



**T.C.  
KTO Karatay Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**POLİPROPİLEN LİFLERİN BETON VE DONATI ARASINDAKİ  
ADERANSA ETKİSİ**

**İsmail TONGARLAK**

**KONYA**

**ŞUBAT-2018**

# POLİPROPİLEN BETON VE DONATI ARASINDAKİ ADERANSA ETKİSİ

İsmail TONGARLAK

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

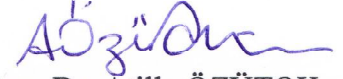
KONYA  
ŞUBAT 2018

Fen Bilimleri Enstitü Onayı



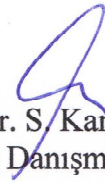
Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezli yüksek lisans tezinin yapılması gereken bütün gerekliliklerinin yerine getirdiğini onaylıyorum.



Doç. Dr. Atilla ÖZÜTOK  
Anabilim Dalı Başkanı

İsmail TONGARLAK tarafından hazırlanan POLİPROPİLEN LİFLERİN BETON VE DONATI ARASINDAKİ ADERANSA ETKİSİ başlıklı bu çalışma 14.02.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından tezli yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



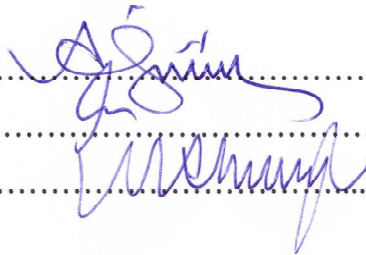
Yrd. Doç. Dr. S. Kamil AKIN  
Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Abdülkerim İLGÜN.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. S. Kamil AKIN.....

Üye: Yrd. Doç. Dr. M. Alpaslan KÖROĞLU.....

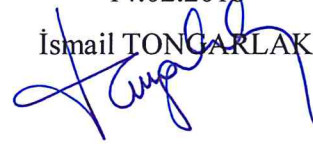


## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak ve kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

14.02.2018

İsmail TONGARLAK



## ÖZET

### POLİPROPİLEN LİFLERİN BETON VE DONATI ARASINDAKİ ADERANSA ETKİSİ

TONGARLAK, İsmail

Yüksek Lisans - İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. S. Kamil AKIN

Şubat 2018

Betondaki kırılmalar, çimento ve agrega yüzeyindeki süreksizliklerden kaynaklanır. Çimento ile agrega yüzeyini arasındaki gerilmelerden dolayı oluşabilecek mikro çatlaklar ve bu çatlakların büyümesi, beton karışımı sırasında katılacak liflerle engellenebilir. Lifler betonun süneklik başta olmak üzere mekanik özelliklerine katkıda bulunur. Dolayısıyla ani göçmelere engel olunmasına yardımcı olur.

Bu çalışmada ise, beton ile donatı arasındaki aderans davranışına polipropilen liflerin etkileri deneysel olarak incelenmiştir.

Deney için iki farklı beton karışımı belirlenmiştir. Hazırlanan betonlar, Polipropilen katılmadan ve hacimsel olarak %1, %0,50 ve %0,25 oranda Polipropilen katılarak imal edilmiştir. Bu karışımlar, içlerinde düşey olarak Ø10 donatının bulunduğu kaplara dökülmüştür. Betonların kürlenmeleri tamamlandıktan sonra hazırlanan düzenekler yardımıyla beton içerisindeki donatı çubuklarına çekme kuvveti uygulanarak, donatının beton içerisindeki sıyrılmaları gözlemlenmiştir. Deneyler neticesinde Polipropilenin donatı aderansını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Polipropilen, polipropilen ile güçlendirilmiş beton, aderans

## ABSTRACT

### POLYPROPYLENE FIBERS BETWEEN CONCRETE AND EQUIPMENT ADHERANCE EFFECT

TONGARLAK, İsmail

M. Sc. Civil Engineering

Ass. Prof. Dr. S.Kamil AKIN

February 2018

Cracks in concrete occur due to discontinuities in the surface of cement and aggregate. Micro cracks that may occur due to stresses between the cement and aggregate surfaces and the growth of these cracks can be prevented by the fibers to be added during the concrete mix. The fibers contribute to the mechanical properties of the concrete, especially ductility. It therefore helps to prevent sudden sinkages.

In this study, the effects of polypropylene fibers on the adherence behavior between concrete and reinforcement were investigated experimentally.

Two different concrete mixtures were determined for the test. The prepared concrete was manufactured by adding Polypropylene with 1%, 0,50% and 0,25% by volume without adding Polypropylene. These mixtures are poured into containers with Ø10 of vertical in them. After the curing of the concrete was completed, pulling force was applied to the reinforcement rods in the concrete with the aid of the prepared devices, and the rake of the fittings in the concrete was observed. As a result of the experiments, it was seen that Polypropylene adversely affected the adherence of the reinforcement.

**Keywords:** Polypropylene, Fiber Reinforced Concrete, adherence

## TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez programımın yürütülmesi esnasında, çalışmalarına yön vererek yardım ve bilgi konusunda bana her türlü desteği sağlayan danışman hocam, Sayın Yrd. Doç. Dr. S. Kamil AKIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Mehmet ORHAN ve Rıza ELVAN'a, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen Eşim Saliha TONGARLAK'a, Kızım Ceyda TONGARLAK'a ve laboratuvardaki çalışmalarında da destek olan oğlum Ahmet Cevdet TONGARLAK'a ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İsmail TONGARLAK  
Şubat-2018

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	v
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	4
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Betonlar	4
2.2. Lifli Beton	4
3. DENEYSEL ÇALIŞMA	7
3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler	7
3.1.1. Çimento	7
3.1.2. Agregalar	8
3.1.3. Yüksek Performanslı Süper Akışkanlaştırıcı	9
3.1.4. Polipropilen (PP) lifler	9
3.1.5. Karışım suyu	11
3.1.6. Çekme donatısı	11
3.2. Deneysel Çalışmanın Amacı ve İçeriği	12
3.3. Beton Karışımları ve Numune Kodları	12
3.4. Beton Numune kalıpları hazırlanması	13
3.5. Beton karışımlarının hazırlanması	15
3.6. Taze Beton deneyleri	16



3.7. Numunelerin saklanması	16
3.8. Sertleşmiş Beton Deneşleri	17
3.8.1. Çekip Çıkarma Deneyi	17
3.8.2. Çekip Çıkarma Deneyi Sonuçları	20
3.8.3. Basınç Deneyi Sonuçları	31
4. GENEL SONUÇLAR	33
KAYNAKLAR	34
ÖZGEÇMİŞ	36



## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1 Kullanılan çimentonun özellikleri	8
Çizelge 3.2 1 m <sup>3</sup> Beton karışımı için kullanılan agregaların özellikleri	8
Çizelge 3.3 Akışkanlaştırıcı kimyasal katkı malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	9
Çizelge 3.4 PP liflerin fiziksel ve mekanik özellikleri	11
Çizelge 3.5 Kullanılan çelik donatıların özellikleri	12
Çizelge 3.6 1 m <sup>3</sup> birinci karışım için beton bileşimleri (K1)	13
Çizelge 3.7 1 m <sup>3</sup> ikinci karışım için beton bileşimleri (K2)	13
Çizelge 3.8 Numune Sayıları	15
Çizelge 3.9 K1 ve K2 Numuneleri Silindir Basınç Dayanımları	32

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1 İdealize edilmiş kuvvet transfer mekanizması	3
Şekil 1.2 Nervürlü donatı ve beton arasındaki aderans ve yarıлма gerilmeleri	3
Şekil 3.1 BASF tarafından temin edilen PP lifler	10
Şekil 3.2 Donatı çubukları aderans boyu yerleşimi	14
Şekil 3.3 Numune kalıpları	14
Şekil 3.4 Hassas terazi	15
Şekil 3.5 Betonyerle beton karışım hazırlanması	15
Şekil 3.6 Slamp deneyleri	16
Şekil 3.7 Numunelerin Saklanması	17
Şekil 3.8 Çekme deneyi düzeneği	17
Şekil 3.9 Çekme deneyi düzeneği çalışma şekli	18
Şekil 3.10 Potansiyometrik cetvellerin ayarlanması	19
Şekil 3.11 Çekme Deneyinin Uygulanması	19
Şekil 3.12 Yükleme sırasındaki düzenek durumu	20
Şekil 3.13 Çekme uygulanmış numune	20
Şekil 3.14 K1 beton numunelerinin pull-out deneyindeki en büyük yük değerleri	29
Şekil 3.15 K2 beton numunelerinin pull-out deneyindeki en büyük yük değerleri	29
Şekil 3.16 K1 ve K2 numuneleri sıyrıлма maksimum yükleri (5 cm aderans)	30
Şekil 3.17 K1 ve K2 numuneleri sıyrıлма maksimum yükleri (10 cm aderans)	31
Şekil 3.18 K1 ve K2 numuneleri sıyrıлма maksimum yükleri (15 cm aderans)	31
Şekil 3.20 K1 ve K2 numuneleri Silindir Basınç dayanımları	32
Şekil 3.21 Örnek Basınç Deney Sonuçları	32

## KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
S/Ç	: Su / Çimento oranı
PP	: Polipropilen
MPa	: Mega Paskal
TS	: Türk Standartları
J/m <sup>2</sup>	: Joule/ metrekare
P	: Yük
Kg/m <sup>3</sup>	: Birim hacim ağırlık
Mm	: Milimetre
Cm	: Santimetre
°C	: Santigrat Derece
%	: Yüzde
Gr	: Gram
Kg	: Kilogram
N	: Newton
kN	: Kilo Newton
XPS	: Ekstrude Polistren malzeme

## 1. GİRİŞ

Düşük maliyeti, kolay bulunabilirliği ve işlenebilirliği sayesinde beton, günümüzde en çok tercih edilen yapı malzemesidir. Agregası, su ve çimentonun belirli oranlarda karıştırılmasıyla imal edilir.

Demirin çekme kuvvetlerini, betonun da basınç kuvvetlerini aldığı sistem olarak tanımlanan betonarme kullanılmaya başlandıktan sonra dünya genelinde en çok tercih edilen yapı malzemesi olarak kabul görmüş ve çeşitli katkılarla tüm teknik zorluklara karşı koyabilmiştir.

Donatı çubukları ile bu çubukların çevresini saran beton arasındaki gerilme aktarımı betonarmenin temel prensibidir. Bu aktarım, beton ve içerisindeki donatı çubuğunun yüzeyi arasındaki rölatif harekete veya kaymaya karşı direnç ile gerçekleşmektedir. Bu direnç aderans olarak tanımlanır.

Aderans olayı betonarmenin en önemli faydalı özelliklerinden biridir. Bu suretle iki malzemenin beraberce kullanılması ve birbirini tamamlaması mümkün olur. Donatıda meydana gelen gerilme azalması ve çoğalması komşu beton bölgelerine gerilme geçişiyle meydana gelir. Bu durum düz yüzeyli demir çubuklarda kayma gerilmelerinin doğrudan oluşmasıyla açıklanabilir. Nervürlü çubuklarda ise geçişin nervür etrafında oluşan karmaşık bir gerilme durumunun bileşkesi olarak ortaya çıkan kayma gerilmeleri tarafından sağlandığı kabul edilebilir. Her iki durumda da ortaya çıkan kayma gerilmeleri aderans gerilmeleri olarak da isimlendirilir.

Genellikle aderansın çubuk düz yüzü ile çimento harcı arasındaki kimyasal yapışma sonucu ortaya çıktığı düşünülürse de, düşük zorlamalar bile bu yapışmayı çözer ve çubuk sıyrılır. Bu tür sıyrılmanın başlamasıyla sürtünme ve kayma etkisi ile oluşan aderans başlar. Sürtünmeden ortaya çıkan aderans donatı çubuğunun pürüzlülüğüne bağlıdır. Dikkatli incelendiğinde düz yüzeyli çubukta da pürüzlülüğün bulunduğu görülür. Donatının paslanmaya başlamasıyla pürüzlülükle beton ile çelik arasındaki aderans artar. Ancak pasın bir tabaka oluşturması, donatının bu tabakadan sıyrılmasını kolaylaştırarak, aderansın kolayca çözülmesine sebep olur [1].

Çelik ile beton arasındaki bağı aşağıda belirtilen üç ana sebepten ileri geldiği genellikle kabul edilmektedir.

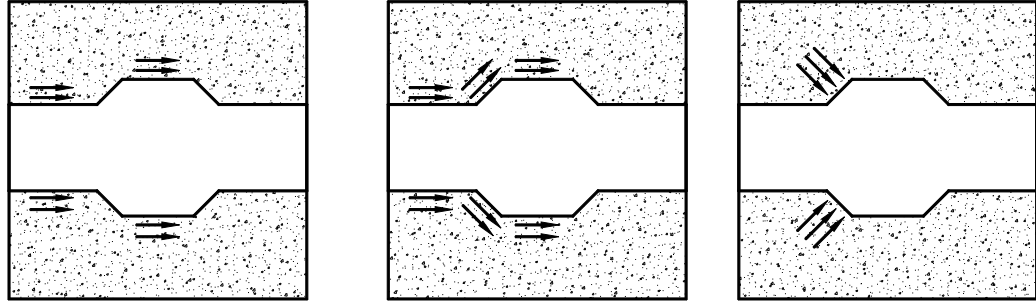
Çelik ve beton arasında yapışmaya sebep olan molekül ve kapiler bağ kuvvetleri: Bu yapışma çok düşük değerli olup, zayıf zorlamalar altında, çelik ve betonun birbirine göre pek küçük yer değiştirmeleri sonunda kopar. O kadar ki, bazı araştırmacılar bu bağı ihmal edilmesi gerektiği kanısındadırlar.

Çubukların düz denilen yüzeyinde, yeni imal edilmiş olsalar bile, var olan pürüzlerin betona tutunmasından ileri gelen sürtünme kuvvetleri: Sürtünme kuvvetleri molekül kuvvetlerden çok daha önemlidir. Düz yuvarlak çeliklerin aderansının hemen tamamı ikinci olarak ele alınan bu sürtünme kuvvetlerinden ileri gelmektedir.

Çubuk yüzündeki betonun makaslama ve basınç mukavemetlerini de olaya karıştıran, helisel, tek veya çok sayıda, sürekli veya süreksiz nervürlerden ve enine çıkıntılardan ileri gelen mekanik dış kuvvetleri: Bu neden aderansı geliştirilmiş çubuklarda ortaya çıkar. Seçilen yüzey biçimlerinin uygun olması halinde aderans önemli ölçüde artar.

Düz yüzeyli çubuklarda aderans, yapışma ve sürtünmeyle olmaktadır. Nervürlü çubuklarda ise aderans ve sürtünme nedeni etkisi ihmal edilebilecek kadar azdır. Nervürlü çubukta aderansın en önemli sebebi mekanik dış kuvvetlerdir [2].

Aderans mekanizması, üç farklı mekanizmanın sonucu olarak dikkate alınır: Şekil 1.1'de gösterildiği gibi; kimyasal adezyon, sürtünme direnci ve donatı çubuklarının çıkıntıları ve beton arasındaki mekanik kenetlenme. Ancak mekanik kenetlenme mekanizmanın dikkate alındığı seviyeye bağlı olarak sürtünme şeklinde değerlendirilebilir. Kimyasal adezyondan kaynaklanan aderans direnci küçüktür; donatı ile beton arasındaki kayma başladığında etkisini hemen kaybeder [3].



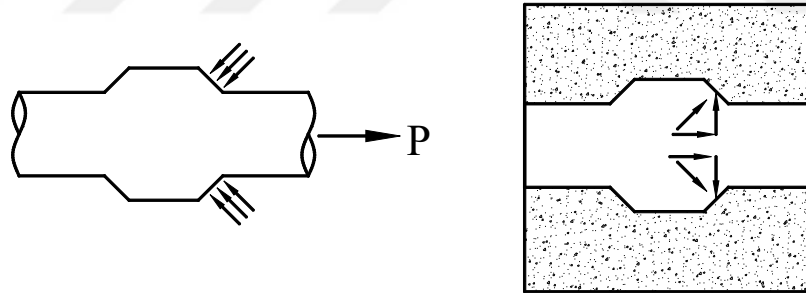
a) Kimyasal Adezyon

b) Sürtünme

c) Taşıma

Şekil 1.1 İdealize edilmiş kuvvet transfer mekanizması

Ancak, donatı çubuk çıkıntılarının taşıma etkisinden kaynaklanan eğik kuvvetler, donatı ile beton arasındaki kuvvetlerin transferinin devamını mümkün kılmaktadır. Bu durum, Şekil 2.1’de gösterilen, aderans etkisinin betonda dışa doğru yayılan eğik kuvvetleri oluşturduğunu gösterir. Eğik gerilme çoğunlukla aderans gerilmesi ve normal veya yarma gerilmesi olarak iki bileşene ayrılır.



a) Donatıdaki gerilme

b) Betondaki gerilme ve bileşenleri

Şekil 1.2 Nervürlü donatı ve beton arasındaki aderans ve yarıma gerilmeleri

Betonda ilave malzemeler kullanılarak basınç dayanımından küçük olan çekme ve eğilme dayanımındaki olumsuzluklar giderilebilmektedir. Lif takviyesi ile beton gevreklikten uzaklaşmakta, eğilme ve çekme yükleri altında daha iyi davranış sergilemektedir. Lifli beton; normal beton içerisine narinliği yüksek olan (boyuna uzunluğunun çapına oranı) ve beton içerisine üç boyutlu olacak şekilde rastgele ya da yönelmiş şekilde karbon, çelik, aramid, Polipropilen (PP) vb. katılması ile elde edilen beton çeşididir [4].

Betonda lif kullanımı, betonun süneklik gibi bir özelliğinin iyileştirmesinin yanında, yangın, aşınma, donma ve çözülme gibi birçok özelliğine de olumlu etkide bulunur.

### 1.1. Tezin Amacı

Yapılan bu çalışmada betonun eğilme ve çekme dayanımına olumlu katkısı olan PP liflerin betonarmeyi oluşturan donatı çubuklarıyla betonun arasındaki aderansa etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Betonlar

Normal betonlar, basınç dayanımları 20 MPa ila 60 MPa, kırılma enerjileri 100 J/m<sup>2</sup> ila 120 J/m<sup>2</sup> civarında olan, agrega, çimento, su ve gerektiğinde katkı maddesi kullanılarak üretilen ekonomik malzemelerdir [5].

Yapı mühendisliğinde beton sık olarak kullanılan kompozit bir malzemedir. Agregalar rastgele dağıldıklarından dolayı, oldukça heterojen ve gözenekli bir yapıya sahiptir. İy yapının heterojenliği iç şekil değiştirmelerin dağınık şekilde olmasına sebep olur ve kırılma süreci süresiz olur. Betonda en zayıf yer çimento harcı ile agrega ara yüzeyi arasındaki bölgedir. Beton içinde ara yüzeyinde bulunan kısmi mikro çatlaklar büyük çatlaklara sebep olacak potansiyel çatlak uçlarını belirler. Betonun gevrek özelliğinin geliştirilmesi için değişik güçlendirilmelere ihtiyaç vardır. Günümüzde rastgele dağınık liflerin betona katılmasıyla bu özellik geliştirilmektedir [4, 6, 18, 19, 20].

### 2.2. Lifli Beton

Geleneksel beton içerisine narinliği (boyuna uzunluğunun çapına oranı [ $l/d > 10$ ]) yüksek olan ve beton içerisine üç boyutlu olacak şekilde rastgele ya da yönelmiş şekilde karbon, çelik, aramid, PP vb. katılması ile elde edilen beton çeşididir.

Lifli betonun kullanım alanları, lifsi malzemenin yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çelik lifler çoğunlukla; endüstriyel tesislerin zeminlerinde ve otoyol döşemelerinde, köprü ayaklarında, kazıklı zeminlerde, havaalanı pistlerinde, patlama



tehlikesi olan binalarda, kavitasyon yükü olan hidrolik inşaatlarda, tünel ve galeri inşaatlarında kullanılırlar.

PP liflerin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Bu lifler daha çok, beton yollarda, üst yapılarda, endüstriyel döşemelerde, püskürtme beton uygulamalarında, havaalanlarında, yangına dayanıklı beton yapılarda, beton borularda ve askeri güvenlik yapılarında kullanılmaktadır.

Cam lif katkılı betonlar ise hafifliklerinden ve iyi işlenebildiklerinden dolayı bina cephesi, çatı kaplaması, tribün elemanları, boru ve ses izolasyonlu duvar yapımında yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [7].

Beton içerisinde yaygın olarak kullanılan lifler; çelik, PP, karbon ve alkali dirençli cam liflerdir. Lifli betonlarda, bütün lif çeşitlerinde sağlanması gereken en önemli özellik liflerin beton içerisinde homojen olarak dağılması ve bu dağılımın beton karıştırıldıktan sonra da bozulmamasıdır. Ünitiform bir şekilde dağılan lifler, beton içerisinde oluşan çatlakları önlediği ve çatlakların beton içerisinde ilerlemesini engelleyerek betonu daha dayanıklı hale getirdiği bilinmektedir. Bu özelliğinden dolayı lifli betonun özellikle çekme ve eğilme dayanımını artıran faktörler darbe etkisine karşı dayanımını da artırır.

Bu nedenle betonarme kazık, yol ve hava alanları, su boruları, genel olarak büyük fabrika inşaatlarının döşeme betonlarında ve prefabrik yapı elemanları üretiminde lifli betonların tercih edilmeleri halinde daha iyi sonuçlar alınacağı bilinmektedir [8].

Uygulama Alanları:

- Yol döşemelerinde
- Kolon- kiriş birleşim bölgelerinde
- Büyük Sıcaklık Farklarına Maruz Kalan Yapılarda
- Hidrolik Yapılarda
- Beton, Betonarme Borular ve Altyapı Malzemeleri
- Fabrika Depo ve Hangar Döşemelerinde
- Havaalanı Kaplamalarında

- Liman Kaplamalarında
- Püskürtme Beton (Shotcrete) Uygulamalarında
- İnce Kabuk Yapılarda
- Endüstri Yapılarında
- Şev Stabilizesinin Sağlanmasında
- Çok Yüksek Mukavemetli Betonlarda
- Patlamaya Karşı Dayanıklı Yapılarda

Çelik liflerin betonda kullanılmasının başlıca altı yararı vardır:

- Yüksek taşıma kapasitesine sahip sünek beton
- Donatı korozyonunun oluşmadığı düzgün beton yüzeyinin elde edilmesi
- Etkin çatlak kontrolü
- Dayanıklılık
- Donatı işçiliğinde belirgin azalmalardır
- Beton gibi çimento bileşenli kompozitlerin yarı gevrek davranışı çeşitli özelliklerde lifler kullanılarak sünek davranışa doğru geliştirilebilir

(Akkaş, Alpaslan, Başıyigit, & Arabacı, 2010) tarafından yapılan deneysel çalışmada normal dayanımlı beton ile aynı karışıma çimento ağırlığının % 6 oranında polimer ilave edilerek polipropilen lifli yarı hafif beton numuneler üretilmiştir. Numuneler basınç dayanımı deneyi yapılarak 7 ile 28 günlük dayanımları tespit edilmiştir. Yük altında lifli numunelerin çatlaklar oluşmasına rağmen yük taşıdığı gözlenmiştir.

(Karahana, 2006) betona uçucu kül, PP ve çelik lif katılması sonucu numunelerin bazı özellikleri araştırmak istemiştir. Numunelere 19 mm uzunluğunda, hacimce % 0,05 - % 0,1 - % 0,2 oranlarında PP lif ilave edilmiştir. Basınç dayanımında PP liflerin pek etki etmediği çelik liflerin ise basınç dayanımını artırdığı gözlenmiştir. PP betona süneklik kazandırdığı belirtilmiştir.

(Tokyay, Ramyar, & Turanlı, 1991) tarafından yapılan çalışmada PP lifli ve çelik lifli betonların basınç ve eğilme yükleri altındaki davranışları incelenmiştir. S/Ç oranı 0,25 ve PP lif 1 kg/m<sup>3</sup> ve hacimce % 1,5 oranında çelik lif kullanılmıştır. Çalışma sonucunda her iki lif tipinin de çekme dayanımını artırdığını, basınç değerlerinde ise

PP lifli numunelerin çok az oranda azalmakla beraber kontrol numunelerine çok yakın değerler de olduğu tespit edilmiştir.

(Sümer & Sarıbyık, 2013) Silis dumanı ve polipropilen lif kullanımı katkı içeriğine bağlı olarak şahit numunelerine nazaran basınç dayanımında %23 ile %44 arasında artış sağlamıştır. %10 silis dumanına % 0,1 ve %0,5 oranında katılan polipropilen lifler basınç dayanımını arttırmış fakat %1 polipropilen lif oranında artan lif hacimleri ile beton basınç dayanımını azaltma eğiliminde olduğu görülmüştür.

(Song, Hwang, & Sheu, 2005) yaptıkları çalışmada betona PP lif ilave edip özelliklerini incelemişlerdir. Bir m<sup>3</sup> te 600 g olacak şekilde PP lifi kullanmışlardır. Bu ekleme sonucunda basınç, darbe, yarmada çekme dayanımının arttığı, çökme değerinin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

(Bahadır, 2010) yaptığı çalışmada PP liflerin betonun mekanik özelliklerine etkisini araştırmıştır. S/Ç olarak 0/4 - 0/5 - 0/6 olmak üzere üç farklı oran kullanılmıştır. Karışımlara 0,9 - 1,8 kg/m<sup>3</sup> oranlarında PP lif eklenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda PP liflerin betonun çekme dayanımını önemli ölçüde arttırdığı, beton boşluk oranını azalttığı ve betonun dayanıklılığına katkıda bulunduğu belirlenmiştir.

### **3. DENEYSEL ÇALIŞMA**

Bu bölümde deney için kullanılan agrega, çimento, su, katkı malzemesi, donatı ve PP malzemelerinin özellikleri, deney düzenek bilgileri ile yapılan beton ve aderans deneyleri verilmektedir.

#### **3.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler**

##### **3.1.1. Çimento**

Çimento, bileşenleri kalker ve kil olan mineral parçalarını (kum, çakıl, tuğla, briket vb.) yapıştırıcıda kullanılan bir malzemedir. Çimentonun yapıştırıcı özelliğini yerine getirebilmesi için suya ihtiyaç vardır. Çimento, su ile reaksiyona girerek sertleşen bir bağlayıcıdır. Çimento birçok beton karışımında hacimce en küçük yeri işgal eden bileşendir; ancak beton bileşenleri içinde en önemlisidir [15].

Numunelerde kullanılan çimento 42,5 R olup, fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmektedir.

Çizelge 3.1 Kullanılan çimentonun özellikleri

Fiziksel Özellikler	
Özgül Yüzeý(Blaine)	3718 cm <sup>2</sup> /g
Özgül Ağırlık	3,15 g/ cm <sup>3</sup>
Priz başlangıcı	167 dakika
Priz sonu	213 dakika
Mekanik Özellikler	
Basınç dayanımı (2.gün)	27,9 MPa
Basınç dayanımı (28.gün)	58,9 MPa
Kimyasal Özellikler	
Cl-	% 0,0082
SO <sub>3</sub>	% 2,57
Çözünmeyen kalıntı	% 0,78
Kızdırma kaybı	% 1,45

### 3.1.2. Agregalar

Üretilen karışımlarda kum, Kırma Taş-I ve Kırma Taş - II olmak üzere 3 tip agrega kullanılmıştır. Beton bileşimlerinde agrega granülometrisi sabit tutulmuştur. Agregaların fiziksel özellikleri Çizelge 3.2’te verilmiştir.

Çizelge 3.2 1 m<sup>3</sup> Beton karışımı için kullanılan agregaların özellikleri

Agregalar	Özgül ağırlık (g/ cm <sup>3</sup> )	Kullanılan Miktar (kg)	Karışım oranları (%)	Su emme yüzdesi (%)
0/4 mm agrega	2,64	1217	61,75	1,6
4/11 mm Kırma taş-I agrega	2,77	278	14,10	0,8
11/22 mm Kırma taş-II agrega	2,71	476	24,15	0,8

### 3.1.3. Yüksek Performanslı Süper Akışkanlaştırıcı

Taze beton hızlı bir şekilde priz alıp sertleştiği için hazırlandıktan sonra kısa süre içinde kullanılacağı yere nakli ve işlenmesi gerekmektedir. Taze betonun işlenebilirliğinin artırabilmesi için akışkanlaştırıcılar kullanılır.

Süper akışkanlaştırıcılar, ayrışma riski olmaksızın betonun işlenebilmesini artırır ve daha kolay yerleşmesini sağlar, vibrasyon süresini kısaltır. Buhar kürü ihtiyacını oldukça azaltır, ekonomi sağlarlar. Su miktarını %20'nin üzerinde azaltır. Azaltılmış su içeriği ve düşük geçirimsizlik sayesinde betonun dona ve suya karşı direncini artırır.

Yüksek performanslı süper akışkanlaştırıcılar, erken yüksek dayanımlı ve yoğun, düzgün yüzeyli beton üretiminde, prefabrike ve öngerme elemanların üretiminde ve buhar kürü süresinin azaltılmasında, kalıbın erken alınması gereken beton uygulamalarında, soğuk ve serin hava koşullarındaki beton dökümlerinde, erken yük taşınması istenen döşeme, kolon, kiriş, köprü, perde betonlarında kullanılır.

Numunelerin üretiminde kullanılan akışkanlaştırıcı kimyasal malzemesi Sikament-300 olup, fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.3'te verilmiştir [16].

Çizelge 3.3 Akışkanlaştırıcı kimyasal katkı malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Özgül ağırlık	Klorür iyon İçeriği	Alkali İçeriği
Süper akışkanlaştırıcı	1,21-1,25 kg/l	0,1 %	En fazla 6 %

### 3.1.4. Polipropilen (PP) lifler

Beton, basınç kuvvetine karşı mukavim, çekme kuvvetine karşı ise zayıf ve kırılğan bir malzemedir. Bu sebeple, plastik dönemde ve priz aldıktan sonraki uzun dönemde, çatlamaya eğilimi vardır.

Erken dönem çatlakları, beton priz alırken ilk 24 saat geçtikten sonra oluşan mikroskobik kılcal çatlaklardır. Uzun dönem çatlakları ise, beton döküldükten çok uzun süre sonra oluşan, içindeki suyun buharlaşması ile büzülme sonucu oluşan çatlaklardır. Oluşan bu çatlaklar betonun genel performansını düşürür ve sağlaması gereken teknik değerlere ulaşamaması sonucunu ortaya çıkarır.

Bütün bu çatlamları engellemenin bir yolu olarak betonda PP lifler kullanılmaktadır. PP lifler herhangi bir olefin ya da poliamid katkı ilave edilmeksizin üretilen bir mühendislik ürünüdür. PP lifler ile mükemmel bir mikro donatı sistemine ulaşmak olur. Bu çalışmada kullanılan lifler Şekil 3.1’de gösterilen BASF firmasından temin edilen PP lifler kullanılmıştır.



Şekil 3.1 BASF tarafından temin edilen PP lifler

PP liflerin atası insanlık tarihinin başlangıcına dayanır. Mikro donatı olarak ilk saman ve hayvan kılları kullanılmıştır. %100 PP esaslı PP elyafları ilk olarak 1960’larda betonda kullanılmıştır. Beton ve çimento esaslı sıvaların kalitesini artırmak için kullanılan uzun ömürlü, çürümeyen bir malzemedir. Beton içinde homojen dağıldığı için çimento harcı için mikro donatı olur. Bu sayede betonun darbelere karşı dayanımını artırır. Aynı zamanda betonun dağılmasına engel olarak olası depremde hasarı ve çökme riskini azaltır.

PP lifler, betonun erken yaşlardaki rötre ve büzülme çatlaklarını önemli ölçüde azaltır. Mikro çatlakların oluşmasına engel olduğu için betonun su geçirgenliğini azaltarak betonun donma ve çözünmeye karşı dayanımını arttırıp, donatının korozyonunu geciktirmeye yardımcı olmaktadır.

Karışımlarda kullanılan PP liflerin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4 PP liflerin fiziksel ve mekanik özellikleri

	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	Gerilme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Elastisite Modülü (GPa)	Nihai Uzama (%)	Ergime Sıcaklığı (°C)	Nem alma
Polipropilen	0,91	500-760	3,5-4,9	25	160	% 70

### 3.1.5. Karışım suyu

Betonun bir diğer bileşeni de sudur. Beton üretiminde kullanılan karışım suyunun iki önemli işlevi olduğu söylenebilir. İlki, kuru haldeki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir bir kütle haline getirmektir. İkincisi ise, çimento ile kimyasal reaksiyon yaparak plastik kütlenin sertleşmesini sağlamaktır.

Betonun kıvamı, metreküpe giren su miktarına bağlıdır ve beton reçetesi hazırlanırken su miktarı girilmektedir. Beton mukavemeti S/Ç oranına da bağlıdır. Betona gereğinden fazla katılan su, S/Ç oranını artırarak betonun dayanımını düşürmektedir. Aynı zamanda, betonun bünyesinde çimento ile reaksiyona girmeyen fazla suyun bıraktığı boşluklar yalnız dayanımı düşürmekle kalmayıp, su içinde bulunan klor, sülfat vb. zararlı etkenler beton ve donatıya zarar verebilmektedir. 1 m<sup>3</sup> betona yaklaşık 170-190 litre arasında su verilmektedir [17].

Deneylerde kullanılan karışım suyu, içilebilir olan Karatay Üniversitesi şebekesinden alınan sudur.

### 3.1.6. Çekme donatısı

Deneylerde uzunluğu 110 cm olan Ø 10 çapında nervürlü çelik çubuklar kullanılmıştır. Mekanik özellikleri Çizelge 3.5'te verilmiştir [21].

Çizelge 3.5 Kullanılan çelik donatıların özellikleri

<u>S420 (Nervürlü) çeliğinin özellikleri</u>	
Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	500
Akma Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	420
Min. Kopma Uzaması (%)	10

<u>Ø10 çelik çubuğunun özellikleri</u>	
Çap (mm)	10
Alan (cm <sup>2</sup> )	0,785
Birim Ağırlık (kg/m)	0,617
Hacim (m <sup>3</sup> )	0,098

### 3.2. Deneysel Çalışmanın Amacı ve İçeriği

Bu tez çalışmasında S/Ç oranı aynı betonlara eklenen PP liflerin, donatı çubuklarının beton ile aderansına etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Numuneler hazırlandıktan sonra her beton grubu için basınç deneyi ve beton numunelerinin içerisine konan çubukların çekip çıkarma deneyleri yapılmıştır.

### 3.3. Beton Karışımları ve Numune Kodları

Yapılan deneyde iki farklı beton karışımı hazırlanmıştır. Her karışım için ayrı ayrı olmak üzere hacimsel olarak % 0,25, % 0,5 ve % 1 oranında PP lif eklenmiştir. Örnek olarak bir m<sup>3</sup> karışım için hacim olarak % 0,25 lif bulunan karışım için 2,275 kg PP lif bulunmaktadır.

Hazırlanan iki farklı karışım için numune kodlaması yapılırken birinci karışım K1, ikinci karışım K2 ile gösterilmiştir. Lif içeriklerine göre kodlama yapılırken ise içerdiği yüzde oranına göre; %0,25 için “PP25”, %0,50 için “PP50” ve %1 için ise “PP100” ifadeleri kullanılmıştır. Örnek olarak % 0,25 PP katılan birinci karışım için K1PP25 ismi kullanılmıştır. PP katılmayan numuneler ise K1PP00 ve K2PP00 olarak adlandırılmıştır. Numune karışım kodları ve içerikleri Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7’de verilmiştir.



Çizelge 3.6 1 m<sup>3</sup> birinci karışım için beton bileşimleri (K1)

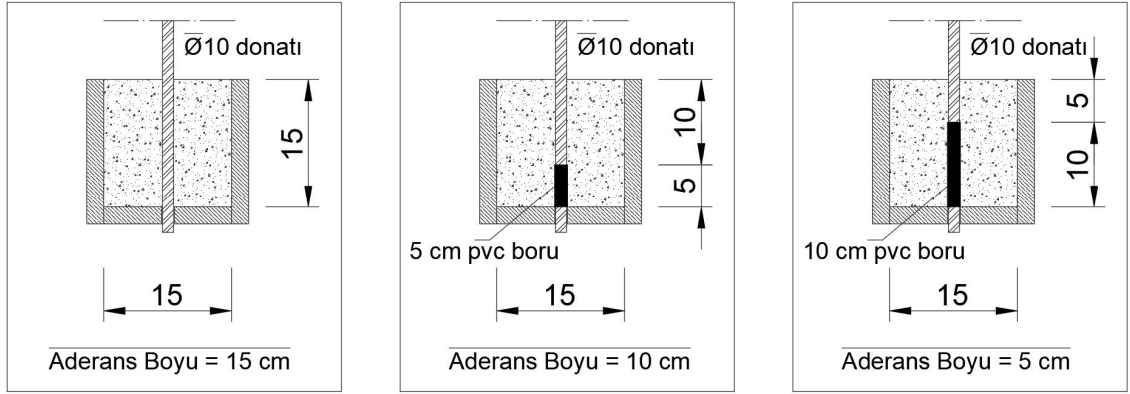
Kullanılan Malzeme	Birim	K1PP25	K1PP50	K1PP100	K1PP00
Çimento	(kg/m <sup>3</sup> )	250	250	250	280
Su	(kg/m <sup>3</sup> )	175	175	175	175
0/4 mm agrega	(kg/m <sup>3</sup> )	1217	1217	1217	1200
4/11 mm agrega	(kg/m <sup>3</sup> )	278	278	278	256
11/22 mm agrega	(kg/m <sup>3</sup> )	476	476	476	491
PP Lif	(kg/m <sup>3</sup> )	2,275	4,55	9,1	
Süper akışkanlaştırıcı	(kg/m <sup>3</sup> )	0,175	0,175	0,175	0,196
Su / Çimento (%)		0,70	0,70	0,70	0,63

Çizelge 3.7 1 m<sup>3</sup> ikinci karışım için beton bileşimleri (K2)

Kullanılan Malzeme	Birim	K2PP25	K2PP50	K2PP100	K2PP00
Çimento	(kg/m <sup>3</sup> )	280	280	280	280
Su	(kg/m <sup>3</sup> )	175	175	175	175
0/4 mm agrega	(kg/m <sup>3</sup> )	1200	1200	1200	1200
4/11 mm agrega	(kg/m <sup>3</sup> )	256	256	256	256
11/22 mm agrega	(kg/m <sup>3</sup> )	491	491	491	491
PP Lif	(kg/m <sup>3</sup> )	2,275	4,55	9,1	
Süper akışkanlaştırıcı	(kg/m <sup>3</sup> )	0,196	0,196	0,196	0,196
Su / Çimento (%)		0,63	0,63	0,63	0,63

### 3.4. Beton Numune kalıpları hazırlanması

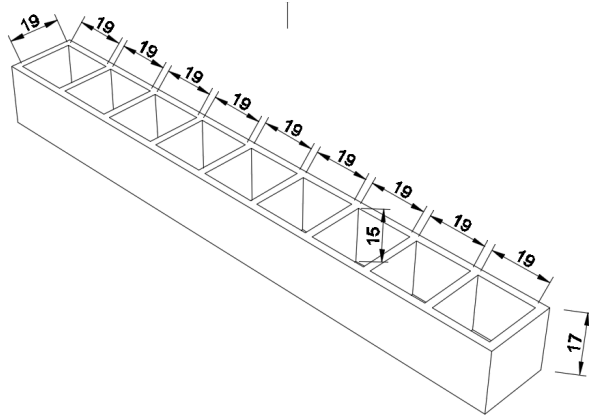
Deneyimizin amacı donatı çelikleri ve beton arasındaki aderans etkilerinin incelenmesi için içerisine donatı çubuklarının yerleştirilebileceği boyutları 15x15x15 cm olacak beton numuneleri oluşturacak şekilde kalıplar hazırlandı. Farklı aderans uzunluklarında davranışların incelenebilmesi için Şekil 3.2'deki gibi donatı çubukların betonla temas yüzeyleri, plastik elektrik boruları yardımıyla 5 cm, 10 cm ve 15 cm olacak şekilde bir düzenek hazırlanmıştır.



Şekil 3.2 Donatı çubukları aderans boyu yerleşimi

Hazırlanacak numunelerin içerisine donatı çeliği yerleştirilebilmesi için Şekil 3.3'deki gibi plywood malzemeden dokuz numunelik kalıplar hazırlanmıştır.

Numunelerin kalıplardan hasarsız çıkabilmesi için XPS köpük konmuştur. Bu köpüklerin kalınlıkları da hesaplanarak hazneler en : boy : yükseklik / 19 : 19 : 15 cm olacak şekilde yapılmıştır. Oluşturulan bu haznelerin tabanlarına donatının geçebileceği çapta delikler açılmıştır. Oluşturulan bu dokuz hazneden 3 tanesi 5 cm, 3 tanesi 10 cm ve 3 tanesi de 15 cm aderans sağlayacak şekilde donatılara 5 cm ve 10 cm boyunda plastik borular takılıp, beton dökümüne hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.3 Numune kalıpları

Çizelge 3.8 Numune Sayıları

Aderans Boy	PP Yüzdesi							
	K1				K2			
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	Boş	% 0.25	% 0.50	% 1.00	Boş
5 cm	3	3	3	3	3	3	3	3
10 cm	3	3	3	3	3	3	3	3
15 cm	3	3	3	3	3	3	3	3
Basınç için	3	3	3	3	3	3	3	3
TOPLAM	96 adet							

Her numune grubundan Çizelge 3.8’ de gösterilen üçer tane olmak üzere toplamda 96 adet numune hazırlanmıştır. Ayrıca basınç dayanımı ölçümü için her numune için standart 150 mm çapında, 300 mm yüksekliğinde silindir numuneler üretilmiştir.

### 3.5. Beton karışımlarının hazırlanması

Beton karışımları Çizelge 3.6 ve

Çizelge 3.7’deki miktarlar Şekil 3.4’ deki hassas dijital terazi kullanılarak tartılmış ve Şekil 3.5’teki betonyer yardımıyla beton karışımları hazırlanmıştır.



Şekil 3.4 Hassas terazi



Şekil 3.5 Betonyerle beton karışım hazırlanması

### 3.6. Taze Beton deneyleri

Taze beton hazırlandıktan sonra işlenebilme durumu ve kıvamı hakkında bilgi sahibi olabilmek için Şekil 3.6'te görüldüğü gibi slump deneyleri uygulanmıştır. Slamp deneyi; hazırlanan beton karışımının çökme konisi içerisinde üç seferde özel şiş vasıtasıyla sıkışması sağlanarak yerleştirildi. Daha sonra koni düzleme dik olarak yukarı kaldırıldı ve beton kendi ağırlığıyla yayılması gözlemlendi. Yayılma tamamlandıktan sonra koninin ilk konumu dikkate alınarak aradaki yükseklik farkı ölçüldü. Çökme miktarı TS EN 12350-2'ye göre belirlenmiştir.



Şekil 3.6 Slamp deneyleri

Numune Kodları	Çökme (cm)	Yayılma (cm)
K1PP25	17	34
K1PP50	15	31
K1PP100	13	24
K1PP00	21	31
K2PP25	19	37
K2PP50	9	25
K2PP100	5	23
K2PP00	20	29

### 3.7. Numunelerin saklanması

Hazırlanan beton gerekli miktarda vibratör kullanılarak dokuzlu kalıplara dökülmüştür. Ayrıca hazırlanan beton karışımlarının basınç deneylerinin yapılabilmesi amacıyla hazır küp ve silindir numune kalıplarına da karışımlar doldurulmuştur.



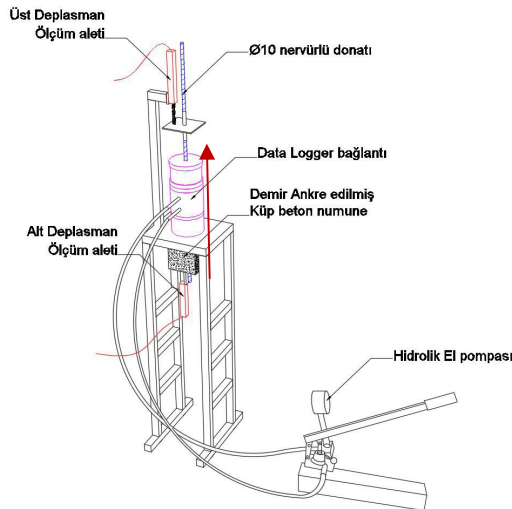
Şekil 3.7 Numunelerin Saklanması

Numuneler kalıplara yerleştirildiği günü izleyen gün kalıptan çıkarılıp ve deney yapılacak güne kadar Şekil 3.7'deki gibi sıcaklık kontrollü ve sirkülasyonlu kür havuzlarında beklemeye alındı. En az 28 gün bekletilen numuneler havuzdan çıkartıldı ve deneylere geçildi.

### 3.8. Sertleşmiş Beton Deneyleri

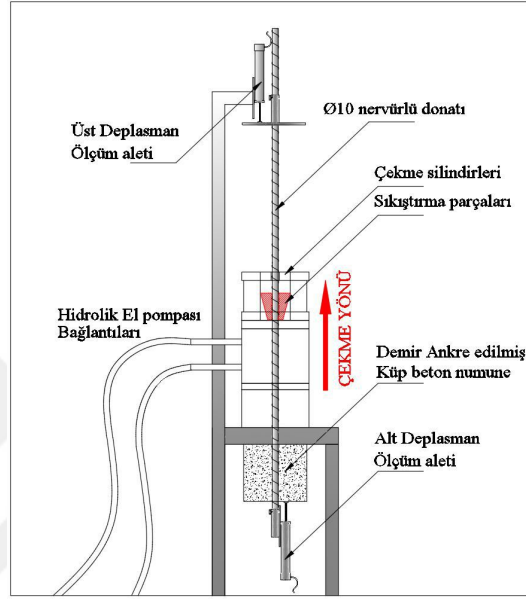
#### 3.8.1. Çekip Çıkarma Deneyi

İçerisinde donatı olan 15x15x15 cm boyutlarındaki değişen karışım oranlarında imal edilen numunelerin içerisindeki donatı çubuğu, Şekil 3.8'deki düzenek yardımıyla yukarı yönlü çekme işlemine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.8 Çekme deneyi düzeneği

Çekip çıkarma deneyi için ortası boşluklu hidrolik silindir imal edilmiştir. Şekil 3.9’da gösterilen silindirin içerisine donatının sistemle beraber hareket edebilmesi için sıkıştırma parçaları üretilmiştir. Sisteme, manuel el pompası ile çekme yükü uygulanmıştır.

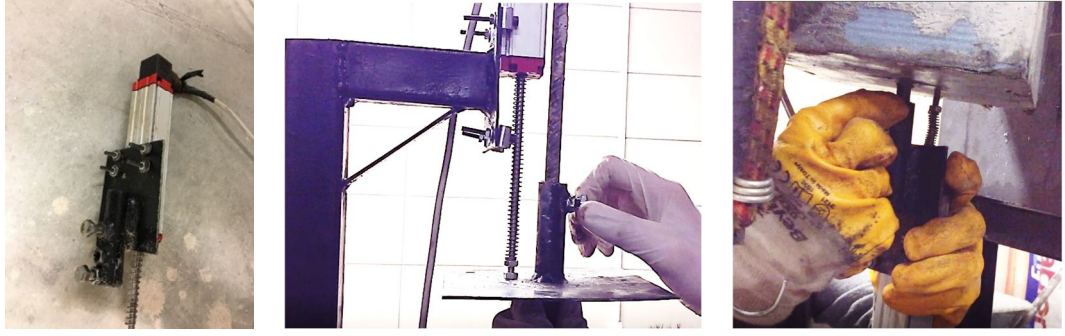


Şekil 3.9 Çekme deneyi düzeneği çalışma şekli

Deneysel çalışma sırasında, öncelikle donatı ankrajlı küp numuneler, aparatlar yardımı ile deney çerçevesine tespit ettirildi. donatı deplasman değerleri gözlemlemek amacıyla 100 mm maksimum ölçü verebilen potansiyometrik cetveller kullanıldı.

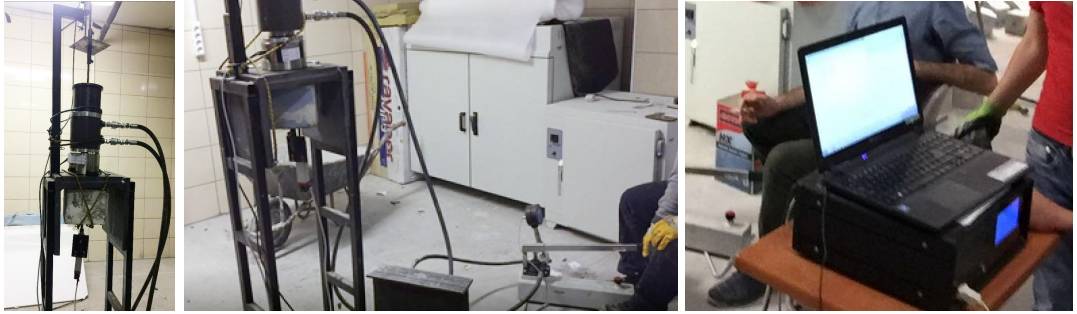
Şekil 3.10’da gösterildiği gibi deney öncesinde potansiyometrik cetveller donatının açıkta kalan üst ve alt bölgelerine sabitlendi. Data logger bağlantısı olan cetveller ve hidrolik el pompası değerleri sıfırlandı.





Şekil 3.10 Potansiyometrik cetvellerin ayarlanması

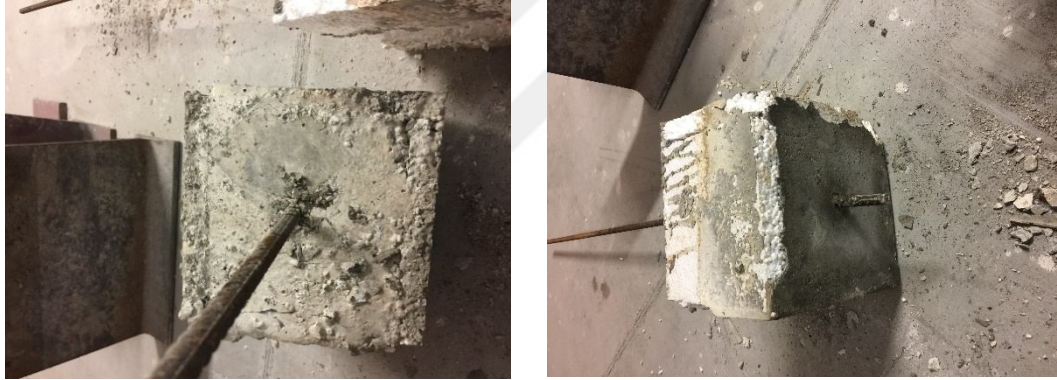
Hidrolik el pompası yardımıyla sisteme yük verilerek betonun içerisinde donatı çubuğu çekip çıkarılmaya (pull-out) çalışıldı. Yük verilme işlemi yükün numune üzerinde taşınabildiği nihai değere kadar devam edildi. Deneysel çalışmalarda elde edilen deneysel değerler (çekme kuvvetleri ve deplasman değerleri) tespit edilerek kayıt edildi. Şekil 3.11'deki gibi Numunelerin alt ve üst tarafına yerleştirilen potansiyometrik lineer cetveller kullanılarak uygulanan kuvvet neticesinde zamana bağlı olarak mm cinsinden alt ve üst deplasman değerleri data logger cihazıyla kaydedildi.



Şekil 3.11 Çekme Deneyinin Uygulanması



Şekil 3.12 Yükleme sırasındaki düzenek durumu



Şekil 3.13 Çekme uygulanmış numune

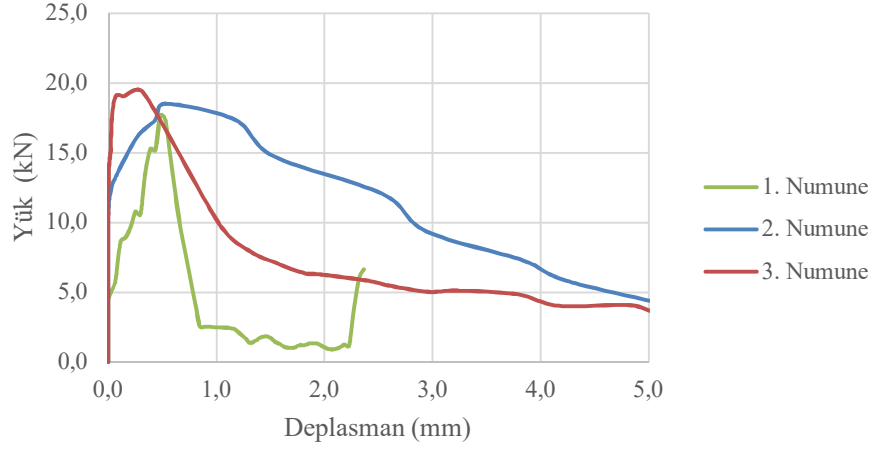
Belirli yük altında numunelerde oluşan deplasmanlar ölçüldü. Şekil 3.12’teki işlemler hazırlanan tüm beton numuneleri için tekrarlanmıştır. Deneye tabi tutulan betonların deney sonundaki durumları Şekil 3.13’te gösterilmiştir.

### 3.8.2. Çekip Çıkarma Deneyi Sonuçları

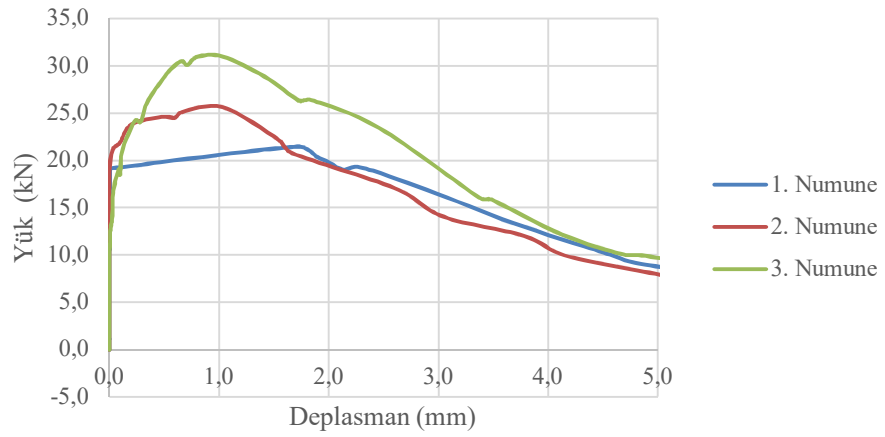
K1PP25, K1PP50, K1PP100, K1PP00, K2PP25, K2PP50, K2PP100 ve K2PP00 numunelerine ait elde edilen yük / alt deplasman grafikleri aşağıda verilmiştir.



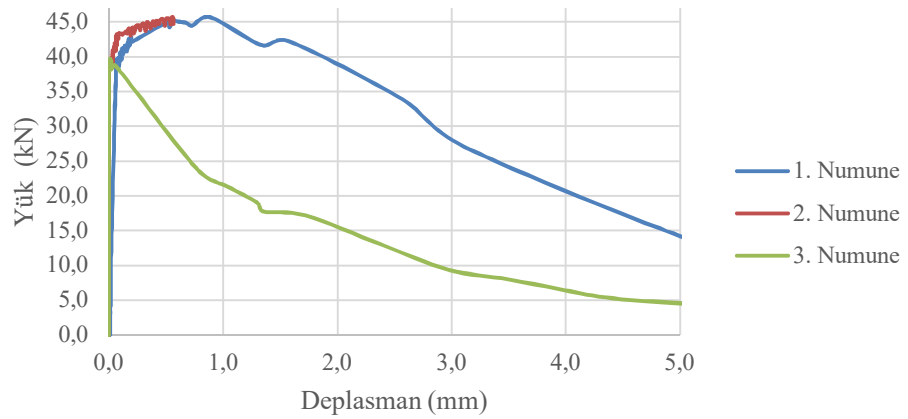
K1PP25 % 0.25 PP (5 cm)



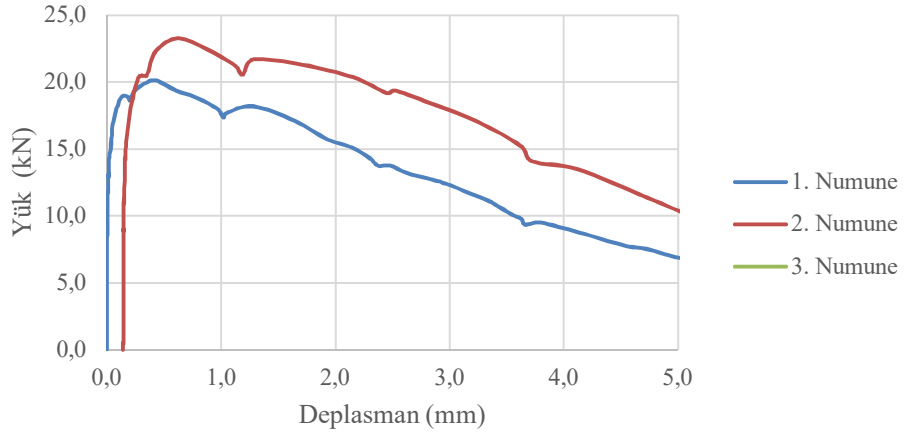
K1PP25 % 0.25 PP (10 cm)



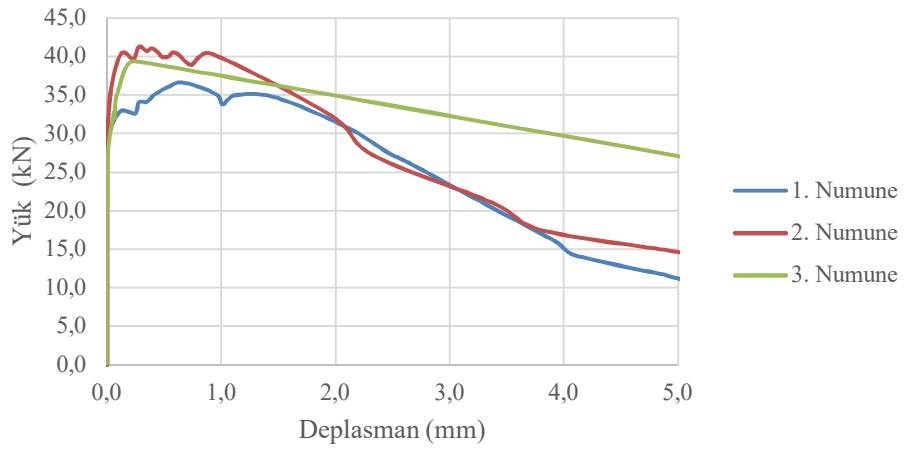
K1PP25 % 0.25 PP (15 cm)



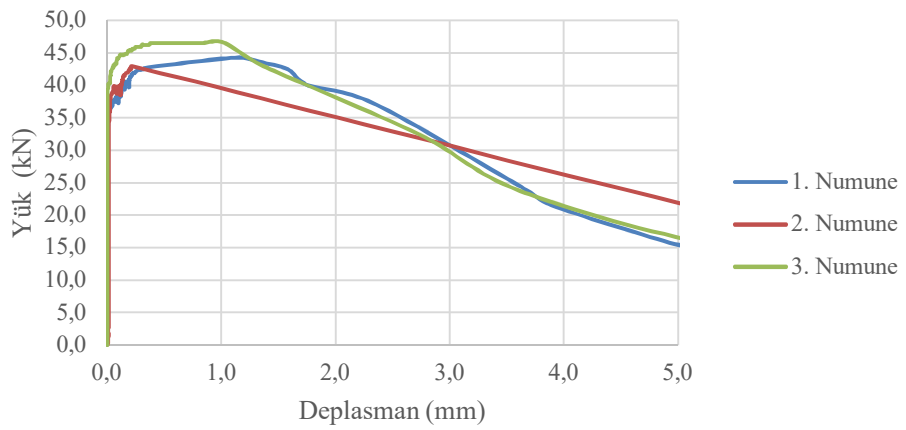
K1PP50 % 0.50 PP (5 cm)



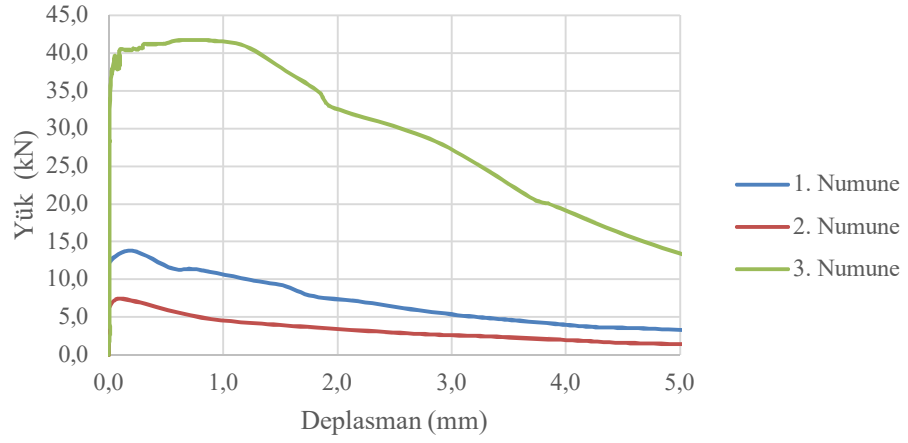
K1PP50 % 0.50 PP (10 cm)



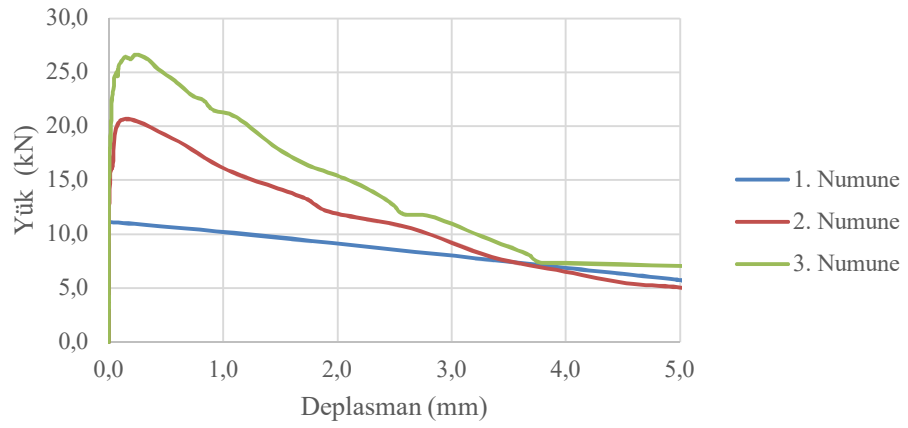
K1PP50 % 0.50 PP (15 cm)



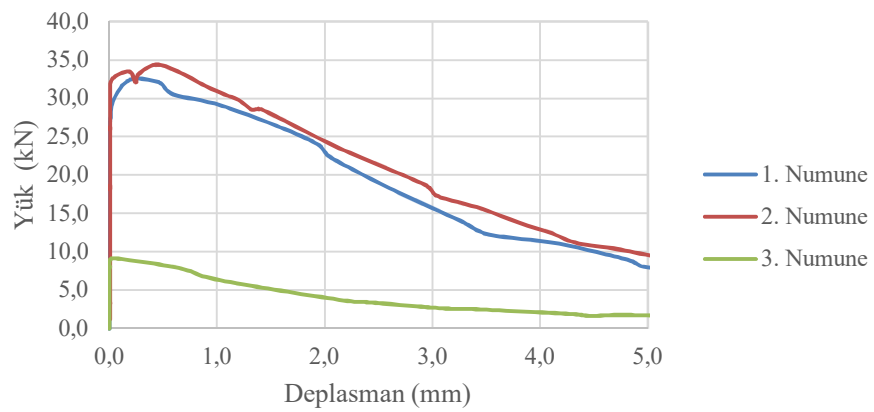
K1PP100 % 1.00 PP (5 cm)



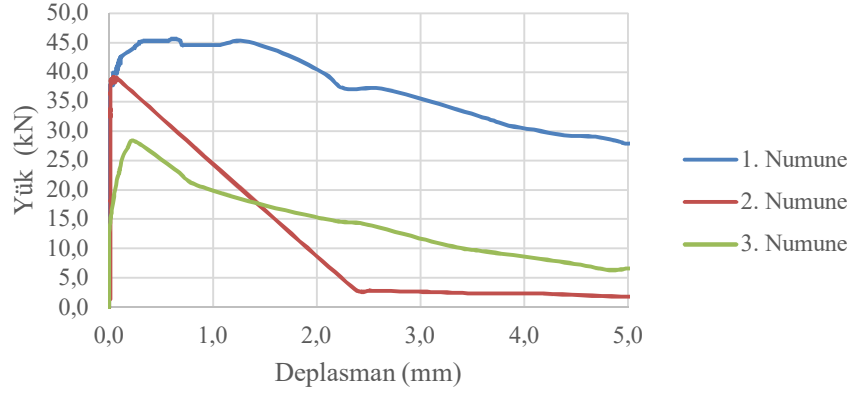
K1PP100 % 1.00 PP (10 cm)



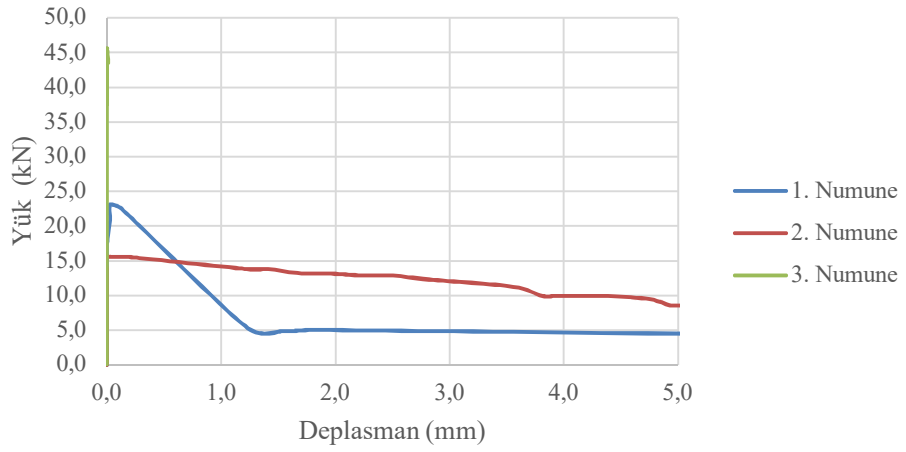
K1PP100 % 1.00 PP (15 cm)



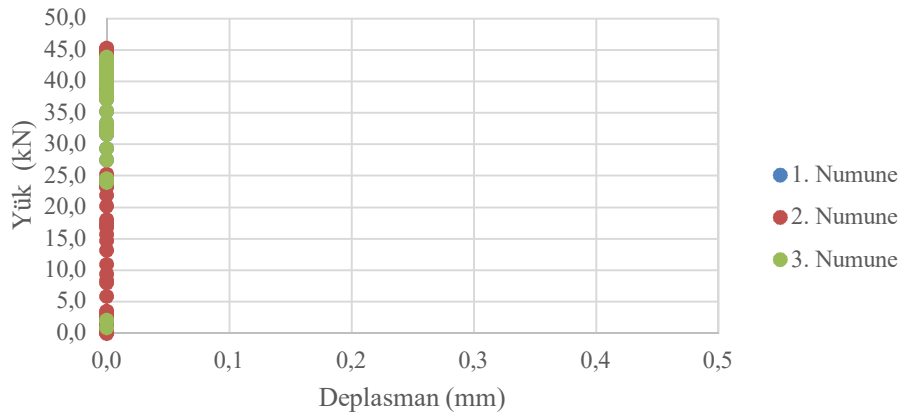
K1PP00 % 0,00 PP (5 cm)



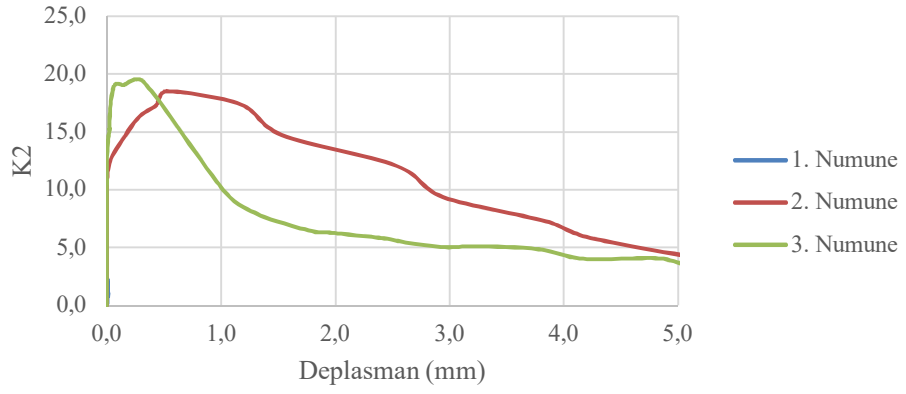
K1PP00 % 0,00 PP (10 cm)



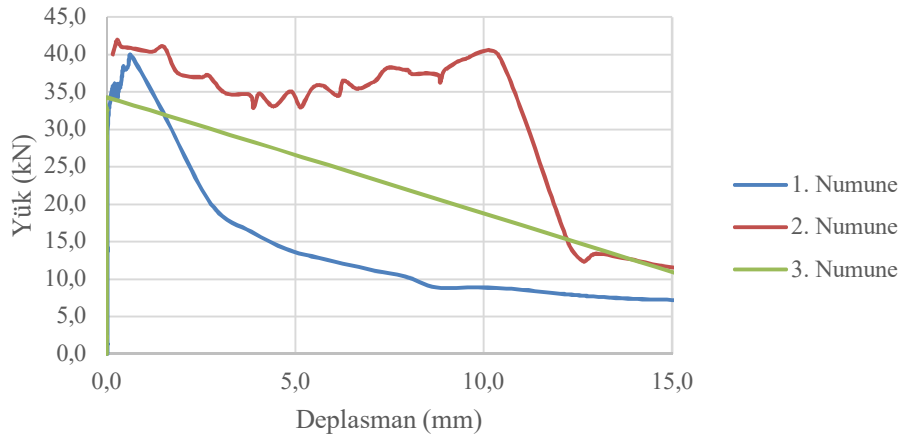
K1PP00 % 0,00 PP (15 cm)



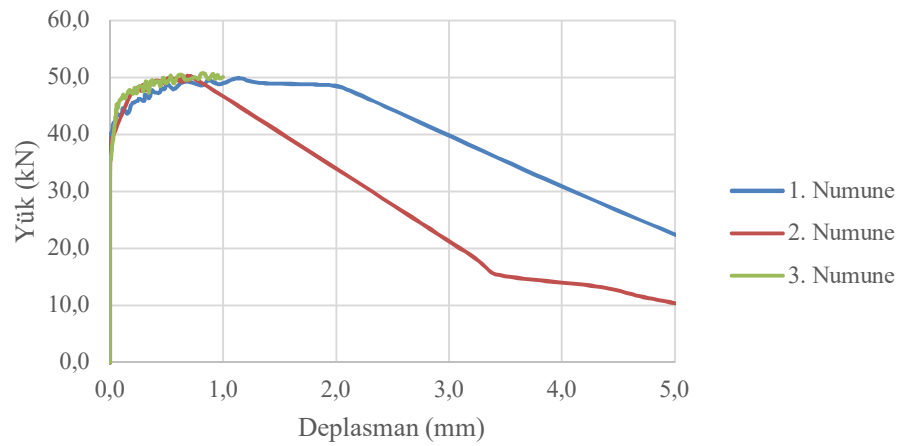
K2PP25 % 0.25 PP (5 cm)



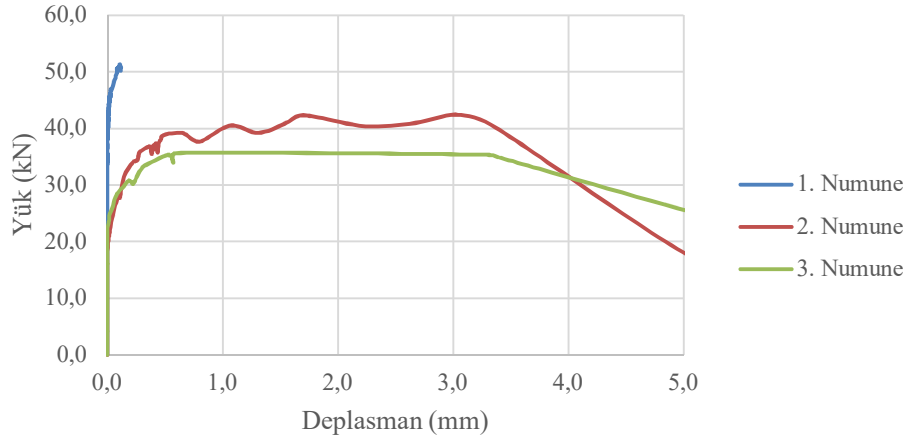
K2PP25 % 0.25 PP (10 cm)



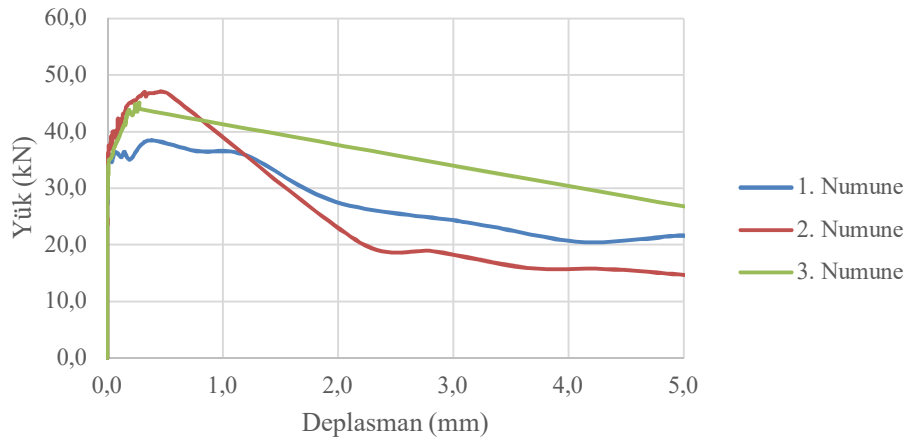
K2PP25 % 0.25 PP (15 cm)



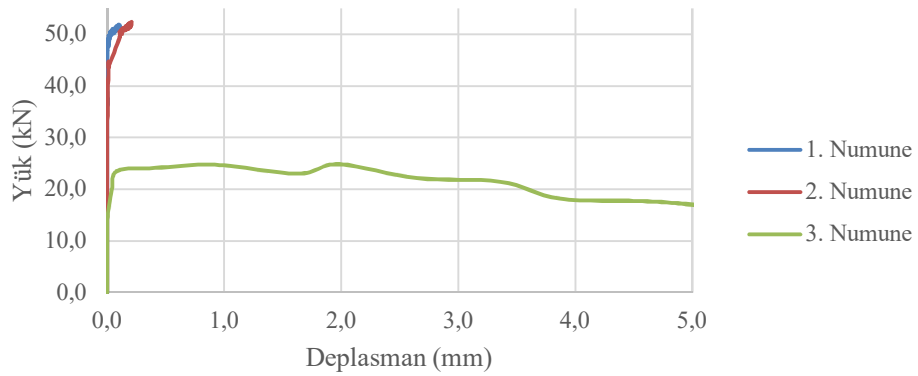
K2PP50 % 0.50 PP (5 cm)



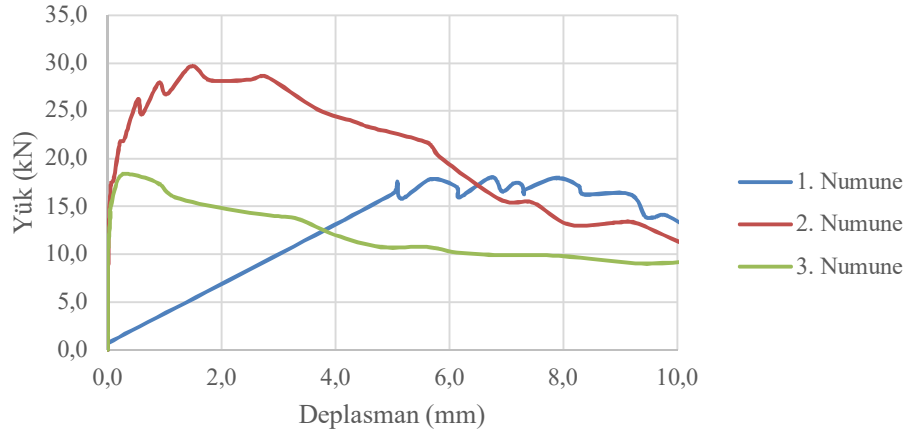
K2PP50 % 0.50 PP (10 cm)



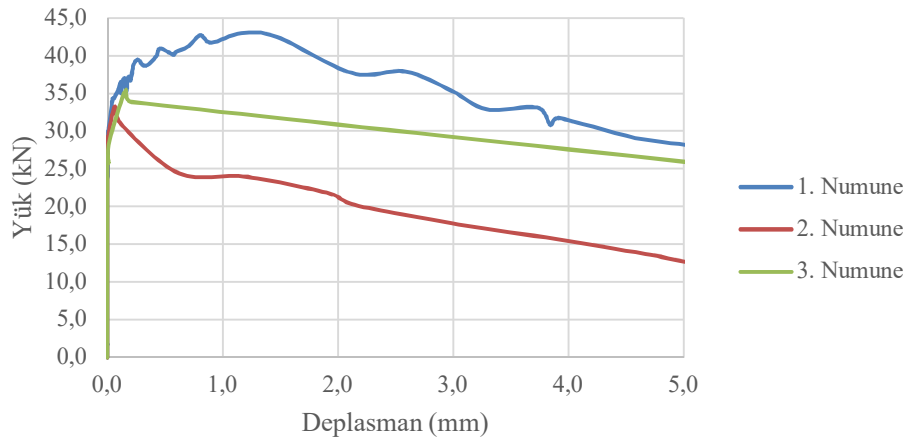
K2PP50 % 0.50 PP (15 cm)



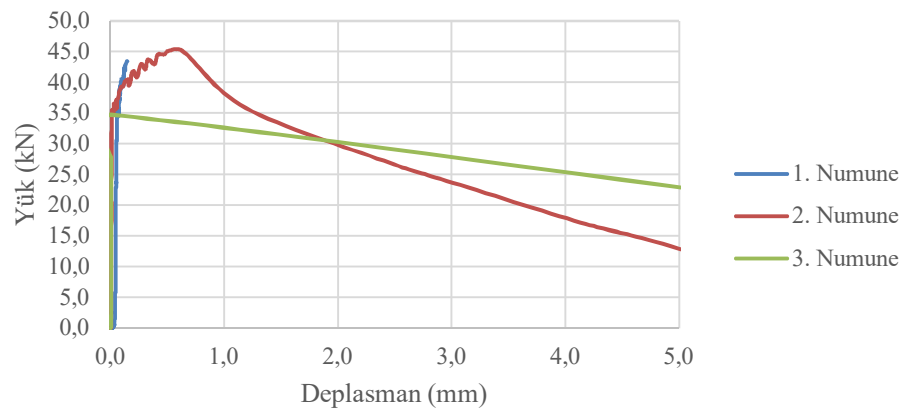
K2PP100 % 1.00 PP (5 cm)



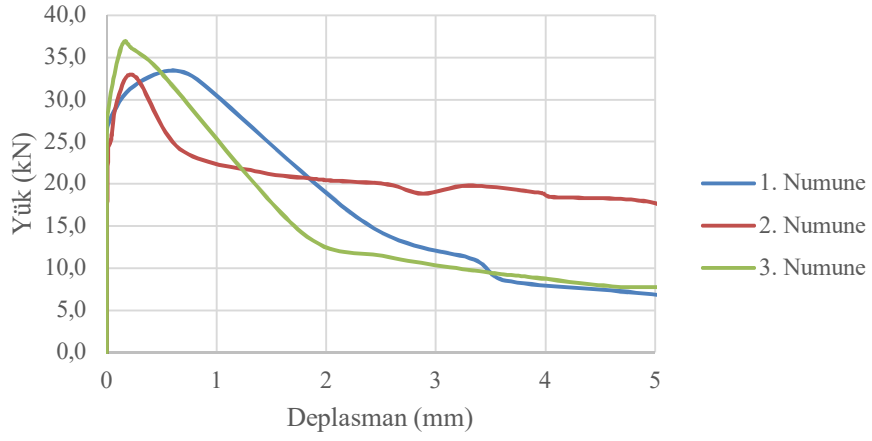
K2PP100 % 1.00 PP (10 cm)



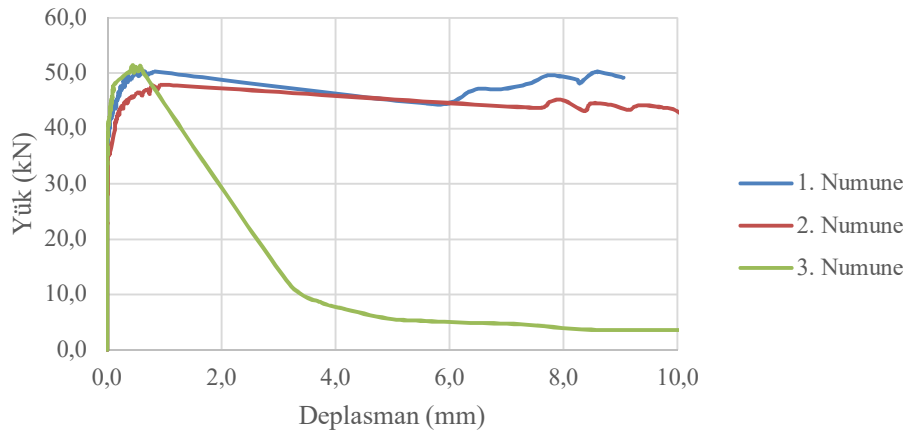
K2PP100 % 1.00 PP (15 cm)



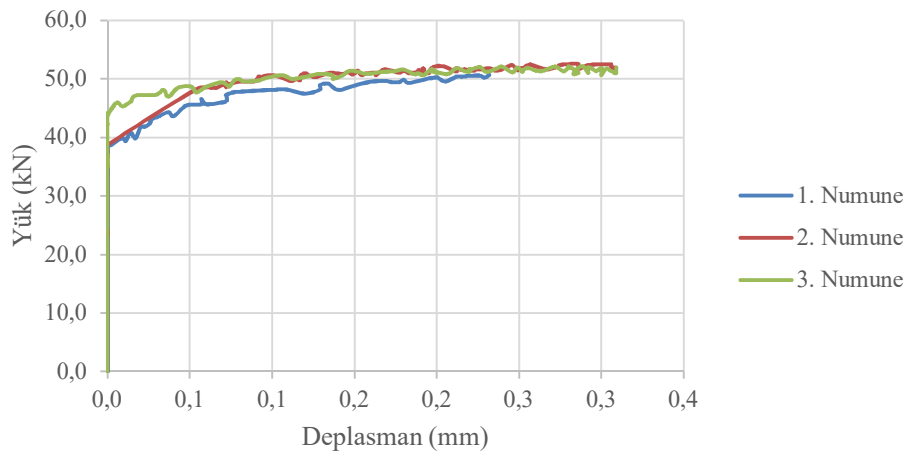
K2PP00 % 0,00 PP (5 cm)



K2PP00 % 0,00 PP (10 cm)



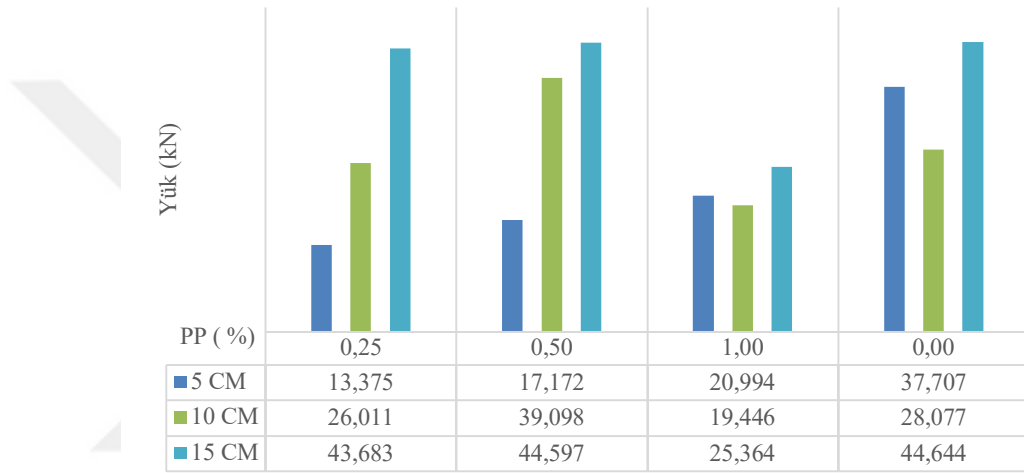
K2PP00 % 0,00 PP (15 cm)





Yapmış olduğumuz doğrudan çekme (pull-out) deneylerinde, her bir küp numunemiz için 5 cm, 10 cm ve 15 cm aderans boyları dikkate alınarak aderans durumları incelenmiştir.

Deneyimizde içeriği farklı numunelerin içerisinde bulunan donatıların çekmeye maruz bırakıldıklarında beton numunenin içerisinde dikkate değer sıyrılmaya başlamadan karşılayabildiği en büyük yük değerleri Şekil 3.14, Şekil 3.15'deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 3.14 K1 beton numunelerinin pull-out deneyindeki en büyük yük değerleri



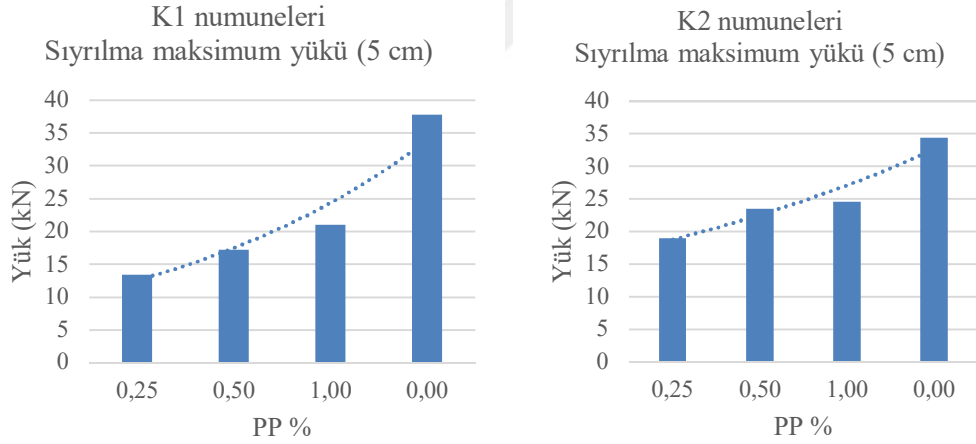
Şekil 3.15 K2 beton numunelerinin pull-out deneyindeki en büyük yük değerleri

Deneilerin güvenilirliğini artırmak için her bir numuneden üçer adet kullanılmıştır. Kullanılan numuneler, hem kendi grubu içindeki numunelerle hem de gruplar arasındaki numunelerle kıyaslanmıştır.

Sonuçlar grafiklere aktararak inceleme yapılmıştır. İncelemeler neticesinde alt sıyrılma değerlerinin, aderans boyları aynı olan farklı numunelerde birbirine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.

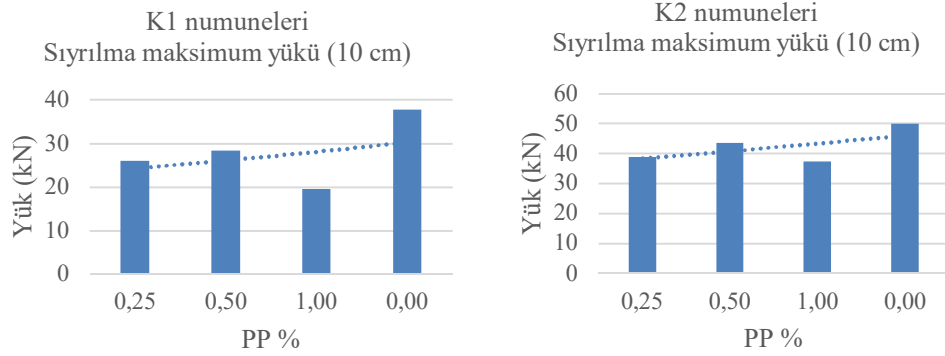
Kullanılan numunelerde lif oranlarına göre kıyaslama yaptığımızda;

Şekil 3.16'da gösterildiği gibi K1 ve K2 betonları için 5 cm aderans durumunda kullanılan değişik PP oranlarında donatının dikkate alınır seviyede sıyrılmaya başlaması için gereken maksimum yükün birbirlerine yakın değerlerde olduğu fakat PP kullanılmadan hazırlanan numuneye göre düşük kaldığı gözlemlenmiştir.



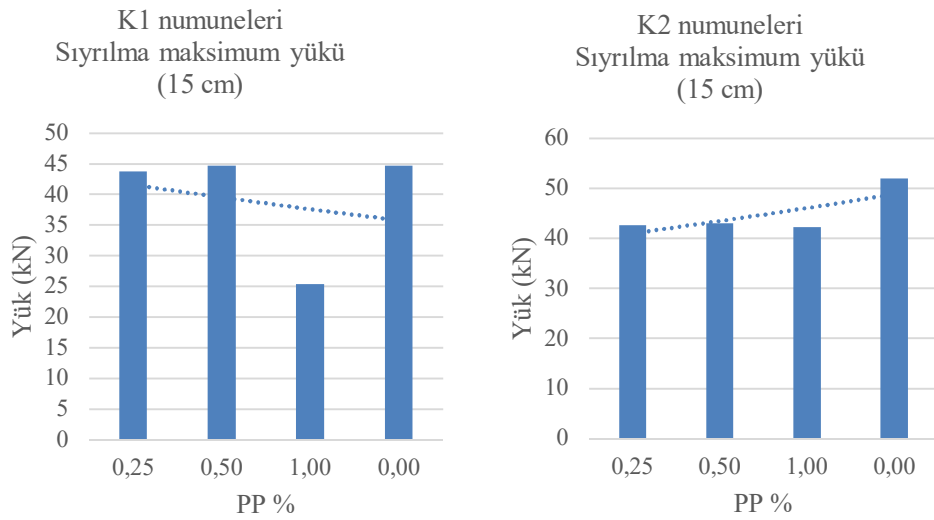
Şekil 3.16 K1 ve K2 numuneleri sıyrılma maksimum yükleri (5 cm aderans)

Şekil 3.17'de gösterildiği gibi K1 ve K2 betonları için 10 cm aderans durumunda kullanılan değişik PP oranlarında donatının dikkate alınır seviyede sıyrılmaya başlaması için gereken maksimum yükün birbirlerine yakın değerlerde olduğu fakat PP kullanılmadan hazırlanan numuneye göre düşük kaldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3.17 K1 ve K2 numuneleri sıyrılma maksimum yükleri (10 cm aderans)

Şekil 3.18’de gösterildiği gibi K1 ve K2 betonları için 15 cm aderans durumunda PP kullanmadan ve değişik oranlarda PP kullanılan numunelerde donatının dikkate alınır seviyede sıyrılmaya başlaması için gereken maksimum yükün birbirlerine yakın değerlerde olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.18 K1 ve K2 numuneleri sıyrılma maksimum yükleri (15 cm aderans)

### 3.8.3. Basınç Deneyi Sonuçları

Şekil 3.16’da gösterilen basınç deney düzeneği yardımıyla, her karışım gurubu için hazırlanan 150 mm çapında ve 300 mm yüksekliğinde silindir numunelerin basınç dayanımları ölçülmüştür. Yapılan deneyler sonucu numunelerin basınç dayanımları her karışım için Çizelge 3.9’da gösterilmiştir.



#### 4. GENEL SONUÇLAR

İçerisine PP lif katılmadan hazırlanan K1 ve K2 beton numuneleriyle, farklı oranlarda PP Lif katılarak hazırlanmış K1 ve K2 beton numunelerinin içerisine yerleştirilmiş Ø10 çapında donatının çekip çıkarılmaya çalışılarak donatı ile beton arasındaki aderans durumunun değerlendirilmek istendiği deneysel incelemelerde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Aderans gerilmeleri birçok etkiye bağlı olarak değişmekle birlikte, donatı ve beton özellikleri, betonarme kesit ve elemanın türü beton-donatı arasındaki aderansı etkileyen en önemli değişkenlerdir.

İncelemelerde her numune için tam olarak sıyrılmaya başlamadan önceki yükün maksimum olduğu değerler esas alınmıştır. Bu yükten sonra sıyrılmaya gözle görülür dereceye geldiği ve taşıyabildiği yükün sıyrılmaya başlamasıyla birlikte hızlı bir şekilde düştüğü, her iki beton karışımı için de PP lif katılan numunelerde, PP katılmayan numunelere göre aderansın daha zayıf olduğu gözlemlenmiştir.

Deney sırasında pull-out deneyi yapılan numunelerin son fiziksel görünümüne bakıldığında farklı şekillerde sıyrılmaya ve kırılmaya gözlemlenmiştir. Bazı numuneler yükleme sonucunda kısmen kırılmıştır. Kırılan bu numuneler incelendiğinde donatı ile beton arasındaki yüzeylerde eklenen liflerin karışımının iyi yapılmasına rağmen homojen bir şekilde yayılmadığı ve beton ile donatının temas ettiği yüzeylere rastlayan PP liflerin aderansı olumsuz yönde etkileyebileceği sonucuna varılmıştır.

Betonlarda su/çimento oranının yükselmesi ve aderans boyunun uzaması aderansı olumlu yönde etkilemiştir.

Genel olarak PP lifli betonlarda yapılan çekme ve basınç deneyleri neticesinde numunenin nihai görüntüsünde çatlakların PP katılmadan hazırlanan numunelere göre az olduğu dolayısıyla PP liflerin betonlarda çatlak önlemeye ve çatlak gelişimine sağladığı katkı dikkate değer bulunmuş fakat donatı aderansına ve basınç dayanımına olumlu denebilecek bir katkı sağlamadığı gözlemlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Tanyıldızı, H., 2006, Beton tipi ve donatı boyutlarının beton ve çelik yüzeyleri arası dayanıma etkinin kür şartları altında incelenmesi. *Doktora Tezi*, Fırat Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [2] Duran, A., 2008, Betonarme Donatısında aderans ve yorulma. *Y. Lisans Tezi*, Kırıkkale Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.
- [3] Benli, A., 2007, Kendiliğinden sıkışan betondaki donatı aderansının deneysel ve sayısal olarak incelenmesi. *Doktora Tezi*, Fırat Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
- [4] Atashafrazeh, M., 2013, Polipropilen Lif Takviyeli Betonların Yüksek Sıcaklık Etkilerinden Sonra Basınç Dayanımlarının İncelenmesi. *Y. Lisans Tezi*, Atatürk Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- [5] Sarı, M., 2013, Farklı tipteki liflerin betonun mekanik davranışına etkisi. *Y. Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- [6] Aydın, A., & Arslan, A., 1999, Lifli Betonların Darbe Etkisi Altında Genel Özellikleri. Beksa Lifli Beton Semineri. Sabancı Center, İstanbul.
- [7] Türkmenoğlu, F., Varol, O. O., 2016, 1st International Mediterranean Science and Engineering Congress (IMSEC 2016), 3792-3795.
- [8] Kozak, M., Çelik Lifli Betonlar ve Kullanım Alanlarının Araştırılması, SDÜ Teknik Bilimler dergisi, 3(5), 26-35, 2013.
- [9] Akkaş, A., Alpaslan, L., Başyigit, C., & Arabacı, S., Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanım Özellikleri. SDU International Technologic Science, 9-14, 2010.
- [10] Karahan, O., 2006, Liflerle Güçlendirilmiş Uçucu küllü Betonların Özellikleri. *Doktora Tezi*, Çukurova Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [11] Tokyay, M., Ramyar, K., Turanlı, L., Polipropilen ve Çelik Lifli Yüksek Dayanımlı Betonların Basınç ve Çekme Yükleri Altındaki Davranışları, 2. Ulusal Beton Kongresi, 303-311, İstanbul, 1991
- [12] Sümer, B., & Sarıbıyık, M., Betonda silis dumanı ve polipropilen lif kullanımının beton özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi. *SAÜ. Fen Bil. Der.*, 17(2), 217-224, 2013.
- [13] Song, P., Hwang, S., Sheu, B., Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes, *Cement and Concrete Research*, 35, 1546-50, 2005
- [14] Bahadır, F., 2010, Polipropilen lifli betonların mekanik özellikleri. *Y. Lisans Tezi*, Osmangazi Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- [15] Türkiye Hazır Beton Birliği Yayınları, Beton Kullanıcıları için Teknik Bilgiler Kılavuzu, İstanbul
- [16] "Süper Akışkanlaştırıcılar" erişim adresi: <https://tur.sika.com:80/http://tur.sika.com/dms/getredirect.get/tr01.webdms.sika.com/237>, erişim tarihi : 20.12.2017.
- [17] Gönen, B. C., 2012, Hazır Beton Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Parametrelerin Spss Yöntemiyle İncelenmesi, *Y. Lisans Tezi*, Niğde Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- [18] Köroğlu, M. A., Mechanical Characterization Of Recycled Tires In Concrete, Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2016, 4.4: 330-336.

- [19] Koroğlu, M. A., Özdöner, N., Behavioural Study of Steel Fiber and Polypropylene Fibre Reinforced Concrete. In: Key Engineering Materials. Trans Tech Publications, 2016. p. 59-63.
- [20] Koroğlu, M. A., Özdöner, N., Behavioural Study of Steel Fiber and Polypropylene Fibre Reinforced Concrete. In: Key Engineering Materials. Trans Tech Publications, 2016. p. 59-63.
- [21] Türk Standardı, TS 708, 2010, Türk Standartları Enstitüsü.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : TONGARLAK, İsmail  
Uyruğu : T. C.  
Doğum Yeri ve Tarihi : 19.12.1972 Konya  
Medeni Hali : Evli  
Telefon : (0 332) 223 25 12  
Faks : (0 332) 241 01 00  
e-mail : tongarлак@selcuk.edu.tr

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Selçuk Üniversitesi/İnşaat	1994

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görevi
1996	Komyapı A.Ş.	Şantiye Mühendisi
1996-2001	Kommim A.Ş.	Proje Mühendisi
2002-2005	Muammer Özer İnş. Taah.	Proje Yöneticisi
2005-2006	Karatay Belediyesi	Mühendis
2006-	Selçuk Ün. Yapı İşl. Ve Tek. Dai. Başk.	Mühendis

### Yabancı Dil

İngilizce