

**İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇİMENTO BAĞLAYICILI KOMPOZİT HARÇLARDA MİKA  
TANE BOYUTU ETKİSİNİN İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Aysu SEYREKBASAN**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ**

**OCAK 2020**

**A. SEYREKBASAN**

**İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ**

**2020**

**İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇİMENTO BAĞLAYICILI KOMPOZİT HARÇLARDA MİKA  
TANE BOYUTU ETKİSİNİN İRDELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Aysu SEYREKBASAN**

**(Y160227006)**

**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ**

**OCAK 2020**

İKÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsünün 160227006 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Aysu Seyrekbasan, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ÇİMENTO BAĞLAYICILI KOMPOZİT HARÇLARDA MİKA TANE BOYUTU ETKİSİNİN İRDELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**

**Prof. Dr. Lütfullah GÜNDÜZ** .....  
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**

**Doç. Dr. Erkan DOĞAN** .....  
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Mutlu SEÇER** .....  
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

**Savunma Tarihi : 21.01.2020**

## ÖNSÖZ

Tez çalışmamın, planlanmasından sonuçlanmasına kadar olan süreçte değerli bilgilerini ve desteğini benden esirgemeyen danışmanım ve değerli hocam Sayın Prof. Dr. Lütfullah Gündüz'e teşekkürlerimi sunarım.

Malzeme tedariki konusunda yardımcı olan Kaltun Madencilik Sanayi Nakliye ve Akaryakıt Tic. A.Ş.'ne ve Sayın Mehmet Karcı'ya desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca beni destekleyen her zaman yanımda olan sevgili anneme, babama, kardeşime ve nişanlıma; diğer aile fertlerime, çalışma arkadaşlarıma, yöneticilerime ve tüm dostlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ocak 2020

Aysu Seyrekbasan

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER .....	v
TABLO LİSTESİ .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR .....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT .....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>3</b>
2.1 Mika .....	3
2.1.1 Levha mika.....	4
2.1.2 Pul mika.....	5
2.1.3 Toz mika.....	6
2.1.4 Mika mineralinin inşaat sektöründe kullanımı.....	6
2.2 Doğal Lifler .....	7
2.2.1 Asbest.....	8
2.2.2 Mika .....	9
2.2.2.1 Ferro-magnezyumlu mikalar.....	9
2.2.2.2 Alüminyumlu mikalar.....	11
2.2.2.3 Lityumlu mikalar.....	11
2.2.2.4 Talk grubu mikalar.....	12
2.2.3 Vollaştonit .....	13
2.2.4 Sepiyolit .....	14
2.3 Kompozit Sıva Harçlarında Kullanılan Lif Türleri .....	15
2.4 Kompozit Harçlarda Lif Kullanımı .....	16
2.5 Kompozit Harç Kullanımının Önemi .....	17
<b>3. MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>19</b>
3.1 Materyal .....	19
3.1.1 Mika minerali .....	19
3.1.2 Çimento .....	21
3.1.3 Cüruf.....	22
3.1.4 Selüloz.....	22
3.1.5 Akışkanlaştırıcı katkı.....	23
3.1.6 Karma suyu .....	23
3.2 Metod .....	24
3.2.1 Kompozit harç karışımlarının hazırlanması.....	25
3.2.2 Agrega deneyleri.....	26
3.2.3 Taze harç karışımı deneyleri.....	27
3.2.4 Sertleşmiş harç deneyleri .....	27
3.2.4.1 Basınç dayanımı tayini.....	28
3.2.4.2 Eğilme dayanımı tayini.....	30
3.2.4.3 Yarmada çekme dayanımı tayini.....	31
3.2.5 Kompozit harç numuneleri içsel gerilme değerlerinin belirlenmesi.....	32
3.2.5.1 Mohr-Coulomb kriteri.....	32

<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>34</b>
4.1 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Birim Hacim Ağırlık Analizi.....	34
4.2 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Basınç Dayanımı Analizi .....	35
4.3 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Eğilme Dayanımı.....	40
4.4 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Yarmada Çekme Dayanımı Analizi.	46
4.4.1 Yarmada çekme dayanımı - yoğunluk ilişkisi .....	47
4.4.2 Yarmada çekme – basınç dayanımı yoğunluk ilişkisi.....	48
4.5 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Yapısal Dayanım Parametrelerinin Analizi .....	49
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>65</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>70</b>



## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 3.1:</b> Mika mineralinin fiziksel ve kimyasal özellikleri. ....	20
<b>Tablo 3.2:</b> CEM I 52.5R sınıfı çimento özellikleri .....	21
<b>Tablo 3.3:</b> Yapılan agrega ve numune deneyleri.....	24
<b>Tablo 3.4:</b> Kompozit harç karışım kombinasyonları.....	26
<b>Tablo 3.5:</b> Agreganın yığın kuru birim hacim ağırlık değerleri. ....	27
<b>Tablo 4.1:</b> Kompozit harç örneklerinin birim hacim ağırlık analiz bulguları. ....	34
<b>Tablo 4.2:</b> Kompozit harçların yapısal dayanım özellikleri.....	50
<b>Tablo 4.3:</b> Kompozit harç örneklerinin yük taşıma kapasiteleri .....	60

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Mika minerali görseli .....	3
Şekil 2.2: Levha mika görseli .....	4
Şekil 2.3: Pul mika görseli.....	5
Şekil 2.4: Toz mika görseli.....	6
Şekil 2.5: Mineral lifli kayaçların sınıflandırılması.....	8
Şekil 2.6: Asbest görseli .....	8
Şekil 2.7: Biyotit-siyah mika görseli .....	10
Şekil 2.8: Muskovit-beyaz mika görseli .....	11
Şekil 2.9: Lepidolit görseli .....	12
Şekil 2.10: Talk görseli.....	12
Şekil 2.11: Pirofillit görseli .....	13
Şekil 2.12: Vollastonit görseli .....	14
Şekil 2.13: Sepiyolit görseli.....	14
Şekil 2.14: Harçların sınıflandırılması.....	17
Şekil 3.1: Mika tane boyutu sınıflandırılması.....	20
Şekil 3.2: Metodolojik akış şeması.....	25
Şekil 3.3: Kuru karışım ve su ile karıştırıldıktan sonraki hali .....	27
Şekil 3.4: Karışımın kalıplanması.....	28
Şekil 3.5: Kalıplardan çıkarılan numuneler .....	28
Şekil 3.6: Otomatik test cihazı.....	29
Şekil 3.7: Basınç dayanımı testi için 50x50x50 mm numuneler .....	29
Şekil 3.8: Üç noktalı eğilme dayanımı aparatı.....	30
Şekil 3.9: 40x40x160 mm prizmatik eğilme dayanımı testi sonrası numune.....	31
Şekil 3.10: Yarmada çekme dayanımı testi uygulama öncesi ve sonrası silindir numune.....	32
Şekil 3.11: Mohr-Coulomb kırılma kriteri .....	33
Şekil 4.1: Basınç dayanımı sonuçları.....	36
Şekil 4.2: Toz boyut mika katkısı-harcın basınç dayanımı ilişkisi.....	37
Şekil 4.3: Yarı pul boyut mika katkısı-harcın basınç dayanımı ilişkisi.....	38
Şekil 4.4: Pul boyut mika katkısı-harcın basınç dayanımı ilişkisi.....	39
Şekil 4.5: Eğilme dayanımı sonuçları.....	40
Şekil 4.6: Toz boyut mika katkısı-harcın eğilme dayanımı ilişkisi .....	41
Şekil 4.7: Yarı pul boyut mika katkısı-harcın eğilme dayanımı ilişkisi .....	42
Şekil 4.8: Pul boyut mika katkısı-harcın eğilme dayanımı ilişkisi .....	43
Şekil 4.9: %27 BOPC oranı ile oluşturulan $\Delta\sigma(\%)$ ve lif oranı ilişkisi .....	44



<b>Şekil 4.10:</b> %40 BOPC oranı ile oluşturulan $\Delta\sigma(\%)$ ve lif oranı ilişkisi .....	45
<b>Şekil 4.11:</b> Yarmada çekme dayanımı sonuçları .....	46
<b>Şekil 4.12:</b> Birim hacim ağırlık-yarmada çekme dayanımı ilişkisi .....	47
<b>Şekil 4.13:</b> Basınç dayanımı-yarmada çekme dayanımı oranı sonuçları.....	48
<b>Şekil 4.14:</b> 0MK27B tasarımına ait Mohr daireleri.....	51
<b>Şekil 4.15:</b> 0MK40B tasarımına ait Mohr daireleri.....	52
<b>Şekil 4.16:</b> 0,6TZ27B tasarımına ait Mohr daireleri .....	52
<b>Şekil 4.17:</b> 2,0TZ27B tasarımına ait Mohr daireleri .....	53
<b>Şekil 4.18:</b> 0,6TZ40B tasarımına ait Mohr daireleri .....	53
<b>Şekil 4.19:</b> 2,0TZ40B tasarımına ait Mohr daireleri .....	54
<b>Şekil 4.20:</b> 0,6YPL27B tasarımına ait Mohr daireleri.....	54
<b>Şekil 4.21:</b> 2,0YPL27B tasarımına ait Mohr daireleri.....	55
<b>Şekil 4.22:</b> 0,6YPL40B tasarımına ait Mohr daireleri.....	55
<b>Şekil 4.23:</b> 2,0YPL40B tasarımına ait Mohr daireleri.....	56
<b>Şekil 4.24:</b> 0,6PL27B tasarımına ait Mohr daireleri.....	56
<b>Şekil 4.25:</b> 2,0PL27B tasarımına ait Mohr daireleri.....	57
<b>Şekil 4.26:</b> 0,6PL40B tasarımına ait Mohr daireleri.....	57
<b>Şekil 4.27:</b> 2,0PL40B tasarımına ait Mohr daireleri.....	58
<b>Şekil 4.28:</b> Kırılma açısı değerlerinin kıyaslanması .....	58
<b>Şekil 4.29:</b> İçsel sürtünme açısı analizi sonuçları .....	59
<b>Şekil 4.30:</b> Kohezyon analizi sonuçları .....	61
<b>Şekil 4.31:</b> Birim hacim ağırlık-kohezyon değeri ilişkisi.....	62
<b>Şekil 4.32:</b> Kayma gerilmesi analizi sonuçları .....	63

## **KISALTMALAR**

<b>ASTM</b>	: American Society for Testing and Materials
<b>EN</b>	: European Norms
<b>TS</b>	: Türk Standardı
<b>BHA</b>	: Birim Hacim Ağırlık
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>MPa</b>	: Megapaskal
<b>kN</b>	: Kilonewton
<b>N</b>	: Newton
<b>BOPC</b>	: Beyaz Portland Çimentosu
<b>HEMC</b>	: Hidroksietil metil selüloz
<b>HPMC</b>	: Hidroksipropil metil selüloz
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü

# ÇİMENTO BAĞLAYICILI KOMPOZİT HARÇLARDA MİKA TANE BOYUTU ETKİSİNİN İRDELENMESİ

## ÖZET

Son yıllarda kompozit formlu harçların farklı amaçlarla kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Gelişen inşaat sektöründe yüksek katlı yapı inşaatlarında doğal ve gözenekli malzemelerle üretilmiş, hafif yapı malzemelerinin değerlendirilme potansiyeli giderek önem kazanmaktadır. Özellikle farklı lif türleri ile takviye edilmiş harç bileşimleri, daha üstün teknik performansları sebebiyle tercih edilmektedir. Lif türleri olarak, doğal, suni ve yarı suni lif türleri de kullanılabilir. Ancak durabilite ve teknik özellikleri dikkate alındığında doğal orijinli liflerin kullanım avantajları göze çarpmaktadır. Bu deneysel araştırmada, Aydın ilinde yer alan ve farklı tane boyutlarında elde edilebilen mika lifinin, farklı oranlarda kullanılmasıyla, TS EN 998-1 standardına göre oluşturulan numunelerle yeni nesil kompozit harç kombinasyonlarının mekanik özelliklere etkisi irdelenmiştir. Bu çalışmada, mika lifinin kompozit harç örneklerinin dayanım ve içsel gerilme değerlerine olan etkileri, mekanik karakteristiklerine etkisi ve kompozit harç üretiminde sağlayabileceği avantaj ve dezavantajlar teknik olarak verilmiştir. Mika ve agrega kendi içerisinde ve çimento ile ağırlıkça yer değiştirerek karışımlar hazırlanmıştır. Karışım içerisinde mika lifi, CEM I 52.5 R Portland çimentosu ve şebeke suyu kullanılmıştır. Numunelerde doğal ortam kürlenmesi ile 14 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri, birim hacim ağırlık değerleri, eğilme dayanım değerleri ve yarmada çekme dayanım değerleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular bağlamında, mika katkılı harç kombinasyonlarının endüstriyel olarak inşaat sektöründe kullanılabilirlik potansiyeli, kullanım alanları irdelenmeye çalışılmıştır. Doğal mika mineralinin yapı malzemeleri üretimlerinde ana hammadde ve/veya katkı malzemesi olarak uygulanabilirlik kriterleri ve ürünlere sağlayabildiği teknik avantajlar tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Harç, kompozit, mika, gevreklik, basınç dayanımı

# EVALUATION ON THE EFFECT OF MICA PARTICLE SIZE IN CEMENT BASED COMPOSITE MORTARS

## ABSTRACT

In recent years the using of composite mortars on different purposes is becoming widespread. It's gaining importance to utilise the potential of lightweight construction materials produced with natura and porous materials on highrise constructions with the developing construction industry. Particularly, grout compositions reinforced with different fiber types are preferred due to their superior technical performance. Natural, artificial, semi-artificial fiber types can also be used as fiber types. However, considering the durability and technical characteristics, the advantages of using fibers of natural origin are remarkable. In this experimental study, the effect of new generation composite mortar combinations with the samples created according to TS EN 998-1 standard with the use of mika fiber, which can be obtained in different grain sizes, in different rations in Aydın province, was investigated. In this study, the effects of mika fiber on the strenght and internal stress values of composite mortar samples, their effect on mechanical characteristics and the advantages and disadvantages that they can provide in composite mortar production are given technically. Mixtures were prepared by changing the mica and aggregate by itself and by cement. In the mixture, mika fiber, CEM I 52.5 R Portland cement and mains water were used. 14 and 28 days of compressive strenght values, unit volume weight values, flexural strenght values and tensile strenght values were determined in the samples by natural environment curing. According to the research findings, the usability potential and usage areas of the mica added mortar combinations in the construction industry have been tried to be examined. Applicability criteria of natural mica mineral as the main raw material and/or additive material and its technical advantages in building materials production were discussed.

**Keywords:** Mortar, composite, mica, brittleness, compressive strength

# 1. GİRİŞ

İnsanın en temel ihtiyaçlarından biri olan barınma geçmişten günümüze gelişerek devam etmektedir. İnşaat sektöründe son yıllarda sektörün gelişen ihtiyaçları bağlamında hafif yapı malzemesi ve harç üretim potansiyeline olan ihtiyaç sürekli bir gelişim göstermektedir. Kompozit formda harçların gelişimi günümüzde giderek önem kazanmaktadır.

Kompozit, kelime olarak iki veya daha fazla parçadan oluşan anlamına gelmektedir. Kompozit malzemeler farklı ve aralarında kimyasal etkileşimler olmayan maddelerin birbirlerinin zayıf yönlerini iyileştirerek üstün özellikler elde etmek amacıyla bu malzemelerin makro seviyede belli bir düzende bir araya getirilmesiyle hazırlanan malzemelerdir [1]. Kompozit malzemelerin bilinen ilk kullanım alanı inşaat sektörüdür. Çamur ve samanın karıştırılması ile hazırlanan kompozit malzemeler, ilk kullanılan yapı malzemeleridir [2].

Harç tekniklerinin gelişim sürecinde ise farklı lif türevi malzemelerin bir takviye elemanı olarak kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Doğal liflerin düşük yoğunluğa sahip olması sebebiyle hafif malzemeler olarak sınıflandırılırlar ve inşaat sektörü için bu önemli bir avantajdır. Bu nedenle yeni nesil kompozit harçların özelliklerinin geliştirilmesi için yapılan çalışmalarda, farklı mineral ve kimyasal katkıları kullanılarak araştırmalar yapılmaktadır.

Dünyada endüstriyel hammadde olarak kullanımı yaygın olan mika mineralinin, günümüzde harç karışımlarında bileşen olarak yeterince değerlendirilmediği görülmektedir. Literatür incelemelerinde inşaat sektöründe mikanın yüksek sıcaklığa dayanıklı olması sebebiyle beton yangın bariyerleri üretimlerinde takviye materyali olarak kullanılması üzerine çalışmalara ulaşılmaktadır. Ancak, mika mineralinin gerek kimyasal yapısı gerekse malzeme karakteristiği ölçeğinde, kırılıp boyutlandırıldığında toz formda yapraksı lif özelliği sergilemesinin yanı sıra, daha iri boyutlarda ise yine yapraksı ve pul formu özellikler sergilediği bilinmektedir. Bu

bağlamda, özellikle lif takviyeli harç kombinasyonlarında lif takviye bileşeni olarak değerlendirilebilirliği gündeme gelmektedir.

Bu çalışmada kapsamında, Ege Bölgesi, Aydın ili sınırları içerisinde yer alan doğal mika minerali oluşumlarının üretimini yapan ticari işletmeden tedarik edilen doğal mika minerali, lifsel toz boyuta, yarı pul ve pul boyutuna indirgenerek kompozit harç karışımlarında harcın teknik ve mekanik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen teknik bulgulara göre TS EN-998-1 standardında öngörülen parametreler bağlamında değerlendirmeler yapılmış olup, endüstriyel bazda yeni nesil bir kompozit harç üretimi için idealize edilebilecek mika tane boyutu ve katkı oranı optimum olarak tanımlanmaya çalışılmıştır. Farklı tane boyutlarında elde edilebilen mika lifinin kompozit harç kombinasyonlarında teknik performansını geliştirmek amacıyla bir dizi deneysel analizler yapılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Mika mineralinin kullanımı ile ilgili literatürde bir seri inceleme yapılmıştır. İnşaat sektöründe mika mineralinin kullanılması ile ilgili yapılan az sayıda çalışmada, kompozit harçların bir bileşeni olarak değerlendirilmesinde yeterli düzeyde çalışmaya rastlanılmamıştır.

### 2.1 Mika

Mika, alüminyum ve alkali silikatların karmaşık bir grubudur. Özellikle asidik, magmatik ve metamorfik kayalarda bulunur. Demir, magnezyum, lityum ve flor elementlerinin çoğunu mika grubu kapsar [3].

Mikalar doğada ince levhalar ve pulcuklar halinde bulunması nedeniyle kolayca tanınan minerallerden biridir. Bu ayrılma mikaların bir yönde çok güzel dilinimleri olması sonucudur. Bu özellik mikalar için karakteristiktir. Mikalar elastik olması dolayısıyla, jipsten kolayca ayırt edilir. Monoklinik sistemde kristallenir. Yalnız, bazen 6 köşeli levhalar halinde bulunmasından hegzagonale benzetilebilir. Genellikle saydamdır [4].



Şekil 2.1: Mika minerali görseli [5].

Şekil 2.1’de mika mineraline ait sembolik bir görünüm verilmiştir. Mika, ticari açıdan “işlenmiş” ve “işlenmemiş” olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Genelde

“işlenmiş mika” terimi ince ve küçük mika pullarının yapay olarak birbirleri üzerine yapıştırılması ile oluşturulmuştur. İşlenmiş mika aşağıda ifade edilen gruplara ayrılmıştır [6]:

- Mikanit: Genelde organik bir yapıştırıcı ile bağlanmış, ince levhaların bir tabaka boyunca üst üste dizilmesi sonucu oluşmuş, yüksek sıcaklıklarda sıkıştırılmış ürünlerdir.
- Mika Kâğıdı: Parça mikanın basınçla levha haline preslenmesi işlemi olup, ayrıca bir yapıştırıcı da kullanılmaktadır.
- Mikalı Cam: İnce tanelerin, düşük erime noktasına sahip bor veya boro silikat camı ile bağlanması işlemidir.

“İşlenmemiş mika” basit sallama ve ayırma işlemleri herhangi bir işleme tutulmamış malzemeyi ifade etmektedir [7]. “İşlenmemiş mika” levha, pul ve toz mika olarak üç ayrı grupta incelenmektedir.

### 2.1.1 Levha Mika

Doğal olarak bulunan, oldukça düzgün, kalın ve geniş alanlı parçalara verilen isimdir. Levha mika doğal olarak oluşan mika bloklarından elde edilmektedir. Levha mika, kalınlığa bağlı olarak blok, film (zar) ve yaprak olmak üzere üç gruba ayrılır. Tane boyuna bağlı olarak yapılan sınıflandırmanın yanı sıra renk, görsel kalite ve son kullanıma bağlı sınıflandırmalar da yapılmaktadır [6]. Şekil 2.2’de levha mika örneği sembolik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.2: Levha mika sembolik görünümü [8].



A.S.T.M. ayrıca üretim esnasında her levha mikadan elde edilen kullanıma uygun dörtgenlerin hacmine bağlı bir sınıflandırma da oluşturmuştur [9]. Bu sınıflandırmaya göre:

- Blok Mika: Ağırlıkça en az %95'i 0,20 mm (0,008 inch) üzerinde, geri kalanı ise 0,18 mm (0,007 inch) kalınlıkta olan mika,
- Film (Zar): Herhangi bir kalınlıkta olan, levhalara ayrılmış bıçakla düzeltilmiş mika,
- Yaprak Mika: Kalınlığı 0,05 mm (0,002 inch) ve 0,18 mm (0,007 inch) arasında değişen bıçakla düzeltilmiş mika,
- Bölünmüş Mika: Bu tanımlama 0,025 mm (0,001 inch) altında ve 0,3 mm (0,012 inch) üstünde olmayan mikayı karakterize etmektedir [6].

### 2.1.2 Pul Mika

Pul mika, levha mika haricinde diğer alanlarda kullanılabilen ve ince taneli çeşitli kayalardan zenginleştirme sonucu elde edilen mikayı ifade etmektedir. Pul mika, bazen hurda mika olarak değerlendirilmesine rağmen şist, pegmatitlerden ve kaolin zenginleştirilmesi ile elde edilen ürünü de karakterize etmektedir [10]. Pul mika formuna ait genel bir görünüm Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3: Pul mika genel görünümü [8].

### 2.1.3 Toz Mika

Mikanın ticari anlamda önemli bir kısmını toz mika oluşturmaktadır. Toz mika iki şekilde elde edilir. Bunlardan birincisi; renk ve kalite açısından kusurları bulunan levha mika ve levha mika hazırlanırken artan kırıntılı üründür. Diğeri de kırıntı mika veya pulsu mika olarak isimlendirilir. Granitik kayalardan veya pegmatitlerden çok ufalanmış materyalin üretimi veya feldspat veya kaolin tesislerde işlenmesinin yan ürünü biçiminde elde edilen mikalardır. Çok az bir pulsu mika yüksek oranda mikalı mikaşistlerin işlenmesi ve öğütülmesinden üretilir. Mika, toz haline getirmek için öğütüldüğü zaman bile levhamsı düzgün yapısını korur [3;11]. Şekil 2.4'te toz mika formuna ait genel bir görünüm verilmiştir.



Şekil 2.4: Toz mika genel görünümü [12].

### 2.1.4 Mika Mineralinin İnşaat Sektöründe Kullanımı

Gelişmiş ülkeler tarafından kanser tehlikesine karşı asbestin yasaklanması ve mikanın da yer aldığı değişik alternatif malzemelerin asbest yerine kullanılması ile, özellikle portland çimento üretiminde, kuru öğütülmüş mikanın önemi giderek artmıştır. Yalıtkan alçı sıvasında, gerek çatlak çimentosunda dolgu maddesi olarak kullanılabilen mikanın yapılara dekoratif bir görünüm kazandırması, oluşabilecek çatlamlara karşı dayanım ve ekonomik olması nedeni ile bu alandaki kullanımı geliştirmiştir [13].

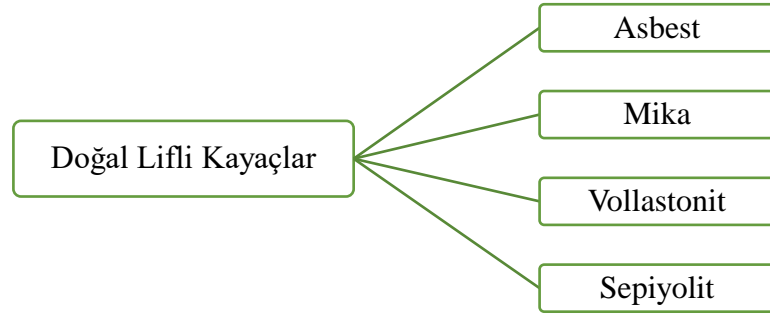
Levha mikanın ısıya olan direnci ve dayanıklılığı yüksek ısılı fırın kapılarında, duvarlarındaki pencerelerde kullanımına olanak sağlamaktadır [14].

Mikanın kullanımını öne çıkaran etkenler arasında, büzülmeye karşı olan dayanımı ve yüksek sıcaklık koşullarında göstermiş olduğu ısısal kararlılık yer almaktadır. Bu alanda kullanılan mikanın diğer önemli bir özelliği, kimyasal bileşiminde %2'den az oranda MgO içermesidir. Ateşe dayanıklı alanlarda yüksek MgO içeriği yangın esnasında büzülme problemlerine yol açmaktadır ancak mikanın bu pozitif yönüyle bu durum önlenabilmektedir. Bu sebeple refrakter tuğla üretiminde kullanıldığında, tuğlanın yalıtım ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Bu tip tuğlaların, ısı iletiminin düşük olması, yalıtım kapasitesini artırması ve diğer dolgu maddelerine kıyasla daha yüksek oranda dayanım göstermesi, 1000°C sıcaklığa dayanması gibi özellikler, bu alanda mika kullanımını artırmıştır [13]. Endüstriyel tesislerin ve sanayinin genel olarak tercih ettiği bu tuğlaların servis ömrünün uzun oluşu ile büyük karlılık sağlanabilmektedir.

Tane boyu 1,25 ila 3,75 mm arasında değişen mika, özellikle çatı ve yüzey kaplamalarında, ziftle kaplanmış alanlarda sonradan meydana gelen yapışmayı önlemektedir.

## **2.2 Doğal Lifler**

Lif, doğal kaynaklardan elde edilen ya da insan eliyle üretilen, uzunluğu, bükülebilirliği, esnekliği ve dayanıklılığı olan bir maddedir. Uygulamada kullanılan doğal ve yapay lifler vardır. Hayvan, bitki, mineral gibi doğal kaynaklardan elde edildiği şekilde kullanılan lifler 'doğal lifler' olarak adlandırılmaktadır. Farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip birçok lif türü vardır. Mineral lifli kayaçların sınıflandırılması Şekil 2.5'te verilmiştir.



**Şekil 2.5:** Mineral lifli kayaçların sınıflandırılması [15].

### 2.2.1 Asbest

Asbest lifsi kristal yapısına sahip olan magnezyum silikat, kalsiyum-magnezyum silikat, demir-magnezyum silikat ve kompleks sodyum-demir silikat bileşimindeki bir grup mineralin adıdır. Tabaka silikatları grubunda yer alır. Monoklinik sistemde kristalleşir. Liflerin mekanik özellikleri ile ısıya karşı dayanıklılığı nedeni ile endüstride “asbest” ya da “amyant” olarak kullanılmaktadır. Lifler içerdiği magnezyum nedeni ile yüksek ısılarda (2300 °F) ancak eriyebilir. Asbest liflerinin uzunluğu, yumuşaklığı, gerilebilme ve bükülebilme kabiliyeti ve ateşe karşı mukavemeti ticari özelliklerindedir [16]. Asbest kayacının sembolik görünümü Şekil 2.6’da verilmiştir.



**Şekil 2.6:** Asbest kayacı sembolik görünümü [17].

Bu silikat mineral grubu kolayca esnek, ısıya dayanıklı ve kimyasal olarak inert olan ince, güçlü elyaflara ayrılabilirdiğinden, bir zamanlar çok çeşitli ürünlerde asbest mineralleri kullanılmıştır. Asbest liflerinin çıkarılması çok kolaydır. Yer üstündeki

maden ocaklarından elde edilebilir. Üst üste gelen liflerden oluşmuştur ve bu sayede; ısı, sürtünmeye dayanıklıdır. Kolayca eğilip bükülebilen, elastik bir yapısı olan ve elle bile ayrılabilir kadar zayıf dayanıma sahiptir [17].

Tüm bu özellikleriyle asbest; oluklu çatı kaplamaları, su boruları, ısı ve yangın yalıtımı için kullanılan paneller, asfalt kaplama ürünleri ve çimento üretiminde yoğun bir şekilde kullanılmıştır [16;17].

Ancak insan sağlığına olumsuz etkileri tespit edilen bu lifin kullanımı birçok ülkede yasaklanmıştır. Asbest üretimi ve tüketiminin önlenmesi içinde Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile ILO işbirliği içinde yürütülen bu çalışmalarda birçok sivil toplum örgütü de destek olmaktadır.

İnsan sağlığına olumsuz etkileri olan bu lifin yerine kullanılması öngörülebilir mineraller ise biyotit, grafit, atapulgit, talk, muskovit, silika, vollaistonit ve vermikülittir [16].

## **2.2.2 Mika**

Mika adı, Latince olan “Mikare=Parlamak” kelimesinden gelmektedir. Mikalar, püskürük ve metamorfik kayalar içinde, silikatlar grubunda bulunurlar. Dilinimlerinin mükemmel olması nedeniyle, son derecede ince ve elâstiki, bükülebilen levhalara veya pullara ayrılabilirler. Bu levhalar saydam, yarı saydam, sıkı yapılarında ise donuk görünümündedir. Ayrıca sedefimsi, ipeğimsi, hafif metalik ışıltılı olabilirler. Al ve Si'den başka K, Mg ve Li kapsarlar. Buna göre de, potasyumlu, magnezyumlu ve lityumlu mika adını alırlar. Ayrıca mikaların H<sub>2</sub>O, flor ve başka izomorf elementleri; koyu renkli mikalarında Fe vardır [18]. Mika mineralleri kimyasal bileşimlerine göre dörde ayrılır:

### **2.2.2.1 Ferro-magnezyumlu mikalar**

Ferro-magnezyumlu mikalar, siyah mikalar olarak da bilinmektedir. Magnezyum ve demirli mikaların en çok görüleni biyotittir. Kristalleri nadir olarak mükemmeldir. Biyotit, flogopit dışında diğer mineralleri kapsamına alan bir addır. Monoklinik sistemde kristallenir [19;20]. Şekil 2.7'de bir biyotit minerali sembolik görünümü yer almaktadır.



**Şekil 2.7:** Biotit-siyah mika genel görünümü [21].

Renk ince kesitle çok belirgindir. Bileşimindeki Ti veya  $Fe^{+3}$  miktarına göre mavimsi yeşil, kahverengimsi yeşil, kahverengi, kırmızımsı kahverengi gibi değişik renkler gösterilebilir. Yeşil renkli birincil biyotit, yalnız düşük dereceli metamorfizma koşulları altında oluşan kayaçlarda, kısmen amfibolitlerde, foyait ve bunların pegmatitlerinde, kahverengi biyotit ise orta ve yüksek mertebeli metamorfizma koşulları altında oluşan kayaçlarda ve magmatik kayaçlarda bulunur [20].

Bulunduğu yer olarak meroksen, gabro, norit, lamprofir, bazalt ve ayrıca bazı amfibolitlerde, ender olarak granodiyorit, trakit-latit ve gnayslarda bulunan biyotit türüdür. Kayaçlarda en sık bulunan biyotit türü ise lepidomelandır. Bu mineral özellikle granit, granodiyorit, tonalit, ayrıca gnays, mikaşist ve hornfelslerde bulunur. Siderofillit ise foyait, siyenit ve bunların pegmatitlerinde olmak üzere sınırlı bir kayaç grubunda bulunan bir mineraldir. Ender olarak migmatit ve mikaşistlerde de bulunabilir. Böylece granit, granodiyorit vb. gibi kayaçlarda ve bu kayaçların pegmatitlerinde flogopit dışında diğer biyotit minerallerine rastlanır. Biotit kontakt ve bölgesel metamorfizma sonucu oluşan kayaçların bir bileşenidir. Ayrıca sediman ve sedimanter kayaçlarda detritik bir mineral türü olarak da biyotite rastlanılır [20].

Günümüzde siyah mikaların tedariki oldukça zor olmakla birlikte ısı iletiminin düşük olması ve yüksek ısıya dayanımları sebebiyle yangına dayanıklı yapı elemanlarının oluşturulmasında tercihen kullanılmaktadır.

### 2.2.2.2 Alüminyumlu mikalar

Potasyum ve alüminyumlu mikadır. Sarımsı, hafif kahverengimsi veya yeşilimsi olup, saydamdır; beyaz mika olarakta isimlendirilmektedir. Doğada diğer silikatların ayrışmasından oluşmuştur. İnce plakalar ve pullar halindedir. Büyük levhalar halinde çıkarılabilir. Bu şekilde elde edilen muskovitler ekonomik anlamda çok değerlidir. Yaprak büyüklüğü, saydamlık derecesi ve rengine göre çeşitli kalitelere ayrılmaktadır [18; 20]. Şekil 2.8’de bir muskovit görünümü yer almaktadır.



Şekil 2.8: Muskovit-beyaz mika görünümü [22].

Muskovitler, ham madde olarak tedarikinin kolay oluşu, toz haline getirilerek refrakter yapımında, kağıt, karton, boya ve seramik endüstrisinde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Çünkü muskovit lamelleri ve plakaları kolay kolay kırılmazlar. Elastik ve bükülme özelliği ile saydam ve kolay dilinimli oluşlarından dolayı pencere camı olarak; ateşe dayanıklı olduklarından da sobalarda ve lambalarda kullanılır. Volkanik kayalarda muskovit görülmez. Küçük pulumsu, ipek parıltılı muskovite serisit adı verilir. Çoğu zaman talktan güç ayrılır. Krom içeren muskovit, kromlu olivinli kayaların ayrışmasından oluşur ve fuksit adını alır [18].

### 2.2.2.3 Lityumlu mikalar

Lepidolit, lityumlu mikadır. Nadir rastlanan bir mika çeşididir. Optik özellikleri muskovite benzemektedir. Ancak muskovitin ışık kırma indisi lepidolitten daha büyüktür. Kristalleri küçük yaprakçık levha ve pullar halinde kuvvetli sedef cilalı olarak görülmektedir. Genelde pullu ve ince taneli pullu agrega şeklinde

bulunmaktadır [19;20]. Lepidolit kayacına ait genel bir görünüm Şekil 2.9'de verilmiştir.



**Şekil 2.9:** Lepidolit kayacının sembolik genel görünümü [23].

İnce kesitte daima renksizdir. Ancak biraz kalın kesitlerinde hafif pembemsi, morumsu bir renk tonunda görülebilir [19;20]. Kuvars, muskovit, feldspat, spodumen, topaz, turmalin vb. minerallerle birlikte bulunur [18].

#### **2.2.2.4 Talk grubu mikalar**

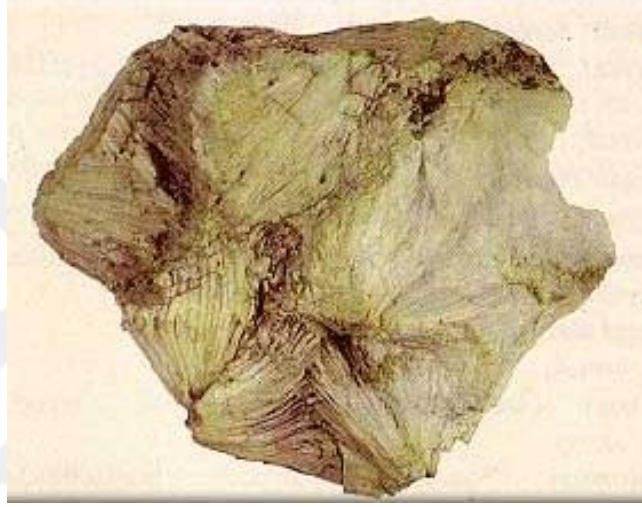
Talk, sulu bir magnezyum silikattır. Beyaz, yeşilimsi şeffaf renklerde, kaygan, masif görümlü ve yumuşaktır. Kristal şekli monokliniktir. Talkın ısı ve elektrik iletkenliği zayıftır fakat ateşe dayanıklıdır. Yüksek sıcaklıklarda ısıtıldığında sertleşir, katılaşır [46]. Şekil 2.10'da talk görünümü yer almaktadır.



**Şekil 2.10:** Talk sembolik görünümü [24].



Minerolojik özellikleri ile talk grubu mikalarından olan pirofillit hidrate olmuş alüminyum silikattır. Pirofillit 1829 yılında R. Harmen tarafından Yunanca kelimeler olan "pyro" ateş ve "Phyllite" kaya veya taş anlamındaki kelimelerden türetilmiştir. Mika gibi, ya da yapraksı kristallere sahip ve monoklinal yapıdadır. Elastik değildir; kırılıgandır. Şeffaftan opağa kadar bir çok görünümü vardır. Pirofillitin talkla beraber gruplandırılması aralarındaki fiziksel benzerliklerdendir. Kimyasal olarak pirofillitin talkla benzer özellikleri bulunmamaktadır [25]. Şekil 2.11'de pirofillit kayacı sembolik görünümü verilmiştir.



**Şekil 2.11:** Pirofillit sembolik görünümü [25].

Pirofillit; yüksek ısı iletim özelliği ve düşük ısıl genleşme katsayısı, termal şok direnci artırması, düşük sıcaklıkta pişirme olanağı sağlaması ve çekme, büzülme vb. özelliklerinin kontrol olanağıyla refrakter ürünlerinde, seramik malzemelerinde ve beyaz çimento üretiminde kullanılmaktadır [25].

### **2.2.3 Vollaştonit**

Alüminyum, demir, magnezyum, manganez, potasyum ve sodyum gibi elementleri de yapısında bulunduran bir mineraldir. Bu mineral kontak metamorfik kireçtaşları ve volkanik kayalarda apatit, andradit, diyopsit, epidot, granat, sfen, plajiyoklas feldspat, tremolit, kuvarz ve kalsit ile bulunmaktadır. Doğal olarak oluşum sergileyen ve sentetik olarak üretilebilen vollaştonit, inert ve beyaz renkli bir mineraldir. Bazıları krem, gri ya da soluk yeşil renkte görülebilir. [26,27]. Şekil 2.12'de vollaştonit kayacı genel görünümü yer almaktadır.



**Şekil 2.12:** Vollaştonit kayacı genel görünümü [28].

Vollaştonit dayanımı yüksek, kurumayı hızlandıran, sıkıştırmayı, kırılmayı ve ısı genişmesini önleyen özellikleriyle aranan bir katkıdır. Seramik malzemelerin üretimde feldspat, kalsit, kuvars, dolomit, talk gibi hammaddeler yerine veya bazı özelliklerinin düzenlenebilmesinde kullanılmaktadır [29].

#### **2.2.4 Sepiyolit**

Sepiyolit, sepiyolit-paligorskit grubuna ait, magnezyum hidrosilikatten oluşan doğal bir kil mineralidir. Tetrahedral ve oktahedral oksit tabakalarının istiflenmesi sonucu oluşan lifsi bir yapısı vardır ve lif boyunca devam eden kanal boşlukları bulunmaktadır [30].

Diğer minerallere kıyasla dünyadaki kaynakları son derece az olmakla beraber ülkemizde bulunan bir mineraldir. Şekil 2.13’de sepiyolit kayacı lifsel görünümü yer almaktadır.



**Şekil 2.13:** Sepiyolit kayacı lifsel görünümü [31].

Sepiyolit, su veya diğere sıvılarla, nispeten düşük konsantrasyonlarda yüksek viskoziteli süspansiyonlar oluşturur. Sepiyolit ayrıca, diğere killere göre tuzlu ortamlarda daha duraylıdır ve bu nedenle özellikle petrol sondajlarında çamur malzemesi olarak kullanılır. pH=8'e kadar faydalı özelliklerini muhafaza eder, ancak pH>9 olduğu koşullarda peptizasyon viskozitede ani bir düşüğe neden olur. Reolojik özelliklerinden dolayı boya, asfalt kaplamaları, tuğla ve seramik üretimlerinde kullanılmaktadır [31].

### 2.3 Kompozitler için Lif Türleri

Kompozit malzemeler bir matrizen, bir veya daha fazla dolgu malzemesinden oluşur. Takviye malzemesi taşıma görevini, matris ise destek ve bir arada tutmayı sağlar.

Kompozit sıvalar ve kompozit duvar harçları, bağlayıcı malzemelerin, agregaların ve yeterli miktarda suyun ve eğer gerekliyse, ana malzemenin özelliklerini değiştirmek için polimer katkı maddesinin karıştırılmasıyla üretilen inşaat malzemesidir [32]. Tasarımcı ve üretici, tüm koşulları her yönüyle değerlendirerek malzemeye ait olumsuz yönlerin iyileştirilmesini hedefler [33].

Günümüzde lifler çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe lif takviyeli kompozitlere katılan lifler ve uygulama alanları ise oldukça fazladır.

Polipropilen, naylon ve polyester lifleri, yaygın olarak kullanılan lifler arasında yer alır. Bu lifler plastik rötreyi azaltırlar. Böylece prizinin ilk saatlerinde meydana gelecek olan yüzey çatlaklarının kontrol altına alınması sağlanabilmektedir. Bu nedenle temel kazığı, öngermeli kazıklar, kaplama panelleri, yürüyüş yolları, marinaların iskele elemanları, yol yamalarının yapımında kullanılmaktadır. Prekast paneller, giydirme cephe kaplamaları, ince beton çatılar ve beton blok sıvalarında kullanılan cam liflerinin düşük maliyeti, sertlik, korozyona dayanıklılığı, esnek ve hafif oluşu tercih edilmesini sağlanmaktadır. Çelik liflerin sertlikleri ve direnç artırıcı özellikleri ile köprü döşemeleri, ateşe dayanıklı elemanlar, beton borular, havalimanları, tünel kaplamaları üretiminde takviye olarak kullanıldığı bilinmektedir [34].

## 2.4 Kompozit Harçlarda Lif Kullanımı

Yapılarda doğal taş, tuğla veya beton blok elamanları vb. gibi yapı malzemelerinin örülmesinde ve/veya duvarların iç ve dış yüzeylerinin kaplamasında örgü harcı ve sıva harçları kullanılmaktadır. Ayrıca yapı malzemelerini dış etkenlerden korumak için kullanılmaktadır. Harçlar, genellikle bağlayıcı (çimento, kireç ve alçı), agrega (kum), katkı maddeleri ve sudan oluşur.

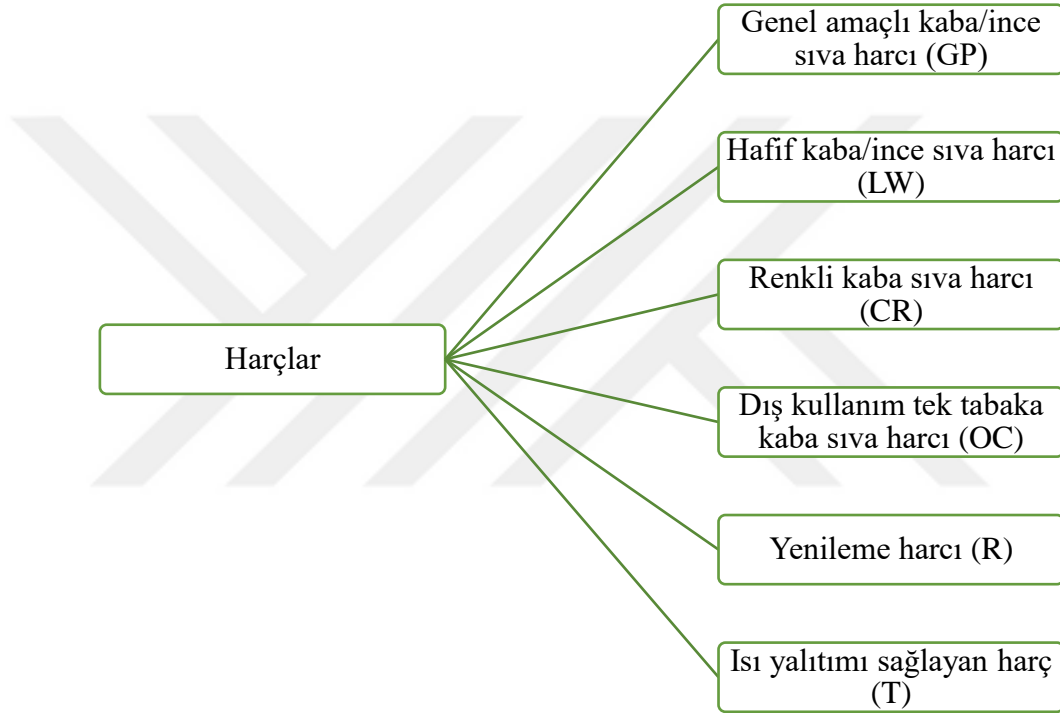
Kompozit malzemeler yeni, fiziksel olarak farklı ve farklı özelliklere sahip iki veya daha fazla malzemenin bir araya getirilmesi ile oluşan daha iyi özelliklere sahip malzemelerdir. Kompozit üretiminde amaçlanan; hafif, dayanımı yüksek, esnek vb. özelliklere sahip malzemelerin oluşumunun sağlanmasıdır. Kompozit malzemeyi oluşturan fazların özellikleri ve hacimsel oranları, kompozit malzemenin özelliklerini belirler [35].

Kompozit malzemelerin üretimi, genellikle aşağıdaki özelliklerin bir veya birkaçını iyileştirmeyi hedefler:

- Yüksek dayanım
- Yorulma dayanımı
- Aşınma direnci
- Isı yalıtımı
- Ses yalıtımı
- Elektriksel iletkenlik ve yalıtım
- Sertlik
- Hafiflik
- Ekonomiklik
- Estetik vb.

## 2.5 Kompozit Harç Kullanımının Önemi

Sıva harcı, duvar ve tavan yüzeylerini korumak ve pürüzsüzleştirmek için kullanılan bir harç türüdür. Bir diğer tanım ise; sıva, iç ve dış duvar yüzeylerine ve tavanlara belirli kalınlıklarda uygulanan sürekli kaplama malzemesi olarak adlandırılır [36]. Bir sıva genellikle bağlayıcı, agrega ve sudan oluşur. TS EN 998-1 standardına göre harçlar 6 ayrı grupta sınıflandırılması öngörülmüş olup, sınıflamada kullanılan harç grupları Şekil 2.14’te verilmiştir.



Şekil 2.14: Harçların TS EN 998-1 standardına göre sınıflandırılması[37].

Yeni nesil kompozit harçlar, tesislerde hazır harç formunda üretimleri yapılabilmektedir. Bu kompozit harçların, bina duvarlarına veya tüm binaya sağlamış olduğu teknik özellikler aşağıdaki gibi özetle sıralanabilir:

- Isı yalıtımı
- Ses yalıtımı
- Yangın dayanımı
- Hafif
- Radyasyon direnci yüksek

- Yüksek basınç dayanımı
- Yüksek eğilme dayanımı
- Yüksek çekme dayanımı
- Esneklik
- Su direnci
- Estetik vb.

Yukarıda belirtilen tüm bu özellikler, görünüm, mekanik özellikler, dayanım saha uygulamalarından etkilenir. Bu nedenle uygulamaların doğru yöntem ve standartlarla yapılması önemlidir [38].

Bu çalışma kapsamında öncelikle bir literatür araştırması yapılmıştır. Mevcut literatürün büyük bir kısmı, çimento matris kompozitlerinde liflerin uzun zamandır kullanıldığını göstermektedir. Son zamanlarda, sürdürülebilirlik ve çevre koruma bilinciyle birlikte, atık ve doğal liflerin kompozitlerde kullanımı büyük önem kazanmıştır. Literatür taraması sırasında, doğal ve bitkisel lif kullanımının, geleneksel liflere göre hızla artış gösterdiği görülmüştür. İnşaat sektöründeki çimentolu kompozitlerde mika mineralinin takviye elemanı olarak kullanılması konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında mika mineralinin, çimento matrisli kompozitlerde bir takviye elemanı olarak kullanımı incelenmiştir. Mika mineralinin, kompozitler üzerindeki mekanik, fiziksel ve yapısal davranışları detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Mika minerali ile oluşturulan harçların içsel dayanım özellikleri ile ilgili literatürde bir çalışma bulunamamıştır. Bir malzemenin yapısal dayanım analizi, malzeme hakkında daha kapsamlı bilgi elde edilmesini sağlar. Mika mineralinin kompozit harçlarda lif takviyesi olarak kullanılması yeni bir araştırma konusu olup, literatürde bu konuda sınırlı bir bilgi bulunmaktadır.

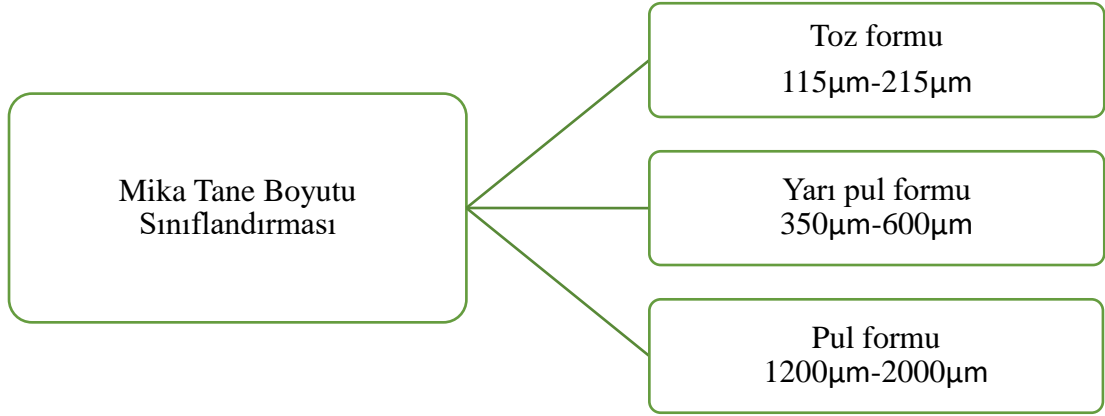
## 3. MATERYAL VE METOD

### 3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında, beyaz Portland çimentosu (BOPC) ana bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Cüruf, ana agrega olarak kullanılmıştır. Harcın reolojik özelliklerini kontrol altına almak için selüloz eterleri eklenmiştir. Araştırma boyunca toz halinde beyaz renkli bir su itici katkı maddesi kullanılmıştır. Bu deneysel araştırmada, çimento-matris kompozitlerinde takviye olarak farklı tane boyutlarında mika minerali kullanılmıştır. Kullanılan malzemeler aşağıdaki alt bölümlerde tanımlanmıştır.

#### 3.1.1 Mika minerali

Ege Bölgesi, Aydın ilinde yer alan Kaltun Madencilik Sanayi Nakliye ve Akaryakıt Tic. A.Ş.'den üç farklı tane boyutunda tedarik edilen mika, farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip levhamsı, kompleks bileşimli hidro alüminyum silikat mineralleridir. Minerolojik olarak yer kabuğunun ağırlıkça %3,8'ini oluşturan mikalar, özellikle asidik, magmatik ve metamorfik kayalarda bolca bulunurlar [7]. Dünyada endüstriyel hammadde olarak kullanımı yaygın olan mika mineralinin, günümüzde harç karışımlarında bileşen olarak yeterince değerlendirilmediği görülmektedir. Mika mineralinin gerek kimyasal yapısı gerekse malzeme karakteristiği ölçeğinde, kırılıp boyutlandırıldığında toz formda yapraksı lif özelliği sergilemesinin yanı sıra, daha iri boyutlarda ise yine yapraksı ve pul formu özellikler sergilediği bilinmektedir. Bu bağlamda mika mineralinin, özellikle lif takviyeli harç kombinasyonlarında lif takviye bileşeni olarak değerlendirilebilirliği gündeme gelmektedir. Mika tane boyutu sınıflandırması Şekil 3.1'de verilmiştir.



**Şekil 3.1:** Mika tane boyutu sınıflandırması.

Çalışmada mika malzeme; tane boyutu 115µm olan toz formu, tane boyutu 600µm olan yarı pul formu ve tane boyutu 1200µm olan pul formu olarak kullanılmıştır. Mika minerali kendi içerisinde ve çimento ile ağırlıkça yer değiştirerek, toplam karışımın ağırlıkça %0,6 ve %2'si olarak harç karışımlarına ilave edilmiştir.

Kullanılan mika mineraline ait fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 3.1'de verilmiştir.

**Tablo 3.1 :** Mika mineralinin fiziksel ve kimyasal özellikleri [39].

Özgül Ağırlık	2,89 gr/cm <sup>3</sup>
Sertlik	2,5
Nem	%0,30
SiO <sub>2</sub>	%52,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%29,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%1,14
TiO <sub>2</sub>	%0,35
CaO	%0,10
MgO	%1,72
Na <sub>2</sub> O	%0,88
K <sub>2</sub> O	%9,65
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%0,07
L.O.I.	%4,00



### 3.1.2 Çimento

Bu tez çalışmasında, TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 52.5 R (52.5 N/mm<sup>2</sup>) beyaz Portland çimentosu kullanılmıştır [40]. Beyaz kil, kalker ve mermer tozu gibi hammaddelerin kombinasyonu ile üretilen çimento türüdür. Az miktarda demir oksit(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)(%0,3'ten az) ve manganez nedeniyle, beyaz görünümlüdür.

Mimari ve estetik görünümüne önem verilen projelerde kullanılır. Çimento, Çimsa Çimento San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiş olup, fiziksel, kimyasal ve dayanıklılık özellikleri üretici firma teknik föyüne göre Tablo 3.2'de verilmiştir.

**Tablo 3.2 :** CEM I 52.5R sınıfı çimento özellikleri [41].

Özellik	Kimyasal Özellikleri		
	Sonuç	EN 197-1 Limitleri	BR
Kızdırma Kaybı	3,20	≤ 5.0	%
Çözünmeyen Kalıntı	0,18	≤ 5.0	%
SiO <sub>2</sub>	21,6	-	%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,05	-	%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,26	-	%
CaO	65,7	-	%
MgO	1,30	-	%
SO <sub>3</sub>	3,30	≤ 4.0	%
Na <sub>2</sub> O	0,30	-	%
K <sub>2</sub> O	0,35	-	%
Klorür(Cl)	0,01	≤ 0.1	%
Serbest CaO	1,60	-	%
Fiziksel Özellikleri			
Priz Başlama Süresi	100	≥45	Dk
Priz Bitiş Süresi	130	-	Dk
Özgül Ağırlık (Yoğunluk)	3.06	-	gr/cm <sup>3</sup>
Blaine (Özgül Yüzey)	4600	-	cm <sup>2</sup> /gr
Beyazlık	85,5	≥85	%
Su	30	-	%
Hacim Sabitliği(Le Chatelier)	1,0	≤ 10	Mm

	<b>Karma Oksit Bogue Özellikleri</b>		
C <sub>3</sub> S	66,31	-	%
C <sub>2</sub> S	11,90	-	%
C <sub>3</sub> A	10,29	-	%
C <sub>4</sub> AF	0,79		%
	<b>Mekanik Özellikleri</b>		
7 Günlük Basınç Dayanımı	37	-	N/mm <sup>2</sup>
14 Günlük Basınç Dayanımı	50	-	N/mm <sup>2</sup>
28 Günlük Basınç Dayanımı	60	≥52,5	N/mm <sup>2</sup>

**Tablo 3.2 :** CEM I 52.5R sınıfı çimento özellikleri [41] (devam).

### 3.1.3 Cüruf

Cüruf; silis, kalsiyum alümina silis ve bazik esaslı bileşikler içeren ve fırınlarda demir üretimi sırasında ergimiş halde elde edilen bir atık üründür [42]. Cürufun kimyasal bileşimi esas olarak CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'den oluşmaktadır. Ancak cürufun kimyasal bileşimi kadar kristal yapısı da önemlidir [43]. Kalsiyum içeriklerine ilave olarak, tane boyutu ve karakteristikleri ile camsı madde bileşimi ve oranı, aktivitelerinde etkin olan temel faktörlerdir [42]. Numunelerde; ana agrega bileşeni olarak iki farklı tane boyutuyla kullanılmıştır. İnce cüruf agrega 100 µm - 400 µm boyutlu olup, karışımlarda ana agrega toplamının %35'i sabit değer olarak kullanılmıştır. Benzer şekilde iri cüruf agrega ise 400 µm - 800 µm boyutlu olup, karışımlarda ana agrega toplamının %65'i sabit değer olarak kullanılmıştır. Bu agrega bileşenleri, karışımlardaki çimento ve mika kullanım oranlarına göre kendi aralarında ağırlıkça dağılmıştır. Cürufun çimento ile kullanımıyla bağlayıcılık özelliği gösterdiği bilinmektedir.

### 3.1.4 Selüloz

Selüloz eterleri, çimento harcının reolojisini geniş ölçüde kontrol eden katkı maddeleridir. Bu çok fazlı karışımın karmaşık bir matrisinde akma noktası ve kesme kuvveti üzerinde etkisi vardır [44]. Selüloz, çimento harcı formülasyonunun vazgeçilmez bir bileşenidir. Bu katkı maddesi, harcın performans profilini çeşitli

seviyelerde ayarlamaya yardımcı olur. Harç matrisindeki çözündürülmüş selüloz, reolojik özelliklerini ve daha sonra harcın işlenebilirliğini büyük ölçüde belirler. Kuru karışım harç uygulamasında tercih edilen selüloz eterleri, hidroksipropil metil selüloz (HPMC) veya hidroksietil metil selülozdur (HEMC). Bu çalışmada, harcın yeterli su tutmasını sağlamak amacıyla; HEMC kullanılmıştır. Su kaybının önlenmesi hidrasyon süresini geciktirir. Selüloz, çok ince bir boyuta sahip beyaz ve toz formdadır. Höppler'e göre viskozite seviyesi 150000 mPa.s'dir. Harca kayma direnci sağlar. Ayrıca soğuk suda kolayca çözülür.

### **3.1.5 Akışkanlaştırıcı Katkı**

Akışkanlaştırıcı madde olarak bir polimer tozu kullanılmıştır. Çimento esaslı kompozit harçların bileşiminde kullanılan akışkanlaştırıcı, aynı zamanda ticari bir üründür. Ağırlıkça %80 etilen oksit içeren bir propilen oksit ve etilen oksit kopolimeridir. Genellikle inşaat sektöründe katı katkı için akışkanlaştırıcı madde olarak kullanılır ve çimento, alçı veya kireç esaslı sıva ve harçlara uygulanır. Harç karışımlarının işlenebilirliği ve plastisite özellikleri, polimer akışkanlaştırıcı toz katkı maddesi kullanılarak iyileştirilmeye çalışılmıştır.

### **3.1.6 Karma Suyu**

Harç üretiminde kullanılan suyun iki önemli işlevi vardır. Bunlardan ilki kuru madde harcı işlenebilir bir kütleye dönüştürmek, ikincisi ise plastik kütleyle çimento ile kimyasal tepkimeyle sertleştirmektir [45]. Harç üretiminde su, temiz ve negatif olmayan bir şekilde kullanılmalıdır. Çimento esaslı harçların üretiminde içme suyu kullanılabilir [46].

Bu tezde hazırlanan çimento esaslı kompozit harçların hidrasyonunu sağlamak için İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Yapı Malzemeleri Laboratuvarı musluk suyu kullanılmıştır.

### 3.2 Metod

Yapılan deneysel çalışmada, Ege Bölgesi, Aydın ilinde yer alan ve ticari olarak temin edilen farklı boyutlarda sınıflandırılmış mika minerali ile yeni nesil kompozit harç numuneleri üretilmiştir. Çalışma kapsamında, öncelikle içeriğinde mika minerali katkısı içermeyen bir seri kontrol harç örnekleri oluşturulmuştur. Diğer test örneklerinde ise farklı oranlarda mika minerali içeren kompozit harç karışımları yapılmıştır.

Yapılan çalışmayla inşaat sektöründe iç cephe ve/veya dış cephe duvar uygulamalarında sıva harcı olarak kullanılabilecek yeni nesil doğal formda bir harç kombinasyonunun geliştirilmesinde doğal mikanın farklı tane boyutlarında katkı olarak kullanımıyla harcın teknik özelliklerine etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır.

Bu kompozit harç kombinasyonlarında sertleşmiş harç teknik özellikleri olarak;

- Birim hacim ağırlık,
- Basınç dayanımı,
- Eğilme dayanımı,
- Kohezyon ve elastisite özelliklerinin incelenmesi öngörülmüştür.

Mika minerali kendi içerisinde ve çimento ile ağırlıkça yer değiştirerek, kontrol numuneleri de dâhil 14 harç tasarımı oluşturulmuştur. Bu tasarımlara göre hazırlanan karışımlar, bir karıştırıcı mikser yardımıyla elde edilmiştir. Elde edilen numunelere taze harç ve sertleşmiş harç deneyleri uygulanmıştır. Bulgular grafiksel olarak analiz edilerek tartışılmıştır. Çalışma kapsamında yapılmış olan deneyler özetle Tablo 3.3'te verilmiştir.

**Tablo 3.3 :** Yapılan agrega ve numune deneyleri.

Agrega Deneyleri	Taze Harç Deneyleri	Sertleşmiş Harç Deneyleri
✓ Kuru yığın BHA	✓ Yaş BHA	✓ Sertleşmiş harcın birim hacim ağırlık
		✓ Basınç dayanımı deneyi
		✓ Eğilme dayanımı deneyi
		✓ Yarmada çekme dayanımı deneyi

Çalışma kapsamında yapılan metodolojik faaliyetler Şekil 3.2’de akış şeması olarak verilmiştir.



Şekil 3.2: Metodolojik akış şeması.

### 3.2.1 Kompozit harç karışımlarının hazırlanması

Çalışmada değerlendirilecek numuneler için uygun agrega ve katkı malzemeleri seçilerek ağırlıkça kullanılması gereken miktarların belirlenebilmesi için test numuneleri hazırlanmıştır. Bu karışımlarda çimento miktarı ve mika minerali katkısı iki ana değişken olarak ele alınmıştır. Mika mineralinin ve çimentonun kendi içerisinde ağırlıkça yer değiştirmesi ile 14 farklı kompozit harç örneği hazırlanmıştır. Bu karışımların tasarım kombinasyonlarına ait sayısal değerler Tablo 3.4’te verilmiştir.

Mika minerali ilave edilmiş çimento esaslı kompozit harç karışımlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi için 3 farklı tane boyutu kullanılmıştır. Tane boyutu 115µm olan mikanın toz formu TZ, tane boyutu 600µm olan mikanın yarı pul formu YPL ve tane boyutu 1200µm olan mikanın pul formu ise PL kodlamalarıyla

temsil edilmiştir. Harç karışımlarında kontrol ve mika minerali tane boyutu öncelikli olarak verilmiş olup, kodlamaların başında yer alan 0,6 ve 2,0 oranları kullanılan mika lifinin karışımdaki ağırlıkça “%” oranını vermektedir. MK olarak kodlandırılan ve 0 içerikli karışımlar ise referans (kontrol) karışımıdır. İçeriğinde mika minerali bulunmamaktadır. Kodlamanın sonunda yer alan 27B-40B ise ağırlıkça kullanılan çimento “%”sini temsil etmektedir. Çimento kullanımı karışımda ağırlıkça “%27 ve %40 ” oranındadır.

**Tablo 3.4 : Kompozit harç karışım kombinasyonları.**

	Karışım Kodu	100-400	400-800	BOPC	Mika	Selüloz	Akışkanlaştırıcı	Su/Katı Oranı
		µm Cüruf	µm Cüruf					
		(Ağırlıkça) (%)	(Ağırlıkça) (%)	(Ağırlıkça) (%)	(Ağırlıkça) (%)	(Ağırlıkça) (%)	(Ağırlıkça) (%)	(Ağırlıkça) (%)
<b>Kontrol</b>	<b>0MK27B</b>	25,45	47,25	27	0	0,2	0,1	0,24
	<b>0MK40B</b>	20,9	38,8	40	0	0,2	0,1	0,24
<b>Mika 115µm</b>	<b>0,6TZ27B</b>	25,24	46,86	27	0,6	0,2	0,1	0,24
	<b>2,0TZ27B</b>	24,75	45,95	27	2	0,2	0,1	0,24
	<b>0,6TZ40B</b>	20,69	38,41	40	0,6	0,2	0,1	0,24
	<b>2,0TZ40B</b>	20,2	37,5	40	2	0,2	0,1	0,24
<b>Mika 600µm</b>	<b>0,6YPL27B</b>	25,24	46,86	27	0,6	0,2	0,1	0,24
	<b>2,0YPL27B</b>	24,75	45,95	27	2	0,2	0,1	0,24
	<b>0,6YPL40B</b>	20,69	38,41	40	0,6	0,2	0,1	0,24
	<b>2,0YPL40B</b>	20,2	37,5	40	2	0,2	0,1	0,24
<b>Mika 1200µm</b>	<b>0,6PL27B</b>	25,24	46,86	27	0,6	0,2	0,1	0,24
	<b>2,0PL27B</b>	24,75	45,95	27	2	0,2	0,1	0,24
	<b>0,6PL40B</b>	20,69	38,41	40	0,6	0,2	0,1	0,24
	<b>2,0PL40B</b>	20,2	37,5	40	2	0,2	0,1	0,24

Ayrıca, tüm karışımlarda kıvamlaştırıcı katkı olarak ağırlıkça “%2” oranında toz selüloz kullanılmış olup, ağırlıkça %1 oranında da toz akışkanlaştırıcı polimer katkı ve su/katı oranı da ağırlıkça %24 olarak sabit değerlerde kullanılmıştır.

### 3.2.2 Agrega deneyleri

Öncelikle mika mineralinin ve diğer materyallerin yığın kuru birim hacim ağırlıkları belirlenmiş olup elde edilen sayısal bulgular Tablo 3.6’da verilmiştir.

**Tablo 3.5 :** Agregaların yığın kuru birim hacim ağırlık değerleri.

Agrega	Birim Hacim Ağırlık	Birim
100-400 µm Cüruf	1210	kg/m <sup>3</sup>
400-800 µm Cüruf	996	kg/m <sup>3</sup>
Selüloz	393	kg/m <sup>3</sup>
Akışkanlaştırıcı	616	kg/m <sup>3</sup>
Mika SMW115 µm	388	kg/m <sup>3</sup>
Mika SMW600 µm	628	kg/m <sup>3</sup>
Mika SMW1200 µm	869	kg/m <sup>3</sup>

### 3.2.3 Taze harç karışımı deneyleri

Harç karışımları için kullanılacak agrega, çimento, mika minerali, katkıları ve suyun ağırlıkları hassas terazi ile ölçülmüştür. Karışımlar harç karıştırıcı mikser ucu desteği ile oluşturulmuştur. Karışımlar ortalama 4 dakika sabit devirde karıştırılmış olup, homojen hale getirilmeye çalışılmıştır. Su ilavesinden önce karışım resmi ve su ilavesi sonrası Şekil 3.3'te verilmiştir.



**Şekil 3.3:** Kuru karışım ve su ile karıştırıldıktan sonraki hali.

### 3.2.4 Sertleşmiş harç deneyleri

Kompozit harç örneklerinden numunelere 7 ve 28 günlük kür sürelerinin sonunda küp olanlara basınç dayanım testi, silindir olanlara yarmada çekme testi, prizma

olanlara eğilme testi uygulanmıştır. Bu deneylerde kullanılan metodlar aşağıdaki bölümlerde verilmiştir.

### 3.2.4.1 Basınç dayanımı tayini

Basınç dayanımı, malzemenin aksenal yük etkisi altında kırılmaya karşı dayanma yeteneğidir. Basınç dayanımı testleri EN 1015-11 standardına göre yapılmıştır. Basınç dayanımı testlerinde 50x50x50 mm kübik numuneler kullanılmıştır. Numune kalıplarına yerleştirilen harçlara gerekli şişleme işlemleri uygulanmıştır. Kalıplardan çıkarılan örnekler öncelikle 3 gün süreyle nemli bir ortamda küremesi yapılmış olup, daha sonra ise doğal ortam şartlarında küremeye bırakılmıştır. Teste tabi tutulacak numuneler, havalandırılmalı bir etüv ortamında değişmez ağırlığa ulaşuncaya kadar kurutulma işlemine tabi tutulmuş ve sonrasında basınç dayanım testi uygulanmıştır. Tüm numuneler için kür süresi 7 ve 28 gün olarak belirlenmiştir. Karışımın kalıplanması Şekil 3.4'te verilmiştir. Kalıplardan çıkarılan numuneler ise Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.4: Karışımın kalıplanması.



Şekil 3.5: Kalıplardan çıkarılan numuneler.



TS EN 998-1 standardına göre, harçların belirli bir basınç dayanımı özelliği olmalıdır. Bu özellik, basınç dayanımı cihazı ile birim alandaki yük miktarının hesaplanmasıyla belirlenir. Çalışmada kullanılan U-TEST markalı 303 kN kapasiteli basınç dayanımı test cihazı, Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6: Otomatik test cihazı.

Basınç dayanımı testinde kullanılan numunelerin genel görünümü Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7: Basınç dayanımı testi için 50x50x50 mm boyutlu numuneler.

### 3.2.4.2 Eğilme dayanımı tayini

Eğilme dayanımı, bükülmeye karşı gösterilen dirençtir. Sertleşmiş kompozit harçların eğilme dayanımı, prizma numunelerin üç noktadan yüklenmesiyle belirlenir. Eğilme dayanımı testlerinde 40x40x160 mm prizmatik numuneler kullanılmıştır. Bu testler Şekil 3.8’de yer alan üç noktalı eğilme dayanımı aparatı desteği ile gerçekleştirilmiştir. Bu aparat basınç dayanımı testinde kullandığımız test cihazı ile kullanılmaktadır. Test cihazı numunenin dengede kalması için iki destek silindire sahiptir. Bu iki destek arasında 100 mm’lik bir açıklık vardır. Test örneğinin yukarısında ise bu iki destekleyici makaranın ortasında bulunan yükleme makarası bulunmaktadır.



Şekil 3.8: Üç noktalı eğilme dayanımı aparatı [47]

Eğilme dayanımı denklemi:

$$\sigma_e = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de “P” kırılma noktasındaki aksenal yük, “L” iki destek arasındaki açıklık, “b” numunesi genişliği, “d” ise numune derinliğidir.

Eğilme dayanımı testinde kullanılan bir numune Şekil 3.9’da verilmiştir.

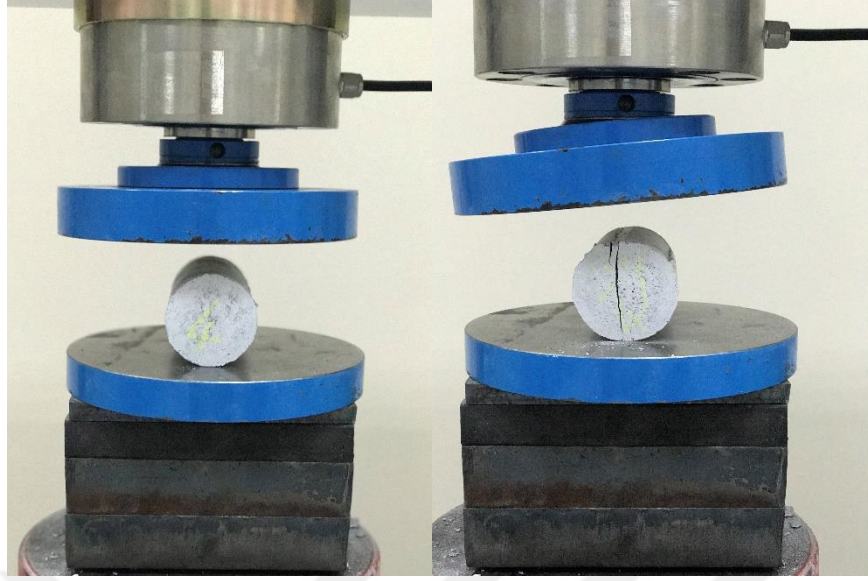


**Şekil 3.9:** 40x40x160 mm prizmatik eğilme dayanımı testi sonrası numune.

### **3.2.4.3 Yarmada çekme dayanımı tayini**

Yarmada çekme dayanımı sertleşmiş harcın çekmeye karşı göstermiş olduğu dirençtir. Çekme dayanımının belirlenmesinde en sık kullanılan ve “Brazilian Test” olarak da bilinen yarmada çekme testidir. Bu test, iki plaka arasına silindirik bir numunenin uzunluğu boyunca yerleştirilmesiyle uygulanır [48]. Yarmada çekme dayanımı testlerinde  $\text{Ø}50 \times 100$  mm boyutlarındaki silindir numuneler kullanılmıştır. Kalıplardan çıkarılarak, 3 gün doğal ortam şartlarında kürlendikten ve test süresine kadar oda sıcaklığında kurutulduktan sonra numunelere başka bir işlem yapılmadan doğrudan basınç dayanımı testi yapılmıştır. Tüm numuneler için kür süresi 7 ve 28 gün olarak belirlenmiştir.

Yarmada çekme dayanımı testi uygulama öncesi ve sonrası silindir numunelerin genel formu Şekil 3.10’da sembolik olarak verilmiştir.



**Şekil 3.10:** Yarmada çekme dayanımı testi uygulama öncesi ve sonrası silindirik numune.

Yarmada çekme dayanımı denklemi:

$$F_{ct} = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de “ $F_{ct}$ ” yarmada çekme dayanımı; “ $P$ ” kırılma noktasındaki aksenal yük, “ $L$ ” numune uzunluğu ve “ $D$ ” ise numune çapıdır.

### **3.2.5 Kompozit harç örnekleri içsel gerilme değerlerinin belirlenmesi**

Deneyssel analizlerde hazırlanan test örneklerine ait içsel gerilme değerlerinin belirlenmesinde Mohr-Coulomb kriterinden faydalanılmıştır.

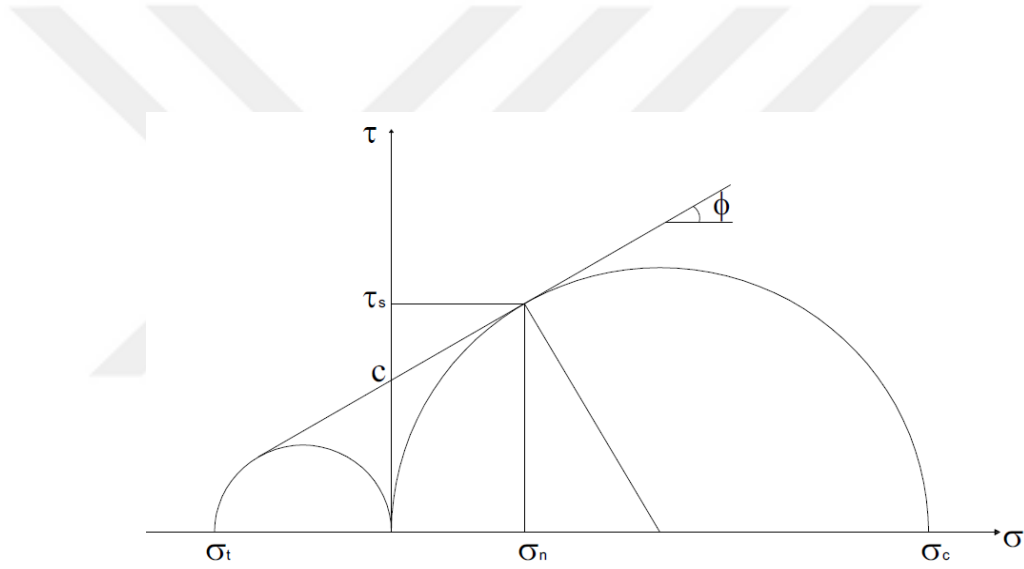
#### **3.2.5.1 Mohr-Coulomb kriteri**

Mohr-Coulomb malzemelerin yapısal dayanım analizi ve içsel dayanım eylemlerinin belirlenmesinde kullanılan bir kriterdir. Bu tez çalışmasında numunelerin içsel sürtünme açısı, kohezyon, normal gerilme değeri ve kayma gerilmesi gibi yapısal mekanik özelliklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

Yapısal dayanım parametreleri temel olarak kaya mekaniğinde kullanılmaktadır. İçsel sürtünme açısı, kayma gerilmesi, normal gerilme ve kohezyon parametreleri yük taşıma hesaplarında kullanılan ana parametrelerdir. Benzer bir yaklaşımla, bu çalışmada çimento matrisli kompozit harçların iç yapısını anlamak ve matris yapısında değişim gösteren dayanım performansının detaylandırılabilmesi için Mohr-Coulomb kriteri uygulanmaya çalışılmıştır.

$$\tau = c + \sigma^* \tan (\phi) \quad (3.3)$$

Denklem 3.3’de “c” kohezyon, “ $\phi$ ” içsel sürtünme açısı, “ $\sigma$ ”normal gerilme, “ $\tau$ ” kayma gerilmesidir. Şekil 3.11’de Mohr-Coulomb kırılma kriteri verilmiştir.



**Şekil 3.11:** Mohr-Coulomb kırılma kriteri.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında hazırlanmış olan kompozit harç numunelerinin deneysel analiz bulguları ve sonuçlarına ait değerlendirmeler aşağıda yer alan bölümlerde verilmiştir.

### 4.1 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Birim Hacim Ağırlık Analizi

Deneysel test numuneleri için hazırlanan farklı karışım kombinasyonlarına ait toz form, yaş form ve sertleşmiş kompozit harç formundaki örneklerin birim hacim ağırlık değerleri TS EN 1015-10 standardında öngörülen prensiplere göre belirlenmiştir. Tablo 4.1’de karışımlara ait değerler verilmiştir.

**Tablo 4.1 :** Kompozit harç örneklerinin birim hacim ağırlık analiz bulguları.

	Karışım Kodu	Toz Karışım Formunda Birim Hacim Ağırlık Değeri (kg/m <sup>3</sup> )	Yaş Harcın Birim Hacim Ağırlık Değeri (kg/m <sup>3</sup> )	Sertleşmiş Harcın Birim Hacim Ağırlık Değeri (kg/m <sup>3</sup> )
<b>Kontrol</b>	<b>0MK27B</b>	1336	1538	1651
	<b>0MK40B</b>	1347	1881	1670
<b>Mika 115µm</b>	<b>0,6TZ27B</b>	1381	1546	1704
	<b>2,0TZ27B</b>	1302	1573	1679
	<b>0,6TZ40B</b>	1332	1659	1829
<b>Mika 600µm</b>	<b>2,0TZ40B</b>	1287	1723	1863
	<b>0,6YPL27B</b>	1349	1521	1584
	<b>2,0YPL27B</b>	1332	1626	1610
	<b>0,6YPL40B</b>	1348	1869	1761
<b>Mika 1200µm</b>	<b>2,0YPL40B</b>	1350	1878	1813
	<b>0,6PL27B</b>	1355	1550	1655
	<b>2,0PL27B</b>	1363	1592	1561
	<b>0,6PL40B</b>	1370	1737	1791
	<b>2,0PL40B</b>	1349	1750	1870

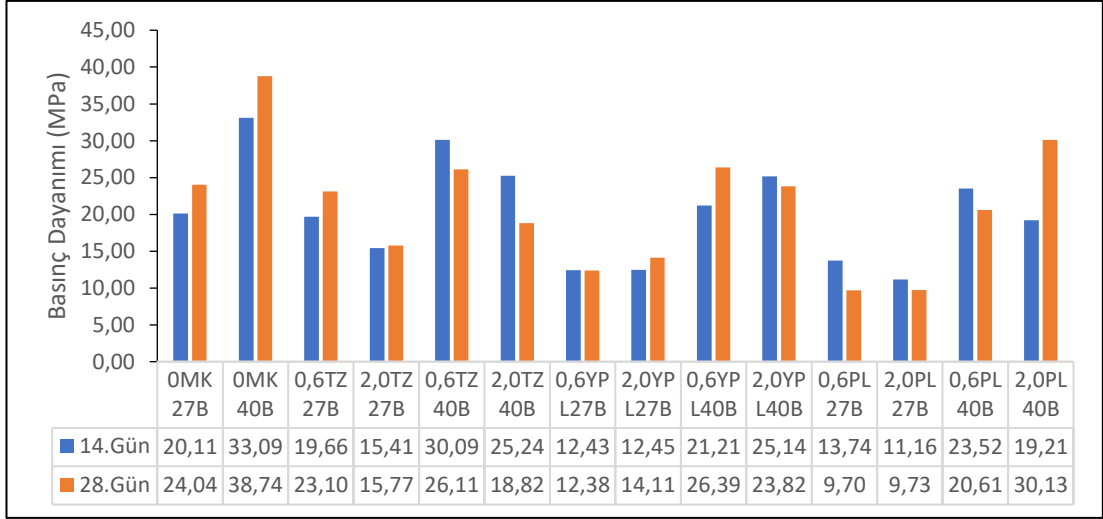
Tablo 4.1 irdelendiğinde mika katkısı içermeyen kontrol karışımının sertleşmiş birim hacim ağırlık değeri referans olarak ele alındığında 115µm toz boyutta mika minerali katkısı, kompozit harcın karışım sonrasında daha iyi yerleşme etkisi gösterdiği ve buna bağlı olarak daha yüksek harç yoğunluğu oluşturduğu görülmektedir. Bu olgu, düşük mika oranı kullanımında ortalama %13'e karşılık gelmekte iken, yüksek mika oranı kullanımında ise bu oranın %21'e kadar ulaştığı görülmektedir. Düşük tane boyutlu mikanın, yüksek oranda kullanımlarında harcın yoğunluğunu önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür.

## **4.2 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Basınç Dayanımı Analizi**

Tez çalışması kapsamında oluşturulan numunelere 14 ve 28 günlük kür süresi sonunda TS EN 1015-11 standardında öngörülen prensiplere göre basınç dayanım testi yapılmıştır. Yapılan testler ile elde edilen bulgular Şekil 4.1'de verilmiştir.

Test edilen harç örneklerine ait basınç dayanım değerleri TS EN 998-1 standardına göre analiz edilmiştir. Çimento bazlı harç numunelerinin basınç dayanım değerleri bu standarda göre 28 günlük kür sonrasında dört farklı gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- CS I sınıfı (0,4 – 2,5 N/mm<sup>2</sup>)
- CS II sınıfı (1,5 – 5,0 N/mm<sup>2</sup>)
- CS III sınıfı (3,5 – 7,5 N/mm<sup>2</sup>)
- CS IV sınıfı ( $\geq 6$  N/mm<sup>2</sup>) 'dir.



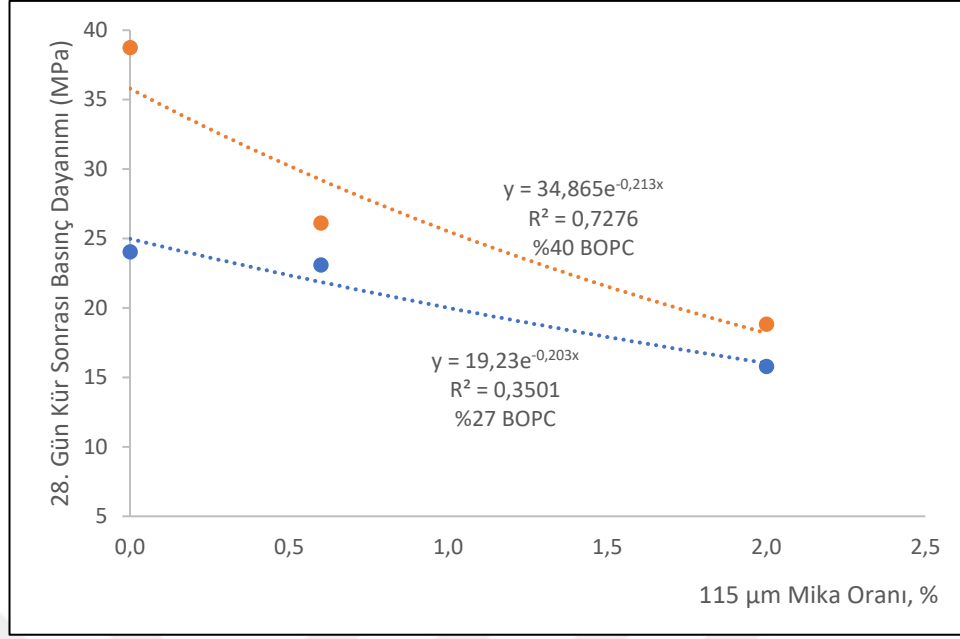
**Şekil 4.1 : Basınç dayanımı sonuçları.**

Şekil 4.1 irdelendiğinde harç karışımlarında çimento oranının artmasına bağlı olarak basınç dayanım değerlerinde bir artış gözlenmektedir. Harç karışımlarına ait 28 günlük kür sonrası basınç dayanım değerlerinin 9,70 MPa – 38,70 MPa aralığında olduğu görülmektedir.

Test edilen harç karışımlarında 2,0PL40B örneklerinde 1200 µm mika kullanımında 28. günde lif takviyeli en yüksek basınç dayanımı değeri elde edilmiştir. Ancak iki farklı BOPC oranı ile oluşturulan bu karışımlardan, mika lifi içeren harç örneklerinde, nihai basınç dayanım değerlerinin; mika içermeyen kontrol örneklerine göre 28. günde daha düşük olduğu görülmüştür.

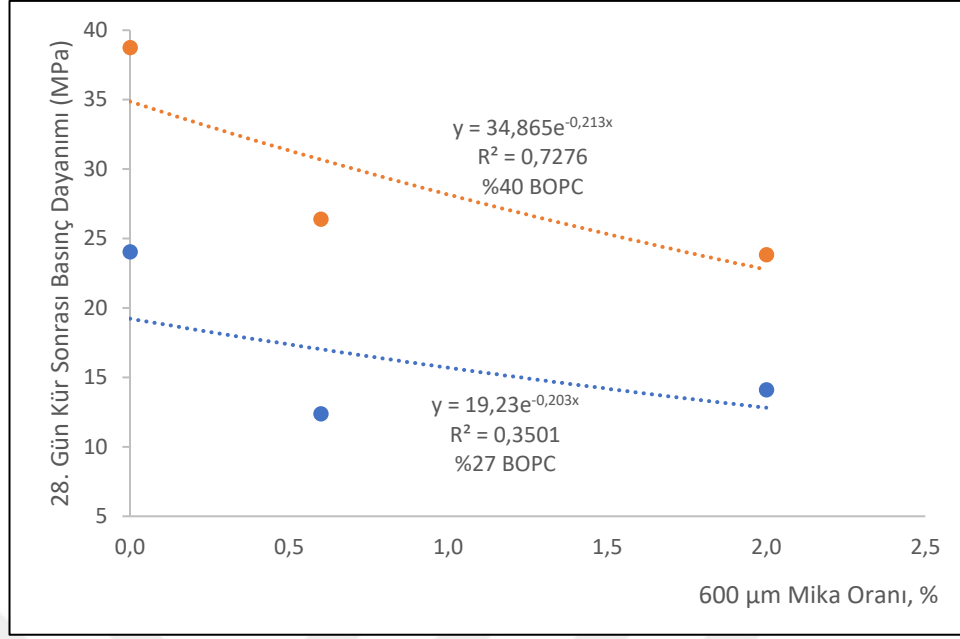
Üç farklı boyutta kullanılan mika minerali katkısının kompozit harcın 28. gün kür sonrası basınç dayanımına olan etkisi Şekil 4.2'den Şekil 4.4'e kadar ağırlıkça çimento kullanım oranlarına göre sırasıyla verilmiştir.





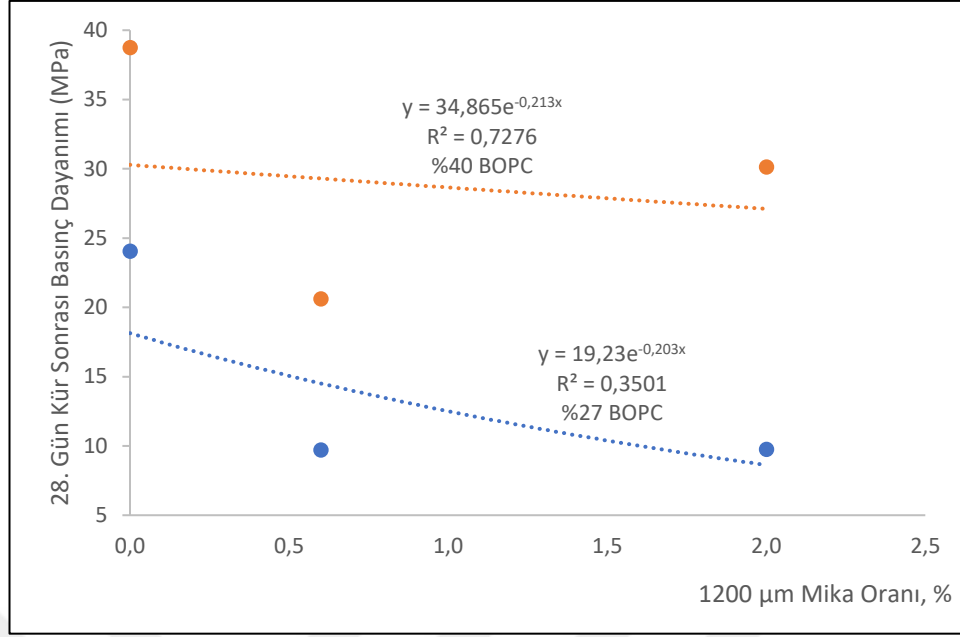
**Şekil 4.2 :** Toz boyut mika katkısı - harcın basınç dayanımı ilişkisi.

Şekil 4.2 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki toz boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın basınç dayanımı düşme yönünde genel bir eğilim göstermektedir. Ancak, çimento kullanım oranının yüksek olduğu karışımlarda bu eğilimin daha da belirgin olduğu gözlenmiştir. Basınç dayanımındaki bu değişim %27 çimento kullanım oranında maksimum %34,4'ü kadar düşme eğilimi gösterirken, %40 çimento kullanım oranında ise maksimum %51,4 düşme eğilimi belirlenmiştir. Toz boyutta mika kullanımı, basınç dayanımının düşmesine sebep olan etki sergilediği genel bir olgu olarak belirlenmiştir.



**Şekil 4.3 :** Yarı pul boyut mika katkısı - harcın basınç dayanımı ilişkisi.

Şekil 4.3 irdelendiğinde ise görüleceği üzere, karışımdaki yarı pul boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın basınç dayanımı düşme yönünde genel bir eğilim göstermektedir. Ancak, çimento kullanım oranının yüksek olduğu karışımlarda bu eğilimin daha da belirgin olduğu gözlenmiştir. Basınç dayanımındaki bu değişim %27 çimento kullanım oranında maksimum %41,3'ü kadar düşme eğilimi gösterirken, %40 çimento kullanım oranında ise maksimum %38,5 düşme eğilimi belirlenmiştir. Yarı pul boyutta mika kullanımı, basınç dayanımının düşmesine sebep olan etki sergilediği genel bir olgu olarak belirlenmiştir.



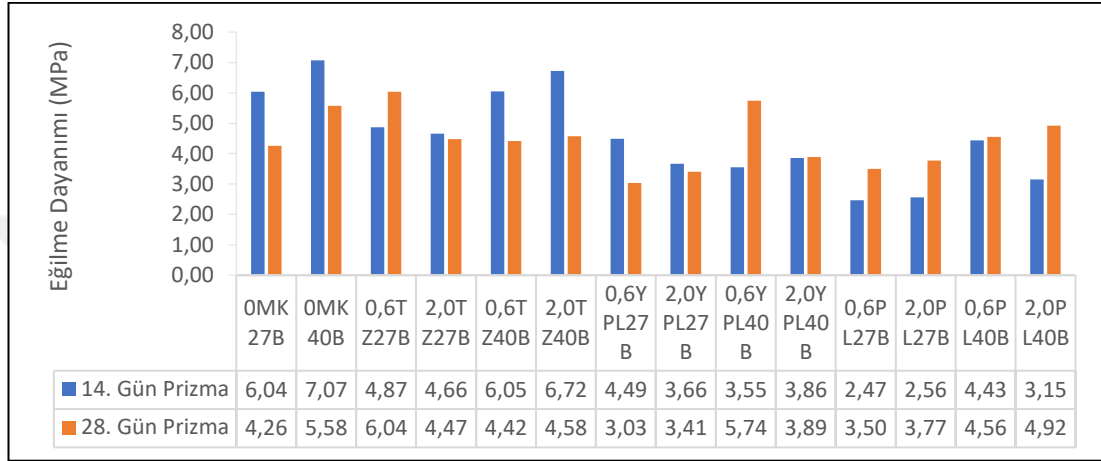
**Şekil 4.4 :** Pul boyut mika katkısı - harcın basınç dayanımı ilişkisi.

Benzer bir karakteristik olgu, mikanın pul boyut formunda kullanıldığı durum için de gözlenmiştir. Şekil 4.4 irdelendiğinde, karışımdaki pul boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, toz boyutta elde edilen bulgulara benzer şekilde, sertleşmiş kompozit harcın basınç dayanımı düşme yönünde genel bir eğilim göstermektedir. Çimento kullanım oranının yüksek olduğu karışımlarda da bu eğilimin belirginleştiği açıkça görülmektedir. Basınç dayanımındaki bu değişim %27 çimento kullanım oranında yaklaşık %60 dolayında iken, %40 çimento kullanım oranında ise maksimum %46'ya gerilediği belirlenmiştir. Lif katkısı ile düşen birim hacim ağırlık, basınç dayanımı değerlerinin de düşmesinde etkili olmuştur. Pul boyutta mika kullanımı, düşük çimento kullanım oranlı harçlarda daha yüksek oranda basınç dayanımının düşmesine sebep olan etki sergilediği genel bir olgu olarak gözlenmiştir.

TS EN 998-1 standardında basınç dayanım sınıfları 4 ayrı kategoride sınıflandırılmıştır. Yüksek dayanımlı harç grupları CS IV kategorisi olarak tanımlanmış olup, bu sınıfta yer alan tüm harç gruplarının 28. kür sonrası basınç dayanım değerlerinin  $\geq 6$  MPa olması öngörülmüştür. Bu irdelemeye göre toz boyut, yarı pul boyut ve/veya pul boyut formunda mika mineralinin katkı olarak kullanıldığı tüm kompozit harç örneklerinin TS EN 998-1 standardında öngörülen CS IV yüksek dayanımlı harç kategorisinin değerlerini sağladığı görülmüştür.

### 4.3 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Eğilme Dayanımı Analizi

Tez çalışması kapsamında elde edilen numunelerde 14 ve 28 günlük kür süresi sonrasında eğilme dayanımı testleri uygulanmıştır. Deneysel analizlerden elde edilen bulgular Şekil 4.5’te topluca verilmiştir.



Şekil 4.5 : Eğilme dayanımı sonuçları.

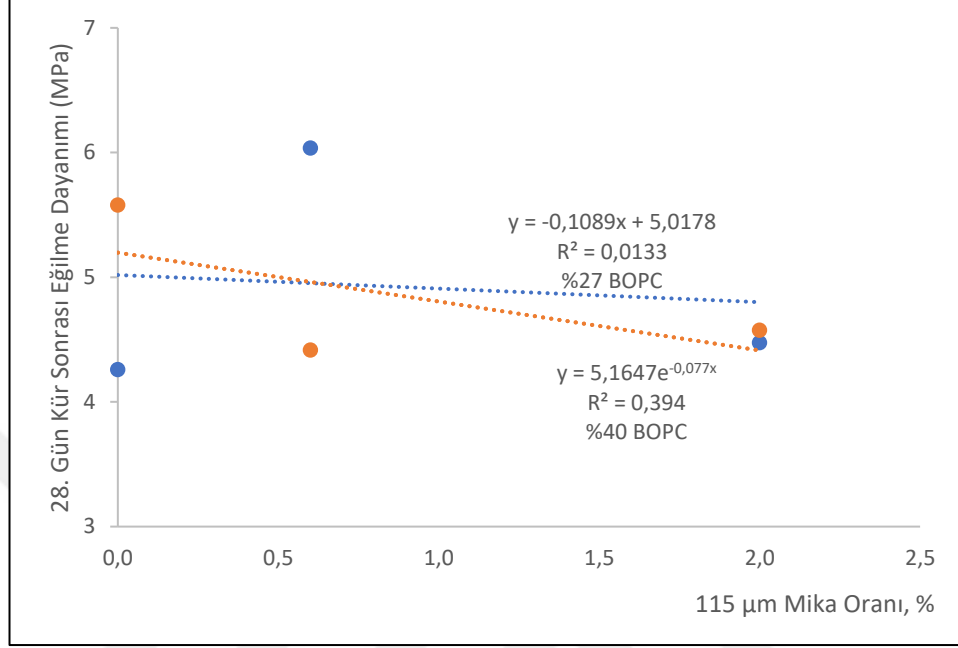
Kontrol numunelerinde genel olarak görülen eğilme dayanımı değerleri kür süresine göre değişiklik göstermekle beraber 28 günlük değerlerin 14 günlük değerlere göre ortalama %25,5 düşme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Toz boyutta %0,6 mika minerali ve %27 çimento oranı 0,6TZ27B karışımı ile en yüksek eğilme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Kontrol örneğine göre toz boyutta %29,5 oranında eğilme dayanımı artışı olduğu belirlenmiştir.

Yarı pul boyutta %0,6 mika minerali ve %40 çimento oranı 0,6YPL40B karışımı ile en yüksek eğilme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Kontrol örneğine göre yarı pul boyutta %3 oranında eğilme dayanımı artışı olduğu belirlenmiştir.

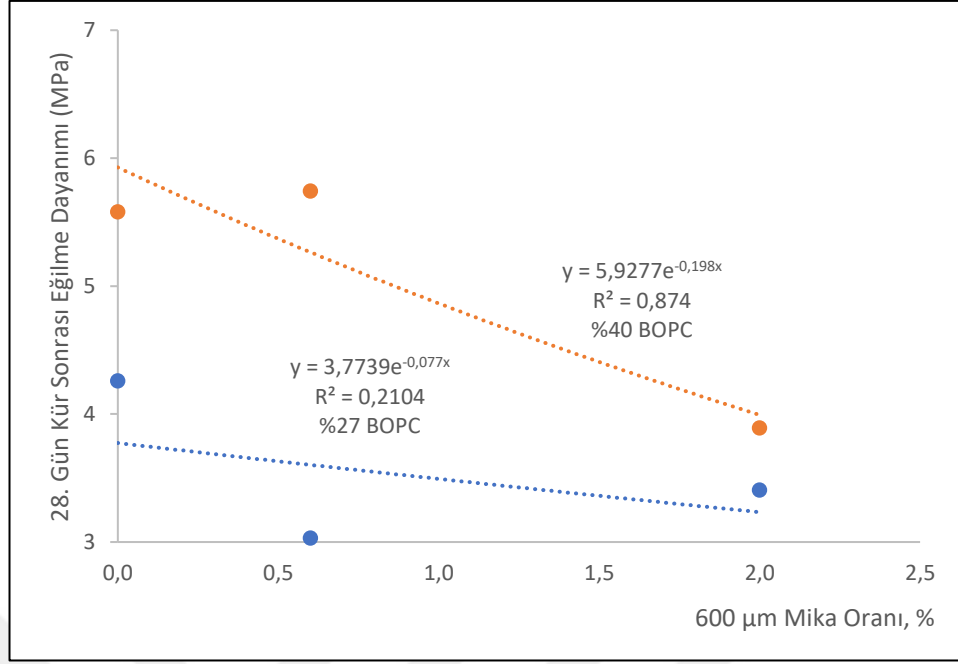
Pul boyutta %2,0 mika minerali ve %40 çimento oranı ile en yüksek eğilme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Ancak kontrol örneğine göre 2,0PL40B kodlu bu karışım da %11,8 düşme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Üç farklı boyutta kullanılan mika minerali katkısının kompozit harcın 28. gün kür sonrası eğilme dayanımına olan etkisi Şekil 4.6'den Şekil 4.8'e kadar ağırlıkça çimento kullanım oranlarına göre verilmiştir.



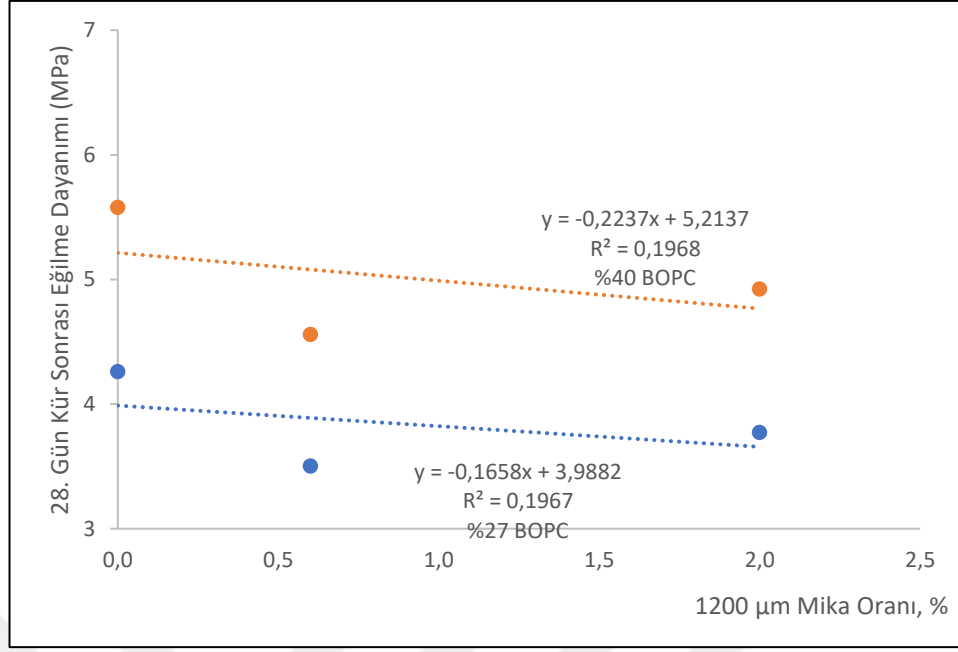
**Şekil 4.6:** Toz boyut mika katkısı - harcın eğilme dayanımı ilişkisi.

Şekil 4.6 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki toz boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın eğilme dayanımı çimento kullanım oranına bağlı olarak değişim göstermektedir. Eğilme dayanımındaki bu değişim %27 çimento kullanım oranında maksimum %41,8'i kadar yükselme eğilimi gösterirken, %40 çimento kullanım oranında ise maksimum %20,8'i kadar düşme eğilimi belirlenmiştir. Toz boyutta mika ve %27 çimento kullanımında ile eğilme dayanımının yükseliş gösterdiği, yüksek dozajda ise eğilme dayanımının düşmesine sebep olan etki sergilediği genel bir olgu olarak belirlenmiştir. Toz boyut için optimum kullanım oranı %27 olarak belirlenmiştir. Bu çimento dozajında kontrol numunelerine kıyasla eğilme dayanımında minimum %5 ve maksimum %41,8 artış görülmektedir.



**Şekil 4.7:** Yarı pul boyut mika katkısı - harcın eğilme dayanımı ilişkisi.

Şekil 4.7 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki yarı pul boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın eğilme dayanımı düşme yönünde genel bir eğilim göstermektedir. Eğilme dayanımındaki bu değişim %27 çimento kullanım oranında maksimum %28,8'i kadar düşme eğilimi gösterirken, %40 çimento kullanım oranında ise maksimum %30,3'ü kadar düşme eğilimi belirlenmiştir. Karışım özelinde baktığımızda 0,6YPL40B kodlu karışımın %3 oranında eğilme dayanımını arttırdığı belirlenmiştir.



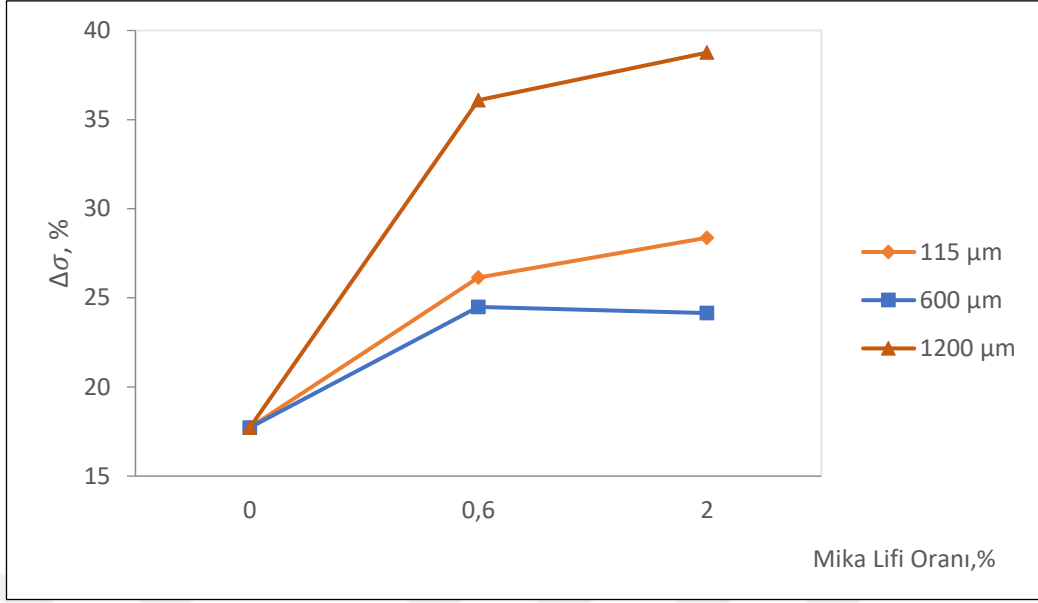
**Şekil 4.8:** Pul boyutu mika katkısı - harcın eğilme dayanımı ilişkisi.

Şekil 4.8 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki pul boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın eğilme dayanımı düşme yönünde genel bir eğilim göstermektedir. Eğilme dayanımındaki bu değişim %27 çimento kullanım oranında maksimum %17,8'i kadar düşme eğilimi gösterirken, %40 çimento kullanım oranında ise maksimum %18,3'ü kadar düşme eğilimi belirlenmiştir. Pul boyutta mika kullanımının, eğilme dayanımının düşmesine sebep olan etki sergilediği genel bir olgu olarak belirlenmiştir.

Bir harç karışımı eğilme dayanımı, basınç dayanımının %10'u olarak görülebilmektedir. Denklem 4.1'de eğilme dayanımının basınç dayanımına oranı verilmiştir.

$$\Delta\sigma = \left( \frac{\sigma_{\text{eğilme}}}{\sigma_{\text{basınç}}} \right) * 100 \quad (4.1)$$

Denklem 4.1'de " $\Delta\sigma$ " denklemi verilmiştir. " $\sigma_{\text{eğilme}}$ " eğilme dayanımını, " $\sigma_{\text{basınç}}$ " basınç dayanımını ifade etmektedir. %27 çimento oranı ile oluşturulmuş karışımlara ait  $\Delta\sigma$  (%) ve lif oranı grafiği Şekil 4.9'da verilmiştir.

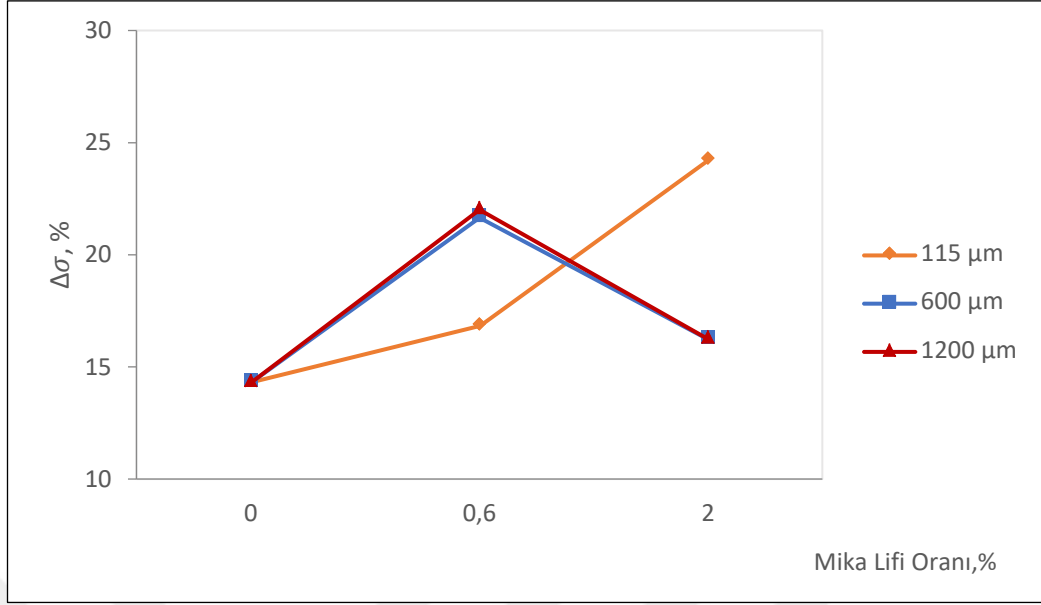


**Şekil 4.9:** %27 BOPC oranı ile oluşturulan  $\Delta\sigma$  (%) ve lif oranı ilişkisi.

Şekil 4.9 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımların mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın eğilme dayanımı artış yönünde genel bir eğilim göstermektedir. Eğilme dayanımının basınç dayanımına oranı %27 çimento kullanım oranında toz boyutta ortalama %27, yarı pul boyutta ortalama %24 ve pul boyutta ortalama %37'si karşılık gelmektedir.

%40 çimento oranı ile oluşturulmuş karışımlara ait  $\Delta\sigma$  (%) ve lif oranı ilişkisi Şekil 4.10'da grafiksel analiz olarak verilmiştir.





**Şekil 4.10:** %40 BOPC oranı ile oluşturulan  $\Delta\sigma$  (%) ve lif oranı ilişkisi.

Şekil 4.10 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımların mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın eğilme dayanımı artış yönünde genel bir eğilim göstermektedir. Eğilme dayanımının basınç dayanımına oranı %40 çimento kullanım oranında toz boyutta ortalama %24, yarı pul boyutta ortalama %16 ve pul boyutta ortalama %16'sına karşılık gelmektedir.

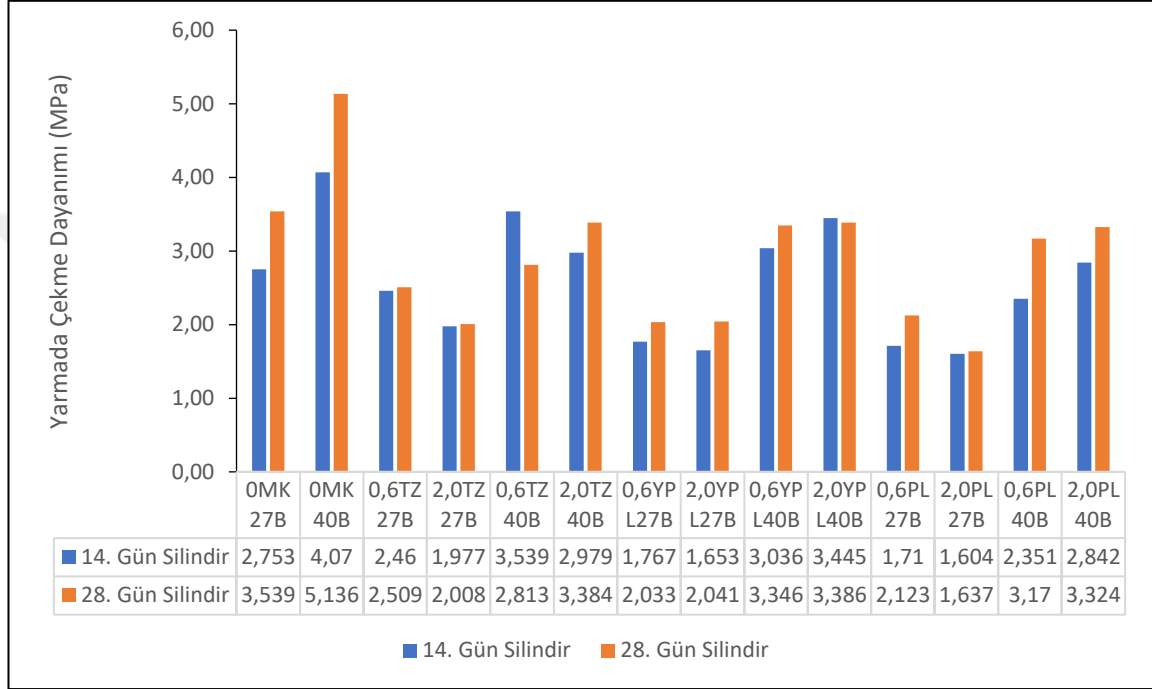
Endüstriyel kullanım amacıyla tasarlanacak harç kombinasyonunda bu bulgular kapsamında iki ayrı lif boyutunun kombinasyonel kullanılmasıyla daha efektif sonuçlar vereceği öngörülmektedir.

Deneysel bulgulardan elde edilen teknik tecrübe ile mikanın lif katkısı olarak toz ve yarı pul boyutlarında ağırlıkça %50 oranlarında harmanlanıp tek lif katkısı şeklinde kompozit harçlarda kullanımın kompozit yapıdaki harç kombinasyonlarında daha ideal bir yapısal donatı katkısı olabileceği öngörülebilir.

Elde edilen bir diğer teknik bulgu ise, aynı çimento dozajındaki bir harç karışımında lif katkı oranının artması, ortalama %7,35 gibi düşük bir değer de olsa eğilme dayanımını arttırdığı da görülmüştür.

## 4.4 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Yarmada Çekme Dayanımı Analizi

Tez çalışması kapsamında oluşturulan numunelere 14 ve 28 günlük kür süresi sonunda yarmada çekme dayanımı testi yapılmış olup, elde edilen bulgular topluca Şekil 4.11’de verilmiştir.



Şekil 4.11: Yarmada çekme dayanımı sonuçları.

Kontrol numunelerinde genel olarak görülen yarmada çekme dayanımı değerleri kür süresine göre değişkenlik göstermekle birlikte, 28 günlük değerlerin 14 günlük değerlere göre ortalama %27,5 artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Toz boyutta %2,0 mika minerali ve %40 çimento oranı 2,0TZ40B karışımı ile en yüksek yarmada çekme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Şekil 4.11 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki toz boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın yarmada çekme dayanımı kontrol örneklerine ortalama %38 düşme eğilimi göstermektedir.

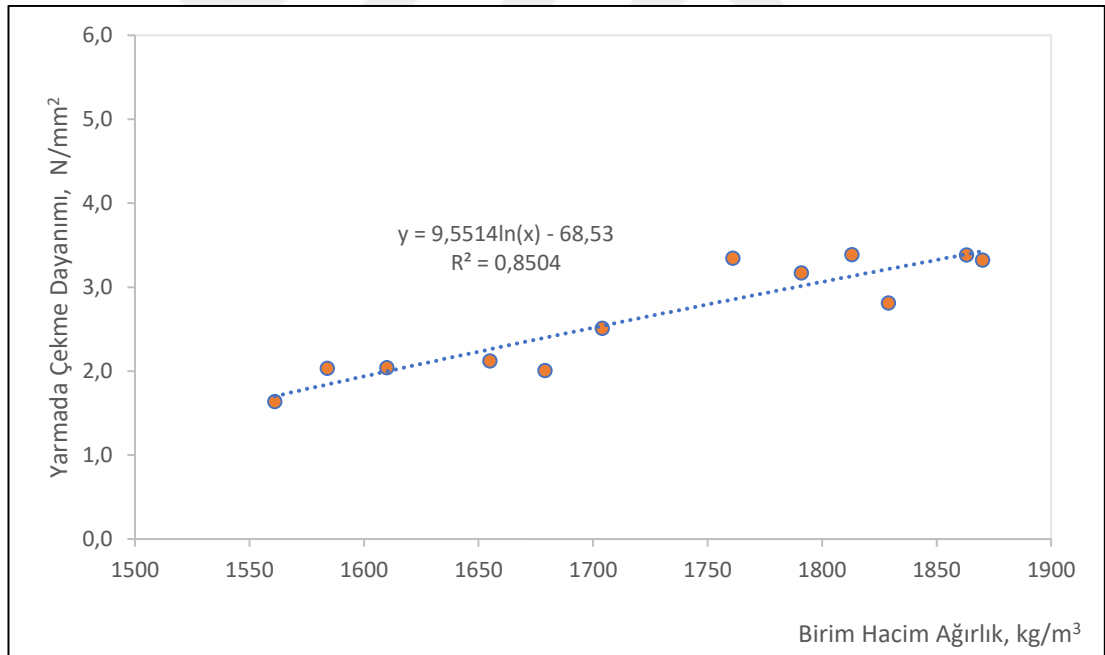
Yarı pul boyutta %2,0 mika minerali ve %40 çimento oranı 2,0YPL40B karışımı ile en yüksek yarmada çekme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Şekil 4.11 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki yarı pul boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça,

sertleşmiş kompozit harcın yarmada çekme dayanımı kontrol örneklerine ortalama %38 düşme eğilimi göstermektedir.

Pul boyutta %2,0 mika minerali ve %40 çimento oranı 2,0PL40B karışımı ile en yüksek yarmada çekme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Şekil 4.11 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki pul boyutta mika minerali katkı oranı arttıkça, sertleşmiş kompozit harcın yarmada çekme dayanımı kontrol örneklerine ortalama %42 düşme eğilimi göstermektedir.

#### 4.4.1 Yarmada çekme dayanımı - yoğunluk ilişkisi

Kompozit harç kombinasyonlarını 28 gün kür sonrası birim hacim ağırlık değerlerindeki değişime bağlı yarmada çekme dayanım değerleri ilişkisi ayrıca irdelenmiş olup, grafiksel olarak Şekil 4.12’de verilmiştir.



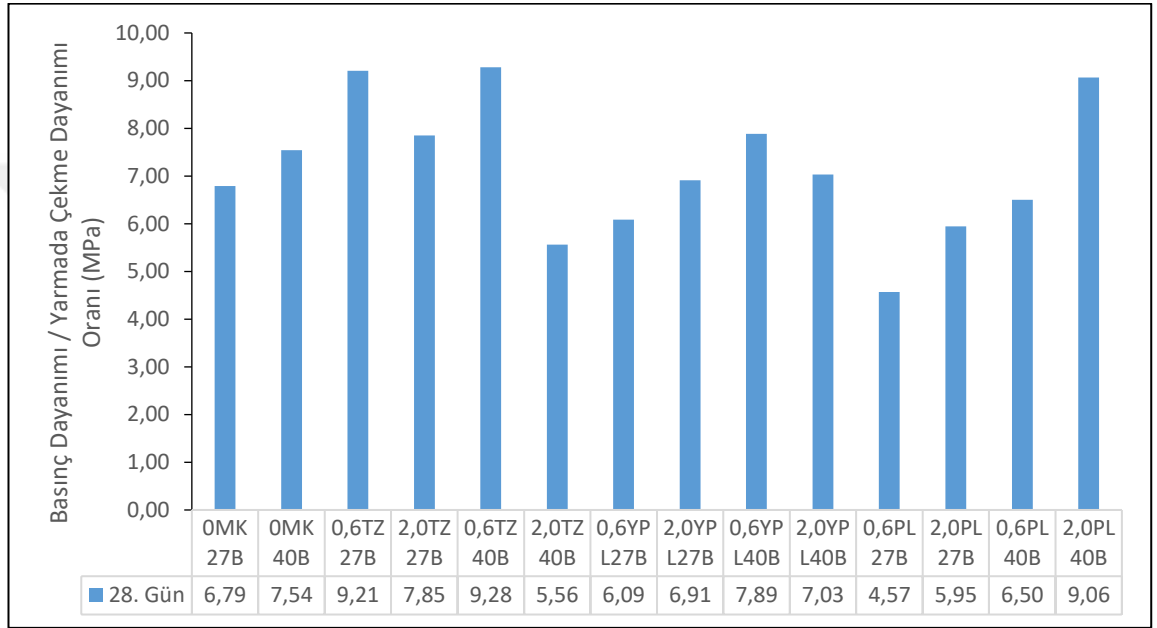
Şekil 4.12: Birim hacim ağırlık – yarmada çekme dayanımı ilişkisi.

Şekil 4.12’den de görüldüğü üzere, kompozit harcın birim hacim ağırlık değeri artmasına paralel olarak yarmada çekme dayanım değerlerinde de lineer olarak kabul edilebilecek düzeyde bir artış eğiliminin olduğu görülmektedir. Bu irdelenmeden

yararlanılarak mika katkılı kompozit harcın kullanım yerinde önceden belirlenen ve/veya öngörülebilir yarmada çekme dayanım değerinin sağlanması için, harcın yoğunluğundaki yaklaşık değer kestirimi de yapılabilmektedir.

#### 4.4.2 Basınç dayanımı – yarmada çekme dayanımı ilişkisi

Basınç dayanımı ile yarmada çekme dayanımına ait 28 günlük kür sonrası elde edilen değerler arasındaki ilişki grafiksel olarak Şekil 4.13'te verilmiştir



Şekil 4.13: Basınç dayanımı - yarmada çekme dayanımı oranı sonuçları.

Şekil 4.13 irdelendiğinde, basınç dayanımının yarmada çekme dayanımına oranı %27 çimento kullanım oranında toz boyutta ortalama %25 arttığı, yarı pul boyutta ortalama %4 düştüğü ve pul boyutta ortalama %22 düştüğü görülmektedir.

Basınç dayanımının yarmada çekme dayanımına oranı %40 çimento kullanım oranında toz boyutta ortalama %2 düştüğü, yarı pul boyutta ortalama %4 düştüğü ve pul boyutta ortalama %3 arttığı da ayrıca görülebilmektedir.

Toz boyutta %0,6 mika minerali ve %27 çimento oranı 0,6TZ27B karışımı ile en yüksek basınç dayanımının yarmada çekme dayanımına oranına ulaşılmıştır.

Yarı pul boyutta %0,6 mika minerali ve %40 çimento oranı 0,6YPL40B karışımı ile en yüksek basınç dayanımının yarmada çekme dayanımına oranına ulaşılmıştır.

Pul boyutta %2,0 mika minerali ve %40 çimento oranı 2,0PL40B karışımı ile en yüksek basınç dayanımının yarmada çekme dayanımına oran değerine ulaşabildiği görülmüştür.

## **4.5 Sertleşmiş Kompozit Harç Örneklerinin Yapısal Dayanım Parametrelerinin Analizi**

Bu tez çalışmasında numunelerin içsel sürtünme açısı, kırılma açısı, normal gerilme, kayma gerilmesi, kohezyon gibi yapısal dayanım parametreleri elde edilmiştir. Malzemelerin yapısal dayanım analizi, malzemenin içsel dayanım eylemleri hakkında daha kapsamlı bilgi sağlar.

Numunelere ait yapısal dayanım değerlerinin belirlenmesinde Mohr-Coulomb kriterinden yararlanılmıştır. Bu kriter basınç ve çekme gerilmelerine dayanarak çimento matrisli kompozitlerin mekanik özelliklerinin tahmin edilmesinde kullanılır.

Yapısal dayanım parametreleri temel olarak kaya mekaniğinde kullanılmaktadır. İçsel sürtünme açısı, kohezyon, kırılma açısı zemin sınıflandırılmasında ve taşıma gücü hesaplamalarında kullanılan ana parametrelerdir [49]. Çalışma kapsamında hazırlanan karışım kombinasyonlarının Mohr-Coulomb kriteri kullanımıyla elde edilmiş yapısal dayanım özellikleri Tablo 4.2'de verilmiştir.

**Tablo 4.2 : Kompozit harçların yapısal dayanım özellikleri.**

	Karışım Kodu	C (Mpa)	$\tau_s$ (Mpa)	$\sigma_n$ (Mpa)	$\phi$ (°)	$\alpha$ (°)
Kontrol	0MK27B	4,312	7,391	3,539	45,46	67,73
	0MK40B	6,352	10,943	5,136	46,03	68,01
Mika 115 $\mu$ m	0,6TZ27B	3,593	6,422	2,509	51,51	70,75
	2,0TZ27B	2,685	4,721	2,008	44,74	69,51
	0,6TZ40B	3,961	7,052	2,813	50,99	70,49
	2,0TZ40B	3,534	5,761	3,384	38,83	64,41
Mika 600 $\mu$ m	0,6YPL27B	2,415	4,107	2,033	44,47	67,23
	2,0YPL27B	2,544	4,397	2,041	46,37	68,18
	0,6YPL40B	4,134	7,217	3,346	46,94	68,47
	2,0YPL40B	4,321	7,641	3,386	48,34	69,17
Mika 1200 $\mu$ m	0,6PL27B	2,196	3,586	2,123	38,76	64,38
	2,0PL27B	1,943	3,323	1,637	44,32	67,16
	0,6PL40B	3,852	6,604	3,17	45,34	67,67
	2,0PL40B	4,151	5,838	3,324	46,41	66,4

C: Kohezyon

$\tau_s$  : Kayma gerilmesi

$\sigma_n$  : Normal gerilme

$\phi$  : İçsel sürtünme açısı

$\alpha$  : Kırılma açısı

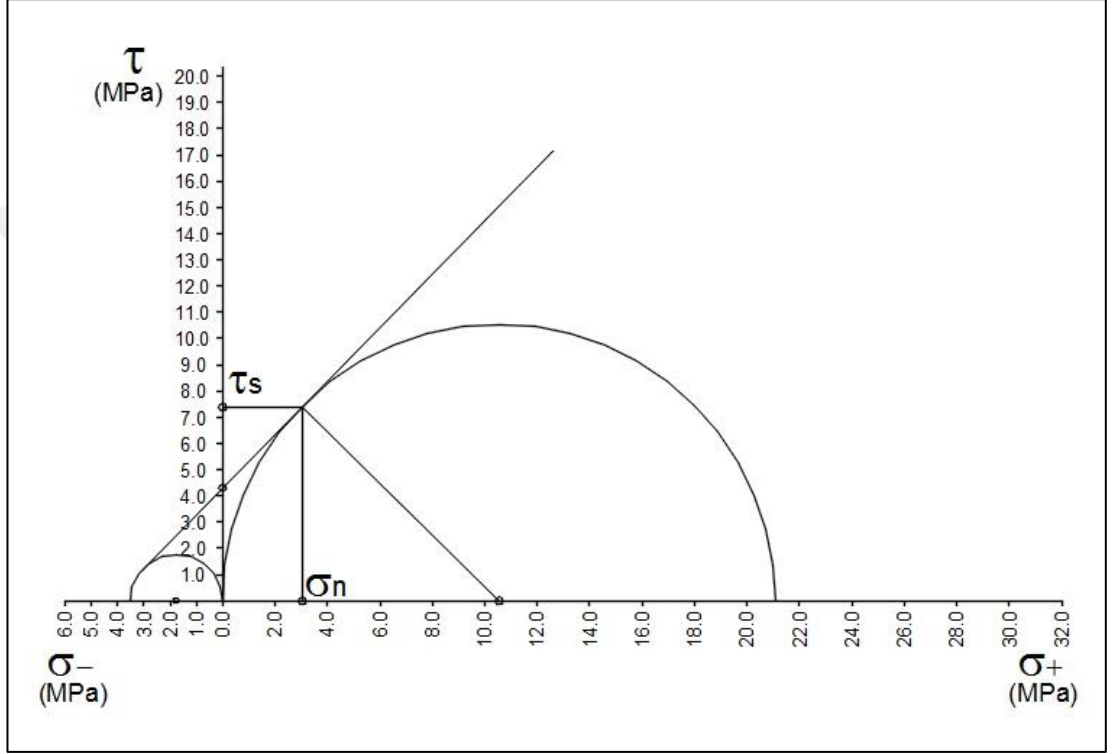
Tablo 4.2’de verilen teknik analiz bulguları aşağıdaki paragraflarda tanımlanan Mohr daireleri analizi yöntemi ile elde edilmiş olan değerleri temsil etmektedir.

Mohr Coulomb kriteri, basınç ve çekme değerleri elde edilen harç örneklerinin yapısal dayanım özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

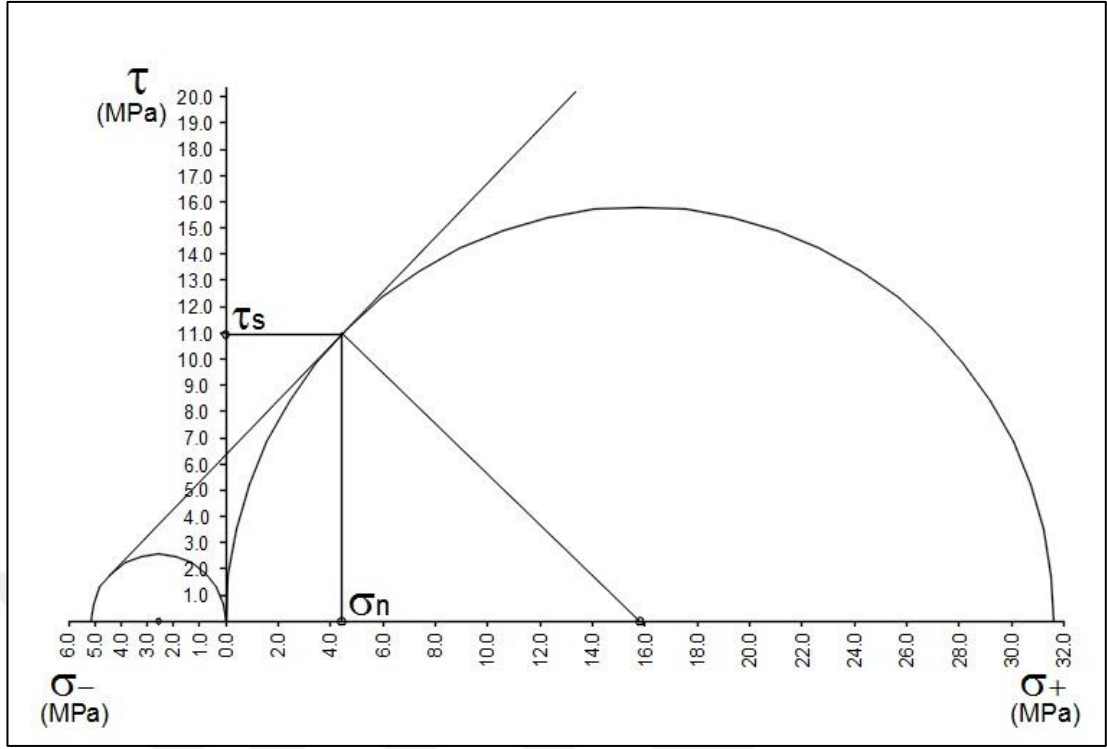
Mohr daireleri, normal gerilmeyi temsil eden x düzlemi ve kayma gerilmesini temsil eden y düzlemi için bir koordinat sistemi çizilerek oluşturulmuştur. X eksenin soluna yarmada çekme dayanımını temsil eden yarım daire, sağına ise basınç dayanımını temsil eden bir yarım daire çizilir. İki yarım daireye teğet çizilen doğru ile x eksenini arasında oluşan açı içsel sürtünme açısını verir. Bu teğetin Y eksenini kestiği nokta

ise kohezyon değeridir. Eksenin sağ tarafında olan basınç dayanımı ile teğet çizilen doğrunun X eksenine ile kesiştiği nokta normal kuvveti, Y eksenine ile kesiştiği nokta ise kesme kuvvetini verir.

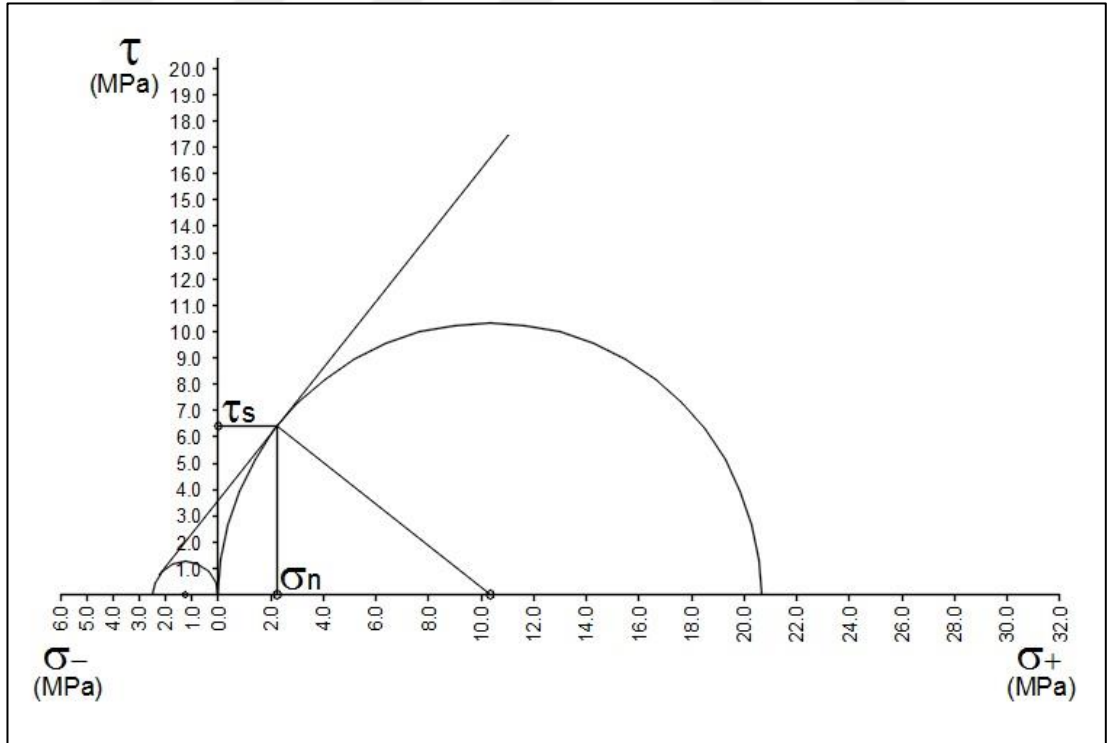
Tüm kompozit harç örnekleri için çizilen mohr daireleri ayrı ayrı oluşturulmuştur. Çizimler ile elde edilen malzemelerin yapısal özellikleri Şekil 4.14'ten 4.27'ye kadar her bir karışım kombinsyonu için sırasıyla verilmiştir.



Şekil 4.14: 0MK27B tasarımına ait Mohr daireleri.

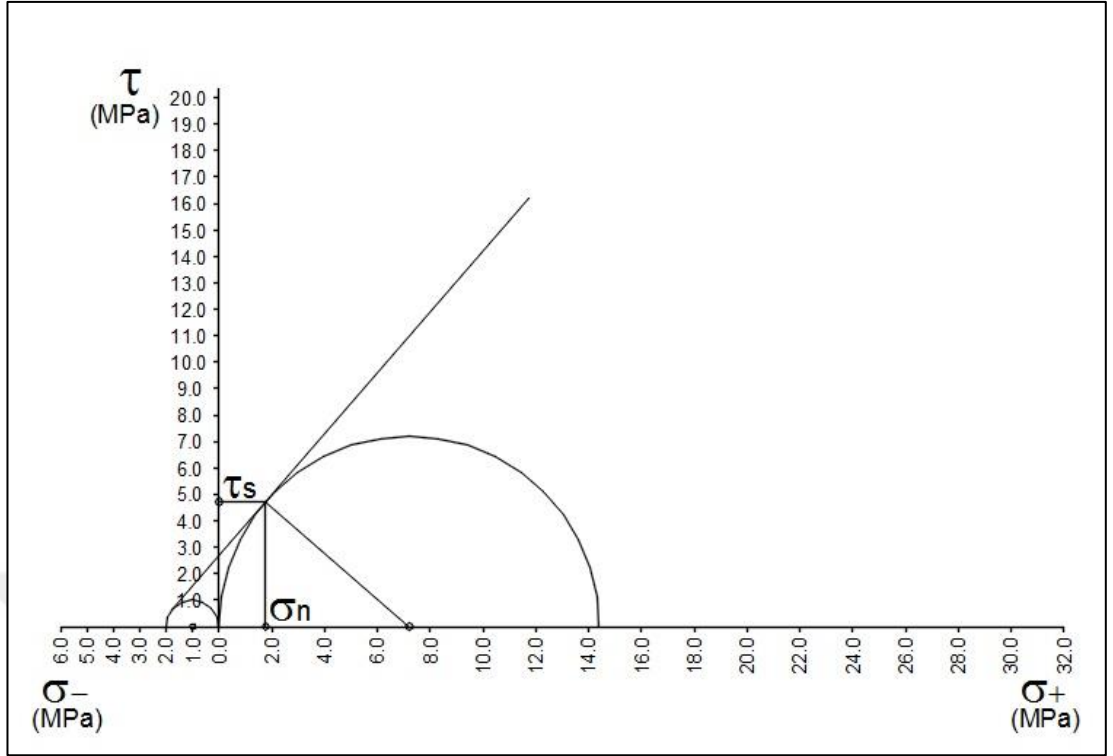


Şekil 4.15: 0MK40B tasarımına ait Mohr daireleri.

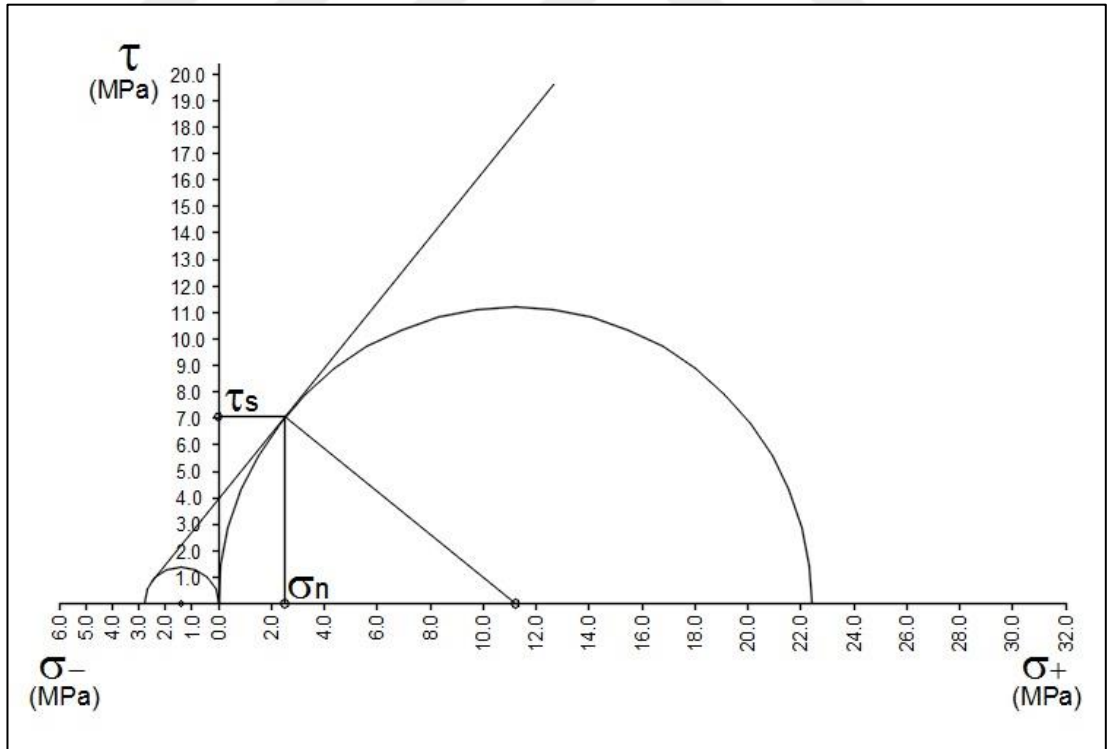


Şekil 4.16: 0,6TZ27B tasarımına ait Mohr daireleri.

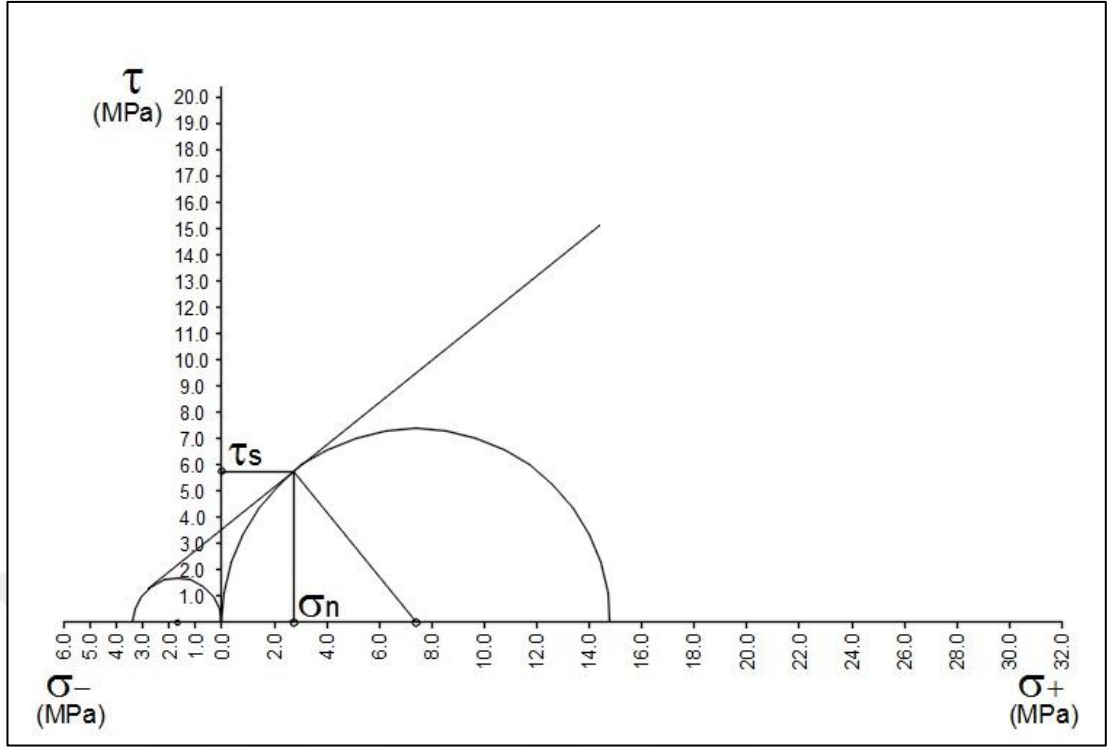




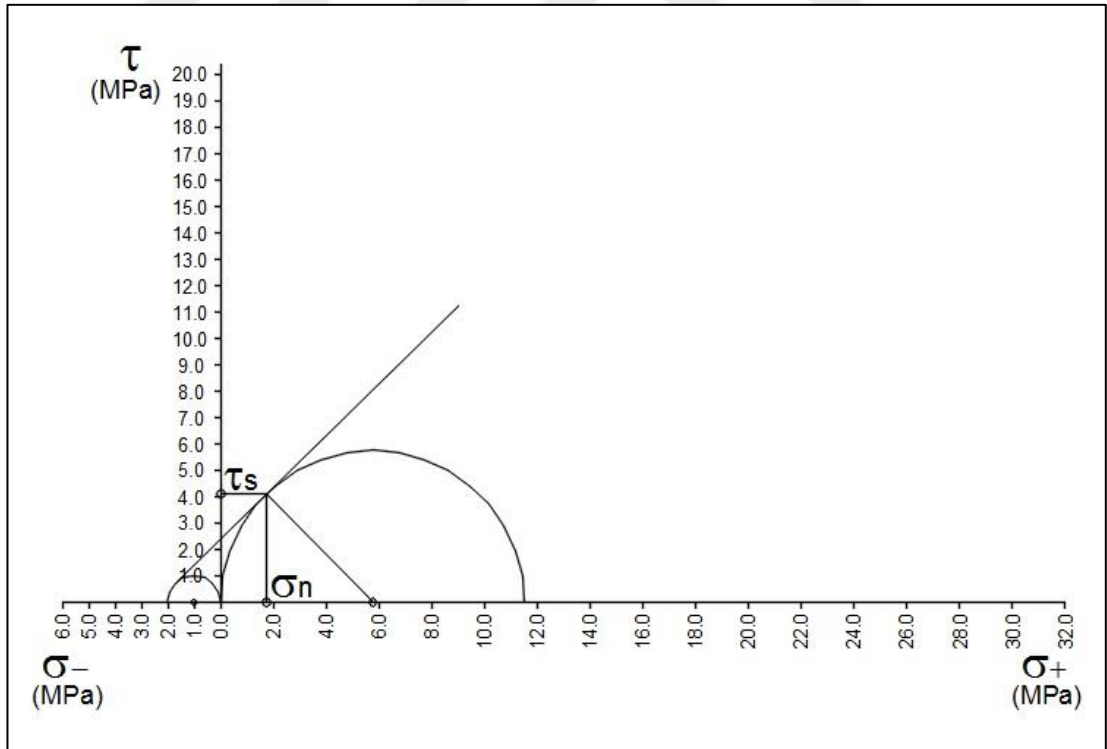
Şekil 4.17: 2,0TZ27B tasarımına ait Mohr daireleri.



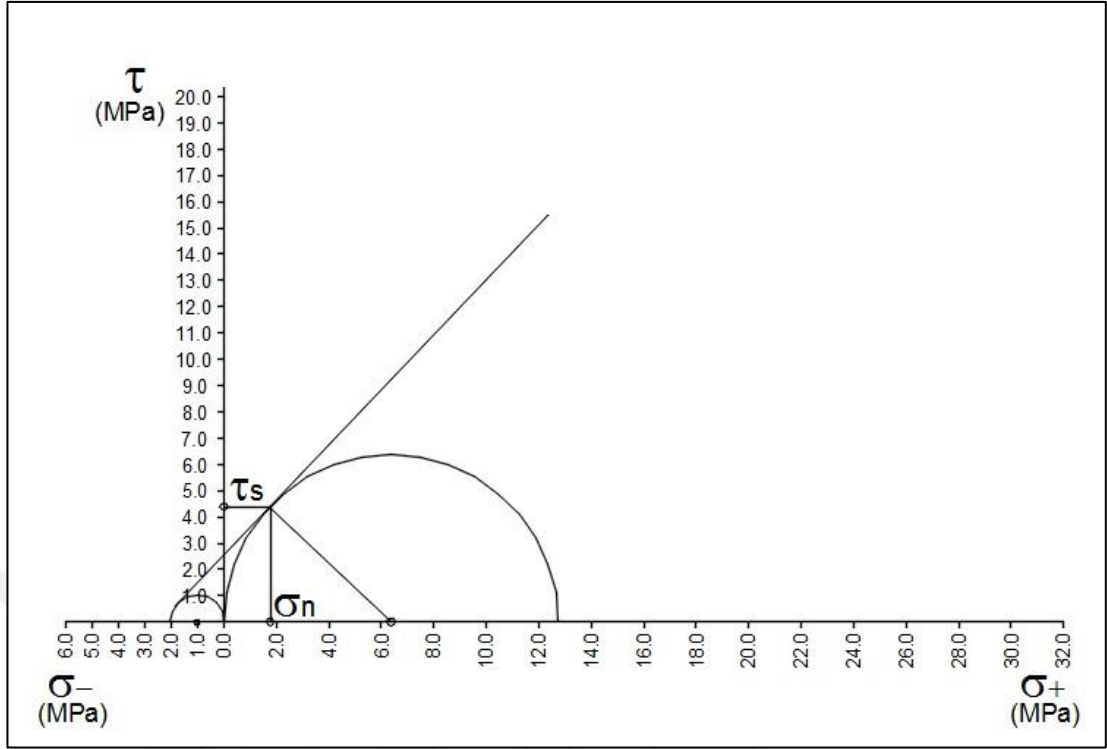
Şekil 4.18: 0,6TZ40B tasarımına ait Mohr daireleri.



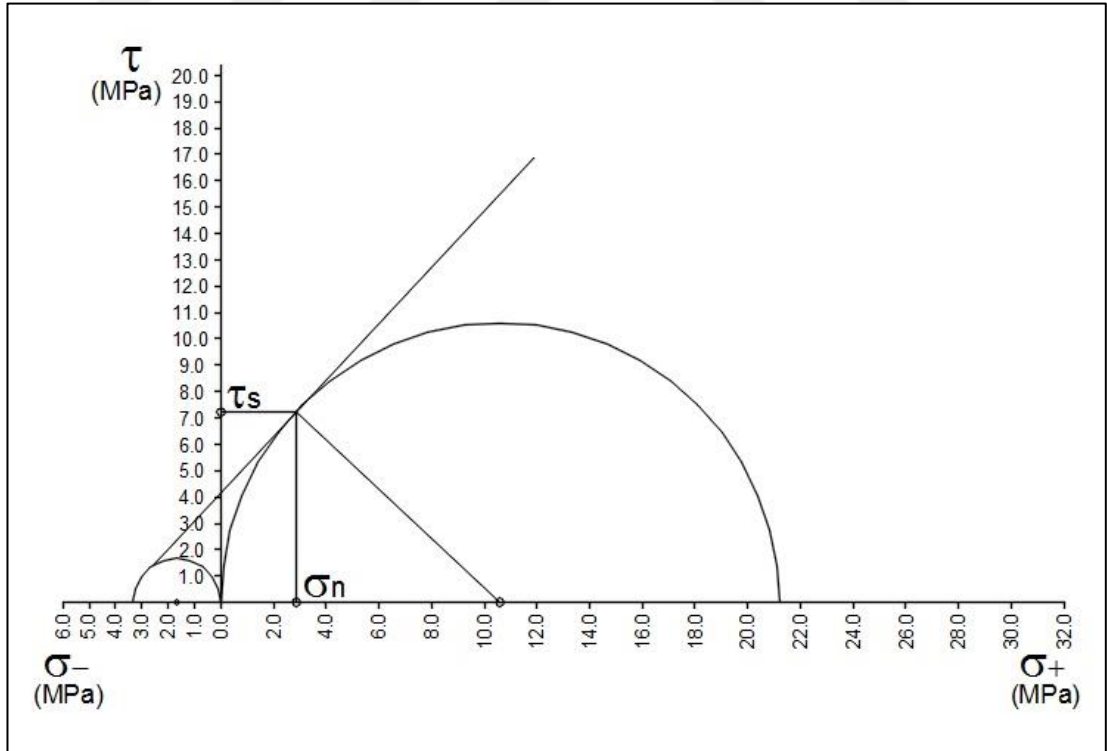
Şekil 4.19: 2,0TZ40B tasarımına ait Mohr daireleri.



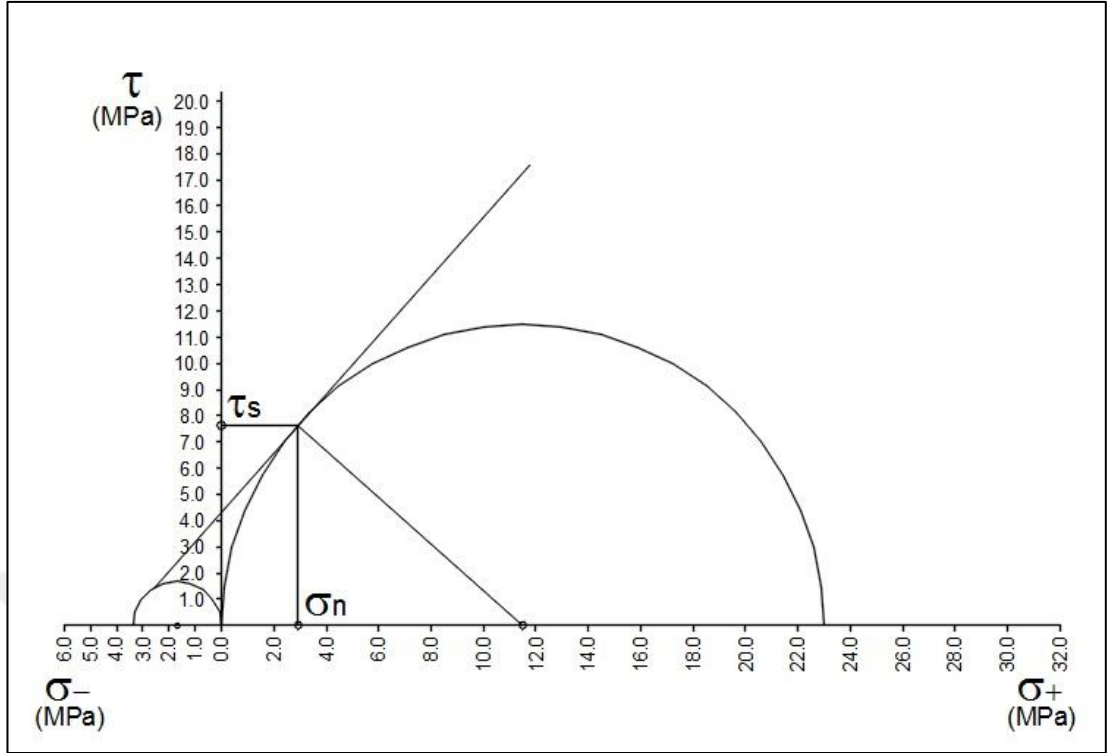
Şekil 4.20: 0,6YPL27B tasarımına ait Mohr daireleri.



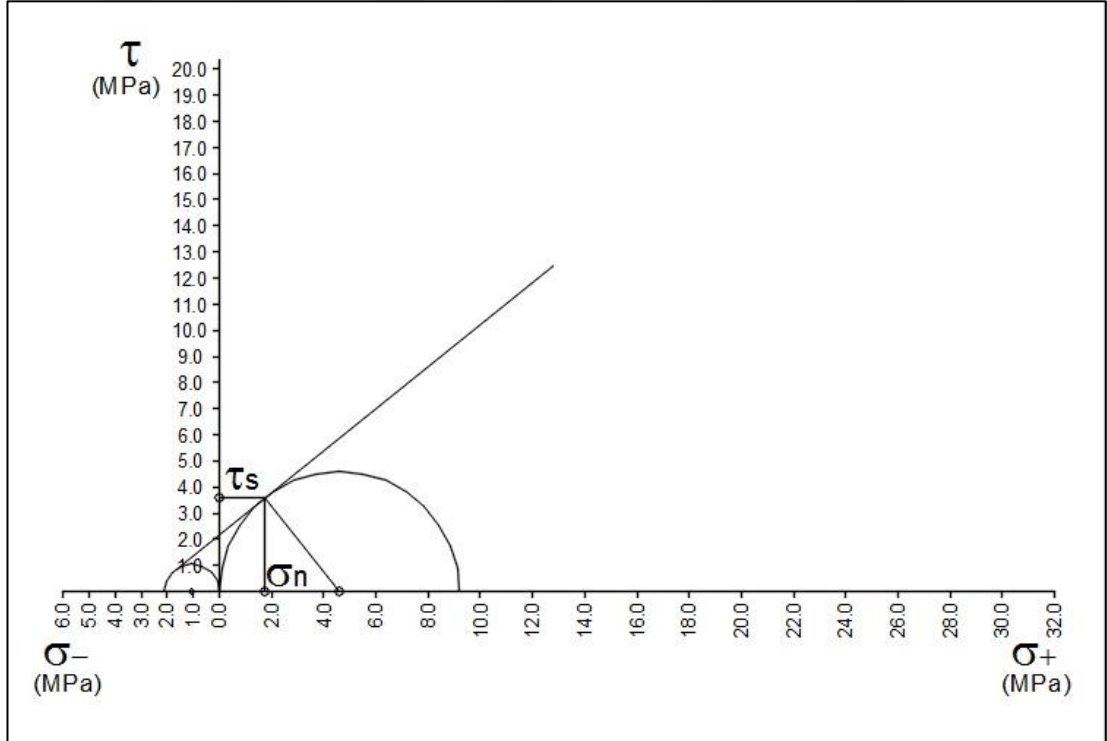
Şekil 4.21: 2,0YPL27B tasarımına ait Mohr daireleri.



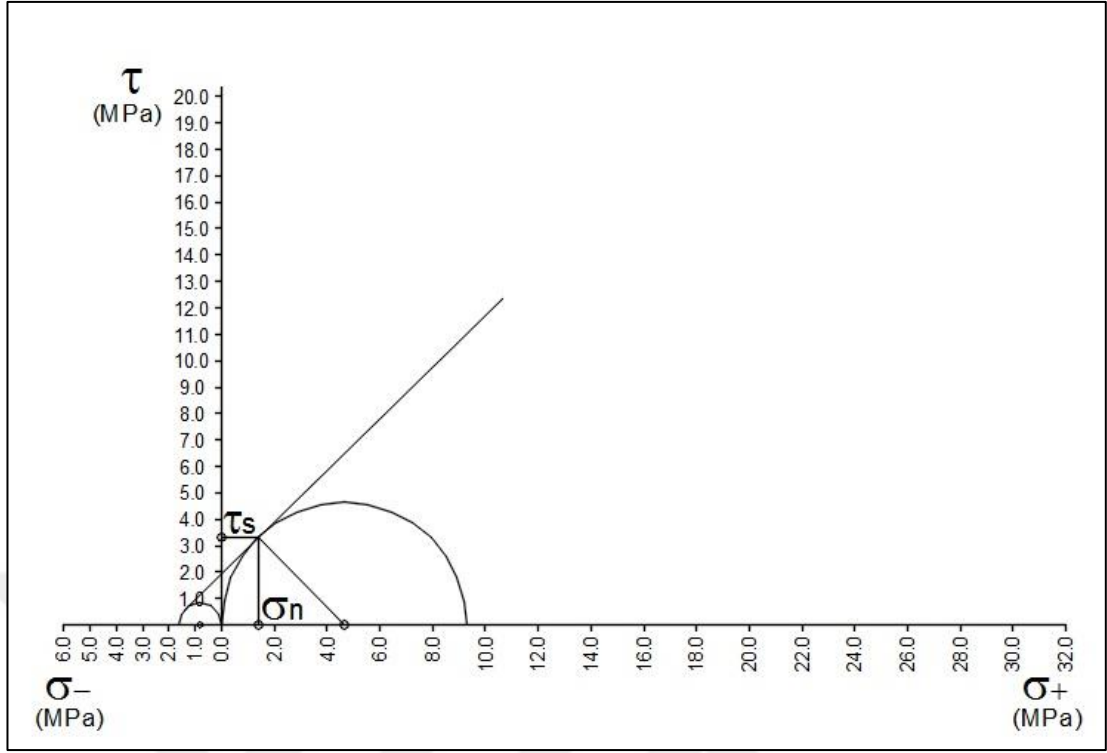
Şekil 4.22: 0,6YPL40B tasarımına ait Mohr daireleri.



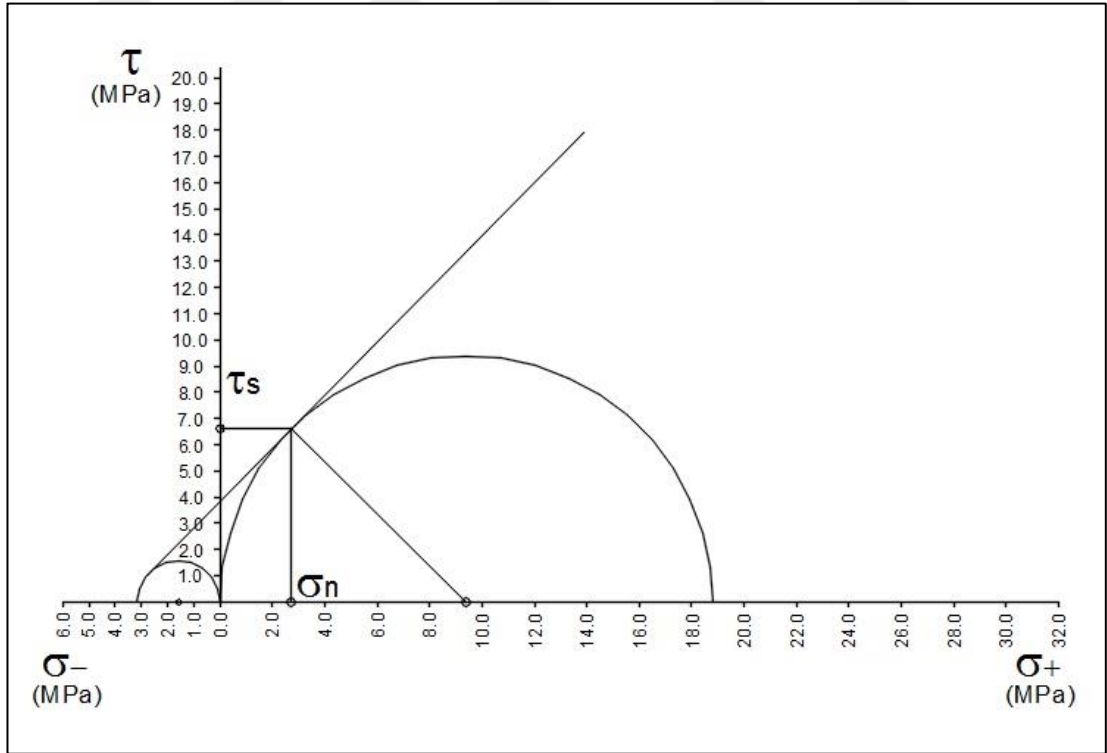
Şekil 4.23 : 2,0YPL40B tasarımına ait Mohr daireleri.



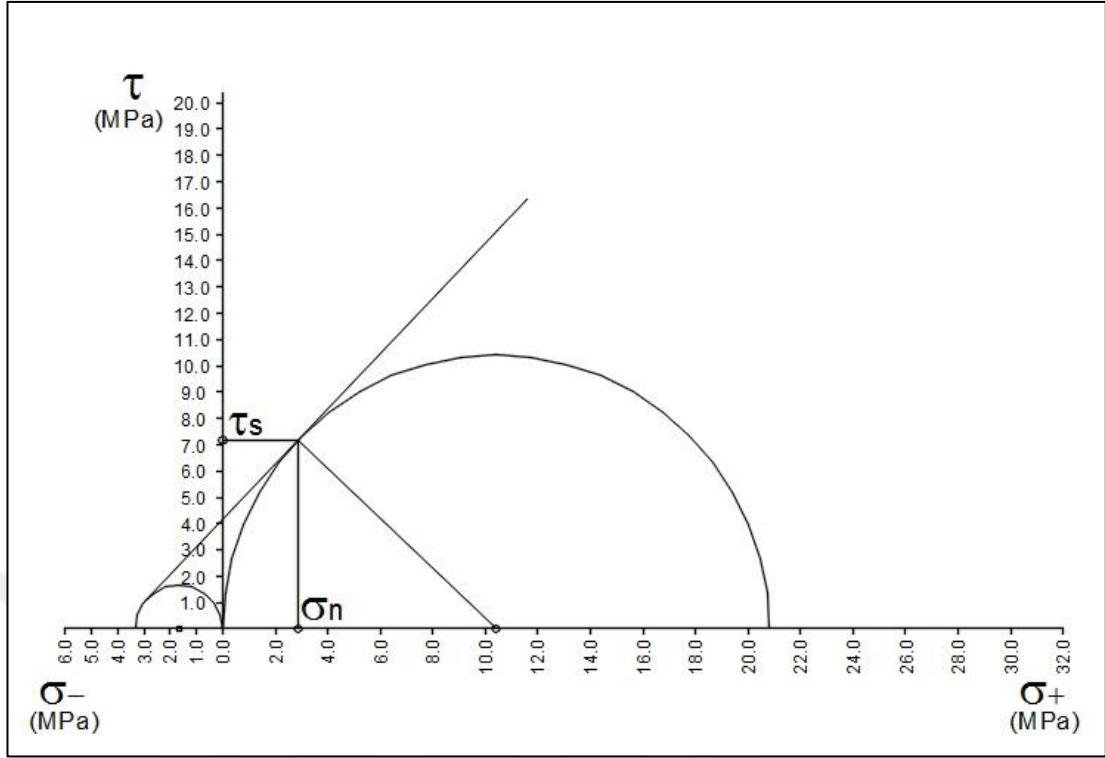
Şekil 4.24: 0,6PL27B tasarımına ait Mohr daireleri.



Şekil 4.25: 2,0PL27B tasarımına ait Mohr daireleri.

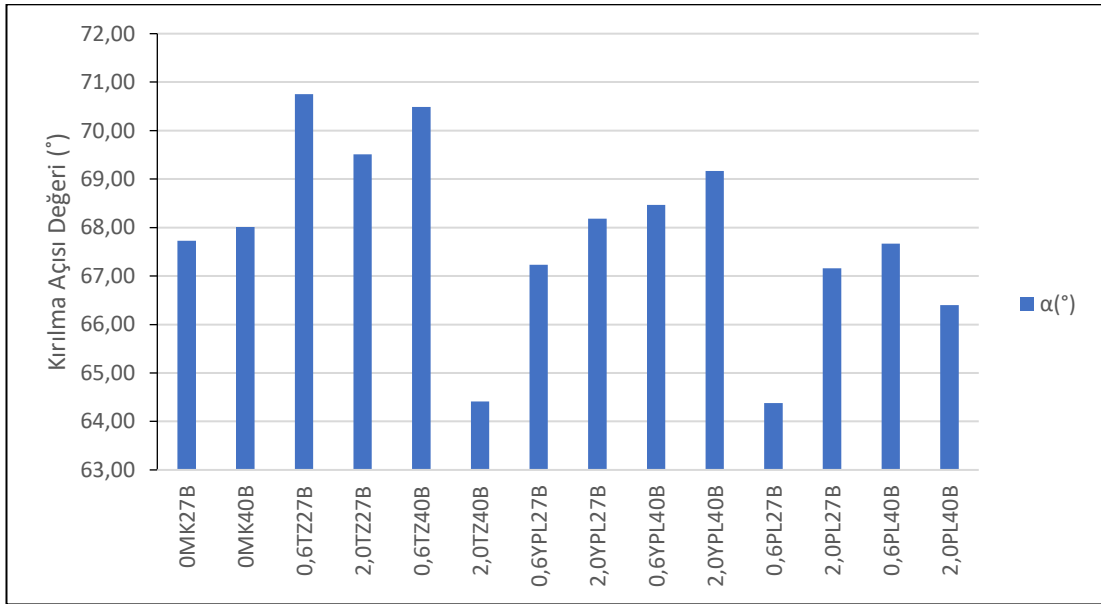


Şekil 4.26: 0,6PL40B tasarımına ait Mohr daireleri.



**Şekil 4.27:** 2,0PL40B tasarımına ait Mohr daireleri.

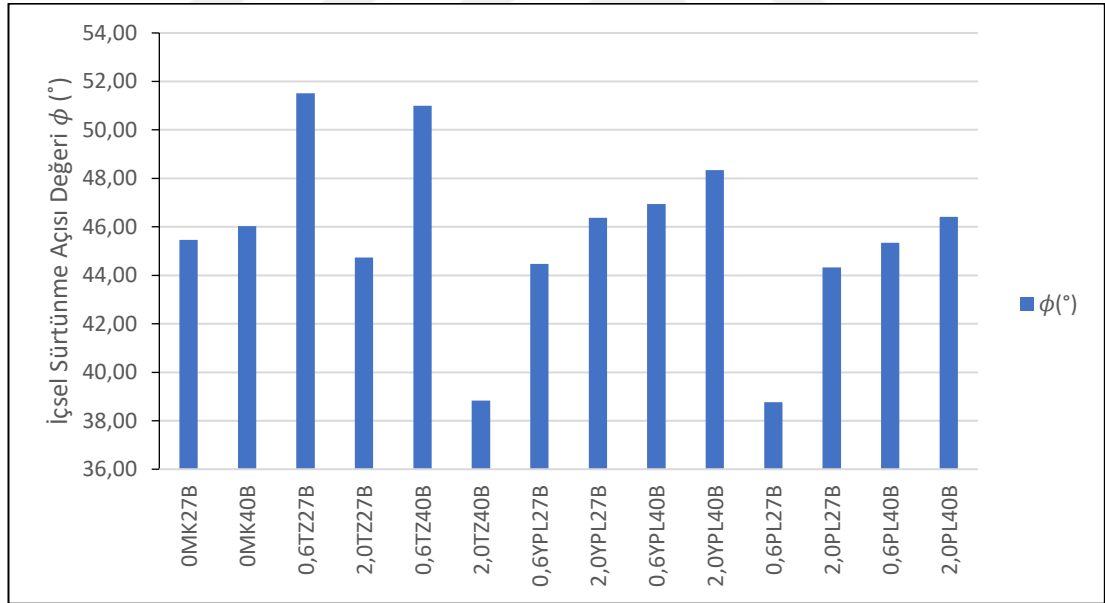
Sertleşmiş kompozit harç örneklerinde farklı mika boyutları ve kullanım alanlarına göre irdelenen yapısal parametre analiz değerlendirilmesinde kırılma açısı değerleri Şekil 4.28’de karşılaştırılmıştır.



**Şekil 4.28 :** Kırılma açısı değerlerinin kıyaslanması.

Karışımlarda kırılma açısı  $64,4^{\circ}$ - $70,75^{\circ}$  değerleri arasında elde edilmiş olup, pul formda mika minerali takviyeli örneklerin kırılma açısı değerlerinin daha düşük olması sebebiyle daha sünek bir yapı göstereceği öngörülebilmektedir.

Literatürde genellikle içsel sürtünme açısı kayaç ve toprak sınıflandırmalarında kullanılan bir teknik parametredir. İçsel sürtünme açısı Mohr-Coulomb dairesinde çizilen teğetin yatay eksen ile yapmış olduğu açıdır. Kaya ve zemin mekaniği açısından yapılmakta olan bu genel değerlendirme, benzer yaklaşımla sertleşmiş kompozit harçların yapısal özelliklerinin değişimi hakkında teknik bilgi edinebilmek amacıyla içsel sürtünme açısı değerlerinin belirlenmesi ve irdelenmesinde kullanımı için öngörülebileceği düşünülmüştür. Yapılan sayısal analiz ile daha yüksek içsel sürtünme açısına sahip çimentolu kompozit harçların daha kompakt bir yapısal matrise sahip malzemeler olduğu düşünülmektedir. Kompozit harçların içsel sürtünme açıları her bir karışım için belirlenmiş olup teknik bulgular Şekil 4.29'da verilmiştir.



**Şekil 4.29 :** İçsel sürtünme açısı analizi sonuçları.

Şekil 4.29'a göre örneklerin içsel sürtünme açısı değerleri  $38^{\circ}$ - $51^{\circ}$  aralığındadır. Bu değer ile kompakt bir harç yapısı oluşturulduğu tespit edilmiştir.

Normal gerilme, malzeme de deformasyon görülmeden taşınabilecek maksimum bir yük olarak tanımlanabilmektedir. Malzemenin herhangi bir yük altında yorulmaya başladığı ilk içsel değer olarak da ifade edilebilir. Gerçekleştirilen yükleme oranı, normal gerilme ve basınç dayanımı arasında ise malzemede kalıcı deformasyon gözlemlenir. Bu nedenle malzemenin ilk kalıcı hasarı aldığı an normal gerilme değeridir. Bu içsel gerilme değerinden sonra malzeme nihai kırılma noktasına kadar yük taşımaya devam eder, ancak bu süreçte malzeme giderek deformasyona uğrar. Basınç dayanımı değeri, malzemenin yük taşımada nihai performans değeri olarak kabul edilebilir. Bu bağlamda, normal gerilme ve basınç dayanımı arasındaki fark, malzemenin birim alandaki yük taşıma kapasitesi olarak ifade edilebilir. Kompozit harç örnekleri için elde edilen basınç dayanımı ve normal gerilme oranları ( $\sigma/\sigma_n$ ) Tablo 4.3'te verilmiştir.

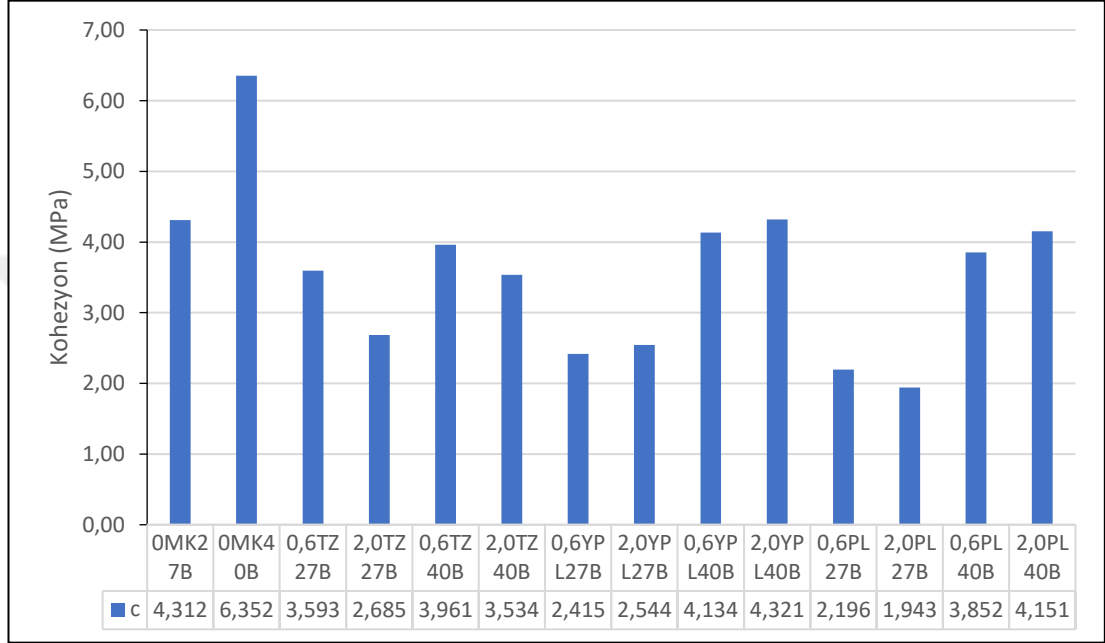
**Tablo 4.3:** Kompozit harç örneklerinin yük taşıma kapasiteleri değişimi.

	Karışım Kodu	$\sigma$ (MPa)	$\sigma_n$ (MPa)	$\sigma / \sigma_n$
<b>Kontrol</b>	<b>0MK27B</b>	21,082	3,539	5,957
	<b>0MK40B</b>	31,607	5,136	6,154
<b>Mika 115<math>\mu</math>m</b>	<b>0,6TZ27B</b>	20,652	2,509	8,233
	<b>2,0TZ27B</b>	14,399	2,008	7,172
	<b>0,6TZ40B</b>	22,419	2,813	7,97
	<b>2,0TZ40B</b>	14,791	3,384	4,731
<b>Mika 600 <math>\mu</math>m</b>	<b>0,6TZ27B</b>	11,511	2,033	5,662
	<b>2,0TZ27B</b>	12,745	2,041	6,245
	<b>0,6TZ40B</b>	21,207	3,346	6,339
	<b>2,0TZ40B</b>	22,991	3,386	6,791
<b>Mika 1200 <math>\mu</math>m</b>	<b>0,6TZ27B</b>	9,199	2,123	4,334
	<b>2,0TZ27B</b>	9,29	1,637	5,674
	<b>0,6TZ40B</b>	18,792	3,170	5,928
	<b>2,0TZ40B</b>	20,819	3,324	6,262

Diğer taraftan, kohezyon değeri, sertleşmiş harcı oluşturan ve matris yapıda yer alan taneleri ve/veya partikülleri bir arada tutan kuvvetin bir göstergesi olarak tanımlanabilir. Matris yapıda yer alan malzemelerin birbiriyle bağ yapma derecelerinin de sembolik bir değerle büyüklüğünü temsil etmektedir. Harç dayanımı, oluşturulan hamurun bağ kuvvetine bağlıdır [49]. Çalışmada hazırlanan



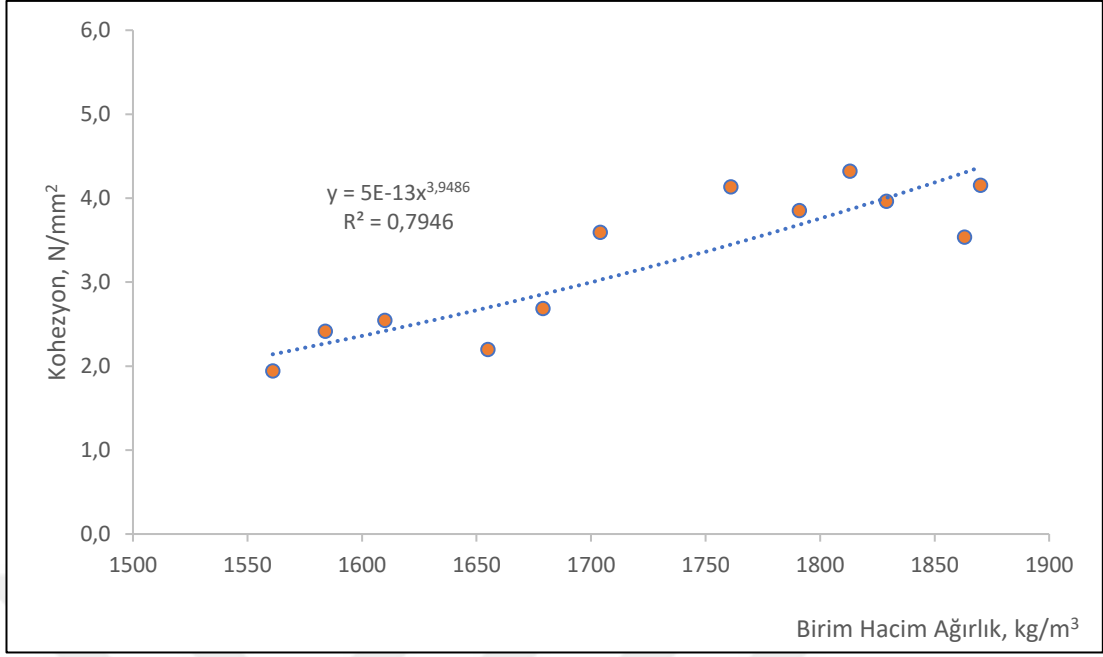
numunelere ait kohezyon değerleri Mohr-Coulomb yaklaşımları ile hesaplanmıştır. Bu değerler Şekil 4.30'da verilmiştir. Kompozit harç örneklerinin artan yoğunluk değerleri bağlamında kohezyon değer ilişkisi irdelenmiş olup, grafiksel analizi Şekil 4.31'de gösterilmiştir.



**Şekil 4.30:** Kohezyon analizi sonuçları.

Şekil 4.30 irdelendiğinde görüleceği üzere, kohezyon değerleri %27 çimento kullanım oranında toz boyutta ortalama %27 , yarı pul boyutta ortalama %42 ve pul boyutta ortalama %52 düştüğü belirlenmiştir.

Kohezyon değerleri %40 çimento kullanım oranında toz boyutta ortalama %40, yarı pul boyutta ortalama %33 ve pul boyutta ortalama %37 düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca kompozit harç örneklerinin birim hacim ağırlık değişimlerine karşın kohezyon değerlerindeki değişim ise grafiksel olarak Şekil 4.31'de verilmiştir.

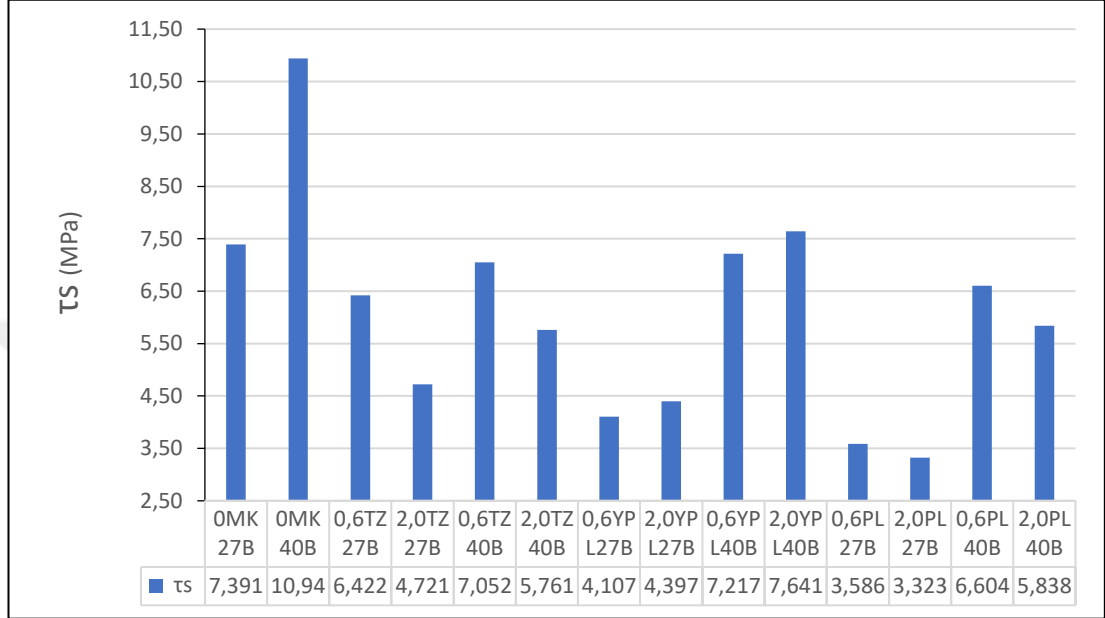


**Şekil 4.31 :** Birim hacim ağırlık – kohezyon değeri ilişkisi.

Kompozit harcın matrisinde yer alan toz, yarı pul ve/veya pul boyutta mika katkısı, karışımda kullanılan çimento dozajına da bağlı olarak artan yoğunluk değerinde, harcın kohezyon değeri lineer bir eğilimle artmaktadır. Yüksek dayanımlı harç kombinasyonlarında doğal olarak yüksek kohezyon karakteristiği sergilemesi beklenilir. Mika katkılı tüm karışımlarda mekanik bir özellik olarak kabul edilebilecek düzeyde kohezyon değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir. Matris yapıyı oluşturan taneler arası bağ kuvvetinin yeter ölçeklerde korunabildiği gözlenmiştir. Kompozit harç örneklerinin analiz bulgularından belirlenen gevreklik değerlerinde ise, kontrol karışımına göre basınç dayanımı değeri düşen kombinasyonlarda, genel bir eğilim olarak matris yapının daha gevrek bir yapı kazandığı gözlenmiştir. Harcın artan gevreklik özelliğinin bir fonksiyonu olarak dayanım değerlerinde bir azalma görülmektedir. Yapılan analizler, toz boyutta mika minerali katkısının, pul boyutta katkı bileşeni olarak kullanımına göre harcın matris yapısını daha yüksek gevrek bir özellik kazanmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Bir diğer yapısal parametre “Kayma Gerilmesi” değeri olup ( $\tau_s$ ) ile sembolize edilebilmektedir. Kayma gerilmesi, eksene paralel uygulanan kuvvet olarak tanımlanabilir. Kohezyon, normal gerilme ve içsel sürtünme açısı kayma gerilmesini etkileyen unsurlardır. Mohr-Coulomb kriteri yardımıyla elde edilen kayma gerilmesi,

kohezyon ve normal gerilmeye paraleldir. Kompozit harç örneklerinin Mohr-Coulomb kriteri yardımıyla belirlenen kayma gerilmesi değerleri Şekil. 4.32’de verilmiştir.



**Şekil 4.32 :** Kompozit harç örneklerinin kayma gerilmesi bulguları.

Kompozit harcın matris yapısında mika minerali lif katkısının yer alması, harcın kayma gerilmesi değerini düşürücü bir rol oynadığı genel bir olgu olarak görülmekle birlikte, lif katkı miktarının artması mika pul yüzeylerinin matris yapıda temsili kayma düzlemi oluşturması sebebiyle, kayma gerilme değerini daha da azaltıcı bir etki sergilediği tecrübe edilmiştir. Bu bağlamda, toz boyutta %0,6 mika minerali ve %40 çimento oranı 0,6TZ40B karışımı ile en yüksek kayma gerilmesi değerine ulaşılmıştır. Şekil 4.32 irdelendiğinde görüleceği üzere, toz boyutta mika minerali katkısı içeren örneklerin kayma gerilmesi değerleri kontrol örneklerine göre ortalama %33 düşme eğilimi göstermektedir.

Benzer bir olgu olarak, yarı pul boyutta %2,0 mika minerali ve %40 çimento oranı 2,0YPL40B karışımı ile en yüksek kayma gerilmesi değerine ulaşılmıştır. Şekil 4.32 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki yarı pul boyutta mika minerali katkısı

içeren örneklerin kayma gerilmesi değerleri kontrol örneklerine göre ortalama %37 düşme eğilimi olduğu görülmektedir.

Pul boyutta %0,6 mika minerali ve %40 çimento oranı 0,6PL40B karışımı ile en yüksek kayma gerilmesi değerine ulaşmıştır. Şekil 4.32 irdelendiğinde görüleceği üzere, karışımdaki pul boyutta mika minerali katkısı içeren örneklerin kayma gerilmesi değerleri kontrol örneklerine göre ortalama %48 düşme eğilimi göstermektedir.



## 5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Ege Bölgesi, Aydın ilinden elde edilen mika minerali liflerinin çimento bağlayıcılı kompozit harçlarda değerlendirilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla bir dizi kombinasyonel harç örnekleri deneysel olarak analiz edilmiştir. Harılanan kompozit harç örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu tez çalışması kapsamında elde edilen teknik bulgular ve yorumlar aşağıda özetle verilmiştir.

1. Mika lifinin takviye elemanı olarak kullanıldığı bu çalışmada, kompozit harç üretiminde sağlayacağı avantaj ve dezavantajlar değerlendirilmiş olup, teknik bulgular özetle sunulmuştur. İki farklı BOPC oranı ve 115 µm, 600 µm ve 1200 µm boyutlarında ve ağırlıkça kullanım oranlarında mika tozu, mika yarı pulu ve pulu içeren harç örneklerinde, nihai basınç dayanım değerlerinin; mika içermeyen kontrol örneklerine göre 28. günde daha düşük olduğu gözlenmiştir.
2. İki farklı BOPC oranı ve 115 µm, 600 µm ve 1200 µm boyutlarında ve ağırlıkça kullanım oranlarında mika tozu, mika yarı pulu ve mika pulu içeren harç örneklerinde, nihai birim hacim ağırlık değerlerinin; mika içermeyen kontrol örneklerine göre 28. günde daha düşük olduğu gözlenmiş olup, mika katkısının harcı birim ağırlığa hafifleten önemli bir karşım bileşeni olduğunu göstermektedir.
3. Yapılan genel gözlem, içsel gerilme değerleri bağlamında; karışımında yer alan çimento oranının artmasına paralel olarak karışımında kullanılan mika oranının artması, içsel kuvvetlerin yüzdesel olarak kontrol örneğine göre belirgin bir artış sergilediği görülmüştür.
4. Eşdeğer çimento dozajındaki bir harç karışımında lif katkı oranının artması, ortalama %7,35 oranında eğilme dayanım değerini arttırdığı görülmüştür.
5. Kontrol numunelerinde genel olarak görülen eğilme dayanımı değerleri kür süresine göre değişiklik göstermekle beraber 28 günlük değerlerin 14 günlük değerlere göre ortalama %25,5 düşme eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Toz boyutta %0,6 mika minerali ve %27 çimento oranı 0,6TZ27B karışımı ile en yüksek eğilme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Kontrol örneğine göre toz boyutta %29,5 oranında eğilme dayanımı artışı olduğu belirlenmiştir.

Yarı pul boyutta %0,6 mika minerali ve %40 çimento oranı 0,6YPL40B karışımı ile en yüksek eğilme dayanımı değerine ulaşılmıştır. Kontrol örneğine göre yarı pul boyutta %3 oranında eğilme dayanımı artışı olduğu belirlenmiştir.

Pul boyut kullanımıyla elde edilen karışımlara ait değerler kontrol örneklerinden genel trend olarak düşüktür. Eğilme dayanımının artması için pul boyutu ile yapılan çalışmalarda pozitif etki sağlanamamaktadır.

6. Endüstriyel kullanım amacıyla tasarlanacak harç kombinasyonunda bu bulgular kapsamında iki ayrı lif boyutunun kombinasyonel kullanılmasıyla daha efektif sonuçlar vereceği öngörülmektedir. Bir teknik öneri olarak mikanın lif katkısı olarak toz ve yarı pul boyutlarında ağırlıkça %50 oranlarında harmanlanıp tek lif katkısının ideal olarak kullanılabileceği öngörülebilmektedir.

7. Hazırlanan kompozit harç örneklerine ait ses geçiş kaybı ve ısı iletkenlik performanslarının değerlendirilmesi için teknik analizler bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmemiştir. Ancak, mika lif katkısının ve kullanım oran değişiminin elde edilen kompozit harcın ses geçiş kaybı ve ısı iletkenlik değeri performanslarına etkisinin incelenmesi, konu üzerine bilimsel çalışma yapacak yeni araştırmacılar için öngörülebilecek bir araştırma konusu olabileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Saçak M, Polimer Teknolojisi. Gazi Yayınevi. Ankara; 2005.
2. Ersoy MS, Lif Takviyeli Polimerik Kompozit Malzeme Tasarımı. (Yüksek Lisans Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş; 2005.
3. Kırıkoğlu S, Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller, İstanbul, s. 112-118; 1977.
4. Erguvanlı K, Mühendislere Jeoloji, İTÜ Yayınları:1126, İstanbul,s.41-42; 1978.
5. Erişim adresi: <https://www.joya.life/blog/desecha-las-energias-negativas-y-atrae-las-positivas-con-la-mica/> [Erişim tarihi: 11.12.2019].
6. Robbins J, Sheet mica - and its changing face: Industrial Minerals, London, 33 - 47 p.; 1985.
7. Turner DC, "Mica: Mineral Research Consultative Comitte", London, 1-22 p.; 1975.
8. Erişim adresi: <https://www.indiamart.com/biiharmica-house/mica.html> [Erişim tarihi: 11.12.2019].
9. Jordan EC, Sullivan VG, Davis EB, Pneumatic concentration of mica: Bureau of Mines Report of Investigation RI 8457: Washington, 24 p.;1980.
10. Benbow J, Mica - markets built on dry ground: Industrial Minerals, London, 19 - 31 p.; 1988.
11. DPT Diğer Endüstriyel Mineralleri Çalışma Grubu, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı Yayın No: DPT: 2421-ÖİK: 480, s. 73-109; 1996.
12. Erişim adresi: <https://www.indiamart.com/proddetail/potash-feldspar-and-mica-powder-16078115591.html> [Erişim tarihi: 11.12.2019].
13. Chapman G, Mica chapter in Industrial Minerals and Rocks: Clevite Corp. Retired, U.S.A, 915 - 929 p. ; 1984.
14. Gürsu S, Başçatak Muskovit Şistlerinin Teknolojik Özellikleri ve Kullanım İmkanlarının Araştırılması, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 116 s.; 1992.
15. Acun S, Yüksek Dayanımlı Beton Üretiminde Dizayn Parametresi Olarak Lifsel Katkıların İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul; 2000.
16. Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/asbest> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
17. Erişim adresi: <https://mineralseducationcoalition.org/minerals-database/asbestos/> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
18. Kıbıcı Y, Bazik ve Ultrabazik Kayaçların Minerolojisi Kayaçların Minerolojisi-Petrografisi ve Doğaltaş Sektöründe İsimlendirmedeki Önemi, Türkiye IV. Mermer Sempozyumu Bildiriler Kitabı 18-19 Aralık 2003.
19. Okay A, Mineraloji Ders Kitabı, İstanbul Üniversitesi Yayınları: 89, İstanbul, 319 s.; 1939.
20. Erkan Y, Kayaç Oluşturan Önemli Minerallerin Mikroskopta İncelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, s. 295-313; 1978.
21. Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/biyotit> [Erişim tarihi: 11.12.2019].

22. Erişim adresi: <http://www.yunmu8.com/ywlm/Product/WhiteMica/152.html> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
23. Erişim adresi: <https://geology.com/minerals/lepidolite.shtml> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
24. Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/talk> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
25. Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/profillit> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
26. Kalla P, Rana A, Chad YB, Mısra A, Csenteyi L, “Durability Studies on Concrete Containing Wollastonite”, Journal of Cleaner Production, 87, 726-734; 2015.
27. Dumont M, Wollastonite, Canadian Minerals Yearbook, Kanada; 2004.
28. Erişim adresi: <https://ybm.comu.edu.tr/v4/koleksiyon/185/Vollastonit> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
29. Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/wollastonit> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
30. Vicente Rodriguez MA, Lopez Gonzalez JD and Banares Munoz MA, Acid Activation of a Spanish Sepiolite, Physicochemical Karakterizatio, free Silica Content and Surface Area of the Solids obtained, Clay Minerals 29, 361-367;1994.
31. Erişim adresi: <http://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/sepiyolit> [Erişim tarihi: 13.12.2019].
32. Bunsell AR, Fiber Reinforcement for Composite Materials, Vol:2 Composite Materials Series, Elseiver Science, The Netherlands; 1988.
33. Ersoy HY, Kompozit malzeme, Literatür Yayınları: 66, İstanbul, Türkiye; 2001.
34. Kurt G, Lif İçeriği ve Su/Çimento Oranının Fibrobetonunun Mekanik Davranışına Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü; 2016.
35. Karcı M, Barit şlam atıklarının yüksek performanslı kompozit harç üretiminde değerlendirilmesi, (M.Sc. Thesis) Süleyman Demirel University: Isparta. (in Turkish); 2011.
36. Babadağ Y, Kimyasal katkıların sıva harçları üzerindeki etkileri, (M.Sc. Thesis), İstanbul Teknik University: İstanbul (in Turkish); 2009.
37. TS-EN 998-1. (2017) Kagir Harcı-Özellikler - Bölüm 1: Kaba ve İnce Sıva Harcı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
38. Ahmed A and Sturges J, Materials science in construction: an introduction. Oxon: Routledge; 2015.
39. Kaltun, (2014), Technical Data Sheet, CAS Number: 12001-26-2 , Eines Number: 310-127-6, Aydın/Turkey; 2014.
40. TS EN 197-1 Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler Ve Uygunluk Kriterleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
41. Erişim Adresi:  
<https://www.cimsa.com.tr/ca/docs/4FE58AA58E3A4B7B85FA9E4EE011A8/5616C4750D9D41A591193206786DBDD4.pdf> [Erişim Tarihi: 04.12.2019].
42. Ş Erdoğan, Ş Kurbetçi, Betonun Performansına Sağladıkları Etkinlik Açısından Kimyasal ve Mineral Katkı Maddeleri, Türkiye Mühendislik Haberleri, 426 (4): 115-120; 2003.
43. H Yalçın, M Gürü, Çimento ve Beton, Palme Yayıncılık, Ankara; 2006.



44. Baumann R, et al. GDCh-Monographie 41; 35-42; Publisher: Gesellschaft Deutscher Chemiker; 2009.
45. Emekyapar T and Örüng İ, İnşaat malzeme bilgisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat fakültesi ders notları. No:145, Erzurum; 1993.
46. Erişim adresi: <http://www.utest.com.tr/tr/20563/Egilme-Basinc-Deney-Govdeleri> [Erişim tarihi: 04.12.2019].
47. Arıođlu N, Girgin ZC and Arioglu E, Evaluation of Ratio between Splitting Tensile Strength and Compressive Strength for Concretes up to 120 MPa and its Application in Strength. ACI Materials Journal, 103(1) ; 2006.
48. Kalkan ŞO, Technical Investgation for The Use of Textile Waste Fiber Types in New Generation Composite Plasters (Yüksek Lisans Tezi). Kâtip Çelebi Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir; 2017.
49. Neville AM, Properties of Concrete. London: Pearson Education Ltd. 1999.



## ÖZGEÇMİŞ



**Adı ve Soyadı:** Aysu SEYREKBASAN

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Konak, 14.02.1992

**Adres:** Erzene Mah. 8/1 Sokak Önder Apt. B Blok Bornova-İzmir

**E-Mail:** aysuseyrekbasan@gmail.com

**Lisans:** Manisa Celal Bayar Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü 2010-2016.

### İş Deneyimleri:

- Teknokon Servis ve Bakım Hizmetleri Tic. A.Ş. 02.19-..... İnşaat Mühendisi, İzmir/Türkiye.
- Kaya Yapı İç Mimarlık Tasarım İnşaat Deniz Taahhüt Sanayi ve Tic. A.Ş. 05.18-01.19 İnşaat Mühendisi, İzmir/Türkiye.

### Yayın Listesi:

- Seyrekbasan A., Gündüz L. (2019), An Analysis on the Investigation of the Effects of Natural Mica Mineral on Mechanical Properties in Cemented Mortars 4 th International Conference on Civil, Environmental, Geology and Mining Engineering, April 20-22, Trabzon, Turkey