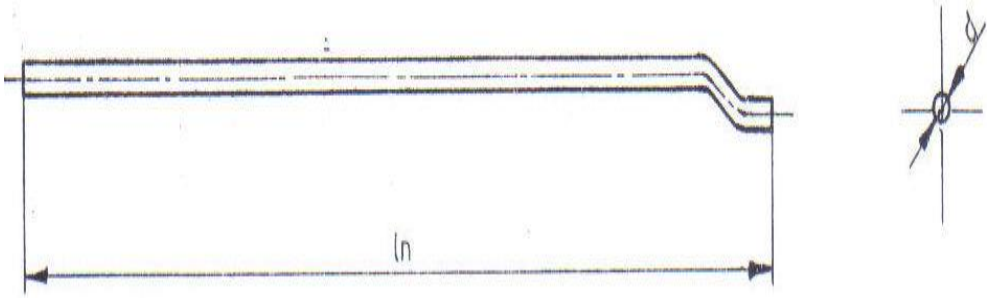
Şekil 3.6.Üzerinde girintiler (çentikler) açılmamış teller [23]



Şekil 3.7.Uzunluğu boyunca dalgalı (kıvrımlı) teller [23]



Şekil 3.8.İki ucu kıvrılmış teller [23]



Şekil 3.9.Bir ucu kıvrılmış teller [23]

Köksal, çelik lif içeren betonların yalın betonlara oranla sağladıkları belirgin avantajlardan dolayı oldukça geniş kullanım alanına sahip olduğunu, bu kullanım alanlarını şu şekilde özetlemiştir: [23]

Tünel püskürtme beton kaplamalarında, yol kaplamalarında, endüstri yapılarda, su yapılarda, şevlerin stabilizasyonu ve istinat duvarı yapımında, kabuk yapılarda, depreme dayanıklı her türlü yapıda kullanılabilmekte olduklarını ifade etmiştir.

Çelik Lifler; beton mukavemeti, aşınma direnci, tokluğun arttırılması ve çatlak oluşumunun engellenmesi amacıyla uzun yıllardır inşaat sektöründe çelik hasır yerine kullanılan malzemelerdir. Soğuk çekmeli çelik tellerden ASTM A820 [26] standardına göre üretilmektedir.

Bu çalışmamızda çelik olarak 3 farklı lifin indislerinde de belirtildiği gibi 0.7 mm çap 35 mm uzunluğundaki HE0735, 1.0 mm çap 50 mm uzunluğundaki HE1050 ve 0,9 mm çap 60 mm uzunluğundaki HE0960 çelik lifleri ele alınmıştır.

HE0735 Çelik Lifi

Çelik lif olarak kullandığımız HE0735 (Şekil 3.10) lifinin özelliklerine Tablo 3.4'te yer verilmiştir.

Tablo 3.4.HE0735 çelik lif özellikleri

HE0735 ÇELİK LİF	
Standart	ASTM A820/A820M-04, Type 1 cold drawn wire
Görünüm	Parlak Çelik Tel
Tip	Soğuk Çekme
Kenar	Kıvrımlı
Açı	45^o
Fiber Uzunluk	35 mm
Çap	0,7 mm
Çekme mukavemeti	1400 MPa
Narinlik Oranı	50
Paketleme	20 kg ya da 25 kg
Palet Kilogram	1 Tonluk Palet (25 kg'lık torba)



Şekil 3.10.HE0735 Çelik lif

HE1050 Çelik Lifi

Bu çalışmamızda kullandığımız bir başka çelik lif olarak HE1050 (Şekil 3.11) lifinin özelliklerine Tablo 3.5'te yer verilmiştir.

Tablo 3.5.HE1050 çelik lif özellikleri

HE1050 ÇELİK LİF	
Standart	ASTM A820/A820M-04, Type 1 EN 14889:2 CE
Görünüm	Parlak Çelik Tel
Tip	Soğuk Çekme
Kenar	Kıvrımlı
Açı	45^o
Fiber Uzunluk	50 mm
Çap	1,0 mm
Çekme mukavemeti	1200 MPa
Narinlik Oranı	50
Paketleme	25 kg
Palet Kilogram	1 Tonluk Palet (25 kg'lık torba)



Şekil 3.11.HE1050 Çelik lif

HE0960 Çelik Lifi

Çalışmamızda kullandığımız bir başka çelik lif olarak HE0960 (Şekil 3.12) lifinin özelliklerine Tablo 3.6'da yer verilmiştir.

Tablo 3.6.HE0960 çelik lif özellikleri

HE0960 ÇELİK LİF	
Standart	ASTM A820/A820M-04, Type 1 cold drawn wire
Görünüm	Parlak Çelik Tel
Tip	Soğuk Çekme
Kenar	Kıvrımlı
Açı	45^o
Fiber Uzunluk	60 mm
Çap	0,9 mm
Çekme mukavemeti	1100 MPa
Narinlik Oranı	66
Paketleme	20 kg ya da 25 kg
Palet Kilogram	1 Tonluk Palet (25 kg'lık torba)



Şekil 3.12.HE0960 Çelik lif

3.1.3 Makro Sentetik Lifler- Enduro Prime, Makromesh54

Lif ilaveli kompozitlerin üretiminde farklı kaynaklardan türetilen, farklı özeliklere sahip lifler kullanılmaktadır. Kullanılan bu lifler değişik boy ve biçimlerde olabilmektedir. Konuyla ilgili yayınlarda liflerle ilgili kesin bir tanım yer almamaktadır. Genellikle yapılan tanımlarda lif malzemenin çapı ve boy/çap oranı belirleyici bir kıstas olarak kabul edilmektedir ve bu değer Hf narinlik oranı diye de adlandırılmaktadır. Ancak yine de lifin belirli bir boyuttan ince olması gerektiğinden, lif çapı da sınırlayıcı bir değerdir.

Kocatürk ve Diğerleri [27], makro liflerin;

-Elastisite modülü, çekme ve eğilme dayanımlarını artırdığını,

-Makro çatlakları kontrol ettiğini,

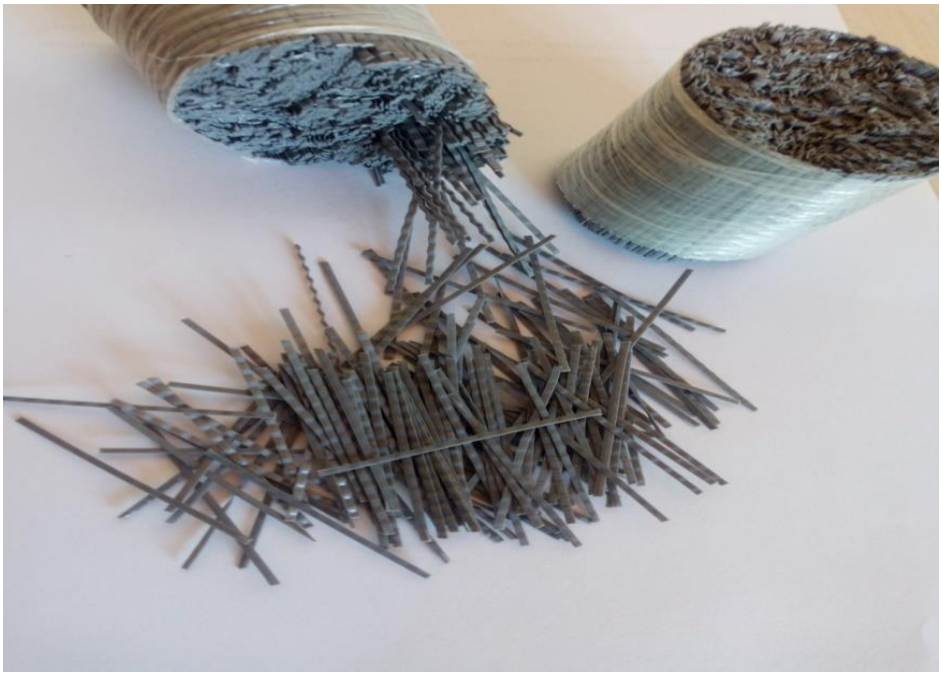
-Maksimum yük sonrasında davranışı iyileştirdiklerini ifade etmişlerdir.

Enduro Prime Makro Sentetik Lifi

Enduro Prime, HPP teknolojisiyle geliştirilen en son yüksek performanslı makro sentetik fiberdir. Enduro Prime, çok yüksek performans özelliklerine ihtiyaç duyulan, betonarme döşemeyi, nihai tünel kaplamalarını veya prekast segmentleri güçlendirmek için özel olarak tasarlanmıştır. Enduro Prime, ASTM C-1116 [22] "Fiber donatılı ve püskürtme betonlar için standart şartname" ve TS EN 14889-2:2006 [28] gerekliliklerine uygundur. Deney çalışmamızda kullanılan Enduro Prime (Şekil 3.13) makro sentetik lifin özelliklerine Tablo 3.7'de yer verilmiştir. [21]

Tablo 3.7.Enduro prime makro sentetik lifin özellikleri

ENDURO PRİME	
Elektrik İletkenliği	Düşük
Asit Reaksiyonu	Asit etkisine Karşı Dayanıklı
Tuz Reaksiyonu	Tuz etkisine Karşı Dayanıklı
Alkali Reaksiyonu	Alkali etkisine Karşı Dayanıklı
Uzunluk	60 mm
Termal İletkenlik	Düşük
Çekme Mukavemeti	600-800 Mpa
Çimento İle Uyum	Çok İyi
Erime Noktası	160 ^oC
Yanma Sıcaklığı	>590 ^oC
Su Emme	Yok
Hammadde	Polyolefin
Özgül Ağırlık	0,91 gr/cm^3
Fiber Sayısı, ad/kg	>140000



Şekil 3.13.Enduro prime makro sentetik lif

Enduro prime;

- Uygulama hızını yükseltir, sünek davranış gösteren bir beton elde edilmesini sağlayarak uygun dozajda yükleme çatlaklarının önüne geçmektedir.
- Yüksek performansıyla daha fazla yüzey alanını donatılandırarak betonun enerji yutma kapasitesini arttırmaktadır.
- Matrise daha iyi tutunması için geometrik olarak tasarlanmıştır.
- Prekast Segmentler ve Tünel Kaplamaları için tek başına eşsiz bir çözüm sunmaktadır.
- Plastik evredeki rötre ve büzülme çatlaklarını %80-100 oranında bertaraf etmektedir.
- Kenar & Köşe çatlamalarının önüne geçmektedir.
- Segregasyonu azaltıp, agrega-çimento bütünlüğünü korumaktadır.
- Betonun bütünlüğünü koruyarak kohezyonu artırmaktadır.
- Çelik alternatiflerine göre, daha hafiftir, korozyona uğramaz, ekonomik olarak büyük avantaj sağlamaktadır.
- Yüzeyin aşınma direncini arttırarak sürdürülebilir bir zemin elde etmenizi sağlamaktadır.
- Enduro Prime; Nihai Tünel Kaplamaları, Püskürtme Beton (Shotcrete) Uygulamaları, Prekast Segmentler, Saha Betonları ve Endüsriyel Zeminler, Prekast Elemanlar, Havaalanı Döşemeleri, Liman Kaplamaları ve Beton Borular gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Makromesh54 Makro Sentetik Lifi

Macromesh 54, kopolimer yapıda (%99) esaslı bir makro sentetik fiber donatıdır. Beton karışımına uygun dozda katıldığında, betonda donatı görevi görerek çelik hasır ve çelik fiber ihtiyacını ortadan kaldırarak birincil donatı görevi yapar. Plastik evredeki rötre çatlakları dahil çatlakları bertaraf ederek sorunsuz bir yüzey oluşturur. Yapısı gereği korozyona uğramaz ve betonun ömrünü uzatır. Macromesh54'in (Şekil 3.14) özelliklerinden Tablo 3.8'de bahsedilmiştir. Bu lifler ASTM C-1116 [22] "Fiber

Donatılı ve Püskürtme Betonlar için Standart Şartname" ve TS EN 14889-2:2006 [28] gerekliliklerine uygundur. [21]

Tablo 3.8.Macromesh-54 sentetik lifin özellikleri

MACROMESH-54	
Elektrik İletkenliği	Düşük
Asit Reaksiyonu	Asit etkisine Karşı Dayanıklı
Tuz Reaksiyonu	Tuz etkisine Karşı Dayanıklı
Alkali Reaksiyonu	Alkali etkisine Karşı Dayanıklı
Uzunluk	54 mm
Termal İletkenlik	Düşük
Çekme Dayanımı	550-750 MPa
Çimento İle Uyum	Çok İyi
Erime Noktası	160-170 ^oC
Tutuşma Sıcaklığı	$\mp$400 ^oC
Su Emme	Yok
Hammadde	PP/PE (%99 Polipropilen)
Koku	Kokusuz
Yüzey	Kabartılmış Yüzey
Görünüm	Burgulu, Deforme edilmiş
Özgül Ağırlık	0,91 gr/cm^3
Fiber Sayısı, ad/kg	>200000



Şekil 3.14.Macromesh-54 sentetik lif

Macromesh 54;

- saha betonlarının uygulanma hızını artırır,
- mükemmel bir zemin elde edilmesini sağlayarak uygun dozajda yükleme çatlaklarının önüne geçer.
- Plastik evredeki rötre ve büzülme çatlaklarını %80-100 oranında bertaraf eder, kenar & köşe çatlamalarının önüne geçer.
- Segregasyonu azaltır, agrega-çimento bütünlüğünü korur.
- Betonun bütünlüğünü koruyarak kohezyonu artırır.
- Çelik alternatiflerine göre, daha hafiftir, korozyona uğramaz, ekonomik olarak büyük avantaj sağlar.
- Yüzeyin aşınma direncini artırarak sürdürülebilir bir zemin elde etmenizi sağlar.

3.1.4 Karma Lifler- Enduro Prime + BF12, HE0960 + BF12

Kocatürk ve Diğerleri [27], karma lifli betonu, tek tip ve boyutta lif kullanımı yerine betonun değişik özelliklerini iyileştirebilmek amacıyla birden fazla tip ve boyutta lifin birlikte kullanılmasıyla elde edilen yeni çimento esaslı kompozit bir malzeme olarak tanımlamışlardır. Bu malzemenin üretimindeki amacı yük altında oluşan çatlakların mikro düzeyden başlayarak kontrol edilebilmesi olarak ifade etmişlerdir. Uzunluğu numune veya yapının boyutlarına göre çok küçük olan çatlaklara mikro, çok fazla küçük olmayanlara da makro çatlak olarak tanımlamaktadırlar.

Kocatürk ve Diğerleri [27], karma liflerin kullanım alanlarını; Hasarlı bina güçlendirilmelerinde, Kesiti küçük taşıyıcı elemanların inşasında, Zımbalamaya karşı kolon başlarının güçlendirilmesinde, Zararlı radyoaktif ve endüstriyel atıkların çatlaksız ve durabilitesi yüksek elemanlarda saklanmasında, Sünek davranış gerektiren yapı taşıyıcı elemanları bileşim bölgelerinde, Prekast çatı kaplama elemanı yapımında, Çarpma ve aşınmaya karşı dayanım gerektiren bölgeler olarak belirtmişlerdir.

Betonda yer alan farklı boyutlardalari çatlakları önlemek için bazen tek tip yada tek boyuttaki lifler yeterli gelemeyebilir. Bu yüzden bu çalışmamızda 2 farklı karışımdan elde ettiğimiz 2 grup karma lif ele alınmıştır. Bu karma lifli beton grupları Tablo 3.9'da gösterilmiştir,

Tablo 3.9.Karma lifli beton grupları

KARMA LİFLER		
ENDURO PRİME+BF12	ENDURO PRİME  4 kg/m^3	BF12  0.6 kg/m^3
HE0960+BF12	HE0960  20 kg/m^3	BF12  0.6 kg/m^3

3.2 Liflerin Betona Etkisi

Lif Özeliklerinin Beton Özelliklerine Etkisi

Lif takviyeli betonların performansı; liflerin boyuna, kullanım miktarına, lifin geometrisine, hangi maddeden üretildiği ve üretim tekniklerine, narinlik (boy/çap) oranı gibi özeliklere bağlı. Bu sebeple lif takviyeli betonlar üretilirken bu özeliklerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

Lif Geometrisinin Etkisi

Günümüzde artık bir çok farklı tipte lif üretilmektedir. Özelikle çelik lifler pek çok değişik şekilde üretilebilmektedir. Taze beton karışımında liflerin topaklanması ve

liflerin varlığından dolayı işlenebilirlik özelliğinin azalması, özelikle yüksek oranda lif içeren karışımlarda sorun yaratmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelmek için, suda eriyebilen ya da mekanik etkiler ile kopabilen bir yapıştırıcı ile 10-30 adet lifin birbirine yapıştırılması yoluna gidilmektedir. Bu şekilde işlenebilirlik artırılır ve liflerin topaklanması önlenir.

Liflerin Boy Etkisi

Kompozitin özelliklerini geliştirmekte lifin şekli kadar boyunun da önemli olduğunu, çimento esaslı kompozitlerde uygulanan, lif oranı sabit tutulup lif boyu uzun seçilerek yapılan deneylerde çekme dayanımında sağlanan artışın fazla olmadığını gözlemlemiştir. Bunun sebebini büyük olasılıkla, mikro çatlak bölgesindeki matris kırılmasının önlenemediği olgusuna dayandırmaktadır. [29]

Liflerin Narinlik Oranı ve Lif Yüzdesinin Etkileri

Yaprak ve Diğerleri [30], karışıma eklenen liflerin narinlik oranlarının büyük olması durumunda taze betonun işlenebilirliğini azalttığını belirtmişlerdir. Lif içeriğinin yüksek olması durumunda karıştırma ve yerleştirme problemleri ortaya çıkar ve lifler karışım içerisinde topaklandığını, bu topaklanmalar matris içerisinde zayıf bölgelerin oluşmasına neden olduğu söylemektedirler. Karışımda iri taneli agrega kullanılmaması, lif narinlik oranının optimum bir değerde olması, liflerin karışıma kuru katılması ve süper akışkanlaştırıcı kullanılması ile liflerin matris içerisinde homojen dağılması sağlanabilir olduğundan söz etmişlerdir.

Lif Tipinin Etkisi

TS10513 ‘de lif özellikleri ile ilgili 16 °C’nin üzerindeki ortamda 3.18mm’lik bir iç çap çevresinde eğilme etkisinde liflerin %90’nının kırılmaksızın 90° eğilme kabiliyeti gösterebilmesi şartı aranmaktadır. Bu özellikler betonda kullanılan liflerin daha sünek ve çekme dayanımı yönünden de daha yüksek bir mukavemet ile davranabilmesine imkân sağlayacağı vurgulanmaktadır. Ayrıca beton bileşimine katılan liflerin çeşidi ne olursa olsun liflerin homojen olarak dağılması ve bu dağılımın beton karıştırıldıktan sonrada bozulmaması gerekmektedir. Lifler, sertleşen betonun her yanına üniform olarak dağılmalıdır. [25]

BÖLÜM 4.DENEY ÇALIŞMALARI VE METOT

4.1 Deney Grupları

Bu çalışmada 7 farklı lif ve 2 farklı karmadan oluşan toplam 9 grup numune ele alınmıştır. 2 farklı beton dökümünden 2'şer adet kontrol numunesi (1kiriş+1küp) alınmıştır. Bu deneylerin ilk aşaması olan ön hazırlıklar yapılmak üzere 15cm x 15cm x 15cm küp kalıplar ve 15cm x 15cm x 50cm kiriş kalıpları sahada hazır bulunduruldu.



Şekil 4.1.Numune kalıpları ve kalıp yağlama uygulaması

1.Grup (BF12)

Bu grup için polipropilen 12cm uzunluğundaki elyaf lif numunesi küp ve kirişler için hassas terazide 600 gr/ m^3 yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. BF12 lifinin yer aldığı 1. grup numuneler Tablo 4.1'de yer almaktadır.

Tablo 4.1. 1.Grup (BF12) lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
1.GRUP (BF12)	$BF12_{KÜP}$	NUMUNE1
	$BF12_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KÜP}$
	$BF12_{KİRİŞ}$	NUMUNE2
	$BF12_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KİRİŞ}$

Şekil 4.2.Granülometrisine göre üretilen beton tedariği



2.Grup (BF19)

Bu grup için polipropilen 19cm uzunluğundaki elyaf lif numunesi küp ve kirişler için hassas terazide 900 gr/ m^3 yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. BF19 lifinin yer aldığı 2. grup numuneler Tablo 4.2'de yer almaktadır.

Tablo 4.2. 2.Grup (BF19) lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
2.GRUP (BF19)	$BF19_{KÜP}$	NUMUNE3
	$BF19_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KÜP}$
	$BF19_{KİRİŞ}$	NUMUNE4
	$BF19_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KİRİŞ}$



Şekil 4.3.Polipropilen elyaf lif sarfiyat ölçümü

Numuneler için hazırlanan betona lifler eklenmiş ve homojen dağılana kadar karıştırılmıştır.



Şekil 4.4.Polipropilen elyaf liflerin betona karma işlemi

Homojen karışım elde edildikten sonra betonun priz almamasına özen gösterilip kalıplara aktarımı sağlanmıştır.



Şekil 4.5.Lifli betonun kalıplara masa vibratörü ile yerleştirilmesi

Kalıp dolumu yapılırken boşluk ve hava kabarcıklarının kalmaması için portable vibratörle beton sıkıştırılmıştır.



Şekil 4.6.Küp ve kiriş numunelerinin etiketlenmesi

Vibratörle sıkıştırma işlemi tamamlanan numunelerin yüzeyleri malayla düzgün bir yüzey elde edilip numune etiketleri yapıştırılmış ve prizini almaya bırakılmıştır.

3.Grup (HE0735)

Bu grup için çelik lif olan 0.7 mm kalınlığında 35 mm uzunluğunda numunenin küp ve kirişler için hassas terazide 20 kg/m^3 yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. HE0735 lifinin yer aldığı 3. grup numuneler Tablo 4.3'de yer almaktadır.

Tablo 4.3. 3.Grup (HE0735) lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
3.GRUP (HE0735)	$HE0735_{KÜP}$	NUMUNE5
	$HE0735_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KÜP}$
	$HE0735_{KİRİŞ}$	NUMUNE6
	$HE0735_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KİRİŞ}$



Şekil 4.7.HE0735 çelik lifinin betona karma işlemi

4.Grup (HE1050)

Bu grup için çelik lif olan 1.0 mm kalınlığında 50 mm uzunluğunda numunenin küp ve kirişler için hassas terazide 20 kg/m^3 yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. HE1050 lifinin yer aldığı 4. grup numuneler Tablo 4.4'de yer almaktadır.

Tablo 4.4. 4.Grup (HE1050) lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
4.GRUP (HE1050)	$HE1050_{KÜP}$	NUMUNE7
	$HE1050_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KÜP}$
	$HE1050_{KİRİŞ}$	NUMUNE8
	$HE1050_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KİRİŞ}$



Şekil 4.8.HE1050 çelik lifinin betona karma işlemi

5.Grup (HE0960)

Bu grup için çelik lif olan 0.9 mm kalınlığında 60 mm uzunluğunda numunenin küp ve kirişler için hassas terazide 20 kg/m^3 yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. HE0960 lifinin yer aldığı 5. grup numuneler Tablo 4.5'de yer almaktadır.

Tablo 4.5. 5.Grup (HE0960) lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
5.GRUP (HE0960)	$HE0960_{KÜP}$	NUMUNE9
	$HE0960_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KÜP}$
	$HE0960_{KİRİŞ}$	NUMUNE10
	$HE0960_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 1_{KİRİŞ}$



Şekil 4.9.HE0960 çelik lifinin betona karma işlemi

Hazırlanan çelik lif takviyeli betonlar homojen karışım elde edilene dek karma işlemine devam edildi.

6.Grup (Enduro Prime)

Bu grup için makro sentetik lif olan 60 mm uzunluğundaki numunenin küp ve kirişler için hassas terazide 4 kg/ m^3 yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. Enduro Prime lifinin yer aldığı 6. grup numuneler Tablo 4.6'de yer almaktadır.

Tablo 4.6. 6.Grup (enduro prime) lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
6.GRUP (ENDURO PRİME)	$EP_{KÜP}$	NUMUNE11
	$EP_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KÜP}$
	$EP_{KİRİŞ}$	NUMUNE12
	$EP_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KİRİŞ}$

Hazırlanan makro sentetik lif takviyeli betonlar homojen karışım elde edilene dek karma işlemine devam edildi.



Şekil 4.10.Enduro prime sentetik liflerin betona karma işlemi



Şekil 4.11.Enduro prime sentetik liflerin betona homojen olarak karılması

7.Grup (Macromesh 54)

Bu grup için makro sentetik lif olan 54 mm uzunluğundaki numunenin küp ve kirişler için hassas terazide 4 kg/ m^3 yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. Macromesh54 lifinin yer aldığı 1. grup numuneler Tablo 4.7'de yer almaktadır.

Tablo 4.7. 7.Grup (macromesh-54) lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
7.GRUP (MACROMESH54)	$MM54_{KÜP}$	NUMUNE13
	$MM54_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KÜP}$
	$MM54_{KİRİŞ}$	NUMUNE14
	$MM54_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KİRİŞ}$

Hazırlanan makro sentetik lif takviyeli betonlar homojen karışım elde edilene dek karma işlemine devam edildi.



Şekil 4.12.Macromesh54 sentetik lifinin sarfiyat ölçümü



Şekil 4.13.Macromesh54 sentetik liflerin betona homojen olarak karılması

8.Grup (Enduro Prime+BF12)

Bu grup için makro sentetik lif olan 60 mm uzunluğundaki enduro prime ile polipropilen 12cm uzunluğundaki elyaf liflerin (BF12) oluşturduğu numunenin küp ve kirişler için hassas terazide 4 kg/m^3 (enduro prime)+0,6 kg/m^3 (BF12) yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. Enduro Prime+BF12 karma liflerinin yer aldığı 8. grup numuneler Tablo 4.8'de yer almaktadır.

Tablo 4.8. 8.Grup (Enduro Prime+BF12) karma lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
8.GRUP (ENDURO PRİME+BF12)	$EPBF12_{KÜP}$	NUMUNE15
	$EPBF12_{KONTROL\ NUM.KÜP}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KÜP}$
	$EPBF12_{KİRİŞ}$	NUMUNE16
	$EPBF12_{KONTROL\ NUM.KİRİŞ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KİRİŞ}$

Hazırlanan karma lif takviyeli betonlar homojen karışım elde edilene dek karma işlemine devam edildi.



Şekil 4.14.Karma lifli betonun kalıplara yerleştirilmesi

9.Grup (HE0960+BF12)

Bu grup için çelik lif olan 0,9 mm kalınlığında 60 mm uzunluğundaki HE0960 ile polipropilen 12cm uzunluğundaki elyaf liflerin (BF12) oluşturduğu numunenin küp ve kirişler için hassas terazide 20 kg/m^3 (HE0960)+0,6 kg/m^3 (BF12) yoğunluğa göre tartılıp hazır halde bulundurulmuştur. HE0960+BF12 Karma liflerinin yer aldığı 9. grup numuneler Tablo 4.9'de yer almaktadır.

Tablo 4.9. 9.Grup (HE0960+BF12) karma lifli beton numuneleri

NUMUNELER		
9.GRUP (HE0960+BF12)	$HE0960BF12_{KÜP}$	NUMUNE17
	$HE0960BF12_{KONTROL\ NUM.KÜ}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KÜP}$
	$HE0960BF12_{KİRİŞ}$	NUMUNE18
	$HE0960BF12_{KONTROL\ NUM.KİR}$	$KONTROL\ NUMUNESİ\ 2_{KİRİŞ}$

Hazırlanan karma lif takviyeli betonlar homojen karışım elde edilene dek karma işlemine devam edildi.



Şekil 4.15.Karma lifli betonun masa vibratörüyle kalıplara yerleştirilmesi



Şekil 4.16.Deney numunesi kalıplarının sökülmesi



Şekil 4.17.Kiriş numunesi kalıplarının sökülmesi



Şekil 4.18.Deney numunelerinin kür havuzuna alınması



Şekil 4.19.Küp numunelerinin kür havuzuna alınması

Yukarda anlatılan 9 deney grubu Tablo 4.10 'da özetlenmiştir. Liflerin sarfiyat miktarları üretici firma Atlas Kimyasalları A.Ş tarafından hacimsel denklik sağlanacak şekilde Tablo 4.10'daki gibi hesaplanmıştır.

Tablo 4.10.Deney grupları, alınan numuneler ve kullanılan lif sarfiyatları

DENEYLER		**SARFİYAT**	**NUMUNELER**
POLİPROPİLEN ELYAF			
1.GRUP	BF12	600 gr/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
2.GRUP	BF19	900 gr/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
ÇELİK LİFLER			
3.GRUP	HE0735	20 kg/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
4.GRUP	HE1050	20 kg/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
5.GRUP	HE0960	20 kg/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
MAKRO SENTETİK LİFLER			
6.GRUP	ENDURO PRİME	4 kg/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
7.GRUP	MACROMESH 54	4 kg/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
KARMA LİFLER			
8.GRUP	ENDURO PRİME+BF12	4 kg/m^3+ 0.6 kg/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş
9.GRUP	HE0960+BF12	20 kg/m^3+ 0.6 kg/m^3	Küp+ Yalın Küp +Kiriş+Yalın Kiriş

Beton santralinde reçetesine ve agrega granülometrisine göre üretilen ve 2 farklı günde 2 farklı dökümde hazır bulundurulan lif numunelerinden küp ve kiriş çalışma grupları Tablo 4.11'de belirtildiği gibi hazırlanmış, lifli beton numuneleri dışında 2 farklı döküm için 2 adet kontrol numunesi küp ve 2 adet kontrol numunesi kiriş üretilip, 28 günlük basınç ve eğilme deneyi tayinleri için kür havuzuna alınmışlardır.

Tablo 4.11.Küp deney grupları numune numaraları

KÜP NUMUNELER		
1. Döküm		
	Grup Elemanları	**Numune Numarası**
1.GRUP	$BF12_{KÜP}$	Numune1
2.GRUP	$BF19_{KÜP}$	Numune2
3.GRUP	$HE0735_{KÜP}$	Numune3
4.GRUP	$HE1050_{KÜP}$	Numune4
5.GRUP	$HE0960_{KÜP}$	Numune5
KONTROL NUM.		$Kontrol\ Numunesi\ 1_{KÜP}$
2. Döküm		
6.GRUP	$ENDURO\ PRİME_{KÜP}$	Numune6
7.GRUP	$MACROMESH54_{KÜP}$	Numune7
8.GRUP	$ENDURO\ P + BF12_{KÜP}$	Numune8
9.GRUP	$HE0960 + BF12_{KÜP}$	Numune9
KONTROL NUM.		$Kontrol\ Numunesi\ 2_{KÜP}$

Tablo 4.12.Kiriş deney grupları numune numaraları

KİRİŞ NUMUNELER		
1. Döküm		
	Grup Elemanları	**Numune Numarası**
1.GRUP	$BF12_{KİRİŞ}$	Numune1
2.GRUP	$BF19_{KİRİŞ}$	Numune2
3.GRUP	$HE0735_{KİRİŞ}$	Numune3
4.GRUP	$HE1050_{KİRİŞ}$	Numune4
5.GRUP	$HE0960_{KİRİŞ}$	Numune5
KONTROL NUM.		$Kontrol\ Numunesi\ 1_{KİRİŞ}$
2. Döküm		
6.GRUP	$ENDURO\ PRİME_{KİRİŞ}$	Numune6
7.GRUP	$MACROMESH54_{KİRİŞ}$	Numune7
8.GRUP	$ENDURO\ P + BF12_{KİRİŞ}$	Numune8
9.GRUP	$HE0960 + BF12_{KİRİŞ}$	Numune9
KONTROL NUM.		$Kontrol\ Numunesi\ 2_{KİRİŞ}$

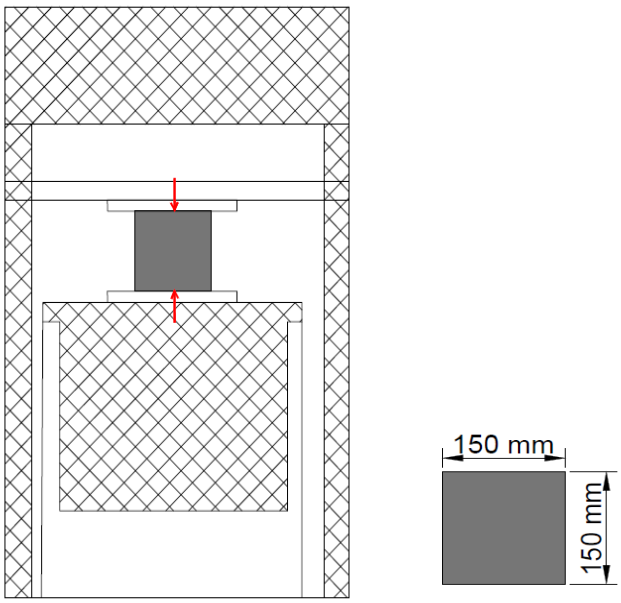
4.2 Deney Çalışmaları

Lifli betonların yalın betona göre özelliklerinin tespiti ve değerlendirilmesi basınç dayanımı tayini ve eğilme dayanımı tayini deneyleri ile yapılmıştır.

4.2.1 Basınç Dayanımı Deneyi

Hazırlanan her bir karışımın basınç dayanımı tayini için 150×150×150mm'lik küp numuneler üretildi. Numunelerin dayanımları için 28 günlük basınç dayanımları ölçülmüştür. Numuneler, TS EN12390-4'e göre basınç dayanımı-deney makinalarının özellikleri standardına uygun, TS EN 12390-3 deney numunelerinde basınç dayanımının tayini standardına uygun olarak deneye tabi tutulmuştur.

NUMUNELER: 2 farklı döküm 2adet kontrol numunesi olmak üzere 7 farklı lif için 9 ayrı grup oluşturulup, her grup için küp numuneler üzerinden çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 4.20.Küp numunelerin basınç deneyi düzeneği

$$fc = \frac{P}{Ac}$$

Burada;
f_c : Basınç dayanımı (MPa)
P : Kırılma esnasında ulaşılan en büyük yük ‘kuvvet’ (N)
A_c : Basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm^2

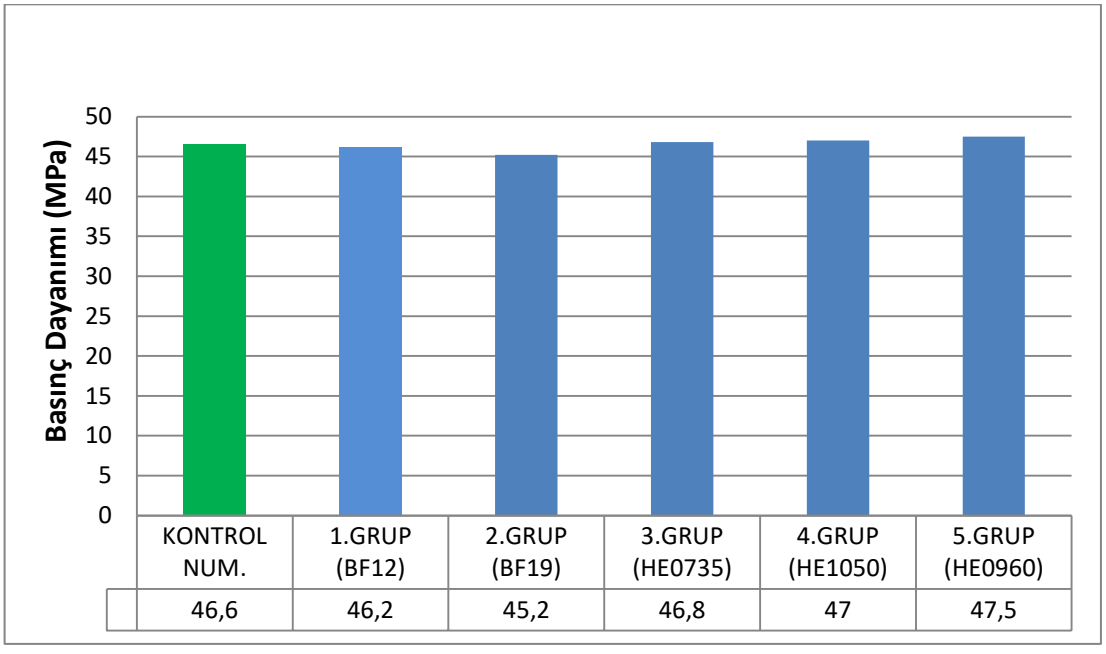


Şekil 4.21.Basınç deneyi pres makinesi

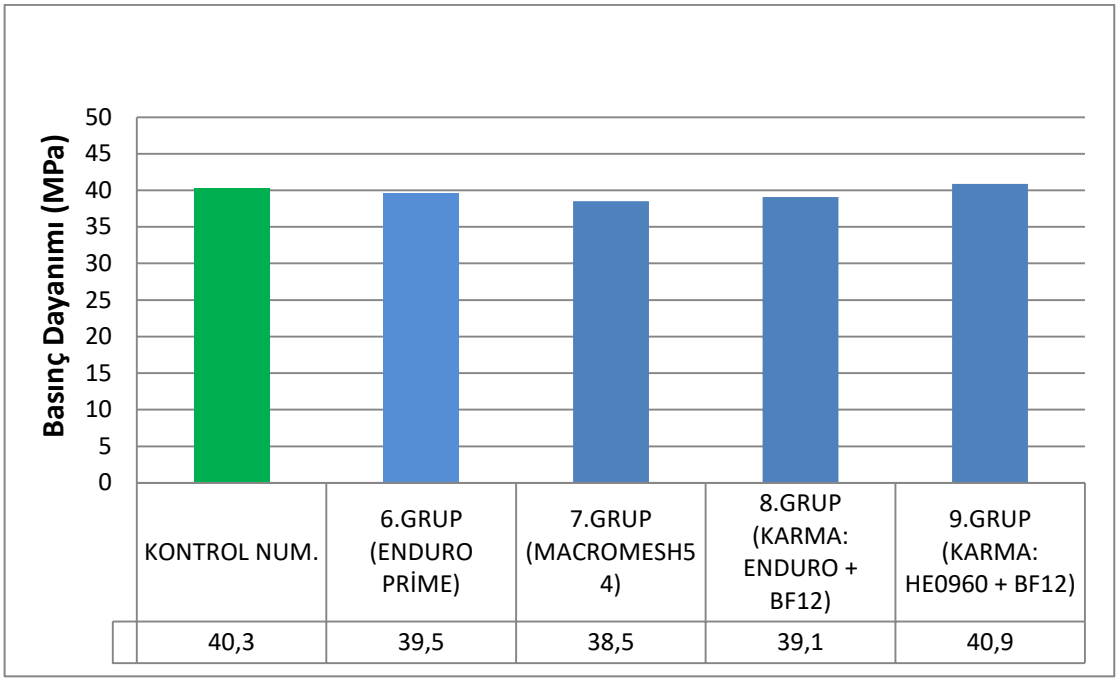
Küp numuneler basınç dayanımı tayinine otomatik basınç deney presine tabi tutulmuştur. Pres makinesi otomatik yüklemeyle 13,5 kN/sn yükleme hızıyla numuneler yüklemeye alınmıştır. Numunelerde elde edilen kırılma yükleri ve basınç dayanımları Tablo 4.13’te verilmiştir.

Tablo 4.13.Basınç dayanımı deneyi sonuçları

KÜP NUMUNE BASINÇ DAYANIMI SONUÇLARI			
1.Döküm			
	Grup Elemanları	**Kırılma Yükü (kN)**	**Basınç Dayanımı (MPa)**
1.GRUP	$BF12_{KÜP}$	1038,88	46,20
2.GRUP	$BF19_{KÜP}$	1016,02	45,20
3.GRUP	$HE0735_{KÜP}$	1053,34	46,80
4.GRUP	$HE1050_{KÜP}$	1056,56	47,00
5.GRUP	$HE0960_{KÜP}$	1068,16	47,50
KONTROL NUM.	KONTROL NUMUNESİ 1 $_{KÜP}$	1047,58	46,60
2.Döküm			
6.GRUP	ENDURO PRİME$_{KÜP}$	889,71	39,50
7.GRUP	MACROMESH54$_{KÜP}$	865,16	38,50
8.GRUP	ENDURO PRİME + $BF12_{KÜP}$	880,52	39,10
9.GRUP	$HE0960 + BF12_{KÜP}$	920,35	40,90
KONTROL NUM.	KONTROL NUMUNESİ 2 $_{KÜP}$	906,31	40,30



Şekil 4.22.Lifli betonların kontrol betonuna göre basınç dayanımı -1.Döküm



Şekil 4.23.Lifli betonların kontrol betonuna göre basınç dayanımı-2.Döküm

Değerlendirme

Genel olarak deney sonucunda lifli betonların normal yalın betona göre basınç dayanımında çok küçük artış ve azalışlar görülmüştür. 9 grup lifte görüldü ki lif hacmi fazla olan gruplarda basınç dayanımı olumsuz etkilenmiş, hacim olarak daha az yer kaplayan çelik liflerin basınç dayanımına etkisi daha az gerçekleşmiştir. Lif çeşidinin basınç dayanımına etkisi kontrol numunesine göre değerlendirildiğinde şu değişimler meydana gelmiştir;

1. Grup - polipropilen elyaf katkılı (BF12) 600 gr/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 46,20 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,küp}$ numunesi ise 46,60 MPa çıkmıştır. Buna göre 12 mm uzunluğundaki BF12 elyaf katlı betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 0,86 azaldığı görülmüştür. Yıldırım [5] yaptığı çalışmalarda polipropilen liflerin basınç dayanımını aynı şekilde azalttığını belirtmiştir.

2. Grup - polipropilen elyaf katkılı (BF19) 900 gr/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 45,20 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,küp}$ numunesi ise 46,60 MPa çıkmıştır. Buna göre 19 mm uzunluğundaki BF19 elyaf katlı betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 3 azaldığı ve elyaf boyu ne olursa olsun basınç dayanımını olumsuz etkilediği görülmüştür.
3. Grup - çelik lif olan HE0735'in 0,7 mm çap ve 35 mm uzunluğundaki tellerden 20 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 46,80 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,küp}$ numunesi ise 46,60 MPa çıkmıştır. Buna göre HE0735 çelik lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 0,42 arttığı görülmüş, genel olarak liflerin beton basınç dayanımına etkisinin pek olmadığı görülmüştür. Çivici ve Güngör [35] yaptıkları çalışmalarda lifli betonların basınç dayanımlarında artan ve azalan değerlerin elde edildiğini genel olarak basınç dayanımına olumlu bir etki yapmadıklarını belirtmişlerdir.
4. Grup - çelik lif HE1050'nin 1,0 mm çap ve 50 mm uzunluğundaki tellerden 20 kg/ m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 47,00 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,küp}$ numunesi ise 46,60 MPa çıkmıştır. Buna göre HE1050 çelik lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 0,86 arttığı görülmüştür.
5. Grup - çelik lif HE0960'ın 0,9 mm çap ve 60 mm uzunluğundaki tellerden 20 kg/ m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 47,50 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,küp}$numunesi ise 46,60 MPa çıkmıştır. Buna göre HE0960 çelik lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 1,93 arttığı görülmüştür.

6. Grup - makro lif enduro prime'ın 4 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 39,50 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz kontrol $-$ 2 $_{küp}$ numunesi ise 40,30 MPa çıkmıştır. Buna göre enduro prime makro lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 1,99 azaldığı görülmüştür.

7. Grup - makro lif macromesh54'ün 4 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 38,50 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz kontrol $-$ 2 $_{küp}$ numunesi ise 40,30 MPa çıkmıştır. Buna göre macromesh54 makro lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 4,47 azaldığı görülmüştür.

8. Grup - karma lif enduro prime (4 kg/m^3) +BF12 (0,6 kg/m^3) karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 39,10 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz kontrol $-$ 2 $_{küp}$numunesi ise 40,30 MPa çıkmıştır. Buna göre enduro prime + BF12 karma lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 2,98 azaldığı görülmüştür.

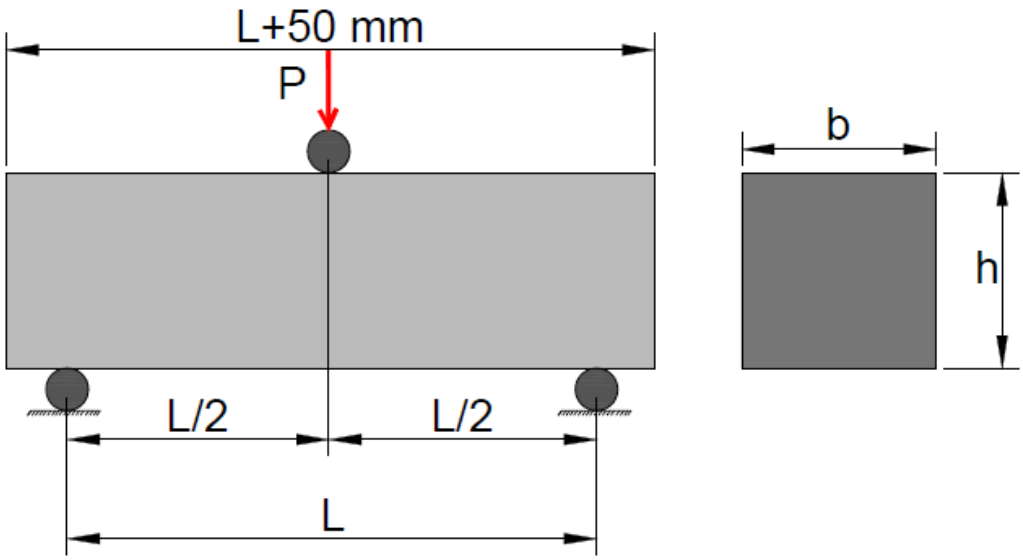
9. Grup - karma lif HE0960 (20 kg/m^3) + BF12 (0,6 kg/m^3) karışım oranıyla elde edilen beton ile basınç dayanımı tayini için 150x150x150 küp numunelerinden elde edilen basınç dayanımı 40,90 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz kontrol $-$ 2 $_{küp}$ numunesi ise 40,30 MPa çıkmıştır. Buna göre HE0960 + BF12 karma lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 1,49 arttığı sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.24.Lifli küp numunelerin test sonrası görüntüleri

4.2.2 Eğilme Dayanımı Deneyi

Betonun eğilme dayanımı tayini TS EN12390-5 [34] ve TS 10515 [31] standartlarına göre açıklığın 1/2 noktasında yüklenmiş, lif donatılı beton kirişlerde 3 nokta eğilme deneyi düzeneği ile yapılmıştır. Eğilme dayanımları tayini için 150x150x500 mm'lik kiriş numuneler üretilmiştir. Numunelerin dayanımları için 28 günlük ölçümler yapılmıştır. Bu çalışmada eğilme dayanımı, aşağıda verilen Şekil 4.25'teki deney düzeneği ve eşitlikle hesaplanmıştır.

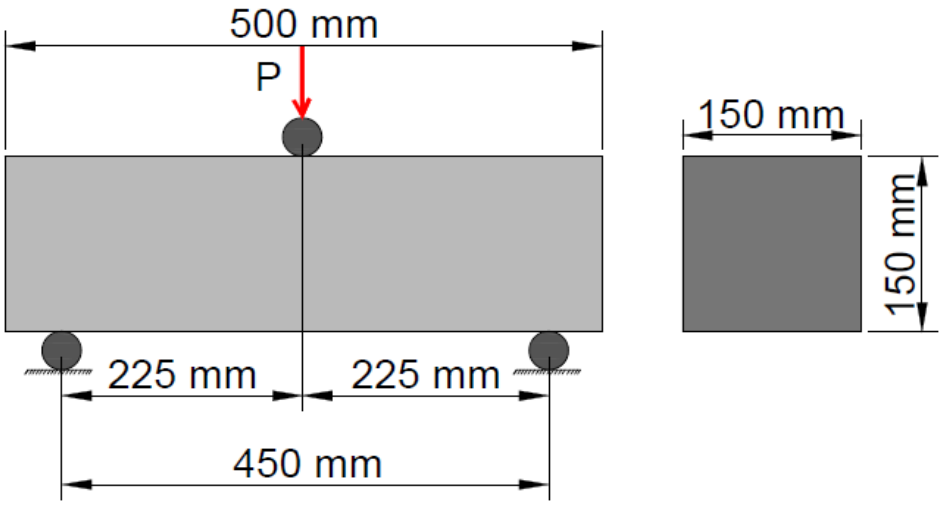


Şekil 4.25.Kiriş numunelerinin 3 nokta eğilme deneyi düzeneği

$$f_{cf} = \frac{3}{2} x \frac{PxL}{bxh^2}$$

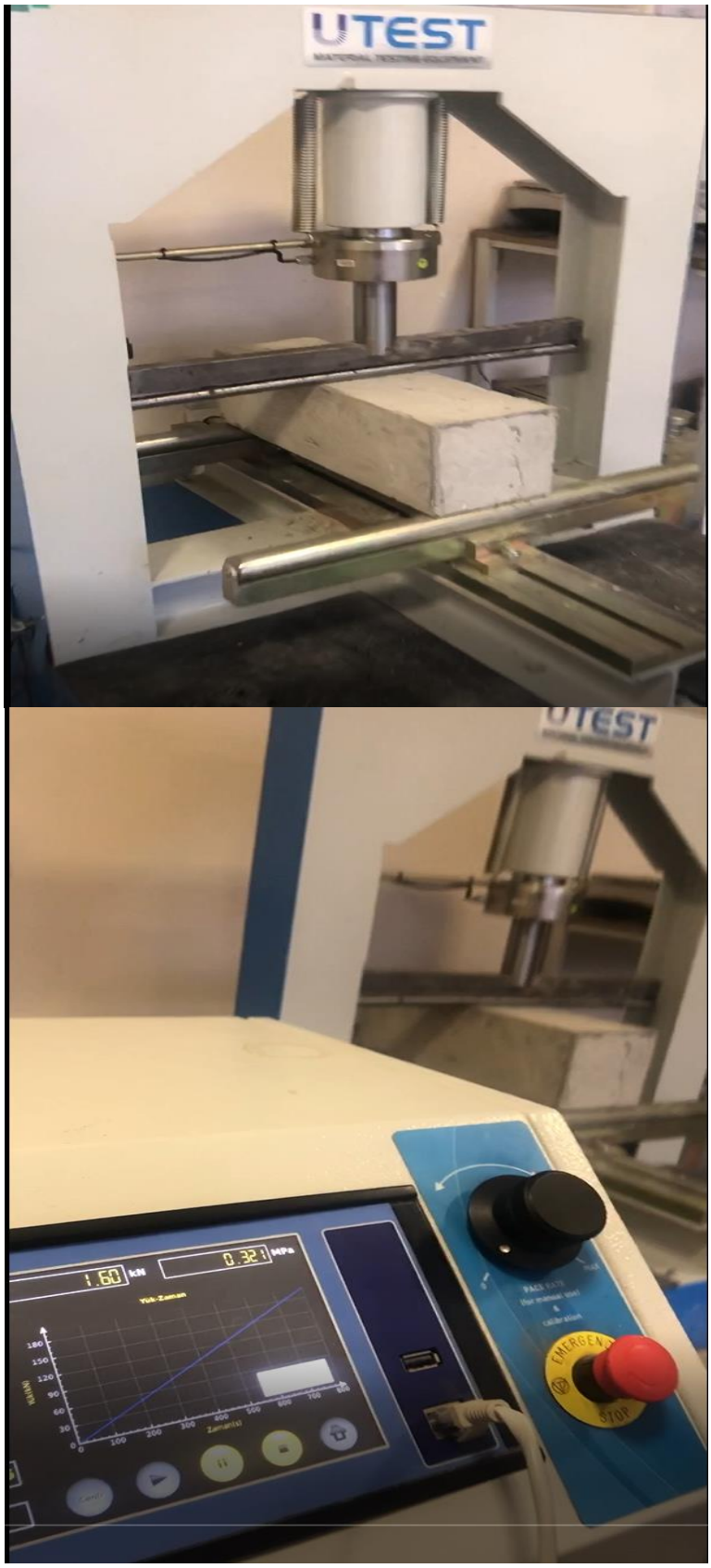
Burada;

f_{cf} : Eğilme dayanımı (MPa)
P : En büyük yük'kuvvet' (N)
L : Mesnet silindirleri arasındaki açıklık (mm)
b : Numunenin eni (mm)
h : Numunenin yüksekliği (mm)



Şekil 4.26.Kiriş numunelerinin 3 nokta eğilme deneyi düzeneği-2

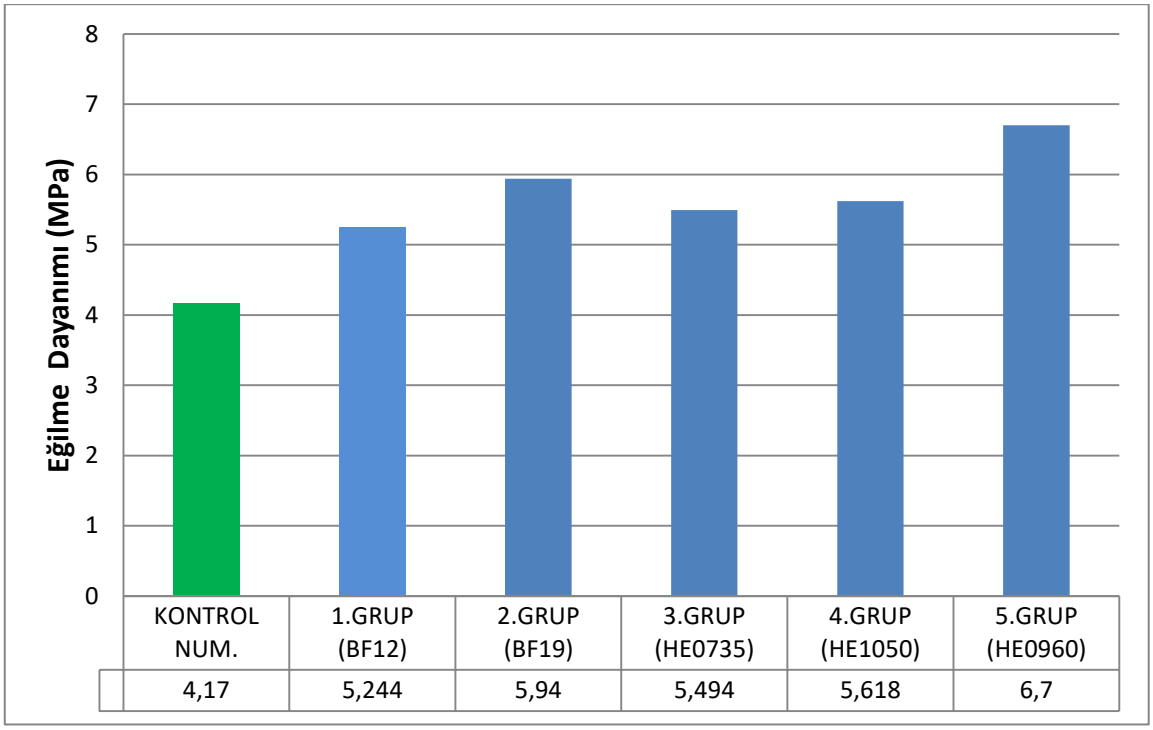
Eğilme deneyi TS EN 12390-5 [34] göre mesnetlerde 40 mm çaplı yuvarlak rijit (çelik) silindirler kullanılmıştır. Numuneler kürden alınıp, bir bezle kurulanıp hemen deneye tabii tutulmuştur. Deney cihazımızın alt mesnetleri üzerine numunenin dolum yüzeyine dik doğrultuda yan yüzeyi üzerine üst yükleme silindiri gelecek şekilde konulmuştur. Yük darbe tesiri olmaksızın, kırılma hızı 0,05 MPa/mm^2.sn olacak şekilde uygulanmıştır. Kirişlere ait kırılma yükleri ve eğilme dayanımları aşağıdaki Tablo 4.14'teki gibi bulunmuştur.



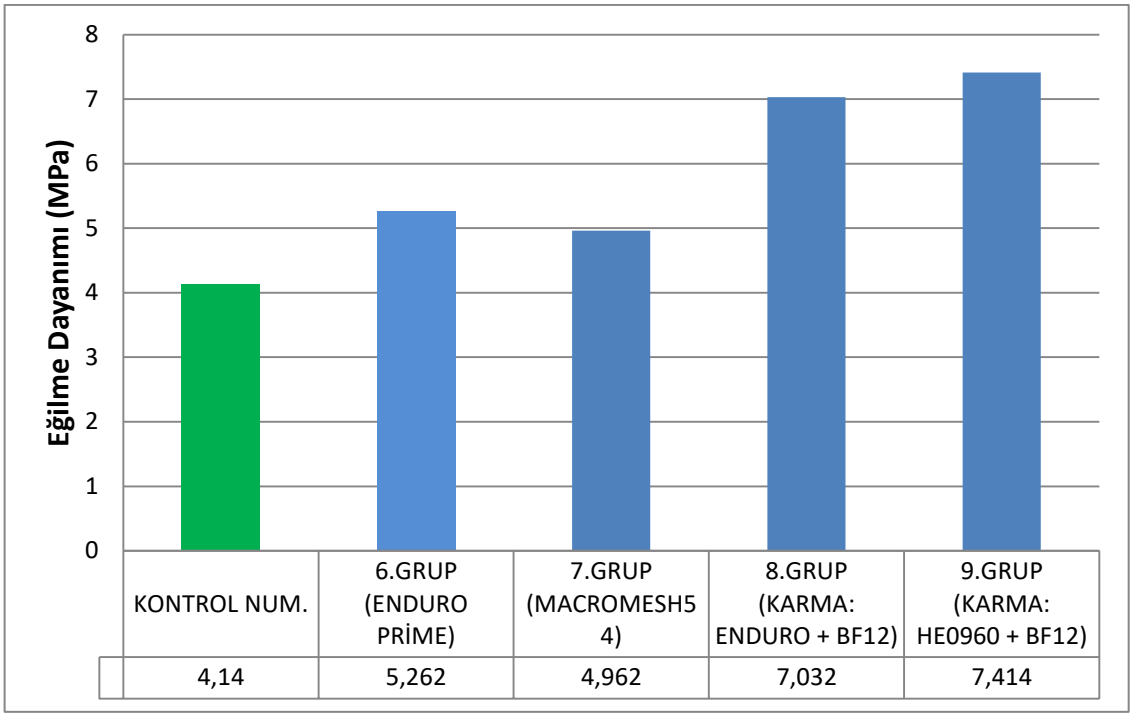
Şekil 4.27.Eğilme deneyi düzeneği

Tablo 4.14.Eğilme dayanımı deneyi sonuçları

KİRİŞ NUMUNELER EĞİLME DAYANIMI			
1.Döküm			
	Grup Elemanları	**Kırılma Yükü (kN)**	**Eğilme Dayanımı (MPa)**
1.GRUP	$BF12_{KİRİŞ}$	26,22	5,244
2.GRUP	$BF19_{KİRİŞ}$	29,70	5,940
3.GRUP	$HE0735_{KİRİŞ}$	27,47	5,494
4.GRUP	$HE1050_{KİRİŞ}$	28,09	5,618
5.GRUP	$HE0960_{KİRİŞ}$	33,48	6,700
KONTROL NUM.	KONTROL NUMUNESİ 1 $_{KİRİŞ}$	20,83	4,170
2.Döküm			
6.GRUP	$ENDURO\ PRİME_{KİRİŞ}$	26,31	5,262
7.GRUP	$MACROMESH54_{KİRİŞ}$	24,81	4,962
8.GRUP	$ENDURO\ PRİME + BF12_{KİRİŞ}$	35,16	7,032
9.GRUP	$HE0960 + BF12_{KİRİŞ}$	37,07	7,414
KONTROL NUM.	KONTROL NUMUNESİ 2 $_{KİRİŞ}$	20,70	4,140



Şekil 4.28.Lifli betonların kontrol betonuna göre eğilme dayanımı-1.Döküm



Şekil 4.29.Lifli betonların kontrol betonuna göre eğilme dayanımı-2. Döküm

Değerlendirme

Deney sonuçları bariz bir şekilde gösterdi ki her türlü lif, betonun eğilme dayanımını arttırmaktadır. 9 grup lifli betonun tamamında lifsiz(kontrol) betonuna göre yüksek artışlar görülmüştür. Çelik liflerde uzun olanların herhangi bir çatlağa denk gelme olasılığı daha yüksek olması ve aderansı daha fazla sağlayabildiğinden dolayı sıyrılması daha zordur. Bu çalışmada da görülüyor ki çelik lif uzunluğu arttıkça eğilme dayanımına etkisi de artmaktadır. Lif çeşidinin eğilme dayanımına etkisi kontrol numunesine göre değerlendirildiğinde şu değişimler meydana gelmiştir;

1. Grup- polipropilen elyaf katkılı (BF12) 600 gr/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 5,244 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz kontrol $-1_{kiriş}$ numunesi ise 4,17 MPa çıkmıştır. Buna göre 12 mm uzunluğundaki BF12 elyaf katlı betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 25,94 arttığı görülmüştür. Yıldırım [5] yaptığı çalışmalarda polipropilen liflerin eğilme dayanımını arttığını belirtmiştir.
2. Grup - polipropilen elyaf katkılı (BF19) 900 gr/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500mm kiriş

numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 5,940 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,kiriş}$ numunesi ise 4,17 MPa çıkmıştır. Buna göre 19 mm uzunluğundaki BF19 elyaf katlı betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 42,45 arttığı görülmüştür.

3. Grup - çelik lif olan HE0735'in 0,7 mm çap ve 35 mm uzunluğundaki tellerden 20 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 5,494 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,kiriş}$ numunesi ise 4,170 MPa çıkmıştır. Buna göre HE0735 çelik lifli betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 31,75 arttığı, genel olarak da liflerin betonun eğilme dayanımını önemli ölçüde yükselttiği gözlemlenmiştir.

4. Grup - çelik lif olan HE1050'nin 1,0 mm çap ve 50 mm uzunluğundaki tellerden 20 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 5,618 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,kiriş}$ numunesi ise 4,170 MPa çıkmıştır. Buna göre HE1050 çelik lifli betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 34,72 arttığı görülmüştür. Alparslan [2] yaptığı çalışmalarda değişik oranlardaki çelik liflerin eğilme dayanımını %122 'leri bulan değişik artışlar gözlemlemiştir.

5. Grup - çelik lif olan HE0960'ın 0,9 mm çap ve 60 mm uzunluğundaki tellerden 20 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 6,700 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 1_{\,kiriş}$ numunesi ise 4,170 MPa çıkmıştır. Buna göre HE0960 çelik lifli betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 60,67 arttığı görülmüştür.

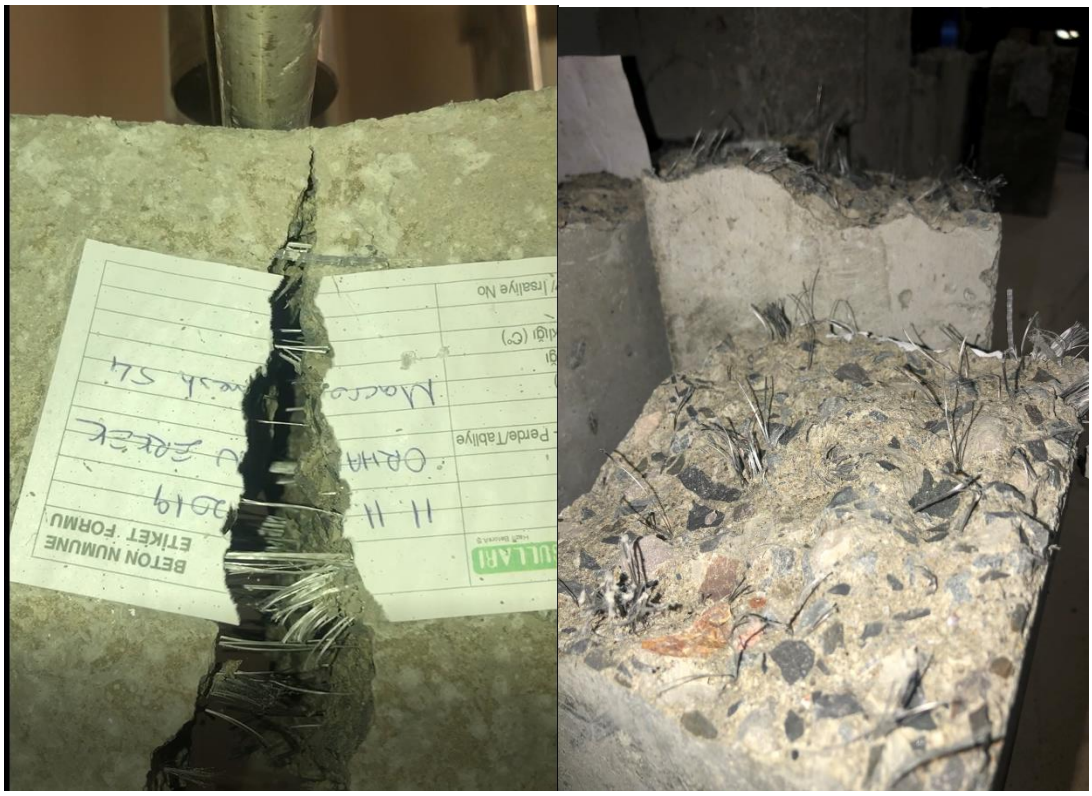
6. Grup - makro lif enduro prime'ın 4 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500 mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 5,262 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 2_{\,kiriş}$ numunesi ise 4,140 MPa çıkmıştır. Buna göre enduro prime

makro lifli betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 27,10 arttığı görülmüştür.

7. Grup - makro lif macromesh54'ün 4 kg/m^3 karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500 mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 4,962 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 2_{\,kiriş}$ numunesi ise 4,140 MPa çıkmıştır. Buna göre macromesh54 makro lifli betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 19,86 arttığı görülmüştür.
8. Grup - karma lif enduro prime (4 kg/m^3) +BF12 (0,6 kg/m^3) karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 7,032 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 2_{\,kiriş}$numunesi ise 4,140 MPa çıkmıştır. Buna göre enduro prime + BF12 karma lifli betonun eğilme dayanımı kontrol numunesine göre % 69,86 arttığı görülmüştür.
9. Grup - karma lif HE0960 (20 kg/m^3) + BF12 (0,6 kg/m^3) karışım oranıyla elde edilen beton ile eğilme dayanımı tayini için 150x150x500mm kiriş numunelerinden elde edilen eğilme dayanımı 7,414 MPa çıkmıştır. Aynı betondan elde edilen lifsiz $\text{kontrol} - 2_{\,kiriş}$ numunesi ise 4,140 MPa çıkmıştır. Buna göre HE0960 + BF12 karma lifli betonun basınç dayanımı kontrol numunesine göre % 79,08 arttığı sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 4.30.Çelik lifli kirişin eğilme deneyi sonrası görüntüsü



Şekil 4.31.Macromesh54 lifli kirişin eğilme deneyi sonrası görüntüsü



Şekil 4.32.Enduro prime lifli kirişin eğilme deneyi sonrası görüntüsü



Şekil 4.33.Kontrol kirişinin eğilme deneyi sonrası görüntüsü

BÖLÜM 5. SONUÇ

İki farklı beton üretiminden farklı liflerle farklı narinlikte, farklı sarfiyat oranlarında elde edilen lifli beton ve karma lifli beton numunelerinin mekanik özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Lif çeşidi farketmeksizin liflerin, beton basınç dayanımı üzerinde katkısının sınırlı olduğu anlaşılmıştır. Özellikle polipropilen lifler BF12, BF19 ve makro lifler macromesh54, Enduro Prime ile üretilen betonların basınç dayanımları kontrol betonuna göre daha düşük çıkmışken, 3 farklı boyutlardaki çelik liflerde ise beton basıncı kontrol betonuna göre az da olsa daha yüksek çıkmıştır. Bu durum, çelik liflerin diğer liflere göre beton içerisinde daha homojen dağılması ve beton bağını, yapısını ve aderansını bozmadığı saptanmıştır. Çelik olmayan liflerin basıncı olumsuz etkilemesinin, betonda hacminden ve yapısından dolayı boşluk oluşturmasının bir sonucu olarak değerlendirilmiştir.

Eğilme dayanımı tayininde elde edilen sonuçlar gösterdi ki tüm lif çeşitleri eğilme dayanımını arttırmaktadır. Sonuçlara göre en yüksek eğilme dayanımına sahip lif grubu karma lifler oluşturmaktadır. Karma liflerdeki eğilme dayanımı artışı %80'leri bulmuştur. En düşük artış makro ve polipropilen liflerde görülmüştür. Daha yüksek artışın olduğu çelik liflerde ise lif boyunun uzunluğunda paralel bir şekilde eğilme dayanımında artış görülmüştür. 35 mm uzunluğundaki çelik lifteki eğilme dayanımı artışı % 31,75 iken, daha uzun olan 60 mm uzunluğundaki çelik lifteki artış ise % 60,67 olmuştur.

Lifli betonların eğilme dayanımı kontrol numunesine göre genel olarak artış gösterdiği gibi ilk çatlamadan sonra liflerin betonun bir anda kırılmasını engellediği görülmüştür. Lifsiz betonun ise birden kırıldığı görülmüştür.

BÖLÜM 6.ÖNERİLER

Yapılmış olan bu araştırmanın geliştirilip, daha ileri seviyeye ulaşması için aşağıdaki çalışmalar önerilmektedir;

Sonuçlara bakıldığında çelik ve karma liflerin daha iyi sonuçlar verdiğinden bunların farklı oranlar da ve farklı lif karışımlarıyla araştırması yapılabilir. Bu çalışmada kullanılan polipropilen liflerin boyları kısa olduğundan dolayı diğer lif çeşitlerine göre etkileri az kalmıştır. Bu liflerin daha uzunları ve farklı oranları araştırma konusu yapılabilir.

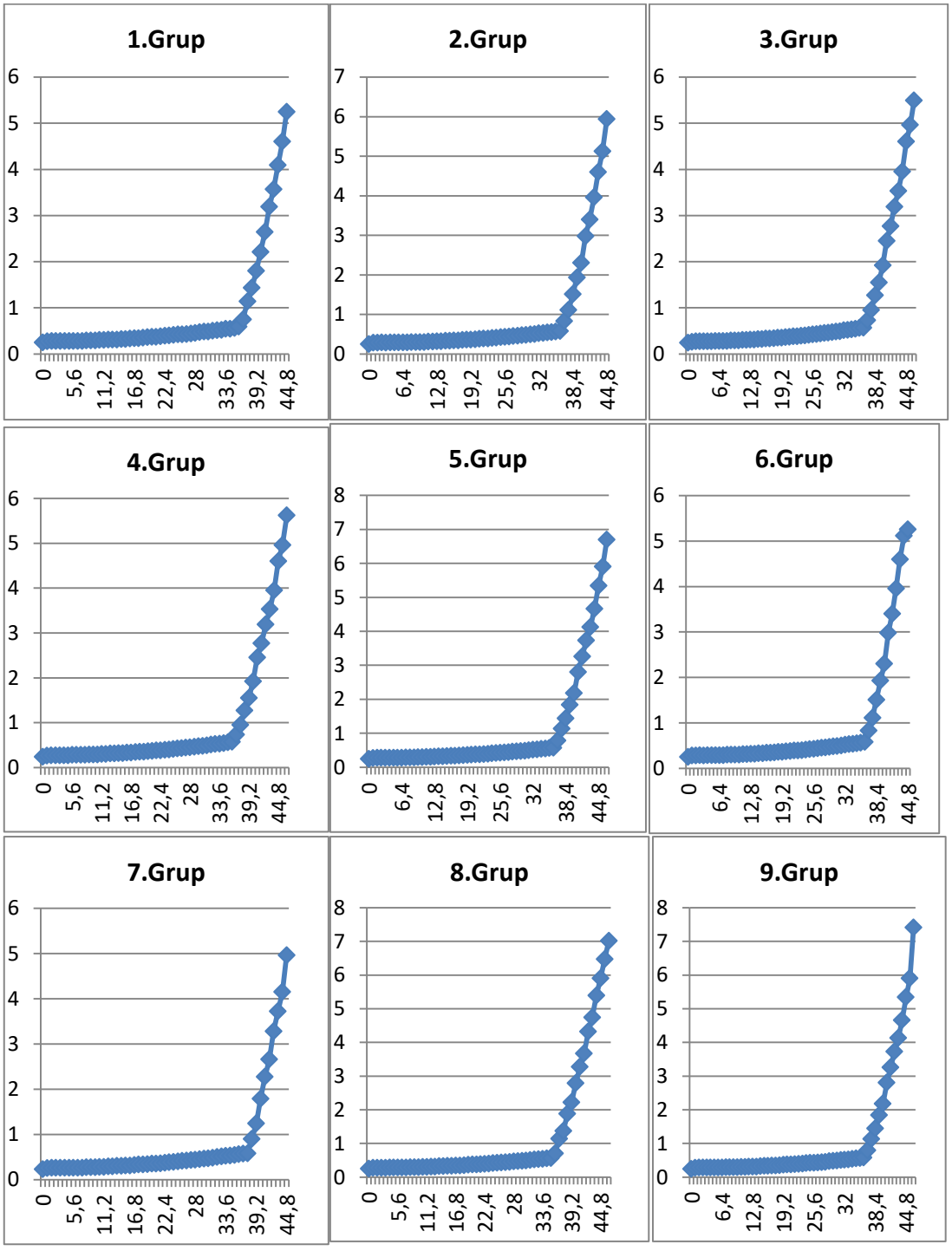
Liflerin genellikle beton içerisinde homojen dağılması istendiğinden dolayı betona homojen dağılmayı sağlayabilecek kimyasal katkı maddeleriyle beraber üretilen betonlar üzerinde çalışmalar yapılabilir.

Bazı yapı elemanlarında (örneğin kolon-kiriş birleşiminde ya da kirişlerin kesme bölgesinde lif kullanıldığında) yapının kapasitesindeki değişim incelenebilir.

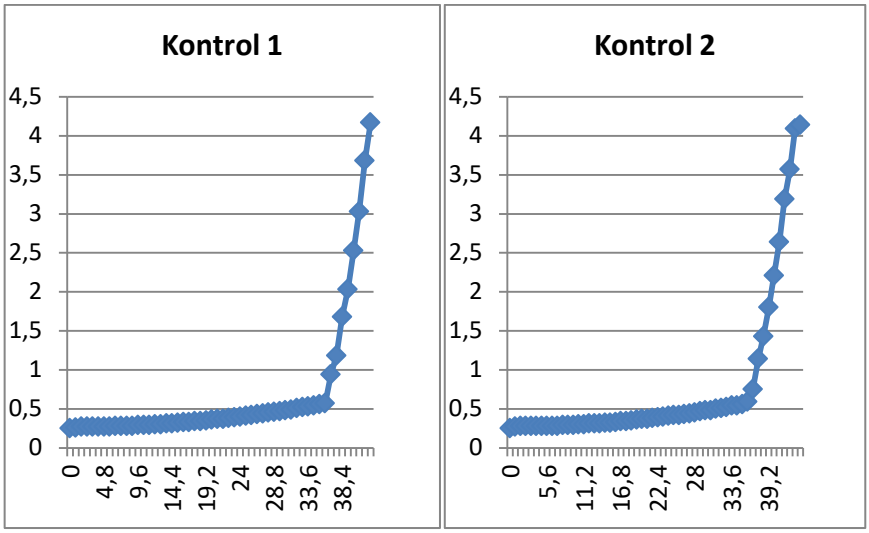
Gerçek ölçekte betonarme yapılarda, lifli betonlar da kullanıldığında yapılabilecek eksiltmeler ve değişimlerle maliyet analizleri yapılabilir.

EK'LER

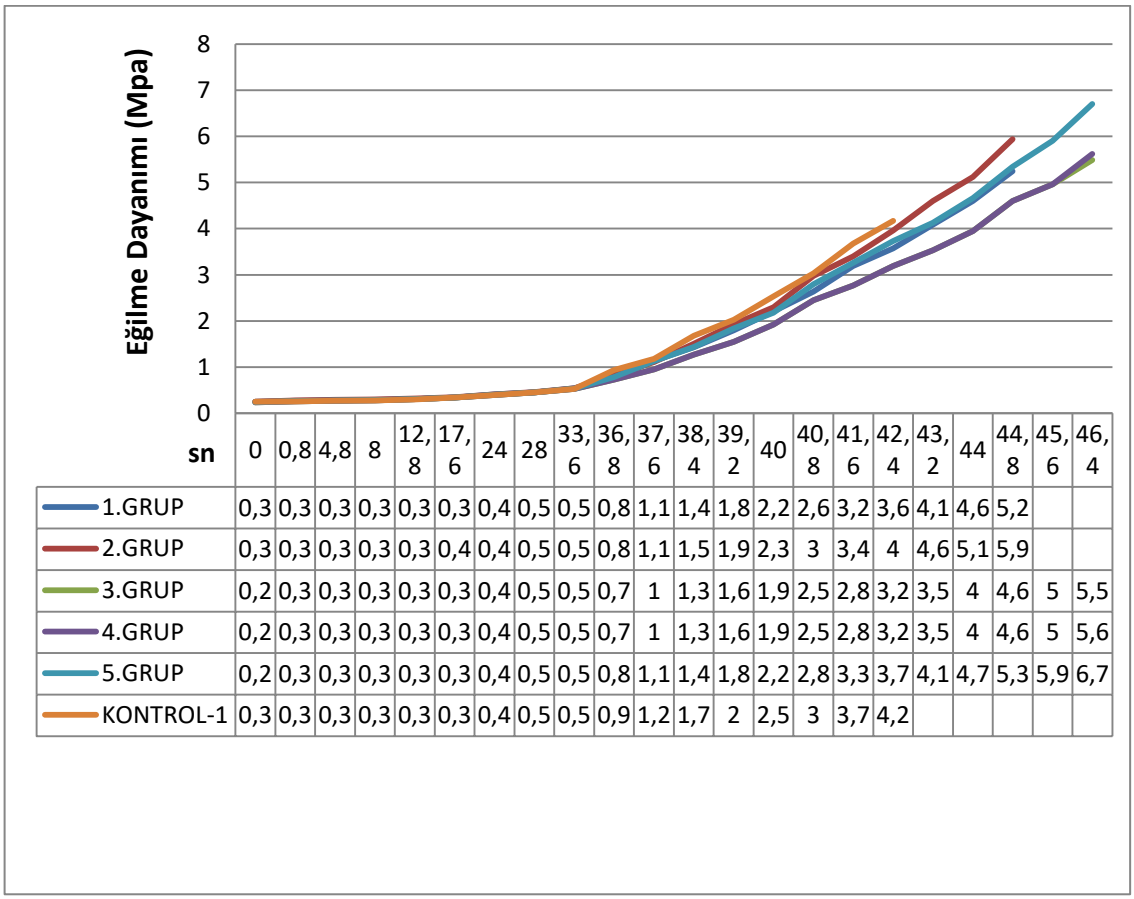
Yapılan basınç ve eğilme dayanımı tayini deneylerine ait dayanım-zaman grafikleri ektedir.



Şekil 4.34.Lifli betonların zamana bağlı eğilme dayanımı

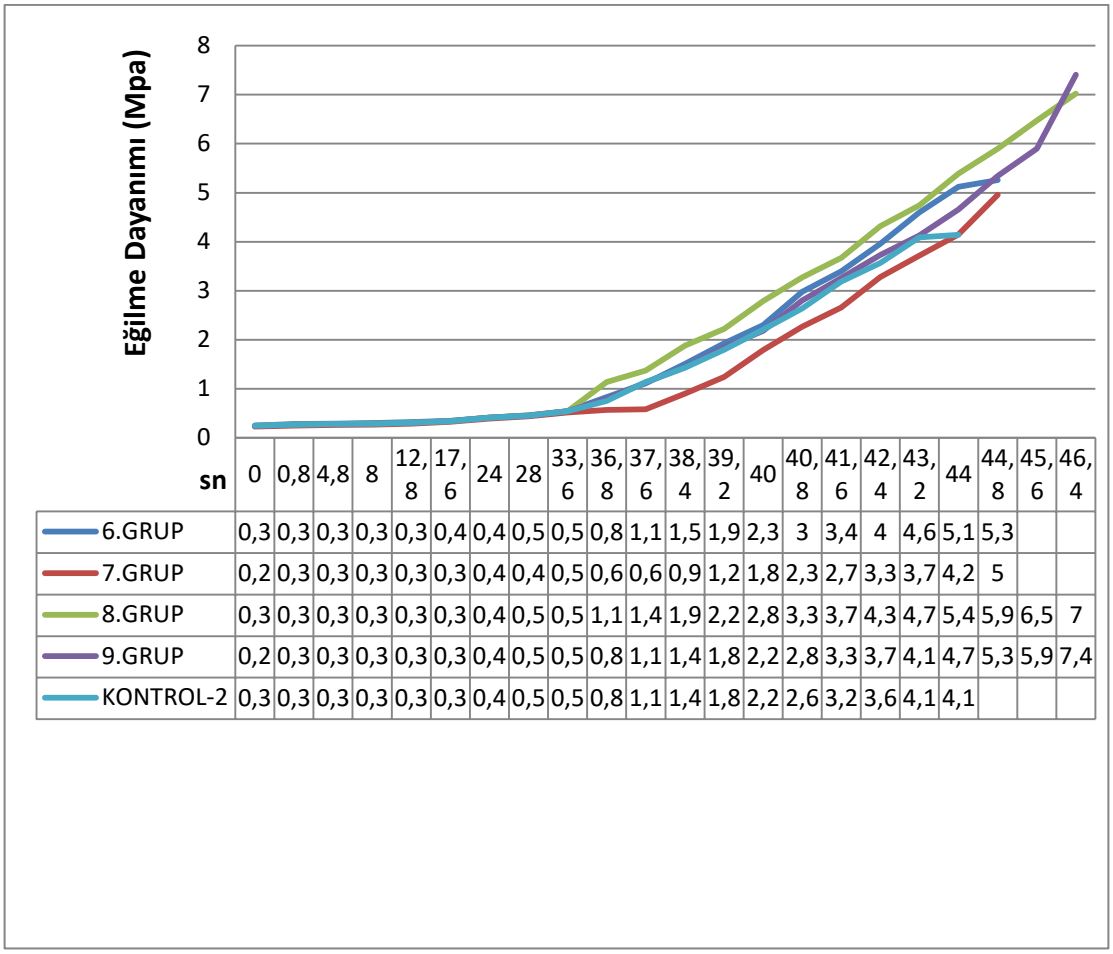


Şekil 4.35.Lifsiz Kontrol betonlarının zamana bağlı eğilme dayanımı



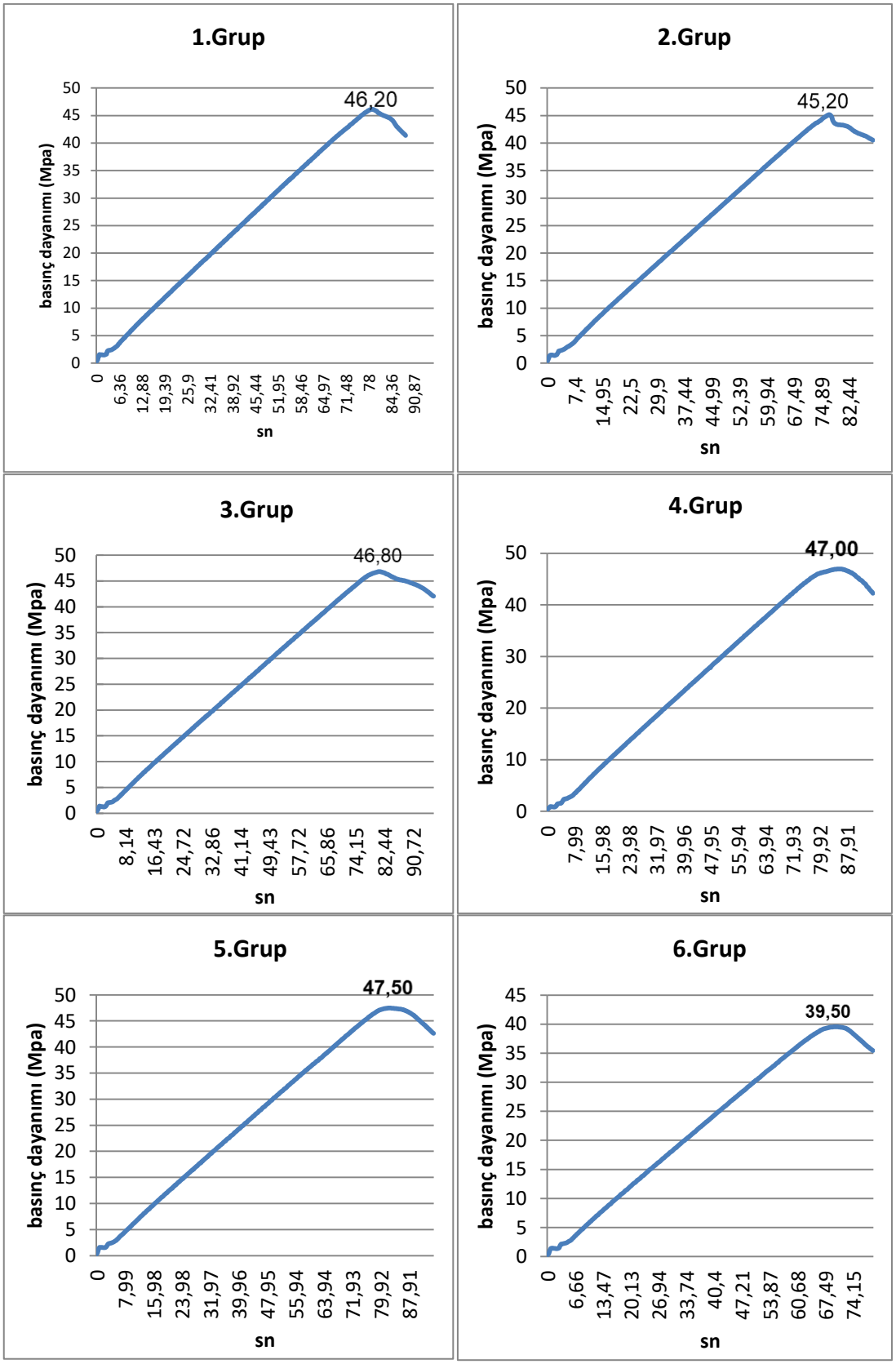
sn	0	0,8	4,8	8	12,8	17,6	24	28	33,6	36,8	37,6	38,4	39,2	40	40,8	41,6	42,4	43,2	44	44,8	45,6	46,4
1.GRUP	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,8	1,1	1,4	1,8	2,2	2,6	3,2	3,6	4,1	4,6	5,2		
2.GRUP	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	3	3,4	4	4,6	5,1	5,9		
3.GRUP	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	1	1,3	1,6	1,9	2,5	2,8	3,2	3,5	4	4,6	5	5,5
4.GRUP	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	1	1,3	1,6	1,9	2,5	2,8	3,2	3,5	4	4,6	5	5,6
5.GRUP	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,8	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,3	3,7	4,1	4,7	5,3	5,9	6,7
KONTROL-1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,9	1,2	1,7	2	2,5	3	3,7	4,2					

Şekil 4.36.(1.döküm) Lifli betonların zamana bağlı eğilme dayanımı

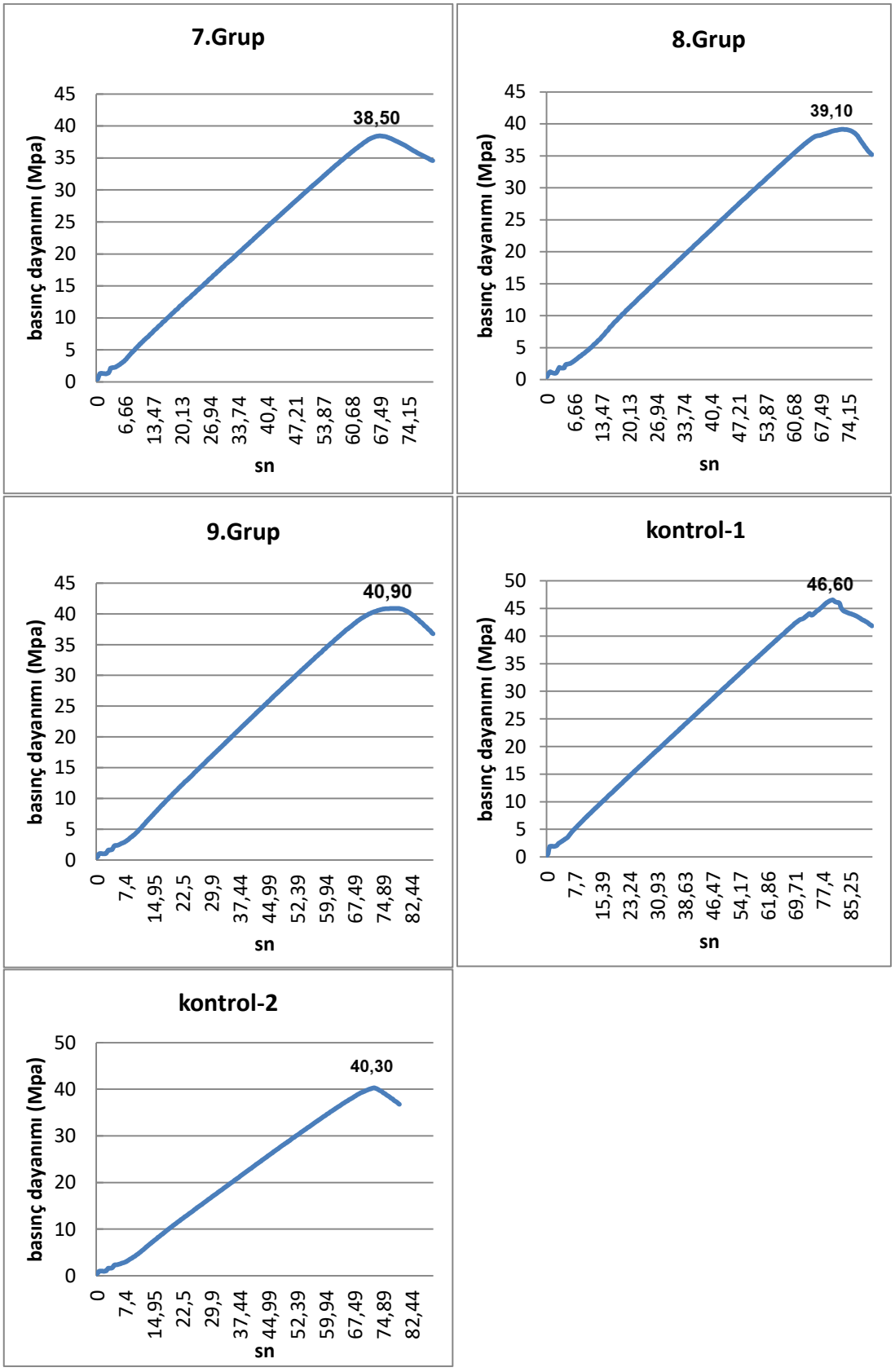


sn	0	0,8	4,8	8	12,8	17,6	24	28	33,6	36,8	37,6	38,4	39,2	40	40,8	41,6	42,4	43,2	44	44,8	45,6	46,4
6.GRUP	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,8	1,1	1,5	1,9	2,3	3	3,4	4	4,6	5,1	5,3		
7.GRUP	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,9	1,2	1,8	2,3	2,7	3,3	3,7	4,2	5		
8.GRUP	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	1,1	1,4	1,9	2,2	2,8	3,3	3,7	4,3	4,7	5,4	5,9	6,5	7
9.GRUP	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,8	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,3	3,7	4,1	4,7	5,3	5,9	7,4
KONTROL-2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,8	1,1	1,4	1,8	2,2	2,6	3,2	3,6	4,1	4,1			

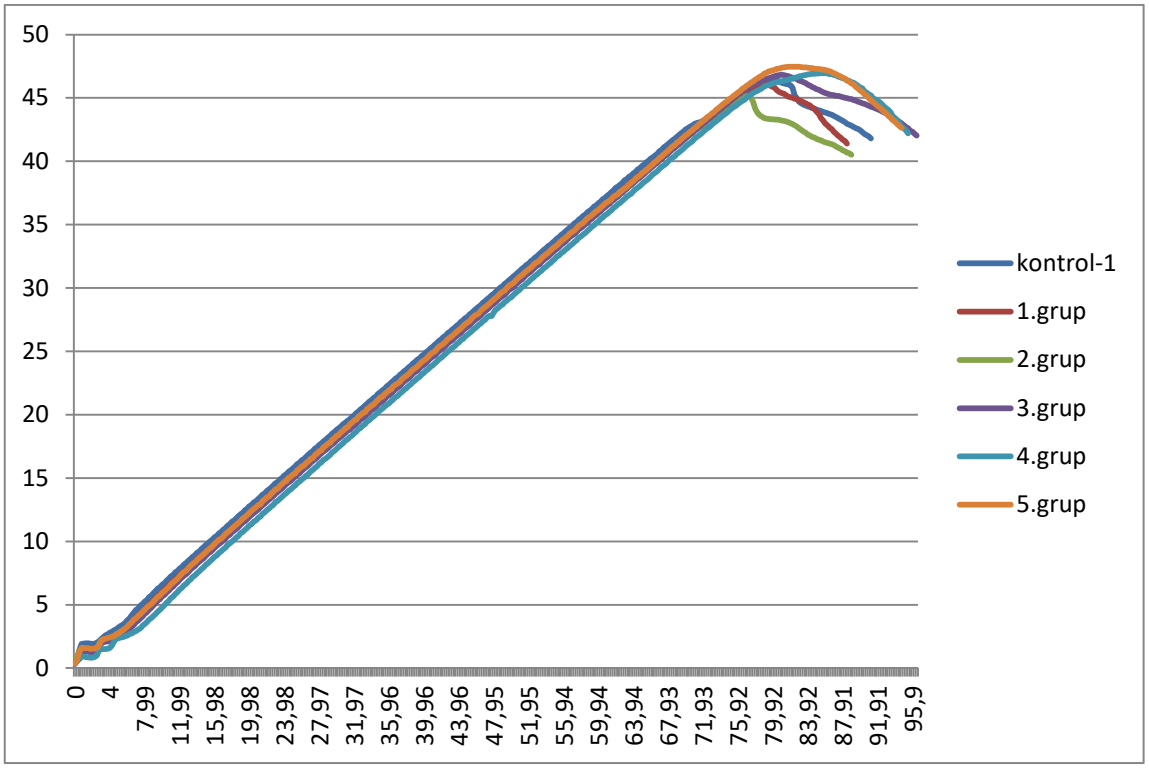
Şekil 4.37.(2.döküm) Lifli betonların zamana bağlı eğilme dayanımı



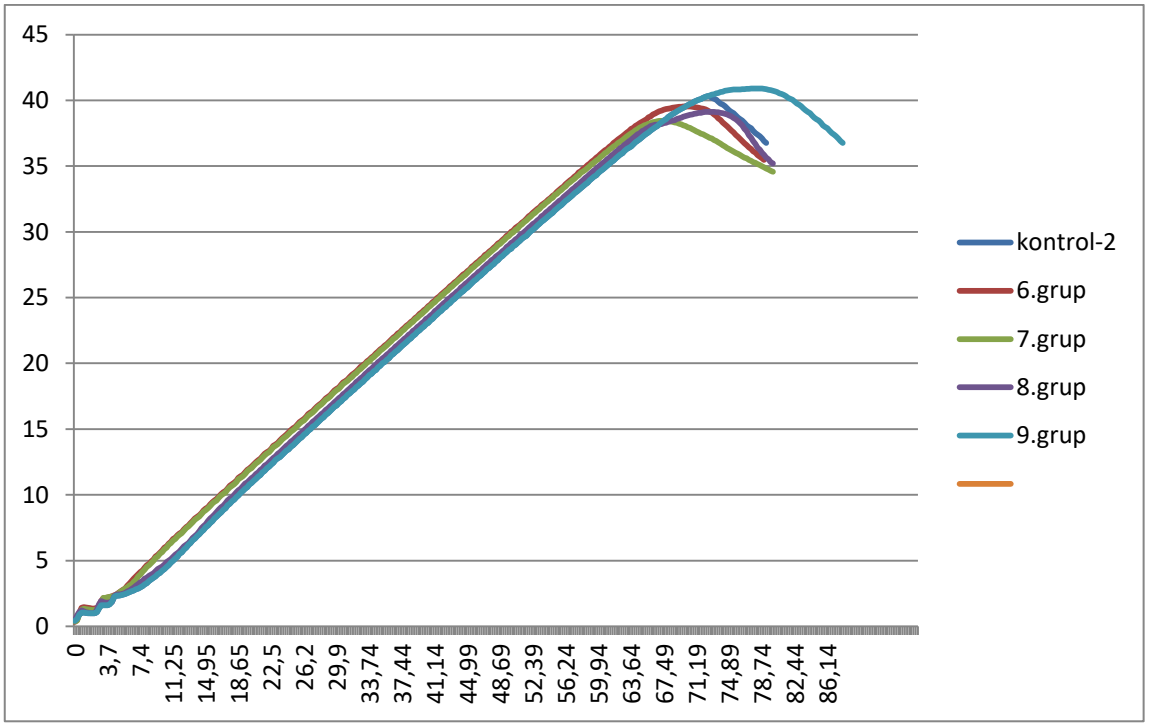
Şekil 4.38.Lifli küp betonların zamana bağlı basınç dayanımları



Şekil 4.39.Lifli ve kontrol betonlarının zamana bağlı basınç dayanımları



Şekil 4.40.(1. Döküm) Lifli ve kontrol betonunun zamana bağlı basınç dayanımları



Şekil 4.41.(2. Döküm) Lifli ve kontrol betonunun zamana bağlı basınç dayanımları

KAYNAKÇA

[1] A. Doğangün, «Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı,» %1 içinde *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*, İstanbul, Birsen, 2008, pp. 67-68.

[2] U. Alparslan, «Çelik Lif Uç Geometrisinin Beton Özelliklerine Etkisi,» İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2015.

[3] C. Kızılırmak, «Statik Ve Darbe Yükleri Altında Lifli Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi,» Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 2017.

[4] V. Berbergil, «Kendiliğinden Yerleşen Betonlarda Çelik Lif Kullanımının İşlenebilirliğe Etkisi,» İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı,Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.

[5] S. T. Yıldırım, «Lif Takviyeli Betonların Performans Özelliklerinin Araştırılması,» Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı,Doktora Tezi, Elazığ, 2002.

[6] İMO, «İnşaat Mühendisleri Odası web sitesi,» [Çevrimiçi]. Available: http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/787a9fe2ee4fff1_ek.pdf?tipi=84&turu=X&sube=0 .

[7] TS-EN-197-1, «Çimento- Bölüm 1: Genel çimentolar- Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri». Türkiye 11 03 2002.

[8] TS-10157, «Çimento - Sülfata dayanıklı çimento - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri». Türhiye 21 06 2007.

[9] TS-21, «Beyaz portland çimentosu - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri». Türkiye 21 06 2007.

[10] TS-706-EN-12620:2000, «Agregalar - Normal ve ağır agregalar özellikler ve uygunluk kriterleri». Türkiye 02 04 2003.

[11] TS-EN-13055-1:1997, «Hafif agregalar özellikler ve uygunluk kriterleri». Türkiye 16 04 2004.

[12] TS-EN-1008, «Beton-Karma suyu-Numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu

olarak uygunluğunun tayini kuralları». Türkiye 24 04 2003.

[13] A. Özcan, «Endüstriyel Atıklar ve Polipropilen Lif _çeren Saha Betonlarının Özelliklerinin Arastırılması,» Zonguldak Karaelmas Üniversitesi,Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Mühendislik Tezi, Zonguldak, 2006.

[14] Vikipedi-Özgür-Ansiklopedi, «Kerpiç hazırlaması,» 29 01 2017. [Çevrimiçi]. Available: http://tr.wikipedia.org/wiki/Kerpi%C3%A7.

[15] N. Değirmenci, «Endüstriyel Atıkların Kerpiç Stabilizasyonunda Kullanımı,» *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,* cilt 18, no. 3, pp. 505-515, 2005.

[16] M. Aral, «Karma Lif İçeren Çimento Esaslı Kompozitlerin Mekanik Davranışı-Bir Optimum Tasarımı,» İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Anabilim Dalı,Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.

[17] G. İpek, «Beton Büz Üretiminde Farklı Liflerin Kullanılabilirliliğinin Araştırılması,» Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı,Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2007.

[18] G. Kurt, «Lif İçeriği ve Su Çimento Oranının Fibrobetonun Mekanik Davranışa Etkileri,» İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.

[19] SerhanCoşar-OğuzhanUrhan-SarpErtürk-TamerSınmazçelik, «Malzemede Çatlak İlerlemesinin Görüntü İşleme Destekli Çekme Testi ile Değerlendirilmesi,» *Signal Processing and Communications Applications Conference,Proceedings of the IEEE 13th Volume,* 2005.

[20] O. Karahan, «Liflerle Güçlendirilmis Uçucu Küllü Betonların Özellikleri,» Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 2006.

[21] Atlas-Betonfiber-Website, «Elyaf Lifler,» Atlas1, [Çevrimiçi]. Available: http://atlas1.com.tr/p-p-elyaf.

[22] ASTM-1116-C, «Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete». 2015.

[23] F. Köksal, «Çelik Tel Donatılı Betonların Mekanik Davranışı ve Optimum Tasarımı,» İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 2004.

[24] ACI-Commitee-544, «Guide for Specifying, Mixing, Placing and Finishing Steel Fibre Reinforced Concrete, ACI Materials Journal». 1993.

[25] TS-10513, «Türk Standartları Enstitüsü, Beton Takviyesinde Kullanılan Çelik Teller». Ankara 1992.

[26] ASTM-A820, «Fiber Betonarme için Çelik Elyaf Standart Şartname».

[27] NecipKocatürk-M.AliTaşdemir-SevtapHaberveren-GirayAslan, «Özel Prefabrike Elemanların Ultra Yüksek Performanslı Betonlarla Üretimi,» *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 6. Ulusal Beton Kongresi-Yüksek Performanslı Betonlar,* cilt 16, no. 18, pp. 447- 457, 2005.

[28] TS-EN-14889-2, «Lifler - Betonda kullanım için - Bölüm 2: Polimer lifler - Tarifler, özellikler ve uygunluk». Türkiye 21 12 2006.

[29] O. Gençel, «Farklı Lif Tipi ve Miktarının Beton Özelliklerine Etkisi,» Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Afyon, 2006.

[30] HasbiYaprak-OsmanŞimşek-AydınÖneş, «Cam ve Çelik Liflerin Bazı Beton Özelliklerine Etkisi,» *Politeknik Dergisi,* cilt 7, no. 4, pp. 353-358, 2004.

[31] TS-10515, «Beton-Çelik Tel Takviyeli-Eğilme Mukavemeti Deney Metodu». Türkiye 1992.

[32] M. Yumlu, «Kerpiç Nedir,» 19 03 2018. [Çevrimiçi]. Available: https://www.muhendisbeyinler.net/kerpic-nedir/.

[33] Admin, «Kerpiç,» 08 11 2017. [Çevrimiçi]. Available: https://www.dekorasyoninsaat.com/464_464.htm.

[34] TS-EN-12390-5, «Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini». Türkiye 08 04 2002.

[35] FehmiÇivici-EnginGüngör, «Karma lifli betonların tokluk açısından değerlendirilmesi,» *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi,* cilt 7, no. 3, pp. 365-376, 2016.