

**T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**KESME TAŞ DUVARLARDA KULLANILAN TARIHI HORASAN
HARÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mesut CİNEMRE

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ferhat AYDIN

Mayıs 2019

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KESME TAŞ DUVARLARDA KULLANILAN TARIHİ HORASAN
HARÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

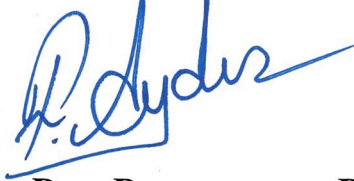
Mesut CİNEMRE

Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 27/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr.
Kemalettin YILMAZ
Jüri Başkanı




Doç. Dr.
Ferhat AYDIN
Üye



Dr. Öğretim Üyesi
Tahir AKGÜL
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.


Mesut CINEMRE
27.05.2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Ferhat AYDIN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca verdikleri destek ve sabırdan dolayı aileme, her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen kardeşim Cem ŞAHİNOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarında ve tez hazırlama sürecinde verdikleri desteklerden dolayı arkadaşlarım Burak ÖZMEN ve Demet YILMAZ'a, anlayışları için müdürüm Salman ÜNLÜGEDİK ve tüm iş arkadaşlarıma şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLOLAR LİSTESİ	ix
ÖZET.....	x
SUMMARY.....	xi

BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışmanın Önemi.....	3
1.3. Çalışmanın Yöntemi.....	4

BÖLÜM 2.

HORASAN HARÇLARI VE KÜFEKİ TAŞININ TARİHİ YAPILARDA

KULLANIMI.....	5
2.1. Tarihi Yapılar	5
2.1.1. Taş yığma yapılar	6
2.1.2. Tarihi yığma yapılarda meydana gelebilecek hasar biçimleri.....	10
2.1.2.1. Tarihi yığma yapı duvarlarında oluşan çatlaklar	13
2.2. Küfeki Taşı.....	14
2.3. Horasan Harçları	16

BÖLÜM 3.

MALZEME VE YÖNTEM	20
--------------------------------	-----------

3.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler	20
3.1.1. Horasan harcı.....	20
3.1.2. Küfeki taşı ve tozu.....	21
3.1.3. Cam lifi	23
3.1.4. Epoksi.....	24
3.2. Deney Metodu.....	26
3.2.1. Deneyde kullanılan yöntem.....	28
3.2.2. Numune üretimi.....	33
3.2.2.1. Standart horasan harcının üretilmesi	33
3.2.2.2. Küfeki taşı tozu takviyeli horasan harcının üretilmesi	34
3.2.2.3. Cam lifi takviyeli horasan harcının üretilmesi	35
3.2.2.4. Epoksi harcın üretilmesi	36
3.2.2.5. Kesme deney düzeneği ve numuneleri	37
3.2.3. Deneylerin yapılışı	40
3.2.3.1. Eğilme ve basınç deneyleri.....	41
3.2.3.2. Kesme deneyleri	43

BÖLÜM 4.

DENEYSEL SONUÇLAR.....	46
4.1. Standart Horasan Harçları Deney Sonuçları	46
4.1.1. Basınç deney sonuçları.....	46
4.1.2. Eğilme deney sonuçları	48
4.1.3. Kesme deney sonuçları.....	51
4.2. Taş Tozu Takviyeli Horasan Harçları Deney Sonuçları	54
4.2.1. Basınç deney sonuçları.....	54
4.2.2. Eğilme deney sonuçları	59
4.2.3. Kesme deney sonuçları.....	65
4.3. Cam Lifi Takviyeli Horasan Harçları Deney Sonuçları.....	67
4.3.1. Basınç deney sonuçları.....	67
4.3.2. Eğilme deney sonuçları	69
4.3.3. Kesme deney sonuçları.....	73
4.4. Epoksi Deney Sonuçları.....	75

4.4.1. Basınç deney sonucu	75
4.4.2. Eğilme deney sonucu	75
4.4.3. Kesme deney sonuçları.....	76
4.5. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması	78
4.5.1. Basınç dayanımlarının karşılaştırılması	78
4.5.2. Eğilme dayanımlarının karşılaştırılması.....	79
4.5.3. Kayma dayanımlarının karşılaştırılması.....	80

BÖLÜM 5.

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
-------------------------------	-----------

KAYNAKLAR.....	85
-----------------------	-----------

ÖZGEÇMİŞ.....	88
----------------------	-----------

SİMGELER LİSTESİ

A	: Derzin alanı
B	: Prizma şekilli numunenin kare kesitinin kenar uzunluğu
Ff	: Kırılma anında numuneye etkiyen yük
I	: Mesnetler arasındaki mesafe
L ₀	: Düşey ilk uzunluk
mm	: Milimetre
MPa	: Megapaskal
N	: Newton
P	: Kırılma anındaki en büyük yük
Rf	: Eğilme dayanımı (MPa),
Δl	: Birim deformasyon
τ	: Kayma gerilmesi
γ	: Kayma şekil değiştirmesi

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Beden duvarlarında tamamlayıcı olarak çimento harcı kullanılmış yapı.....	2
Şekil 2.1. Yarı yığma yarı ahşap inşa edilen Hemşin Köyü Camii (Düzce).....	5
Şekil 2.2. Yığma yapı tekniğiyle inşa edilen Zilkale (Rize)	6
Şekil 2.3. Kerpiç kullanılarak inşa edilmiş Harran Evleri	7
Şekil 2.4. Taş yığma yapı örneği (Av Köşkü-Kocaeli).....	8
Şekil 2.5. Tamamlayıcı olarak çimento harç kullanılması ve taşın durumu	9
Şekil 2.6. Zemindeki kayma sonucu duvarlarda oluşan çatlak ve boşluklar	11
Şekil 2.7. Zemindeki kayma sonucu yapıya destek uygulaması	11
Şekil 2.8. Savaş öncesi Yunus Nebi Külliyesi (Musul)	12
Şekil 2.9. Savaş sonrası Yunus Nebi Külliyesi	12
Şekil 2.10. Ek yükler ve depremler sonucu istinat duvarında oluşan çatlak	14
Şekil 2.11. Küfeki taşı kullanılarak inşa edilmiş duvar	15
Şekil 2.12. Horasan harcı kullanılan Ayasofya Müzesi	18
Şekil 3.1. Deneyleerde kullanılan horasan harcı.....	21
Şekil 3.2. Deneyleerde kullanılan küfeki taşları ve tozu	22
Şekil 3.3. 12 mm cam lifi	24
Şekil 3.4. Deneyleerde kullanılan epoksi A ve B komponentleri	25
Şekil 3.5. Deney matrisi	27
Şekil 3.6. Taşların kesim makinesinde kesilerek deneyleere hazır hale getirilmesi	28
Şekil 3.7. Öğütme makinesi ile taş tozu üretilmesi	29
Şekil 3.8. Horasan harcı karışımı	29
Şekil 3.9. Çalışmalarda kullanılan mikser.....	30
Şekil 3.10. Prizmatik çelik kalıpların yağlanması.....	30
Şekil 3.11. Hazırlanan harcın kalıba doldurulması	31
Şekil 3.12. Vibrasyon masası	31
Şekil 3.13. Horasan ve epoksi kesme deney numunelerinin hazırlanması	32

Şekil 3.14. Numunelerin belirli gün laboratuvar ortamında bekletilmesi.....	32
Şekil 3.15. Standart horasan harcına taş tozu eklenmesi	34
Şekil 3.16. Standart horasan harcına cam lifi eklenmesi	35
Şekil 3.17. Epoksi harcın üretilmesi	36
Şekil 3.18. Kesme deney düzeneği 1	37
Şekil 3.19. Kesme deney düzeneği 2	38
Şekil 3.20. Epoksi harçlı ve horasan harçlı kesme deney numuneleri.....	39
Şekil 3.21. Horasan harçlı kesme deney numuneleri	39
Şekil 3.22. Deneyleerde kullanılan cihaz.....	40
Şekil 3.23. Eğilme deney düzeneği	41
Şekil 3.24. Eğilme deneyinde numunenin kırılma anı	42
Şekil 3.25. Basınç deney düzeneği.....	43
Şekil 3.26. Kesme deney düzeneği	44
Şekil 4.1. Standart horasan harcı 28 günlük basınç deney sonuçları	47
Şekil 4.2. Standart horasan harcı 60 günlük basınç deney sonuçları	47
Şekil 4.3. Standart horasan harcı 90 günlük basınç deney sonuçları	48
Şekil 4.4. Standart horasan harçları basınç dayanımları	48
Şekil 4.5. Standart horasan harcı 28 günlük eğilme deney sonuçları.....	49
Şekil 4.6. Standart horasan harcı 60 günlük eğilme deney sonuçları.....	50
Şekil 4.7. Standart horasan harcı 90 günlük eğilme deney sonuçları.....	50
Şekil 4.8. Standart horasan harçları eğilme dayanımları.....	51
Şekil 4.9. Kesme numunelerinin kırılma şekilleri.....	52
Şekil 4.10. Kesme numunelerinin kırılma şekilleri.....	52
Şekil 4.11. 0,5 cm derzli standart horasan harcı kesme deney sonuçları	53
Şekil 4.12. 1 cm derzli standart horasan harcı kesme deney sonuçları	53
Şekil 4.13. Standart horasan harcı kesme deney sonuçları	54
Şekil 4.14. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları ...	55
Şekil 4.15. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları ...	55
Şekil 4.16. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları .	56
Şekil 4.17. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları .	57
Şekil 4.18. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları .	58
Şekil 4.19. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları .	58

Şekil 4.20. Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç deney sonuçları....	59
Şekil 4.21. Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç deney sonuçları....	59
Şekil 4.22. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları...	60
Şekil 4.23. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları...	61
Şekil 4.24. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları.	62
Şekil 4.25. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları.	62
Şekil 4.26. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları.	63
Şekil 4.27. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları.	63
Şekil 4.28. Taş tozlu horasan harçları 28 günlük ortalama eğilme dayanımları	64
Şekil 4.29. Taş tozlu horasan harçları 60 günlük ortalama eğilme dayanımları	64
Şekil 4.30. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları	65
Şekil 4.31. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları	66
Şekil 4.32. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları	66
Şekil 4.33. Taş tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları.....	67
Şekil 4.34. Cam lifli takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları	68
Şekil 4.35. Cam lifli takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları	68
Şekil 4.36. Cam lifli takviyeli horasan harçları 90 günlük basınç dayanımları	69
Şekil 4.37. Cam lifli takviyeli horasan harçları basınç dayanımları	69
Şekil 4.38. Kırılmış cam lifli takviyeli numune	70
Şekil 4.39. Cam lifli takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları.....	71
Şekil 4.40. Cam lifli takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları.....	71
Şekil 4.41. Cam lifli takviyeli horasan harçları 90 günlük eğilme dayanımları.....	72
Şekil 4.42. %0,5 Cam lifli takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları	72
Şekil 4.43. %0,5 Cam lifli takviyeli horasan harcı kesme deney grafiği	73
Şekil 4.44. %1 Cam lifli takviyeli horasan harcı kesme deney grafiği	74
Şekil 4.45. %0,5 ve %1 Cam lifli takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları.	74
Şekil 4.46. Epoksi basınç dayanımı	75
Şekil 4.47. Epoksi numune eğilme dayanımı	76
Şekil 4.48. Eğilme deneyi sonrası epoksi numune.....	76
Şekil 4.49. Epoksi kesme numunelerinin kırılma şekli.....	77
Şekil 4.50. Epoksi harçlı kesme deney sonuçları.....	78
Şekil 4.51. Kesme deneyleri karşılaştırması	81

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1. Deneylerde kullanılan horasan harcı teknik özellikleri	21
Tablo 3.2. Deneylerde kullanılan küfeki taşının fiziksel ve mekanik özellikleri.....	22
Tablo 3.3. Deneylerde kullanılan cam lifi teknik özellikleri	23
Tablo 3.4. Epoksi harç teknik özellikleri	25
Tablo 4.1. Standart horasan harçları basınç dayanımları	46
Tablo 4.2. Standart horasan harcı eğilme dayanımları	49
Tablo 4.3. Standart horasan harçlı deney numuneleri kayma dayanımları	52
Tablo 4.4. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları basınç deney sonuçları	55
Tablo 4.5. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları basınç deney sonuçları	56
Tablo 4.6. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları basınç deney sonuçları	57
Tablo 4.7. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları eğilme dayanımları.....	60
Tablo 4.8. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları.....	61
Tablo 4.9. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları.....	63
Tablo 4.10. Taş tozu takviyeli horasan harçları kayma dayanımları	65
Tablo 4.11. Cam lifi takviyeli horasan harçları basınç dayanımları	67
Tablo 4.12. %0,5 Cam lifi takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları	70
Tablo 4.13. Cam lifi takviyeli horasan harçları kayma dayanımları.....	73
Tablo 4.14. Epoksi harçlı kesme deney sonuçları.....	77
Tablo 4.15. Ortalama basınç dayanımları toplu sonuçları	78
Tablo 4.16. Ortalama eğilme dayanımları toplu sonuçları.....	79
Tablo 4.17. Ortalama kayma dayanımları toplu sonuçları.....	82

KESME TAŞ DUVARLARDA KULLANILAN TARİHİ HORASAN HARÇLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Tarihi yapılar yıllar boyunca yaşanan savaşlar, doğal afetler ve çevresel faktörler nedeniyle bozulmaya uğramakta ve onarımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bozulma türlerinden biri de yığma yapı duvarlarında meydana gelen çatlaklardır. Söz konusu çatlaklara yapılacak müdahalelerde yapının özgün niteliklerine uygun, mevcut taşıyıcı sistemle uyumlu malzemenin seçilmesi gerekmektedir. Tarihi yapıların onarımlarında özgün ve uyumlu malzemenin seçimi öncelikli olduğundan, bazı durumlarda dayanımı düşük olan horasan harçlarının geliştirilerek, yapı sisteme uyum sağlayabilecek, taşıyıcı elemanlar olan taşlar arasındaki bağlayıcılığı ve dayanımı daha yüksek harçların oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, tarihi yapıların onarım ve restorasyonunda kullanılacak horasan harçlarının dayanımının teknolojik ürünlere ihtiyaç duymadan doğal malzemeler kullanılarak geliştirilmesi üzerinde çalışılmıştır. Söz konusu harçların tarihi yığma taş duvar dolgu derzlerinde kullanılması durumunda, harcın taşlar arasındaki bağlayıcılık özelliğinin ve yapıya etkileyen gerilmelere karşı ne tür davranış sergilediğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda horasan harcına belli oranlarda küfeki taşı tozu ve cam lifi eklenerek numuneler üretilmiş ve üretilen numunelere basınç ve eğilme deneyleri uygulanmış, ayrıca oluşturulan kesme deney düzeneği ile numunelerin farklı kalınlık ve farklı içeriklerde kayma gerilmelerine karşı performansı incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, horasan harcına cam lifi veya küfeki taşı tozunun belli oranlarda eklenmesinin, harcın basınç ve eğilme dayanımlarını olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Ancak cam lifi ilavesinin, yapıya etkileyecek kayma gerilmelerine karşı harcın dayanımını önemli ölçüde düşürdüğü belirlenmiştir. Ayrıca yüksek dayanımlı malzeme olan epoksi harç kullanılarak yapılan kayma deneylerinde, çatlamanın derzlerde değil taşlarda gerçekleştiği görülmüştür. Yığma yapı duvarlarında taşıyıcı eleman olan doğal taşlarda meydana gelen çatlakların onarımı, dolgu malzemelerine göre daha zor olduğundan, epoksi harç gibi yüksek dayanımlı malzemelerin yığma duvar derzlerinde dolgu malzemesi olarak kullanılmasının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tarihi yapılar, Horasan Harcı, Küfeki Taşı, Restorasyon, Güçlendirme

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF HISTORICAL KHORASAN MORTARS USED IN CUTTING STONE WALLS

SUMMARY

The historical buildings are subject to distortion and need repair because of the wars, natural disasters and environmental factors that have occurred over the years. One of these types of deterioration is the cracks in the masonry building walls. In the interventions to be made to these cracks, it is necessary to select the material which is compatible with the original characteristics of the structure and compatible with the existing carrier system. Since the selection of original and harmonious materials is a priority in the restoration of historical buildings, in some cases, it is necessary to develop the khorasan mortars with lower resistance and to create higher mortars and bond strength between the bearing elements which can adapt to the building system.

In this study, it is aimed to determine the durability of khorassan mortar between the stones and their behavior against the stresses that affect the structure in case of using the natural materials without the need for technological products. It is aimed to determine the binding properties of the mortars and the behavior of the mortars against the stresses affecting the structure in case the mortars are used in joints of historical masonry stone wall. For this purpose, samples were produced by adding certain amount of kufeki stone powder and glass fiber to the khorasan mortar. Pressure and flexure tests were applied to the samples, in addition, with the shear test device, the performance of samples against shear stresses of different thicknesses and different contents were investigated. As a result of the studies, it has been determined that the addition of glass fiber or mold stone powder to the horasan mortar has a positive effect on the pressure and flexural strength of the mortar. However, it was determined that the addition of glass fiber significantly reduced the strength of the mortar against shear stresses that would affect the structure. In addition, in the shear experiments using high strength material epoxy mortar, it was observed that the cracking occurred in the stones and not in the joints. It is concluded that it is not appropriate to use high strength materials such as epoxy as filling material in masonry stone wall joints since this leads to more difficult and greater damage.

Keywords: Historical buildings, Khorasan Mortar, Kufeki, Restoration, Reinforcement.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Ülkemizde çeşitli yapım sistemleri ve malzemeleri ile inşa edilmiş anıtsal nitelikteki farklı yüzyıllarda inşa edilmiş korunması gerekli kültür varlığı yapılar bulunmaktadır. İnşa edildiği dönemin kültürel ve mimari özelliklerini günümüze aktaran bu yapıları, kayaların oyulmasıyla oluşturulan yapılardan, ibadethaneler, hamamlar, köprüler, su kemerleri, sur duvarları ve kaleler gibi yığma sistemli yapılara; tamamen ahşap malzemeler kullanılarak inşa edilmiş yapılardan ahşap karkas arası taş ve tuğla dolgulu küçük ölçekli yapılara kadar çeşitli yapı türleri oluşturmaktadır. Bu çeşitlilik pek çok farklı koruma ve uygulama sorunlarını da beraberinde getirmektedir.

Anıtsal nitelikteki yapılar gelecek kuşaklara aktarılırken yapıya ait tüm özgün öğelerin korunması gerekmektedir. Bu yapıların yapı malzemeleri ve yapım teknikleri de o dönemi yansıtan unsurlardandır. Dönemin teknolojisi ve geleneklerinin birer göstergesi olan bu öğelerin koruma ve onarımları sırasında kalıcı ve sürekliliklerinin sağlanması önem taşımaktadır (Mavioğlu, 2011).

Döneminin kültürel ve mimari niteliklerini barındıran tarihi yapılara ilişkin koruma ve onarım müdahaleleri belirlenirken, yapılacak müdahale yöntemi ve kullanılacak malzemelerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri ile özgün malzemeyle olan uyumu kapsamlı bir biçimde araştırılmalıdır. Çünkü tarihi yapıların onarım ve güçlendirilmelerinde öncelik, yapının inşa edildiği dönemdeki özgün haliyle gelecek nesillere aktarmaktır. Ancak günümüzde tarihi yapıları koruma kapsamında yapılan müdahalelerde, tarihi yapının onarımında kullanılacak malzemelerin analizlerinin yetersiz yapılması, tarihi yapı koruma prensiplerine uymayan modern malzeme ve yöntemlerin uygulanması, yapının özgün niteliklerinde bulunmayan teknolojik

malzemeler kullanılması ve bununla birlikte kullanılan teknolojik malzemelerin mevcut yapı sistemiyle olan uyumsuzluğu sebebiyle zamanla yapı elemanlarına zarar vermesi sonucunda tarihi yapılara geri dönüşü olmayan zararlar verilmektedir. Şekil 1.1’de tarihi yapı duvarındaki aşınmış taşlarda tamamlayıcı olarak çimento harcı kullanılmış olduğu görülmektedir. Çimento harçlarının tamamlayıcı malzeme olarak kullanılması, taşın nefes almasını engellediği için zamanla aşınmanın artmasına sebep olacaktır.



Şekil 1.1. Beden duvarlarında tamamlayıcı olarak çimento harcı kullanılmış yapı.

Tuğla, kiremit kırığı ve tozu ile buna benzer yapı malzemeleri, kireç ve katkı maddeleri ile karıştırılarak birçok tarihi yapıda dolgu harcı ve sıva malzemesi olarak kullanılmış ve oluşan bu karışımlar horasan harçları ve sıvaları olarak adlandırılmıştır (Çamlıbel,1998). Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı Dönemi mimarilerinde bağlayıcı olarak kullanılan Horasan harçları özellikle yığma yapılarda karşımıza çıkmaktadır (Kuban,1998).

Taşıyıcı duvarlarında doğal taş kullanılan tarihi yığma yapıların duvar derzlerinde yapılacak bakım ve onarım çalışmalarında, taşlar arasında dayanımı ve bağlayıcılık özelliği yüksek olan harcın kullanılması, yapının uzun vadede korunmasında önem teşkil etmektedir. Horasan harcı gibi kireç esaslı harçlar ara harç malzemesi olarak kullanıldıkları zaman, gerek kireç harcının düşük dayanımı gerekse de esnek yapısından

dolayı yığma yapılarda oluşabilecek kısmi oturmalara çimento harçlarına kıyasla daha fazla müsaade edebilmektedir. Bu durumda doğabilecek her türlü gerilme kireç harçları tarafından karşılanmaktadır (Hatipoğlu,2014). Bu nedenle tarihi yapılara ait küfeki taşı satırlarda dolgu malzemesi olarak kullanılacak harcın seçiminde, deprem vb. çevresel faktörlere karşı taşları bağlayıcılık özelliği yüksek olan kireç harçlarının tercih edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada tarihi yapılardaki duvar derzlerinde kullanılan horasan harcının mukavemetine cam lifleri gibi teknolojik malzemeler ile taş tozları gibi doğal malzemelerin kullanılmasının ne ölçüde etki ettiği araştırılmış, yüksek dayanımlı teknolojik malzemeler olan epoksi harçlar ile horasan harçları arasında kıyaslama yapılmıştır.

1.2. Çalışmanın Önemi

Horasan harcı ve sıvaları üzerinde ülkemizde sınırlı sayıda çalışma yapılmıştır. Tarihi yapılarda kullanılan özgün harçların teknik niteliklerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar özellikle 1980’li yıllardan itibaren yapılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda horasan harçları ve sıvalarının fiziksel ve hidrolik özellikleri ile içerikleri konusunda detaylı bilgilere ulaşılmıştır (Böke ve Uğurlu, 2006). Ayrıca özellikle son yıllarda horasan harçlarının dayanımının arttırılmasına yönelik çalışmalarda artış gözlenmektedir. Bu çalışmada, tarihi yapıların restorasyonunda kullanılan horasan harçları üzerinde yapılan deney sonuçları referans alınmış olup, laboratuvar koşullarında bu harçlara farklı malzemeler ekleyerek farklı deney numuneleri üretilmesi ve tarihi yapıların onarımında kullanılan harçlarının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte, tarihi yapıların onarım ve restorasyonunda kullanılan horasan harçlarına teknolojik ve doğal katkı maddeleri eklenerek oluşturulacak harçların fiziksel ve mekanik özellikleri ve bu harçların tarihi yapı duvar derzlerinde kullanılması durumunda ne tür davranış sergilediği değerlendirilmiştir.

Yapılan çalışmalar ile tarihi yapıların onarım ve restorasyonunda kullanılacak horasan harçlarının dayanımının teknolojik ürünlere gerek duymadan doğal malzemeler

kullanılarak geliştirilmesinin amaçlanmasının yanında, söz konusu harçların tarihi yığma taş duvar dolgu derzlerinde kullanılması durumunda, taşlar arasında bağlayıcılık özelliğinin belirlenmesi ve kayma gerilmelerine karşı ne şekilde davranış sergilediğinin değerlendirilmesi yönüyle de önem taşımaktadır.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışma beş ana bölümden oluşmakta olup; birinci bölümde çalışmanın amacı, önemi ve yöntemi belirlenmiştir. Tarihi yapıların restorasyon ve onarımlarında yapının özgün niteliklerine uygun ve yapı elemanlarıyla uyumlu harç kullanılmasının, yapının gelecek nesillere aktarılmasındaki önemi ortaya koyulmuştur. Bu doğrultuda ikinci bölümde literatür araştırması yapılarak tarihi yapıların özelliklerine, bu yapılarda kullanılan harçlara ve harçların fiziksel ve mekanik özelliklerine değinilmektedir. Bölüm üçte, deneylerde kullanılacak teknolojik ve doğal malzemelerin fiziksel ve teknik özellikleri hakkında detaylı bilgi verilmekte, uygulanacak deney metodu ve harçların üretim şekli belirtilmektedir. Dördüncü bölümde, hazırlanan numuneler üzerinde yapılan basınç, eğilme ve kesme deneylerinin sonuçları grafikler üzerinde gösterilerek açıklanmakta, deney sonuçları tablolar üzerinde gösterilerek karşılaştırma yapılmaktadır. Beşinci bölüm olan ‘sonuç ve öneriler’ kısmında ise elde edilen sonuçlara ilişkin değerlendirme yapılmaktadır.

BÖLÜM 2. HORASAN HARÇLARI VE KÜFEKİ TAŞININ TARİHİ YAPILARDA KULLANIMI

2.1. Tarihi Yapılar

Tarihi yapılar, geçmiş dönemlerde geleneksel malzemelerle (ahşap, taş, tuğla vb.) inşa edilmiş olan ve yapıldığı dönemin mimari ve kültürel niteliklerini barındıran konut, cami, kale, köprü, kervansaray vb. yapılardır. Bu yapılar yapıldığı dönemin yaşam ve kültürünü yansıttıkları için kültür mirası olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle tarihi yapıların en iyi şekilde korunması ve bozulan kısımlarının özgün biçimlerine uygun olarak yenilenmesi gerekmektedir. Şekil 2.1 ve 2.2’de yarı yığma yarı ahşap yapı ve taş yığma yapı örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1. Yarı yığma yarı ahşap inşa edilen Hemşin Köyü Camii (Düzce).



Şekil 2.2.Yığma yapı tekniğiyle inşa edilen Zilkale (Rize).

Tarihi yapıların, yapıldığı dönemin mimari ve malzeme özelliklerine göre farklı strüktürel sistemleri vardır. Daha çok yapıldığı yöreye yakın konumlardan edinilen doğal taşlar, tuğlalar ve kerpiçler kullanılarak inşa edilen yığma yapılar, yarı yığma yarı ahşap yapılar, tamamen ahşap malzemeler kullanılarak veya yalnızca taşıyıcı öğeleri ahşap olarak inşa edilen küçük ölçekli yapılar bu gruba girmektedir.

2.1.1. Taş yığma yapılar

20.yy'ın ortalarına kadar önemli bir yapı teknolojisi olan yığma kâgir yapılar yüzyıllarca ayakta kalabilmişlerdir. Ağır ve rijit yapılar olan tarihi yığma yapıların dayanımı; yığma blokların basınç dayanımına bağlıdır. Çekme gerilmeleri malzemenin yüksek basınç dayanımı ve bloklar arasındaki sürtünme dayanımı ile karşılanan tarihi yığma yapıların düşey ve yatay yüklere dayanımı; kullanılan malzeme dayanımına, yığma blokların birleştirme şekline ve geometrisine bağlıdır (Arun, 2011).

Yığma yapılar, taşıyıcı sistemi tuğlalar ve doğal taşlar gibi malzemeler olan ve düşey duvarlardan oluşan yapılardır. Taş ve tuğla yığma inşaat tekniğinin yapılarda kullanımı yaklaşık on bin yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Yığma yapı tekniğinin ilk olarak Mezopotamya'da çamurdan yapılmış kerpiç barınaklarda kullanıldığı tahmin

edilmektedir. Bunlar yük taşıma kapasitesi oldukça az olan iki duvar arasında, basit bir biçimde ahşap çatı örtüsüyle kapatılan yapılardır. Özellikle ibadet vb. kamu alanlarında daha büyük iç mekan gereksinimi ortaya çıktıkça, daha dayanıklı malzeme oldukları için çamurdan yapılan kerpicing yerini doğal taşlar almıştır (Ünay, 2002).

Ülkemizde yığma yapılar özellikle kırsal bölgelerde yaygın olarak karşımıza çıkmaktadır. Yığma yapıların tercih edilme sebebi, yerel malzemeler kullanılarak kolaylıkla inşa edilebilmeleri ve ekonomik olmalarıdır. Ülkemizdeki yığma yapıların bölgelerin jeolojik özelliklerinin yapısını taşıyan doğal taş, tuğla, kerpiç gibi çeşitli türlerdeki malzemelerle inşa edildiği görülmektedir. Kerpiç kullanılarak inşa edilmiş yığma yapılara örnek Şanlıurfa'nın Harran İlçesi'ndeki kerpiç evler gösterilebilir (Şekil 2.3). Bununla birlikte, Şekil 2.4'te gösterilen ve Kocaeli'de bulunan Sultan Abdülaziz'in Av Köşkü de doğal taş kullanılarak inşa edilmiş yığma yapılardandır.



Şekil 2.3.Kerpiç kullanılarak inşa edilmiş Harran Evleri.

Son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle oluşturulan farklı özelliklerdeki malzemelerle modern yapılar inşa edilmektedir. Doğal olarak her yığma yapının inşa edildiği

malzemelerin farklı olması farklı fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerde malzemelerin karşımıza çıkması demektir.



Şekil 2.4. Taş yığma yapı örneği (Av Köşkü-Kocaeli).

Çimento'nun keşfi ve diğer teknolojik malzemelerin gelişmesi, yığma yapılarda kireç harcının kullanımında azalmaya neden olduysa da, tarihi yığma yapıların özünde kireç harcının kullanılması, bakım ve onarım çalışmalarında da kireç harcı kullanmayı zorunlu kılmıştır. Çimento her ne kadar kireç harcına göre daha yüksek dayanıma sahip olsa da, çimento harcının tarihi yapı beden duvarlarında kullanılan doğal taşlarla olan kimyasal uyumsuzluğu zamanla taşların aşınmasına sebep olmaktadır (Şekil 2.5). Yapının özgün malzemeleriyle uyumlu olmaması sebebiyle tarihi yapılarda kullanılmaya uygun değildir.

Tarihi yığma yapılarda meydana gelen hasarlarda, bazı durumlarda orijinal yapı malzemesi kullanımının onarım için yeterli olmadığı tespit edilebilmektedir. Bu gibi durumlarda, mevcut yapı malzemesinden daha güçlü bir malzemenin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.5. Tamamlayıcı olarak çimento harç kullanılması ve taşın durumu.

Geçmiş yıllarda, tarihi yapı onarım çalışmalarında çimento harcı gibi teknolojik malzemelerin kullanılmış olduğu görülmektedir. Bununla birlikte epoksi harçlar gibi ürünler ankraj gibi birtakım onarım çalışmalarında halen kullanılmaktadır. Bu malzemeler, yapıya ilerleyen yıllarda yapılacak müdahalelerde, yapı beden taşlarından arındırılmayacak ve sağlıklı onarımı imkânsız hale getirecektir. Bu özellikleri sebebiyle, tarihi yapı onarımlarında söz konusu malzemelerin kullanımından kaçınılmalıdır.

Yığma yapı elemanları bir kompozit olarak ele alınırsa yük etkisinde, taş, tuğla gibi bileşenler ile harç arasında esas olarak çekme ve kayma gerilmeleri doğmaktadır. Çekme gerilmesi, tuğla veya taş ile harcın ara yüzüne dik yönde oluşan çekme kuvvetlerinden, kayma gerilmeleri ise bu düzleme paralel oluşan kuvvetlerden doğar. Harç ile taş veya tuğla birim elemanı arasındaki birleşim dayanımı olarak adlandırılabilir çekme ve kayma dayanımını birçok faktör etkilemektedir. Örneğin; harç karışımındaki bağlayıcı malzemenin miktarının artması birleşim dayanımını artırmaktadır (Ünay, 2002).

Yığma yapı duvarlarında çok güçlü derz dolgu malzemesi kullanmak bazı dezavantajlar doğurabilmektedir. Yapıyı ayakta tutmak için yapılabilecek bu tür müdahaleler, yapının strüktüründe dönüşü olmayan hasarlara sebep olabilmektedir. Örneğin yığma yapılarda, doğal taş ve tuğla gibi taşıyıcı duvar malzemeleri arasında, bu malzemelerden daha yüksek dayanıma sahip bir derz malzemesi kullanılması durumunda, deprem vb. kayma ve kesme gerilmeleri oluşturabilecek yükler karşısında çatlama derz kısımlarındaki harçlarda meydana gelmezse, taş ve tuğla kısmında bu çatlaklar oluşmaktadır. Bağlayıcı malzemelerin onarımları, taşıyıcı malzemelerin onarımından daha kolay olduğundan, bağlayıcı malzemede öncelikli çatlak oluşumu beklenmektedir. Bu yüzden tarihi yığma yapı duvarlarında, bağlayıcı malzemenin taşıyıcı malzemeler olan doğal taş veya tuğlalardan daha düşük dayanıma sahip olmaları beklenmektedir.

2.1.2. Tarihi yığma yapılarda meydana gelebilecek hasar biçimleri

Tarihi yapılar, yüzyılları bulan yaşam süreleri boyunca birçok çevresel etkiye maruz kalmaktadırlar. Yapıldıkları dönemlerden günümüze kadar geçen süreçte yaşanan savaşlar, doğal afetler ve çevresel faktörler nedeniyle bozulmaya uğrar ve onarıma ihtiyaç duymaktadırlar. Bu noktada, yapıda meydana gelen hasarlar doğru bir şekilde analiz edilmeli ve yapının özgün niteliklerine uygun müdahale yöntemleri belirlenmelidir (Tarihi Yapı Onarım, 2007).

En temel hatlarıyla tarihi yığma yapılarda karşılaşılabilecek olası hasarlar aşağıda özetlenmiştir:

1. Yapının özgün halinde olmayan kat ilavesi gibi aşırı yüklemeler;
2. Yapı duvarlarında oluşan boşluklar;
3. Yapı temelinde meydana gelebilecek oturma ve çökmeler;
4. Duvar yüzeylerinde oluşabilecek çatlaklar ve bağlantısızlıklar (Şekil 2.6);
5. Zemin problemlerinden oluşan hasarlar (Şekil 2.7);



Şekil 2.6. Zemindeki kayma sonucu duvarlarda oluşan çatlak ve boşluklar.



Şekil 2.7. Zemindeki kayma sonucu yapıya destek uygulaması.

6. Tonoz ve kemerlerde oluşabilecek yapısal çatlak ve göçmeler;
7. Sıcaklık farklarından oluşan hasarlar;

8. Deprem vb. doğal afetler ile savaş halleri (Şekil 2.8 ve 2.9).



Şekil 2.8. Savaş Öncesi Yunus Nebi Külliyesi (Musul) (akademikmiras).



Şekil 2.9. Savaş Sonrası Yunus Nebi Külliyesi (anadoluiimages).

Çalışmanın temel konusu tarihi yığma yapıların duvarlarında oluşan çatlaklar olduğundan, bu konu başlık 2.1.2.1’de detaylı bir şekilde incelenmektedir.

2.1.2.1. Tarihi yığma yapı duvarlarında oluşan çatlaklar

Tarihi yapılara etki eden düşey yük ve depremler, yapı beden duvarlarında çatlamalara sebep olmaktadır. Yığma yapı sistemin tekniği ile ilgili bozulmaların yanı sıra dışardan gelen ek yükler, boşluklar ve oyuklar, duvar yapımında kullanılan harçların yapısında meydana gelen bozulmalar duvarda çeşitli hasar türlerine yol açabilmektedir (Şekil 2.10). Duvar örgüsünde kullanılan taş, tuğla vb. yapı malzemelerinin düşük mekanik özelliklere sahip olması duvarda zaman içinde ezilme ve çökme gibi hasarlar meydana getirmektedir.

Yukarıda belirtilen sebeplerden kaynaklı duvarların yapısında oluşabilecek hasarlar genel olarak üçe ayrılabilir:

1. Düşey yüklerin artması sebebiyle tuğlalarda meydana gelebilecek kırılma ve derzlerde ezilme, ufalanma;
2. Meydana gelebilecek depremler sonucunda çatlaklarının oluşması;
3. Taşıyıcı sisteme etkiyecek kesme kuvvetlerindeki artış sonucunda kayma çatlaklarının oluşması.

Yukarıda belirtilen durumlarda yapı duvarına etki eden yükler, duvarda meydana gelen hasar şekli incelenmeli, duvarın mevcut basınç dayanımını belirlemek için karot numuneleri alınarak numunelerin mekanik deneyleri yapılmalıdır. Duvardan alınan karot numunelerinin kapsamlı incelenmesinin ardından uygun onarım ve güçlendirme yöntemleri belirlenmelidir. Mevcutta kullanılmış olan malzemelerin kimyasal ve mekanik özellikleri tespit edilerek, onarım için bu malzemelerle uyum sağlayabilecek niteliklere sahip malzemeler seçilmelidir (Tarihi Yapı Onarım, 2007).



Şekil 2.10. Ek yükler ve depremler sonucu taş yığma istinat duvarında oluşan çatlak.

2.2. Küfeki Taşı

‘Küfeki’ kelimesi çok eskilere dayanmaktadır. ‘Köfeki’ olarak da bilinen taşın kökeni Yeni Yunanca kufaki "Ponza taşı veya talk" sözcüğünden alıntıdır. Eski Yunanca koupholithos "bir tür hafif ve süngersi taş" sözcüğüyle eş kökenlidir. Günümüzde “kolay işlenen yumuşak taş” anlamında kullanılmaktadır. Küfeki taşı cami, hamam, saray, köprü, su kanalları, han, kervansaray gibi büyük ve anıtsal nitelikteki yapılardan türbe, mezar taşı ve çeşme gibi küçük ölçekli yapılar gibi birçok tarihi eserde kullanılmıştır (Tarihi Binaların Sağlık Sırrı, 2014).

Küfeki taşının İstanbul surlarında, Süleymaniye Camii başta olmak üzere pek çok anıtsal nitelikteki tarihi camilerde ve hatta Topkapı Sarayı'nda kullanılmasının pek çok sebebi vardır. 2500 yıllık ömrü ve yapıların görkeminin binlerce yıl korunabilir olması bu taşların kullanılmasının en büyük nedenlerindedir. Osmanlı Döneminin en önemli mimarlarından olan Mimar Sinan ve birçok mimar tarafından tercih edilmiş bir malzeme

olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunun yanı sıra Osmanlı mimarisinin karakteristik özelliklerini taşıyan bir malzeme olması ve yapıldığı dönemin kaliteli, özgün ve nitelikli yapılarında kullanılmış olması da küfeki taşının vazgeçilmezliğini göstermektedir (Küfeki taşı, 2017)

Küfeki Taşının Özellikleri:

Küfeki taşları, farklı renk çeşitleri ve fosilli yapısı ile estetik bir görüntüye sahiptir. Taşın işlenmesi kolay olduğu için yoğun bezemeler taşta uygulanabilir ve estetik mimari öğeler üretilebilir. Şekil 2.11’de küfeki taşı kullanılarak inşa edilmiş bir duvar örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.11. Küfeki taşı kullanılarak inşa edilmiş duvar.

Küfeki taşının en önemli özelliklerinden biri ısı geçişini engelleyen bir yapısının olmasıdır. Özellikle geçmiş dönemlerde, iklimlendirme cihazlarının olmaması, doğal ısınma ve soğuma yollarına gidilmesine sebep olmuştur. Yapı içerisinde yazın serin, kışın

sıcak ortam koşullarının sağlanması için, özellikler toplu kullanımı olan yapılarda sıklıkla kullanılmıştır.

Küfeki taşı, bulunduğu yüzeyden çıkarılmadan önce oldukça yumuşak bir yapıya sahiptir. Kesilip yer yüzeyinden çıkarılması ve ebatlanıp işlenmesi çok kolay bir taştır, dolayısıyla kolay şekil verilebilir.

Küfeki taşı yer altından çıkarılırken oldukça yumuşaktır. Ancak yapılarda kullanıldıktan sonra, yıllar geçtikçe sertleşen bir yapısı vardır. Havadaki karbondioksit gazıyla temas ettikçe sertleşerek mukavemeti artar.

Küfeki taşı en önemli özelliklerinden biri radyasyon geçirmez oluşudur. Radyoaktif dalgaların geçişini engelleyen bir yapısı vardır. Küfeki taşı bu özelliği Moskova Üniversitesi'nin 1986 yılında yaptığı bir araştırma sonucu bulunmuştur (Radyasyon Dayanıklılığı, 2017).

2.3. Horasan Harçları

Tarih boyunca harçları yenilemek ve geliştirmek amacı ile karışıma süt, yumurta akı, bezir yağı, taze kan, balmumu, keratin, hayvan yağı, bira, idrar, vb. çok çeşitli maddeler eklenmiştir. 1930 yılında Albert Neuberg tarafından yapılan çalışmalarda harç içerisine eklenen hayvan tutkalı, arap zamkı, incir sütü, gergedan kanı ve yumurtanın bağlayıcılar ile birlikte kullanılan ilk organik katkıları olduğu belirtilmiştir. Organik polimerlerden olan albümin, keratin ve kazeinin ise Mısır'da yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. İncir sütü, domuz yağı, çavdar hamuru, kesilmiş süt sertleştirmeyi arttırmak, yumurta akı ve kan ise sertleşmeyi geciktirmek amacı ile Vitruvius zamanında kullanılmış olduğu bilinmektedir (Stongar, 1994).

Ülkemizde horasan harcı ve sıvası olarak bilinen, birçok tarihi yapının harcı ve sıva malzemesi olarak kullanılan hidrolik harç ve sıvalar tuğla, kiremit gibi malzemelerin kireç ile karıştırılmasıyla elde edilmiştir. Pişmiş killi malzemelerin kırılmış ve öğütülmüş biçimi olan horasan ile hava kirecinin karıştırılmasıyla elde edilen horasan harcı, kum

veya puzolonik katkı maddesi eklenebilen hidrolik bir harçtır (Akman ve diğ., 1986; Ersen ve diğ., 1995). Bu harçların Horasan olarak anılmasının sebebi, İran'ın doğusunda yer alan Horasan bölgesinde kullanılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Horasan, Roma Dönemi'nde 'Cocciopesto' Massazza ve Pezzuoli (1981), Hindistan'da 'Surkhi' Spence (1974), Arap ülkelerinde 'Homra', Yunanistan'da 'Korassa' olarak adlandırılmıştır (Çamlıbel, 1998).

Hidrate kireç ve tuğla tozundan oluşan harçların kullanımının çok eski tarihlere kadar uzandığı düşünülmektedir. Araştırmaların bazılarında, bu harçları ilk kullananların Fenikeliler olduğu belirtilmektedir. Kral Süleyman suyu tutmak amacıyla horasan harcı kullanarak su sarnıçları inşa etmiştir. Güvenilir kaynaklarda, Roma Dönemi'nden beri tuğla tozlarının ve kırıklarının kullanıldığı belirtilmektedir (Baronia ve Binda, 1997). Buna ilişkin en önemli kaynak; antik dönem mimarı Vitruvius'un kireç harcına tuğla tozu katılmasının harcın niteliklerini arttırdığını belirttiği eserdir (Akman ve diğ., 1986; Baronia ve diğ., 1997)

İlerleyen dönemlerde horasan harçları, ülkemizin de içinde olduğu geniş bir coğrafyada kullanılmaya başlamıştır. Horasan harçları Roma döneminde su ile temas halindeki nemli mekanlarda kullanılmış ve bu harçların su ile temas halinde mukavemetlerinin arttığı tespit edilmiştir (Baronia ve diğ., 1997; Böke ve Uğurlu, 2006). Romalılardan sonra Selçuklular ve Osmanlılar horasan harcını ve sıvasını çatı örtüsü ve mozaik altları gibi alanlarda ve hamam, su sarnıcı, su yolu gibi yapılarda kullanmıştır (Böke ve Uğurlu, 2006). Osmanlı Döneminde horasan harçlarının kullanımı daha çok XV. Yüzyıldan itibaren görülmektedir. Bu malzemenin diğer harçlara karşı estetik dayanım ve suya karşı direnç yönünden üstünlüğü Osmanlı Dönemi inşaatçıları tarafından kabul edilmiştir (Akman ve diğ., 1986).

Yapılan araştırmalarda, tuğlaların yoğunluklarının agrega olarak kullanıldıklarında, granit, bazalt vb. agregalardan daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sebeple, horasan harçlarının ağırlıkları daha düşük, çekme dayanımları yüksektir. Ayrıca horasan harçlarının Şekil 2.12'de yer alan Ayasofya'nın kubbesinde kullanılması da bu durumu doğrular niteliktedir (Bakolas ve diğ., 2000).



Şekil 2.12.Horasan harcı kullanılan Ayasofya Müzesi.

Horasan harçlarının dokularının incelendiği bir çalışmada kireç ile tuğla kırıklarının birbirine bağlanmalarının yüksek olduğu görülmüştür (Akkurt ve diğ., 2004). Kireç ile tuğla tozunun tepkimeye girerek suda çözünmeyen bir tuz oluşturduğu ortaya çıkmıştır. Kil, esaslı alüminyum silikat ($Al_2(SiO_2)_3$) olan sıvı geçirmeyen, ince taneli bir toprak türüdür (Hasol, 1988). Pişmiş kil, kimyasal etkinlik kazanmış silis (SiO_2) olup aynı zamanda zayıf bir asit türüdür. Kireç ise güçlü bir bazdır (Çamlıbel, 1998). Tuğla kırıkları içerisindeki amorf yapılar kireç ile reaksiyona girerek (C-S-H) ve (C-A-H) oluşturur. Bu bileşikler, harca dayanım ve suda sertleşebilme yani hidrolik bir özelliği kazandırır (Akkurt ve diğ., 2004; Kurugöl, 2006). Kireç harçları, hidrolik kireç harçları ve hidrolik olmayan kireç harçları olarak ikiye ayrılır. Hidrolik harçlar, hidrolik kireç kullanılarak veya saf kireç ile puzolanların karıştırılmasıyla, hidrolik olmayanlar ise, kireç ile etkisiz agregaların karıştırılmasıyla elde edilir. Hidrolik olmayan kireç harçları, kirecin havadaki karbondioksit tepkimeye girerek kalsiyum karbonata dönüşerek sertleşir (Akkurt ve diğ., 2004).

Horasan harçları hidrolik harçlar grubu içerisinde tanımlanmaktadır. Hidrolik nitelikleri nedeniyle Horasan harç ve sıvaları sarnıç, su kuyusu, su kemeri ve hamam gibi yapılarda kullanılmıştır. Hidrolik harçlarda kullanılan malzeme su ile kimyasal reaksiyona girerek katılaşmaktadır. Bu tür harçların suya, özellikle deniz suyuna karşı dirençleri oldukça

yüksektir (Akman ve diğ., 1986). Harcın içeriğinde bulunan kirecin, Romalılarda olduğu gibi Osmanlı Döneminde sönmüş halde uzun yıllar bekletildikten sonra kullanıldığı bilinmektedir (Kurugöl, 2006). Kirecin bekleme süresi arttıkça plastik özelliğinin ve su tutma kapasitesinin arttığı gözlemlenmiştir. Bekleme süresi boyunca kireç kristallerinin boyutlarının küçüldüğü ve havadaki karbondioksit ile reaksiyona girerek yüzey alanını hızlı bir şekilde arttırdığı tespit edilmiştir (Akkurt ve diğ., 2004).

Tarihi yapılarda harç ve sıvaların dayanımını artırmak için bağlayıcı ve agreganın dışında sık kullanıldığı görülen katkı lifsel malzemelerdir. Erken dönemlerde kullanılan kireç harçlarının özellikle sıvaların çekme mukavemetini arttırmak amacıyla bitkisel lifler, hayvan kılları ve tüyleri kullanılmış, mikro donatı tekniği uygulanmıştır. Yapılan bu çalışmalarda, bu tür katkılar eklenerek sıva ve harçlarda plastik rötrenin azaltıldığı, işlenebilirliğinin ise arttırıldığı ve sıva işlemi sırasında dökülmeleri azaltarak maliyeti azalttığı tespit edilmiştir. Örneğin; İstanbul'daki Justinian Kilisesi'nin yapımı sırasında duvar sıvası karışımına karaağaç kabuğu ve sıcak arpa suyu eklendiği görülmüştür (Satongar, 1994).

BÖLÜM 3. MALZEME VE YÖNTEM

Malzeme ve yöntem iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda deneysel çalışmalarda kullanılacak malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirtilmiş ve malzemelere ilişkin detaylı bilgiler verilmiştir. İkinci kısımda ise deney düzeneği görsel olarak sunulmakta, deneyde kullanılan yöntem ve uygulanma şekilleri belirtilmektedir.

3.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler

Yapılan deneysel çalışmalar kapsamında horasan harcı, cam lifi, taş tozu ve epoksi tamir harcı kullanılmıştır. Söz konusu malzemelerin tamamı laboratuvar ortamında deneylerde kullanılmaya uygun hale getirilerek ve uygun saklama koşulları sağlanarak çalışma sonuna kadar güvenli bir ortamda muhafaza edilmiştir. Deneysel çalışmaların tamamı Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Horasan harcı

Çalışmalarda kullanılan Styronit marka Sty Hrsn Horasan Harcı, yapı malzemesi satışı yapan bayiden tedarik edilmiştir (Şekil 3.1). Söz konusu ürün, tarihi yapı restorasyonlarında, derz dolgu malzemesi olarak kullanılabilen doğal bir harçtır. Bununla birlikte cami, hamam gibi kubbeli yapılarda ısı ve ses yalıtımlarında tercih edilmektedir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Koruma, Uygulama ve Denetim Bürosu Müdürlüğü (KUDEB) tarafından Sty Horasan Harcı analiz edilerek, harcın uygunluğu onaylanmıştır. Harcın teknik özellikleri Tablo 3.1'de yer almaktadır.

Tablo 3.1. Deneylerde kullanılan horasan harcı teknik özellikleri.

Malzeme yapısı	Perlit, pomza esaslı, hidrolik kireç, doğal organik ve inorganik lifler, kil
Isı İletkenlik (λ)	0,048 W/(m.K)
Ambalaj	9,0 \pm 0,5 kg kraft torba
Renk	Pembe (horasan rengi)
Yangın Sınıfı	A grubu yanmaz
Basınç dayanımı	1,80 N/mm ² (CS1 / CSII)
Kapiler Su Emme	W1

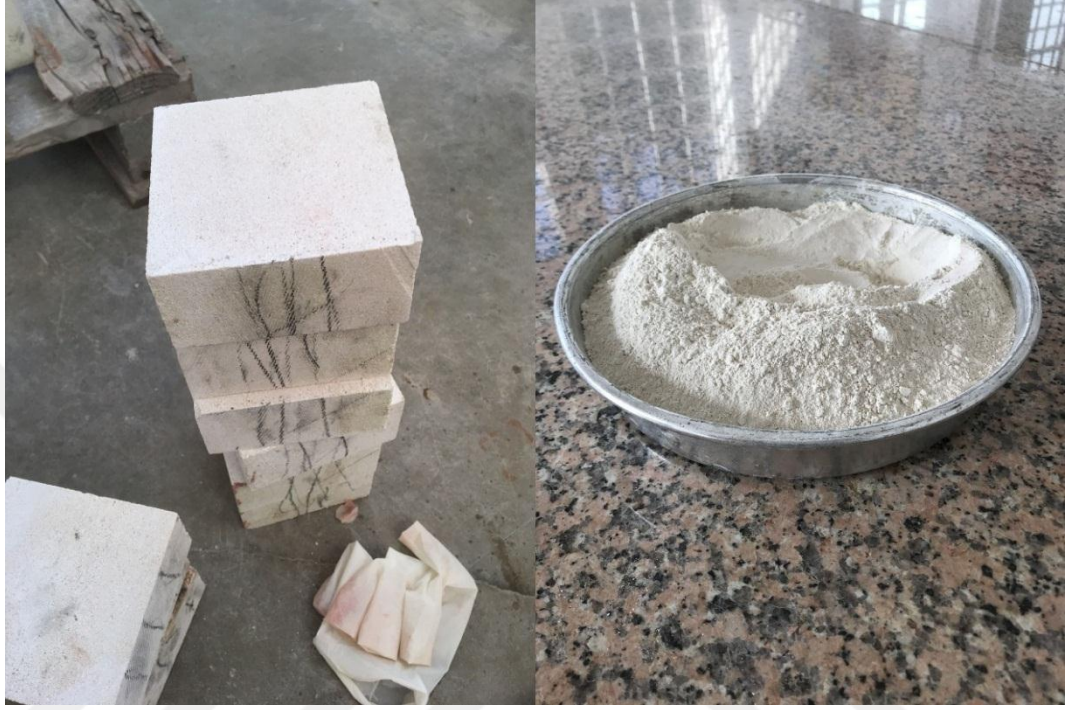


Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan horasan harcı.

3.1.2. Küfeki taşı ve tozu

Kayma deneylerinde duvar elemanı olarak kullanılan küfeki taşı ve dolgu harcında katkı maddesi olarak kullanılan küfeki taşı tozu ise Kocaeli İli, Kandıra İlçesi Çamoluk Köyü sınırları içerisinde faaliyet gösteren Hantaş Madencilik İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'ne ait maden ocağından temin edilmiştir. Taşın üretildiği Hantaş Maden Taş Ocağı'nda, Kefken Beyazı ve Kefken Sarısı olmak üzere 2 çeşit küfeki taşı üretilmekte olup, kayma deneylerinde Kefken Beyazı küfeki taşı kullanılmıştır. Küfeki taşı tozu ise,

taş ocağı sınırları içerisinde yer alan mermer ebatlama fabrikasındaki kesim işlemleri sonucu oluşan hamurun kurutulup, öğütme makinesinde toz haline getirilmesi yöntemiyle deneysel çalışmalarda kullanılmaya hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan küfeki taşları ve tozu.

Hantaş Madencilik İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi'nin resmi internet sitesinde de yer alan analiz raporunda, kullanılan küfeki taşına ait fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 3.2'de belirtilmektedir.

Tablo 3.2. Deneysel çalışmalarda kullanılan küfeki taşının fiziksel ve mekanik özellikleri.

Kuru Birim Hacim Ağırlık	2,11 g/cm ³
Doymun Birim Hacim Ağırlık	2,27 g/cm ³
Görünür Porozite	%12,18
Toplam Porozite	%37,55
Ağırlıkça Su Emme	%7,31
Özgül Ağırlık	2,67 g/cm ³
Mohs Sertliği	2,5 Mohs
Tek Eksenli Basınç	38 MPa
Petrografi	Mikritik Kireçtaşı

3.1.3. Cam lifi

Harca lif ilavesinin en önemli avantajı çekme dayanımının ve enerji emme kapasitesinin arttırılmasıdır (Swamy, 1975; Gao ve diğ. 1997; Bentur ve Mindess, 2007). Yapıya yük etkidiğinde, mikro çatlaklar açılır ve çoğalır, bu da betonda elastik olmayan deformasyona yol açabilir (Santhanam ve Sivakumar, 2007; Erdogmus ve diğ., 2009). Betona eklenmiş ve beton içerisinde dağılmış lifler, mikro çatlaklara direnç gösterir ve betonun basınç dayanımını arttırmaya yardımcı olur (Betterman ve Ouyang, 1995). Harca eklenen lifin hacmi arttıkça karışımın dayanımı ve tokluğu da artar. Bununla birlikte, üretilen harca belli bir hacimden sonra lif eklenmesi, işlenebilirlikte azalma gibi pratik sorunlara yol açmaktadır. Yapılan araştırmalarla belli orandan fazla lif eklenmesinin mukavemet ve toklukta bir azalma meydana getirdiği belirlenmiştir (ACI Committee, 2009).

Yukarıda belirtilen özellikler göz önünde bulundurularak, standart horasan harcına %0,5 ve %1 oranlarında cam lifi eklenmiş ve horasan harcının dayanımına etkisi irdelenmiştir.

Deneyisel çalışmalarda Proglass marka cam Lifi kullanılmıştır. 12 mm uzunluğundaki liflerinin görseli ve teknik özellikleri Şekil 3.3 ve Tablo 3.3'te gösterilmektedir.

Tablo 3.3. Deneylerde kullanılan cam lifi teknik özellikleri.

Çekme Dayanımı	3400 Mpa
Elastisite Modülü	77 Gpa
Uygulama Sıcaklık limetleri	-60°C - +650°C
Ergime Sıcaklığı	1120°C
Özgül Ağırlık	2,60 gr/cm ³
Elyaf Çapı	13-15 mikron



Şekil 3.3. 12 mm cam lifi.

3.1.4. Epoksi

Tarihi yapıların restorasyon ve onarımlarında, yapının özgün malzemesinden farklı olarak epoksi harçlar gibi yüksek dayanımlı pek çok malzeme kullanılabilir. Epoksi harçlar daha çok taş duvarlara filiz ekiminde yapıştırıcı olarak kullanılmaktadır. Venedik Tüzüğü'ne göre tarihi bir yapıda bu tür yapının aslına uygun olmayan malzeme kullanılabilmesi için geleneksel malzemelerin yetersiz olduğu ispatlanmalıdır. Onarım ve güçlendirmede kullanılacak her tür malzemenin kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yapıda kullanılan malzeme ile uyum sorunu yaratmayacak ve ilerleyen yıllarda düzeltme gereği duyulursa geri dönüşümü olabilecek özellikte olması gereklidir. Epoksi harç uygulanması yapıya geri dönüşü olmayan bir müdahale olduğundan, tarihi yapılarda epoksi uygulamasından uzak durulması önerilmektedir. Çalışmamızda taş duvar derzlerinde kullanılacak doğal malzemelerle teknolojik malzemelerin kıyaslanması amacıyla epoksi harçlar da değerlendirmeye alınmıştır. Epoksi tamir harcının basınç ve eğilme dayanımları belirlenmiş, ayrıca horasan harçlarında olduğu gibi

kesme deneylerine tabi tutularak kayma gerilmelerine karşı performansları incelenmiştir. Deneylerde kullanılan A ve B komponentli epoksi harcın görseli Şekil 3.4’te, teknik özellikleri Tablo 3.4 görülmektedir.



Şekil 3.4. Deneylerde kullanılan epoksi A ve B komponentleri.

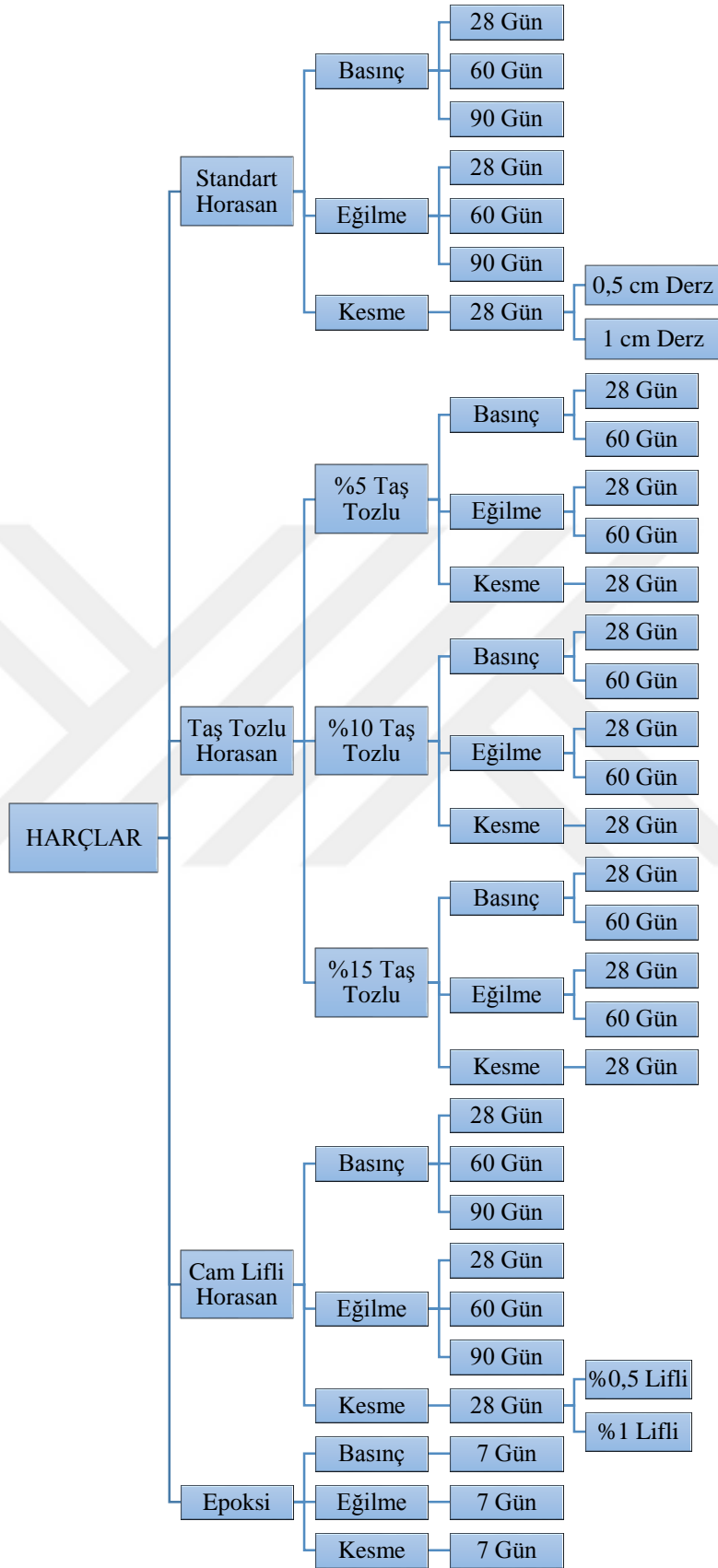
Tablo 3.4. Epoksi harç teknik özellikleri.

Bileşen Sayısı	2
Yoğunluk	1,55 ± 0,05 g/cm ³ (20 °C TS EN ISO 2811-1)
Karışım Oranı	Ağırlıkça A/B/: 1/1
Yapışma Dayanımı	70-75 kN
Kap Ömrü	50-60 dakika (20 °C 200g DIN 16945)
Shore D Sertliği	80 (ASTM D 2240, DIN 54505)
Uygulama Şekli	Spatula, Mala
Toz Kuruma	4-5 Saat
Tam Kurlenme	7 Gün (23 °C TS 4317)

3.2. Deney Metodu

Çalışmanın amacı teknolojik malzemeler ile doğal malzemelerin tarihi yapılarıdaki duvar derzlerinde kullanılan horasan harcının dayanımına ne ölçüde etki ettiğinin belirlenmesi olduğundan, horasan harcına belirli oranlarda cam lifi (%0,5) ve küfeki taşı tozu (%5 - %10 - %15) eklenmiş, 28 gün, 60 gün ve 90 gün sonunda yapılan basınç ve eğilme deneyleri ile basınç ve eğilme dayanımlarındaki değişim ölçülmüştür. Epoksi harç numunesinin basınç ve eğilme deneyleri ise maksimum dayanım süresi olan 7 gün sonunda gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneyler Şekil 3.5'te gösterilmektedir.

Horasan harcının taş duvarlarda derz malzemesi olarak kullanılması durumunda, harca eklenen ve teknolojik malzeme olan cam lifi ile doğal malzeme olan küfeki taşı tozunun, harcın kayma dayanımına etkisi yapılan deneylerle kıyaslanmıştır. Bununla birlikte, horasan harcının derz malzemesi olarak kullanıldığı küfeki taşı duvarlarda uygulanacak farklı derz kalınlıklarının kayma dayanımına etkisi de deneysel olarak irdelenmiştir. Teknolojik malzemeler ile doğal malzemelerin kayma dayanımını kıyaslamak adına ayrıca epoksi malzeme de derz malzemesi olarak kesme deneylerine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.5. Deney matrisi.

3.2.1. Deneyde kullanılan yöntem

Çalışma kapsamında deneyler yapılırken aşağıdaki yol izlenmiştir:

1. Deneylerde kullanılacak alet ve malzemeler deneyler için hazır hale getirilir.
2. Kesme deneylerinde kullanılmak üzere taş ocağından 10cm*10cm*35cm boyutlarında alınan küfeki taşları laboratuvar ortamında sulu kesim makinesi ile 10x10x5cm ebatlarında olacak şekilde 5'er cm kalınlıklarda Şekil 3.6'da görüldüğü biçimde kesilmiştir.



Şekil 3.6. Taşların kesim makinesinde kesilerek deneylere hazır hale getirilmesi.

3. Taş ocağından hamur halinde tenekelerle getirilen taş tozu, etüve konularak 90 °C de 24 saat bekletilir. Kuruyarak taş haline gelen hamur, laboratuvarımızda bulunan makinelerde deneylerde kullanılabilen şekilde ufaltılarak toz haline getirilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Öğütme makinesi ile taş tozu üretilmesi.

4. Numune üretimi için horasan harcı ve su hassas terazide tartılarak kap içerisinde birleştirilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Horasan harcı karışımı.

5. Cam lifi ve küfeki taşı tozu takviyeli karışım lar için ayrıca cam lifi ve taş tozu eklenmiştir.
6. Hazırlanan karışım lar mikserde karıştırılmış tır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çalışmalarda kullanılan mikser.

7. Harç karışım larının yapışmadan kuruması için 4x4x16 cm ebatlarındaki prizmatik çelik kalıplar kalıp yağı ile yağlanmış tır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Prizmatik çelik kalıpların yağlanması.

8. Oluşturulan harç karışımlarının bir kısmı yağlanan kalıplara doldurulmuştur (şekil 3.11).



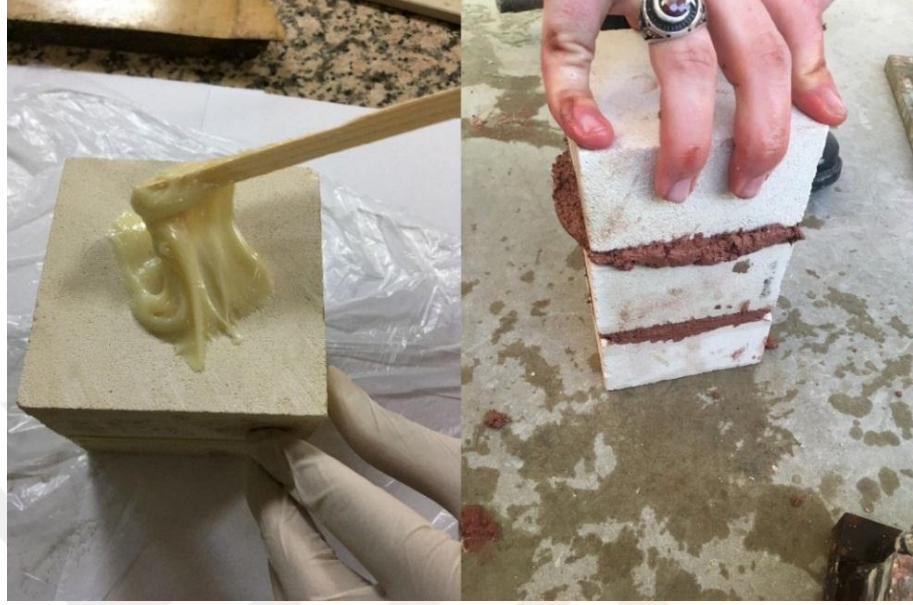
şekil 3.11. Hazırlanan harcın kalıba doldurulması.

9. Doldurulan kalıplar vibrasyon masasında titreşime tabi tutularak harcın kalıp içerisine boşluksuz ve homojen yerleşmesi sağlanmıştır (şekil 3.12).



şekil 3.12. Vibrasyon masası.

10. Kalan harçlar kesme deneylerinde derz dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Horasan ve epoksi harçların kesme deney numunelerinin hazırlanması.

11. Hazırlanan numuneler belirlenen güne kadar laboratuvar ortamında oda koşullarında bekletilmiştir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Numunelerin belirlenen günlere kadar laboratuvar ortamında bekletilmesi.

3.2.2. Numune üretimi

Deneysel çalışmalarımızda standart horasan harcı, cam lifi eklenmiş horasan harcı, küfeki taşı tozu eklenmiş horasan harcı ve epoksi harç olmak üzere toplam 4 çeşit harç üretilmiştir. Üretilen harçların her bir çeşidi, öncelikle 4x4x16 cm ebatlarındaki kiriş çelik kalıplara yerleştirilmiştir. Standart horasan ve cam lifi eklenmiş horasan harç numuneleri 28 gün, 60 gün ve 90 gün sonunda basınç ve eğilme deneylerine tabi tutulmuştur. %5, %10 ve %15 oranlarında taş tozu takviyeli harçlara ise 28 gün ve 60 gün sonunda basınç ve eğilme deneyleri uygulanmıştır. Epoksi harç numunesinin 7 gün sonunda basınç ve eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Standart Horasan Harcı küfeki taşları arasında 0,5 cm ve 1 cm kalınlıklarında derz malzemesi olarak kullanılmış ve kesme deney düzeneğinde kayma dayanımı ölçülmüştür. Standart Horasan Harcına, hacimce %5, %10, %15 oranlarında olmak üzere küfeki taşı tozu eklenmiş ve bu şekilde tekrar kesme deneyine tabi tutulmuştur.

Yine Standart Horasan harcına hacimce %0,5 oranda cam lifi eklenmiş ve kesme deneyine tabi tutulmuştur. Epoksi malzeme kullanılarak oluşturulan numuneler kullanılarak da ayrıca kesme deneyine gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.1. Standart horasan harcının üretilmesi

Toz haldeki Styronit marka horasan harcı, daha önce nemli bez ile ıslatılan karıştırma makinesine ürün kullanma talimatlarında belirtildiği oranlarda tartılarak konur. Daha sonra belirtilen oranlarda su eklenir ve makine yardımıyla karıştırılmıştır.

Diğer yandan 4x4x16 cm ebatlarındaki kiriş çelik kalıplar kalıp yağı ile yağlanmıştır. Hazırlanan harcın bir kısmı, daha önceden yağlanmış kalıplara doldurulmuştur. Doldurulmuş kalıplar vibrasyon masasına yerleştirilerek harcın kalıp içerisine boşluksuz yerleşmesi sağlanmıştır.

Kalıplara yerleştirilen 9 adet numunenin 3'ü 28 gün, 3'ü 56 gün ve 3'ü de 90 günlük basınç ve eğilme deneylerinde kullanılmak üzere laboratuvar ortamında bekletilmiştir.

Hazırlanan harcın geri kalan kısmı kesme deneylerinde kullanılmak üzere 0,5 cm kalınlığında 3 adet ve 1 cm kalınlığında 3 adet olacak şekilde derz malzemesi olarak küfeki taşları arasına mala yardımıyla uygulanmıştır. İşlenen taşlar 28 gün sonunda kesme deneyine tabi tutularak standart horasan harcının kayma dayanımı belirlenmiştir.

3.2.2.2. Küfeki taşı tozu takviyeli horasan harcının üretilmesi

Deneyleerde kullanılan horasan harcı üzerinde yer alan ürün kullanma talimatındaki miktarlardan farklı olarak, standart horasan harcı yapımında kullanılan toz haldeki horasan harcının miktarı belirli oranlarda azaltılarak, yerine daha önce toz haline getirilen küfeki taşı tozu eklenmiştir (Şekil 3.14). Taş tozu miktarı karışımın hacimce %5'i, %10'u ve %15'i olacak oranlarda hazırlanmıştır. Her bir oran için ayrı ayrı 9'ar adet 4x4x16 cm ebatlarında harç numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan farklı oranlardaki numunelerin 3'er adedi 28 gün, 3'er adedi 56 gün ve 3'er adedi 90 gün sonundaki basınç ve eğilme deneylerine tabi tutulmuştur.



Şekil 3.15. Standart horasan harcına taş tozu eklenmesi.

Ayrıca %5, %10 ve %15 oranlarında taş tozu ile hazırlanan harçlar ile her oran için 3'er adet olacak şekilde 9 adet kesme deney numunesi hazırlanır. Hazırlanan numuneler 28 gün sonunda kesme deneyine tabi tutularak küfeki taşı tozu eklenmiş horasan harcının kayma dayanımı belirlenmiştir.

3.2.2.3. Cam lifli takviyeli horasan harcının üretilmesi

Deneyleerde kullanılan standart horasan harcına, harç miktarının hacimce %0,5'i oranında cam lifi eklenmiş ve mikserde karıştırılarak lifli harç üretilmiştir (Şekil 3.15). Üretilen harç kullanılarak 9 adet 4x40x16 cm ebatlarında harç numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin 3'üne 28 gün, 3'üne 56 gün ve 3'üne de 90 gün sonunda basınç ve eğilme deneyleri uygulanmıştır.



Şekil 3.16. Standart horasan harcına cam lifi eklenmesi.

Kesme deneylerinde kullanılmak üzere ise %0,5 ve %1 oranlarında 3'er adet cam lifi eklenmiş harç numuneleri üretilmiştir. Söz konusu numuneler 28 gün sonunda kesme deneyine tabi tutulmuş ve karışımın kayma dayanımı belirlenmiştir.

3.2.2.4. Epoksi harcın üretilmesi

Tarihi yapılarda yapılabilecek güçlendirme ve onarım çalışmalarında, yüksek dayanımlı harç kullanımına ihtiyaç duyulan durumlarda, düşük dayanımlı horasan harcı yerine yüksek dayanımlı teknolojik malzeme olan epoksi harçların alternatif olarak kullanılabilip kullanılamayacağı araştırılmıştır. A ve B komponenti 2'ye 1 oranında olacak şekilde temiz bir zeminde birleştirilerek homojen hale gelinceye kadar karıştırılmıştır (Şekil 3.16). Ortaya çıkan epoksi harç ile 1 adet 4x4x16 cm ebatlarında epoksi numune hazırlanır. Laboratuvar ortamında 7 gün bekletilen ve yeterli dayanıma ulaşan numune basınç ve eğilme deneylerine tabi tutulmuştur.



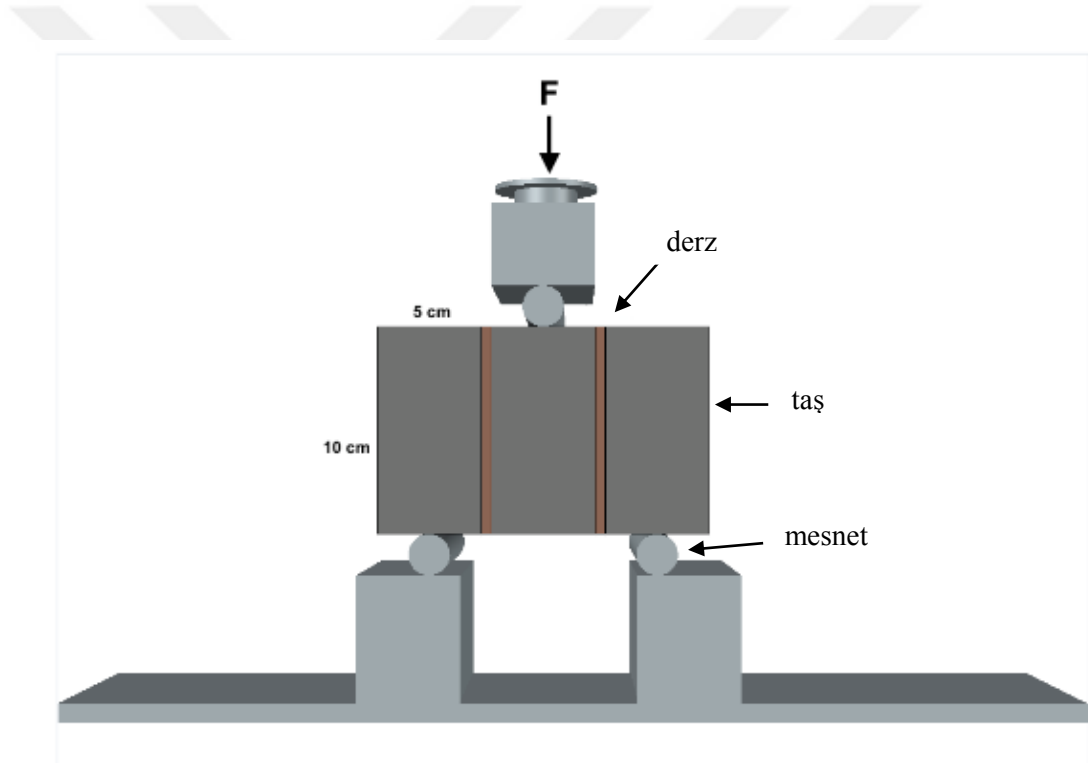
Şekil 3.17. Epoksi harcın üretilmesi.

Ayrıca kesme deneylerinde kullanılacak 3 adet epoksi derzli numune hazırlanmıştır. Derz kalınlığı 2 mm olan numuneler 7 günün sonunda kesme deneyine tabi tutulmuştur. Deney sonucunda epoksi harcın kayma dayanımı belirlenmiştir.

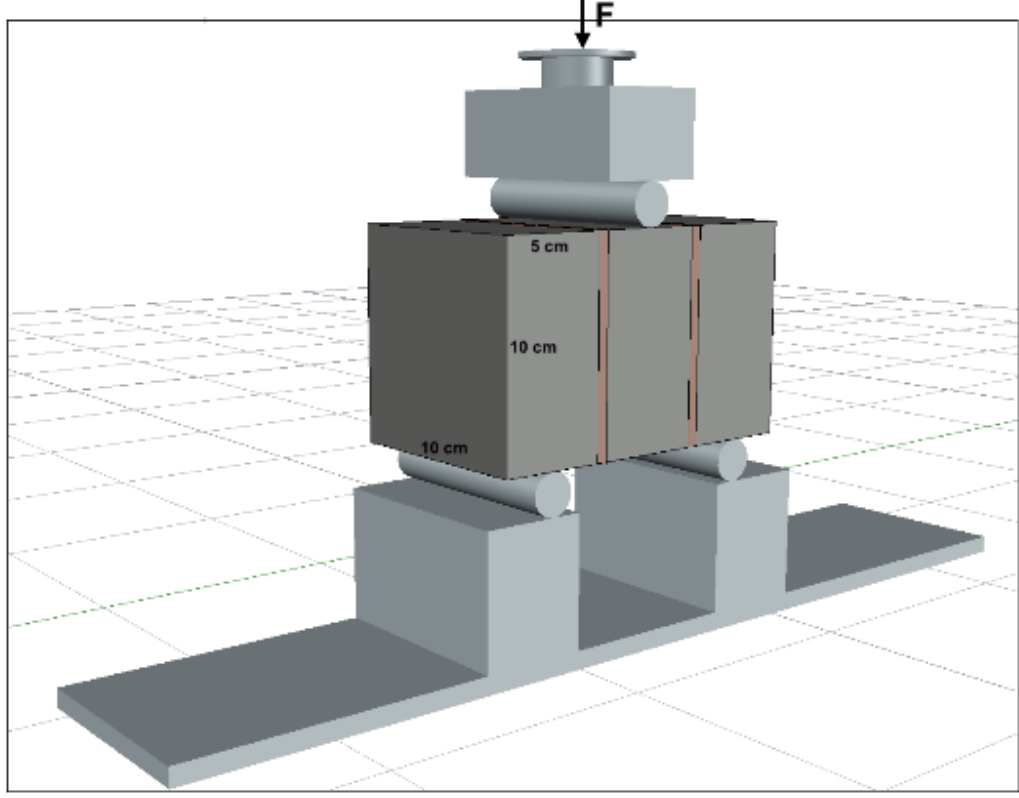
3.2.2.5. Kesme deney düzeneği ve numuneleri

Kesme deneylerinde kullanılmak üzere taş ocağından 10x10x35 cm boyutlarında alınan küfeki taşları laboratuvar ortamında sulu kesim makinesi ile 10x10x5 cm ebatlarında olacak şekilde 5'er cm kalınlıklarda kesilerek deneylere hazır hale getirilmiştir.

Kesme deneylerinde her bir harç türü için 3 adet 10x10x5 cm ebatlarında küfeki taşı kullanılmıştır. Taşlar, 10x10 cm olan yüzeyleri birbirleri üzerine gelecek şekilde, üretilen her çeşit harcın dolgu malzemesi olarak kullanılması suretiyle birleştirilmiştir. Deney düzeneği şekil 3.17 ve 3.18'de gösterilmektedir.



şekil 3.18. Kesme deney düzeneği 1.



Şekil 3.19. Kesme deney düzeneği 2.

Küfeki taşı yüzeylerde taşın nemli veya kuru olması, taşla harcın yapışmasını önemli ölçüde etkilediği için, harçların taş yüzeyine uygulanmasından önce taşların nemli olmasına dikkat edilmiştir. Her uygulama öncesi taşlar ıslatılmıştır. Mala yardımıyla harçlar küfeki taşları arasına dolgu derzi olarak işlenmiştir. Epoksi kesme numunelerinin hazırlanmasında ise taş yüzeylerinin tozsuz, temiz ve kuru olmasına dikkat edilmiştir. Horasan harçlı ve epoksi harçlı kesme numune örnekleri Şekil 3.19 ve Şekil 3.20’de gösterilmektedir.



Şekil 3.20. Epoksi harçlı ve horasan harçlı kesme deney numuneleri.



Şekil 3.21. Horasan harçlı kesme deney numuneleri.

Kesme deneyinde kullanılmak üzere, 3 adet standart horasan harcı ile; 3 adet %0,5 oranında, 3 adet %1 oranında cam lifi takviyeli olmak üzere 6 adet cam lifi takviyeli horasan harcı ile; 3 adet %5 oranında, 3 adet %10 oranında, 3 adet %15 oranında olmak

üzere 15 adet taş tozu takviyeli horasan harcı ile; 3 adet de epoksi harcı ile birleştirilmiş numune üretilmiştir.

3.2.3. Deneylerin yapılışı

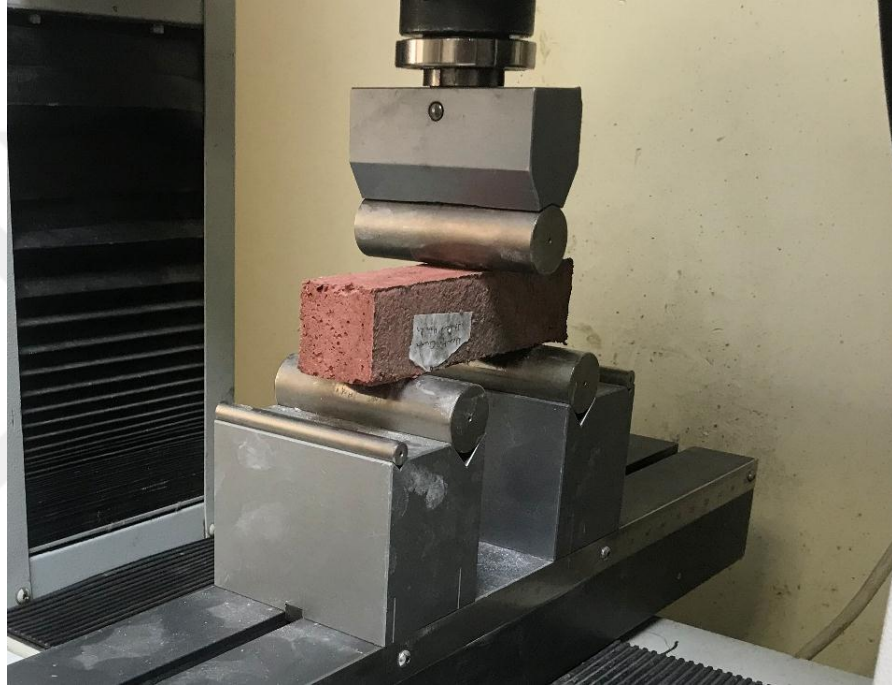
28, 60 ve 90 günlük 4x4x16 cm boyutlarındaki prizmatik şekilli harç numuneleri eğilme ve basınç deneylerine tabi tutulmuş, sonuçlar grafiklere aktarılmıştır. Her çeşit karışım için 3'er adet basınç ve eğilme numunesi hazırlanmıştır. Eğilme, basınç ve kesme deneylerinin tamamı Shimadzu marka 50 KN'luk deney cihazında yapılmıştır.



Şekil 3.22. Deneylerde kullanılan cihaz.

3.2.3.1. Eğilme ve basınç deneyleri

Eğilme deneylerinde 4x4x16 cm boyutlarındaki prizmatik harç numuneleri, deney cihazına yan yüzeylerinden biri mesnet silindirleri üzerine gelecek şekilde ve boyuna eksenine mesnet silindirlerine dik olarak yerleştirilmiş, mesnet açıklığı 10 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 3.22). Yük etkileyen diğer yan yüzeye 2 mm/dk sabit hızla, numunenin kırılma anına kadar yük uygulanmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Eğilme deney düzenneği.

Eğilme dayanımı (R_f)'nın hesaplanma yöntemi Denklem 3.1'de gösterilmektedir [47].

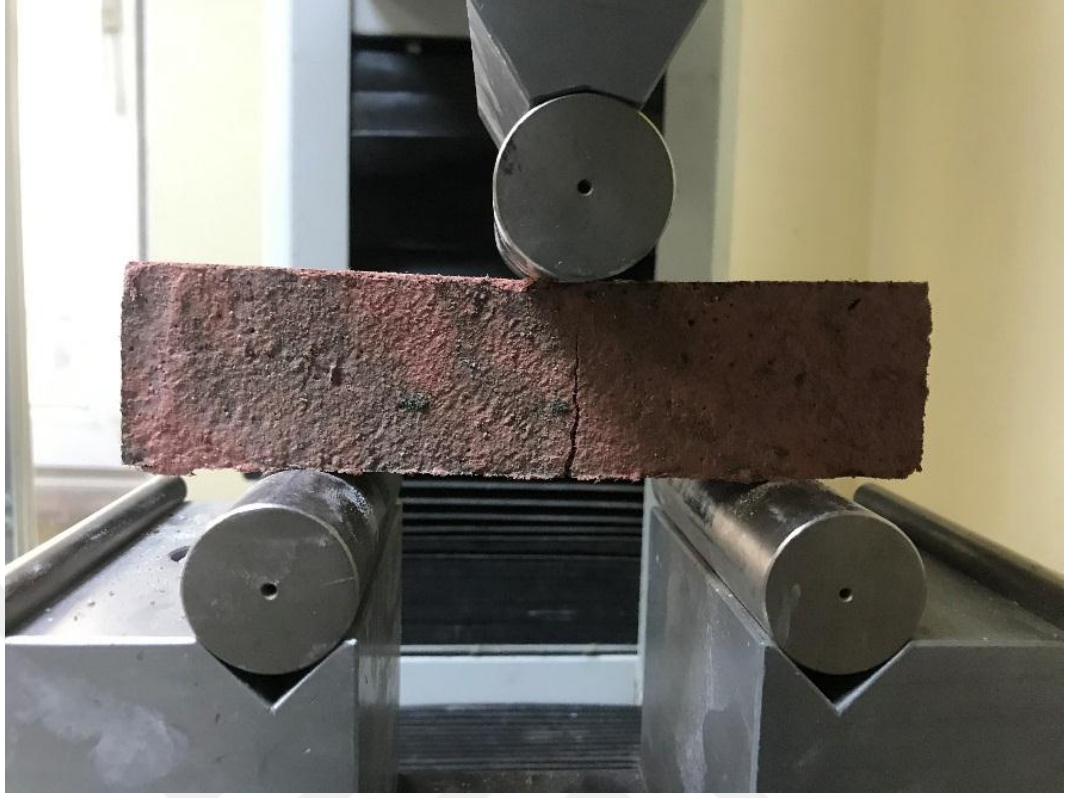
$$R_f = \frac{(1,5 \times F_f \times l)}{b^3} \quad (3.1)$$

R_f : Eğilme dayanımı (MPa),

F_f : Kırılma anında numuneye etkileyen yük (N),

l : Mesnetler arasındaki mesafe (mm).

b : Prizma şekilli numunenin kare kesitinin kenar uzunluğu (mm)



Şekil 3.24. Eğilme deneyinde numunenin kırılma anı.

Eğilme dayanımı belirlendikten sonra iki parçaya ayrılan numunelerin her biri basınç dayanım testine tabi tutulmuştur. Basınç deneylerinde numuneler yükleme plakaları arasına yatay konumda yerleştirilir. Yükleme plakasının boyutları 4x4 cm ebatlarındadır. Yükleme plakasının temas ettiği yüzeye 2 mm/dk sabit hızla, numune kırılıncaya kadar yük uygulanır.

Basınç dayanımı (R_c), Denklem 3.2'den hesaplanmaktadır [48].

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad (3.2)$$

R_c : Basınç dayanımı (MPa),

F_c : Kırılma anındaki maksimum yük (N),

A : Yükün temas ettiği alan (mm^2) (4x4 cm)



Şekil 3.25. Basınç deney düzeneği.

3.2.3.2. Kesme deneyleri

Kesme deneyi yapılmadan önce deney düzeneği oluşturulmuştur. Kesme deneylerinde kullanılacak numuneler, 5'er cm kalınlığında 3'er adet küfeki taşının birleştirilmesiyle oluştuğundan, kenarlardaki taşların ortaları mesnet silindirleri üzerine gelecek şekilde ve boyuna eksenini mesnet silindirlerine dik olarak Şekil 3.25'te görüldüğü gibi yerleştirilmiştir.

Standart horasan harcının kullanıldığı 3 adet numune dışındaki tüm numunelerin derz kalınlıkları 0,5 cm olarak uygulanmıştır. 3 adet kesme numunesinde ise standart horasan harcı 1 cm kalınlığında derz malzemesi olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.26. Kesme deney düzeneği.

Ortakdaki taşa ise düşey doğrultuda 2 mm/dk sabit hızla yük uygulanır. Numune üzerindeki 2 adet derzden ilki kopunca deney tamamlanmıştır. Uygulanan yük miktarı 2 derz arasında paylaşıldığından, kayma gerilmesi hesaplanırken kuvvet 2'ye bölünmüştür. Yapılan kesme deneylerinde, tüm numunelerde geçerli olmak üzere tek derzde kopma yaşanmıştır. Uygulanan yük sonrasında kopma da tek derzde gerçekleştiğinden, kayma gerilmesinin etkidiği alan da tek yüzeyin alanı olarak hesaplanmıştır.

Kayma gerilmesi (τ), aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (3.3)$$

$$\gamma = \frac{\Delta l}{L_0} \quad (3.4)$$

τ : Kayma gerilmesi (N/mm^2),

P : Kırılmadaki en büyük yük (N),

A : Derzin alanı (mm^2) (100x100 mm)

γ : Kayma Şekil Değiştirmesi

Δl : Birim Deformasyon

L_0 : Düşey ilk uzunluk (100 mm)



BÖLÜM 4. DENEYSEL SONUÇLAR

Farklı hammadde kompozisyonları ve malzeme oranlarına göre hazırlanan 7 farklı harç karışımından toplam 43 adet harç numunesi ve 21 adet taş derzi numunesi üretilmiş ve belirlenen günlerde basınç, eğilme ve kesme deneylerine tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerle, oluşturulan harçların mekanik özellikleri belirlenmiş ve bu harçların küfeki taşları arasında derz malzemesi olarak kullanılması durumundaki davranışları incelenmiştir. Deney sonuçları tablolara ve grafiklere aktarılarak, horasan harcına eklenen katkı maddelerinin türlerine ve miktarlarına göre değişen değerler belirlenmiştir.

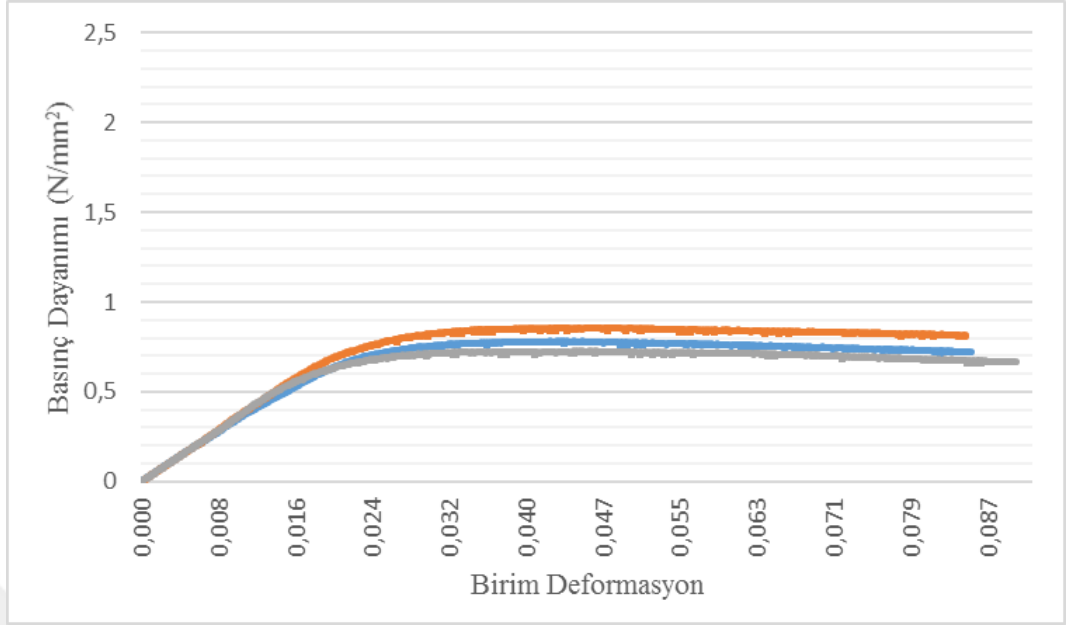
4.1. Standart Horasan Harçları Deney Sonuçları

4.1.1. Basınç deney sonuçları

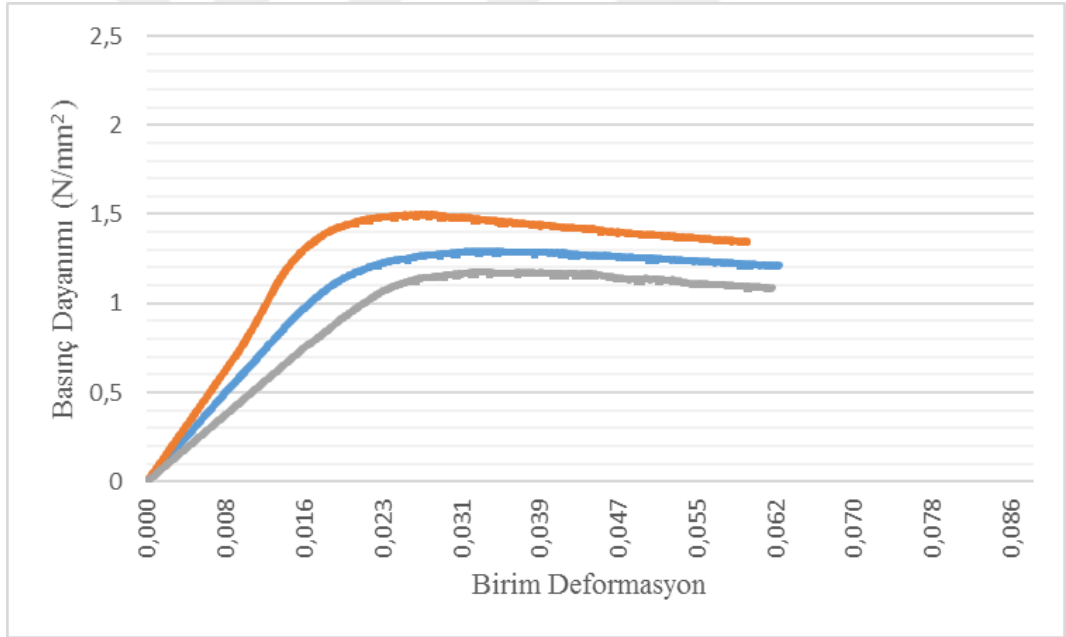
Standart horasan harcı numunelerine uygulanan 28 günlük, 60 günlük ve 90 günlük basınç deneylerine ilişkin oluşturulan grafikler Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te yer almaktadır. Söz konusu grafikler incelendiğinde, standart horasan harçlarının 28 günün sonundaki basınç dayanımları ortalama $0,79 \text{ N/mm}^2$ olarak, 60 günün sonundaki basınç dayanımları ortalaması $0,99 \text{ N/mm}^2$ olarak, 90 günün sonundaki basınç dayanımları ise ortalama $1,89 \text{ N/mm}^2$ olarak ölçülmüştür. Standart horasan harçlarının basınç dayanımlarının beklendiği gibi 90 gün boyunca arttığı tespit edilmiştir. Basınç deney sonuçları toplu olarak Tablo 4.1 ve Şekil 4.4'te gösterilmektedir.

Tablo 4.1. Standart horasan harçları basınç dayanımları (N/mm^2).

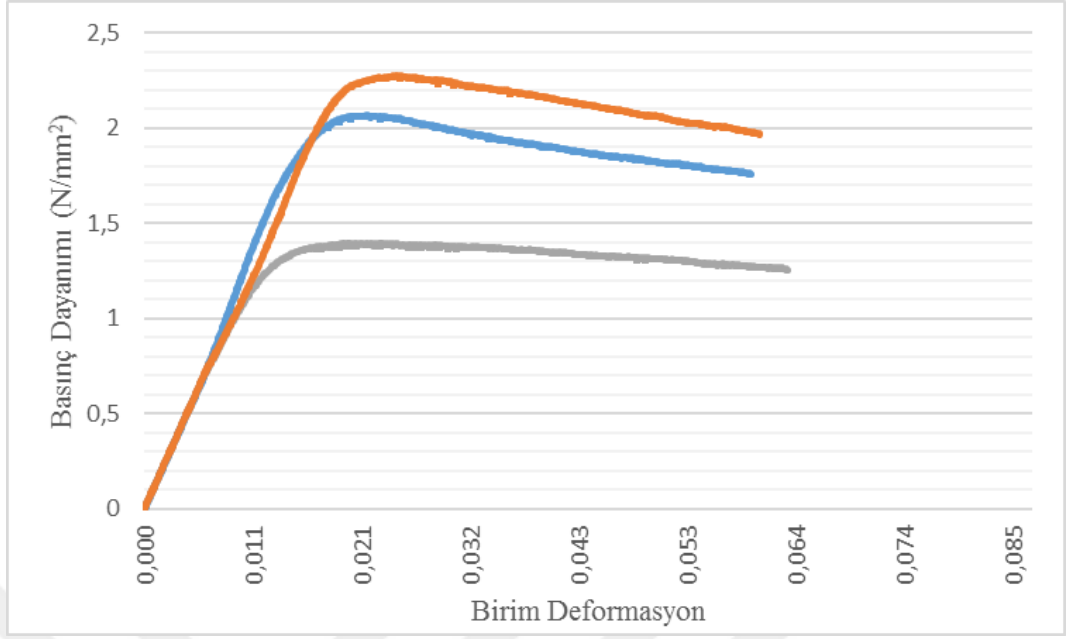
	28 Gün	60 Gün	90 Gün
1	0,73	1,17	1,39
2	0,78	1,29	2,06
3	0,86	1,50	2,28
Ortalama	0,79	1,32	1,91



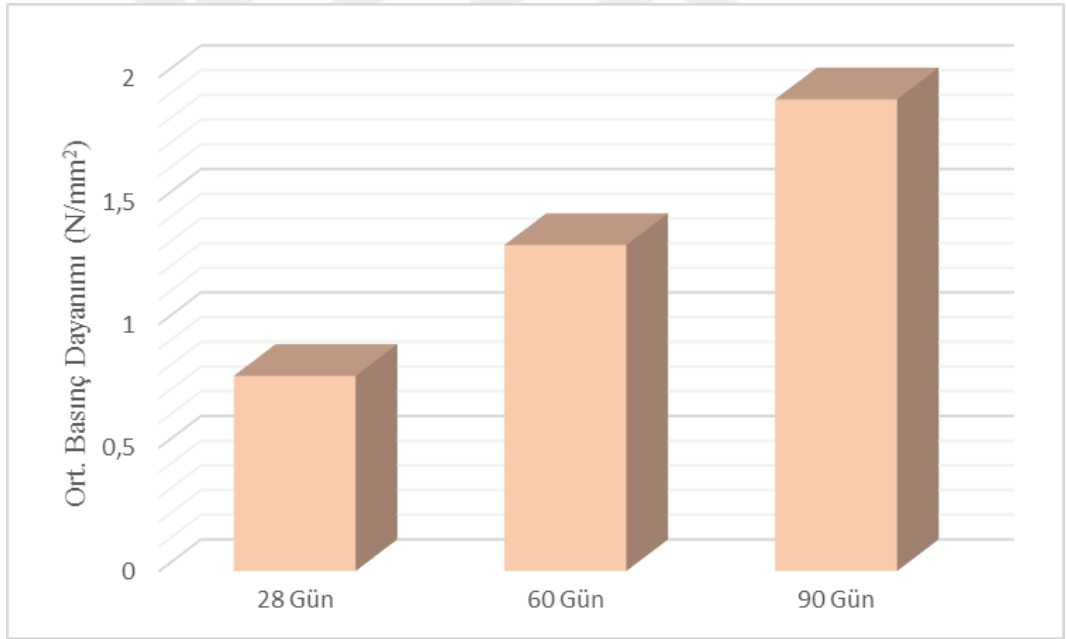
Şekil 4.1. Standart horasan harcı 28 günlük basınç deney sonuçları.



Şekil 4.2. Standart horasan harcı 60 günlük basınç deney sonuçları.



Şekil 4.3. Standart horasan harcı 90 günlük basınç deney sonuçları.



Şekil 4.4. Standart horasan harçları basınç dayanımları.

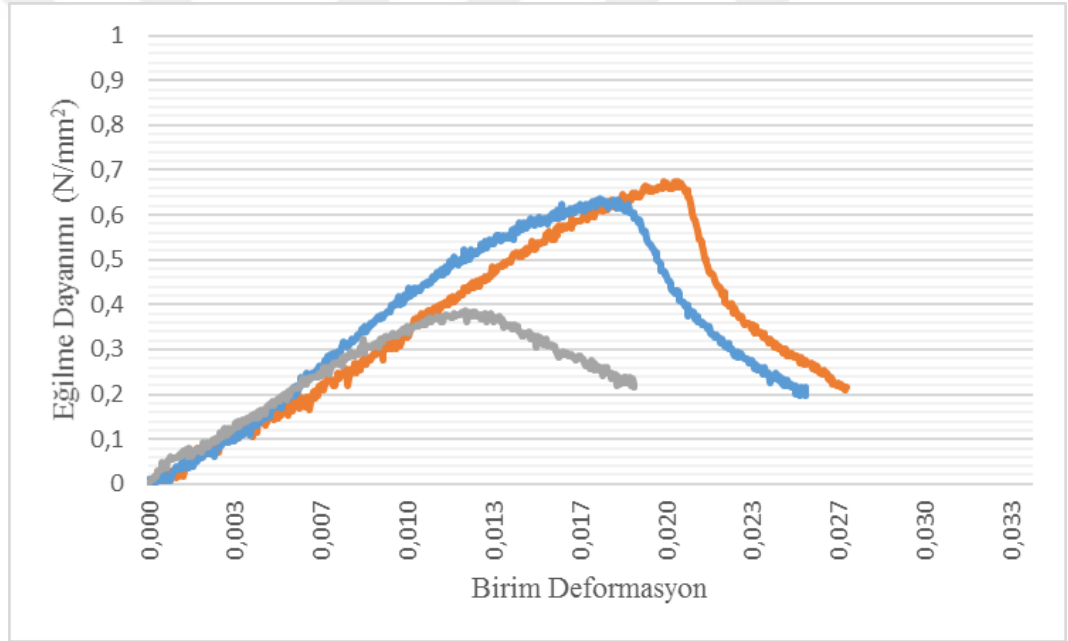
4.1.2. Eğilme deney sonuçları

Standart horasan harcına uygulanan eğilme deneylerinin sonuçları toplu halde Tablo 4.1'de ve Şekil 4.4'te gösterilmektedir. Ayrıca deneylere ilişkin oluşturulan grafikler Şekil

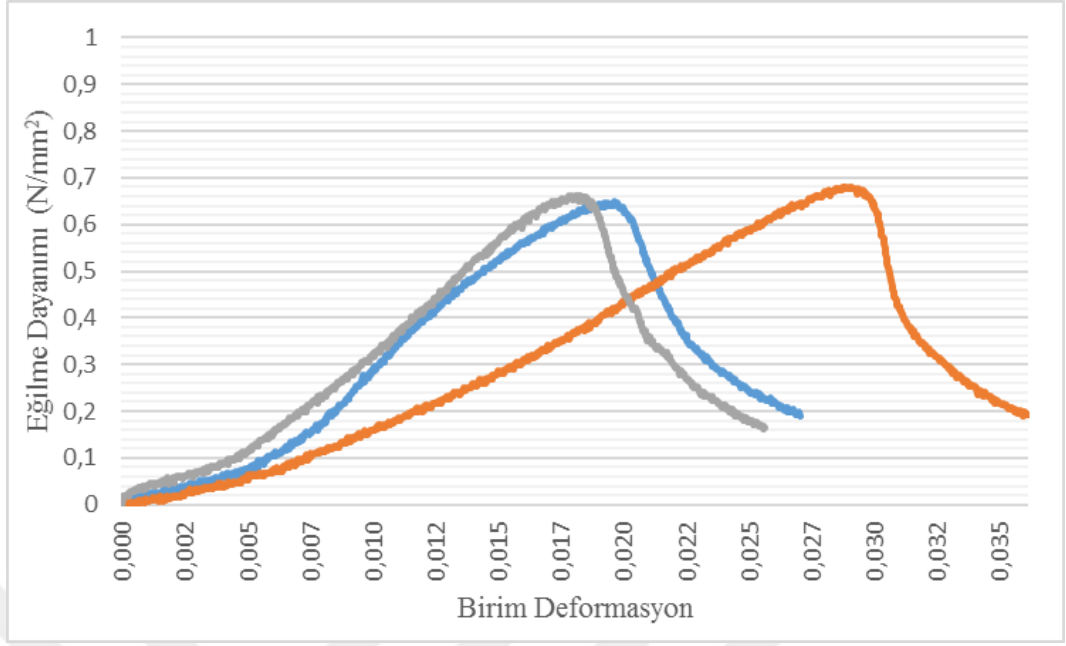
4.5, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 de yer almaktadır. Tablo ve grafikler incelendiğinde, standart horasan harcının 28 günün sonundaki ortalama eğilme dayanımı 0,56 N/mm² olarak, 60 günün sonundaki ortalama eğilme dayanımı 0,66 N/mm² olarak, 90 günün sonundaki ortalama eğilme dayanımı ise 0,79 N/mm² olarak bulunmuştur.

Tablo 4.2. Standart horasan harcı eğilme dayanımları (N/mm²).

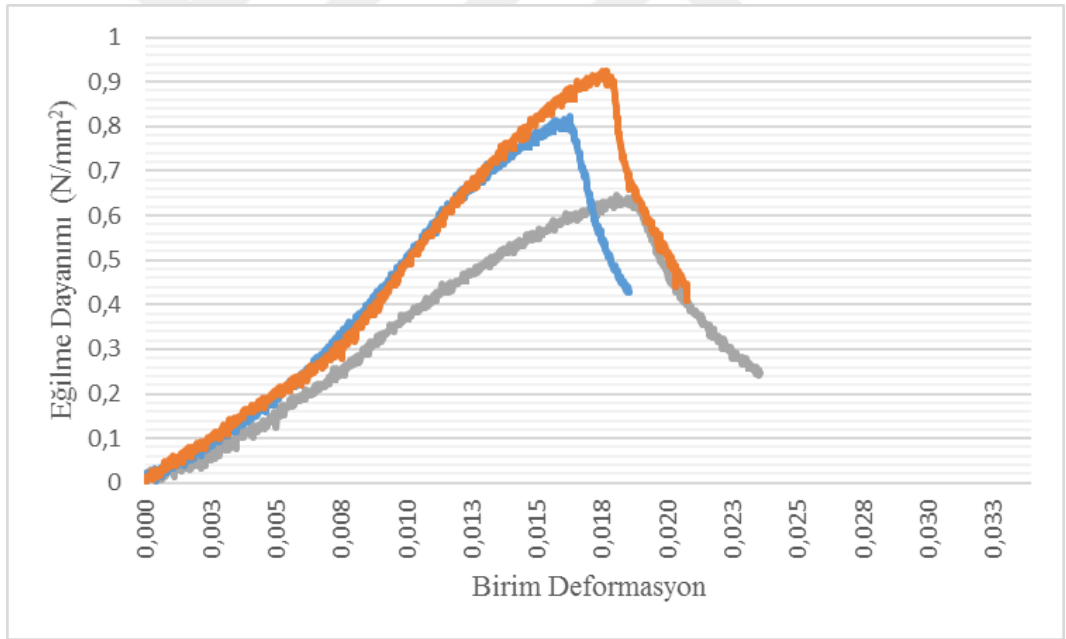
	28 Gün	60 Gün	90 Gün
1	0,39	0,65	0,64
2	0,63	0,66	0,82
3	0,67	0,68	0,92
Ortalama	0,56	0,66	0,79



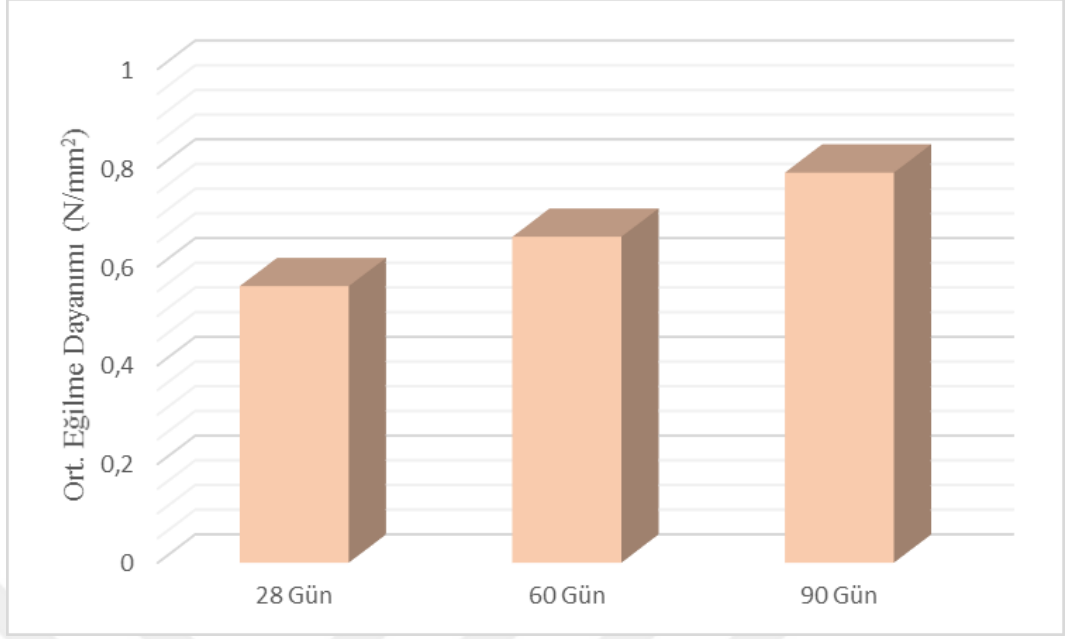
Şekil 4.5. Standart horasan harcı 28 günlük eğilme deney sonuçları.



Şekil 4.6. Standart horasan harcı 60 günlük eğilme deney sonuçları.



Şekil 4.7. Standart horasan harcı 90 günlük eğilme deney sonuçları.



Şekil 4.8. Standart horasan harçları eğilme dayanımları.

4.1.3. Kesme deney sonuçları

Standart horasan harcı kullanılarak 3 adet 0,5 cm kalınlığında, 3 adet de 1 cm kalınlığında kesme numunesine uygulanan 28 günlük kesme deneylerine ilişkin sonuçlar Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'deki grafiklerde gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde, taş numunelerde derz dolgu malzemesi olarak kullanılan standart horasan harcı kalınlığının 0,5 cm olması durumunda derz malzemesinin karşılayabildiği ortalama kayma gerilmesi 0,15 N/mm² olarak; harç kalınlığının 1 cm olması durumunda ise numunelerin karşılayabildiği ortalama kayma gerilmesi 0,20 N/mm² olarak ölçülmüştür (Tablo 4.3). Yapılan deneyler sonucunda kesme numunelerinin tamamının tek taraftaki derzinden koptuğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.9 - Şekil 4.10).



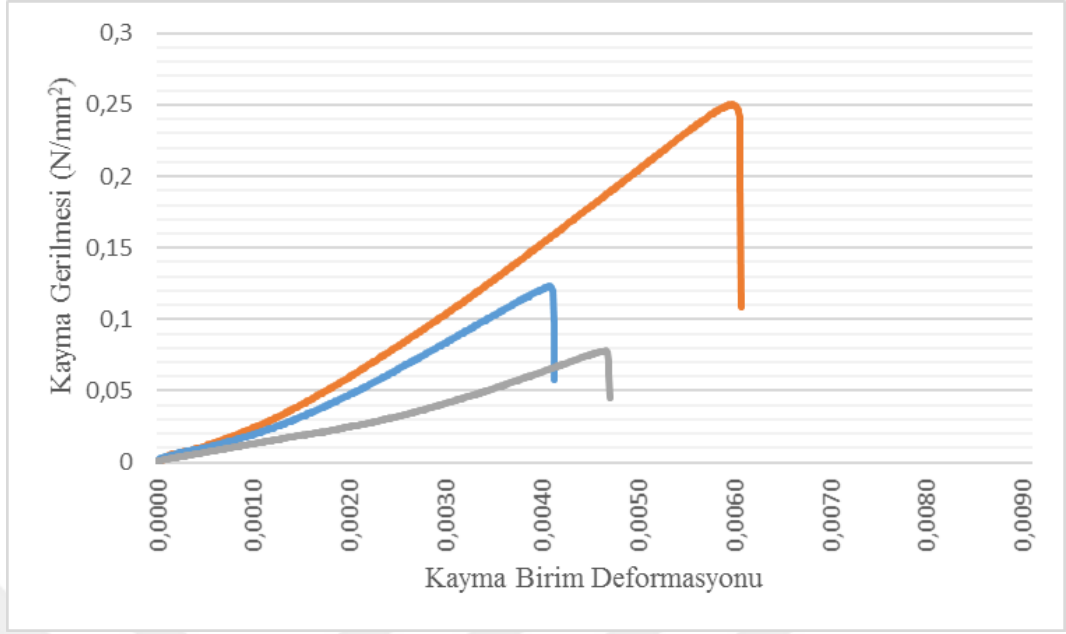
Şekil 4.9. Kesme numunelerinin kırılma şekilleri.



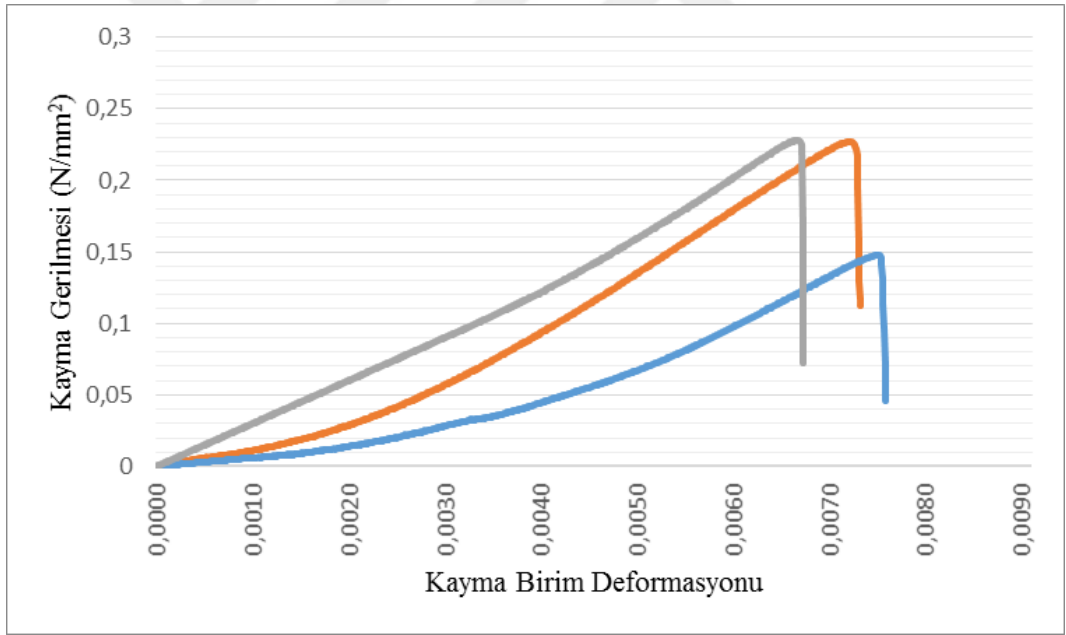
Şekil 4.10. Kesme numunelerinin kırılma şekilleri.

Tablo 4.3. Standart horasan harçlı deney numuneleri kayma dayanımları (N/mm²).

	0,5 cm Derz	1 cm Derz
1	0,08	0,15
2	0,12	0,23
3	0,25	0,23
Ortalama	0,15	0,20

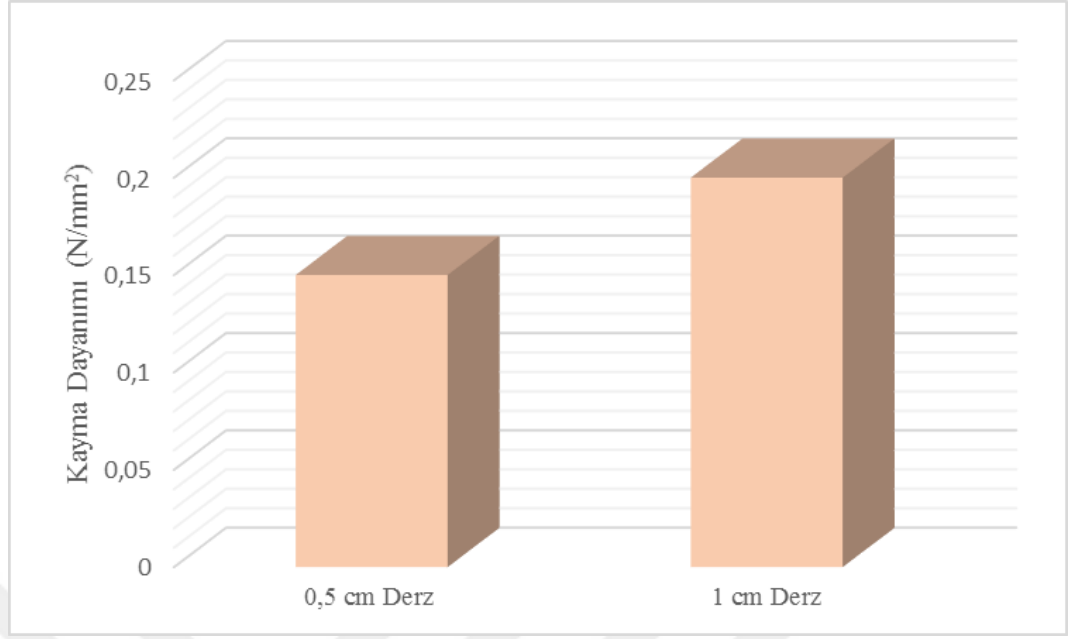


Şekil 4.11. 0,5 cm derzli standart horasan harcı kesme deney sonuçları.



Şekil 4.12. 1 cm derzli standart horasan harcı kesme deney sonuçları.

Standart horasan harcının 0,5 cm ve 1 cm kalınlığında derz malzemesi olarak kullanıldığı kesme numunelerine üzerinde yapılan kesme deneylerinin toplu sonuçları Şekil 4.13'te gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Standart horasan harcı kesme deney sonuçları.

4.2. Taş Tozu Takviyeli Horasan Harçları Deney Sonuçları

Standart horasan harcına hacimce %5, %10 ve %15 oranlarında küfeki taşı tozu eklenerek oluşturulan karışımlar kullanılarak üretilen numunelere ilişkin basınç, eğilme ve kesme deneyleri yapılmıştır.

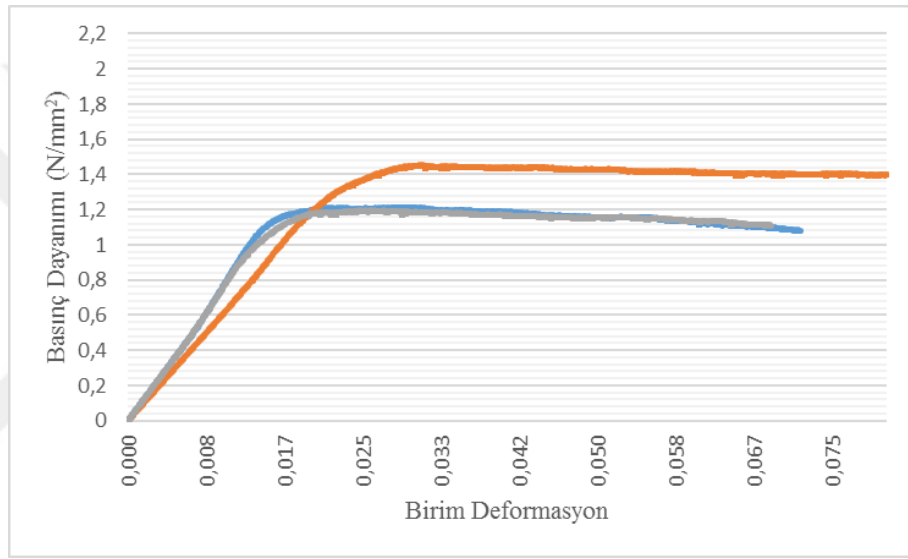
4.2.1. Basınç deney sonuçları

Farklı oranlarda küfeki taşı tozu eklenerek oluşturulan karışımlar kullanılarak üretilen prizmatik harç numunelerine uygulanan 28 günlük ve 60 günlük basınç deneylerine ilişkin grafikler Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19 da yer almaktadır. Deney numunelerinin 28 günlük ortalama basınç dayanımları %5 taş tozu takviyeli horasan harçları için 1,29 N/mm² olarak, %10 taş tozu takviyeli horasan harçları için 1,70 N/mm² olarak, %15 taş tozu takviyeli horasan harçları için ise 1,79 N/mm² olarak ölçülmüştür. Söz konusu harç numunelerinin 60 günlük ortalama basınç dayanımları ise %5 taş tozu takviyeli horasan harçları için 1,51 N/mm² olarak, %10 taş tozu takviyeli horasan harçları için 1,84 N/mm² olarak, %15 taş tozu takviyeli horasan harçları için ise 1,89 N/mm² olarak ölçülmüştür.

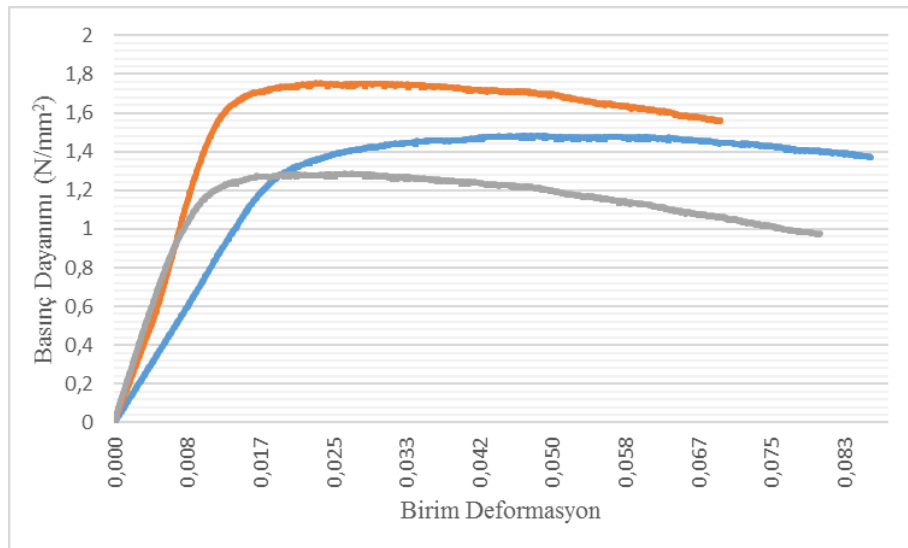
Horasan harcına %5 oranında taş tozu eklenerek oluşturulan harçların basınç dayanımlarının toplu bir şekilde gösterildiği sonuçlar Tablo 4.4'te yer almaktadır.

Tablo 4.4. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları basınç deney sonuçları (N/mm²).

	28 Gün	60 Gün
1	1,20	1,29
2	1,21	1,48
3	1,45	1,75
Ortalama	1,29	1,51



Şekil 4.14. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları.

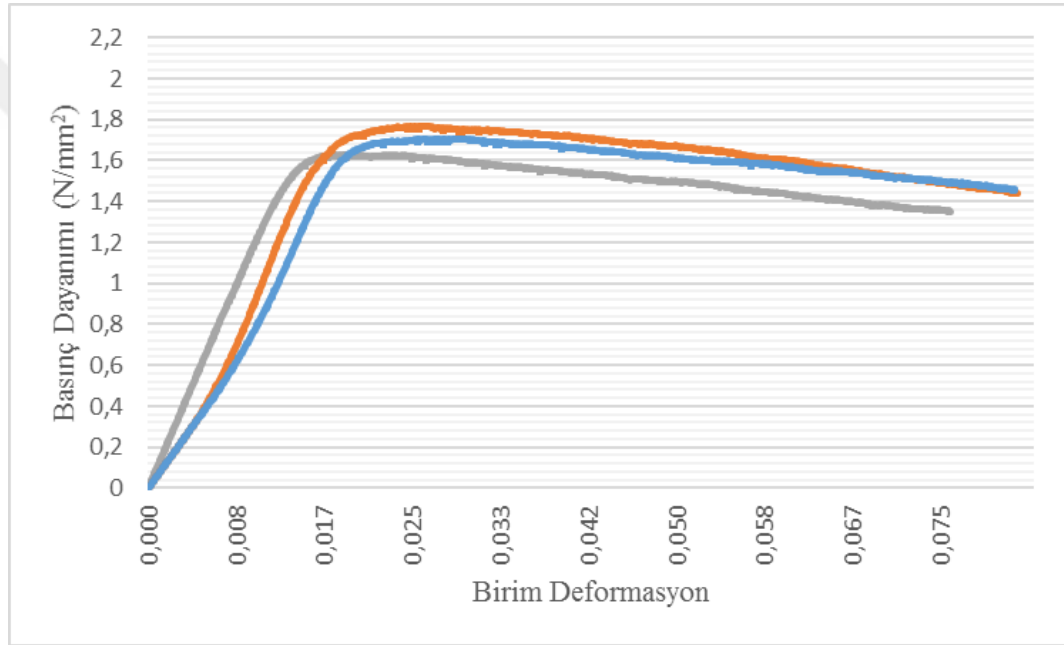


Şekil 4.15. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları.

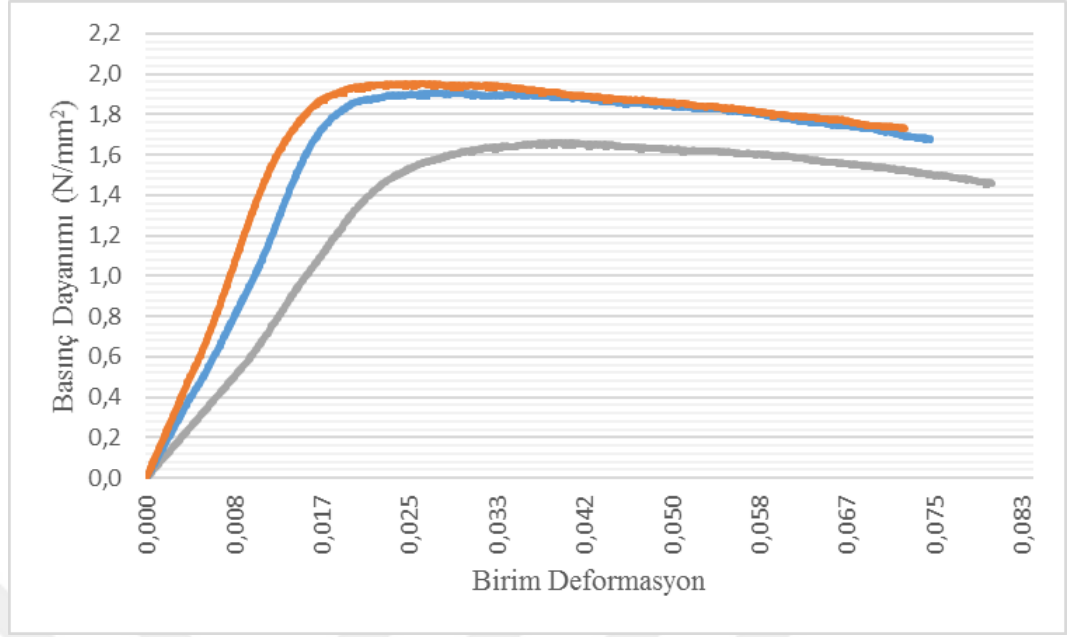
Horasan harcına %10 oranında taş tozu eklenerek oluşturulan harçların basınç dayanımlarının toplu bir şekilde gösterildiği sonuçlar Tablo 4.5'te yer almaktadır.

Tablo 4.5. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları basınç deney sonuçları (N/mm²).

	28 Gün	60 Gün
1	1,63	1,66
2	1,71	1,90
3	1,77	1,95
Ortalama	1,70	1,84



Şekil 4.16. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları.

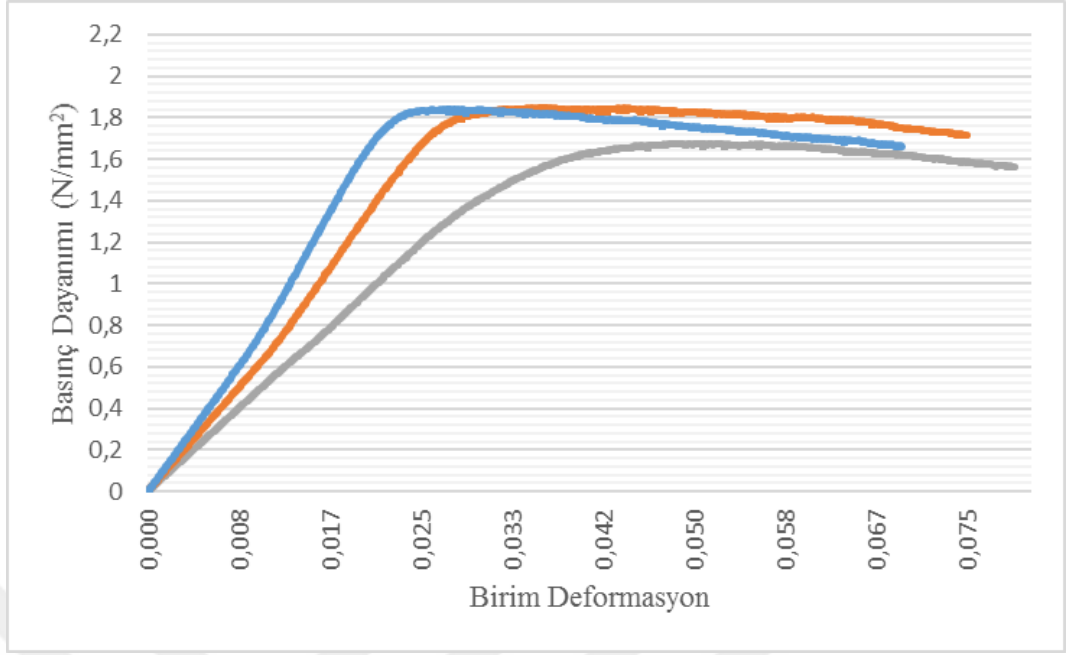


Şekil 4.17. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları.

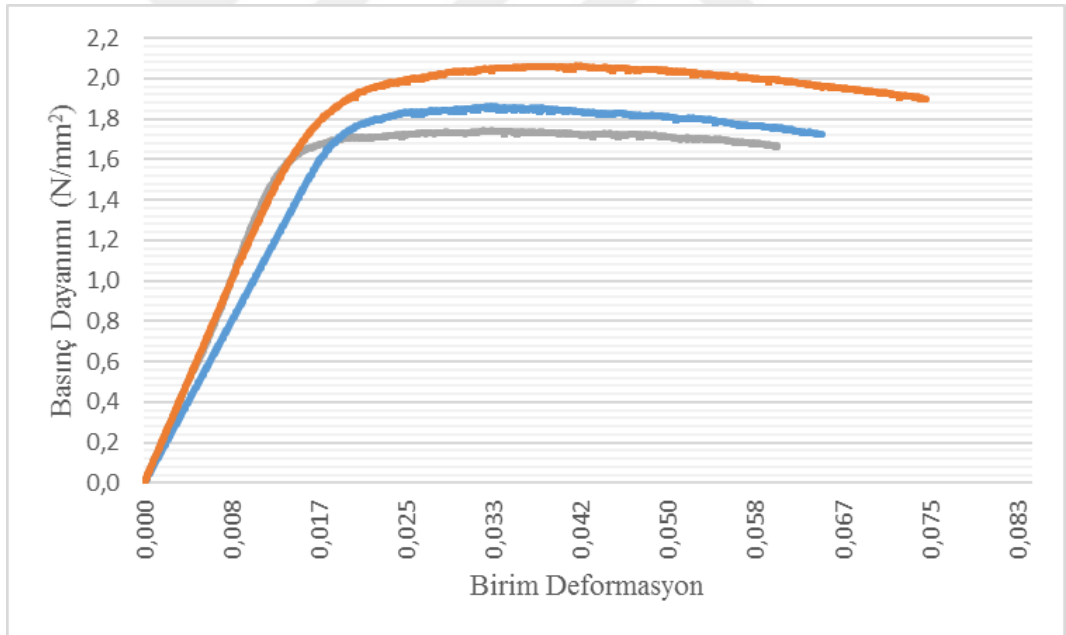
Horasan harcına %15 oranında taş tozu eklenerek oluşturulan harçların basınç dayanımlarının toplu bir şekilde gösterildiği sonuçlar Tablo 4.6’te gösterilmektedir. Ayrıca %5, %10 ve %15 küfeki taşı tozu takviyeli horasan harçlarına ilişkin toplu sonuçlar Şekil 4.20 ve Şekil 4.21’de yer almaktadır.

Tablo 4.6. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları basınç deney sonuçları (N/mm²).

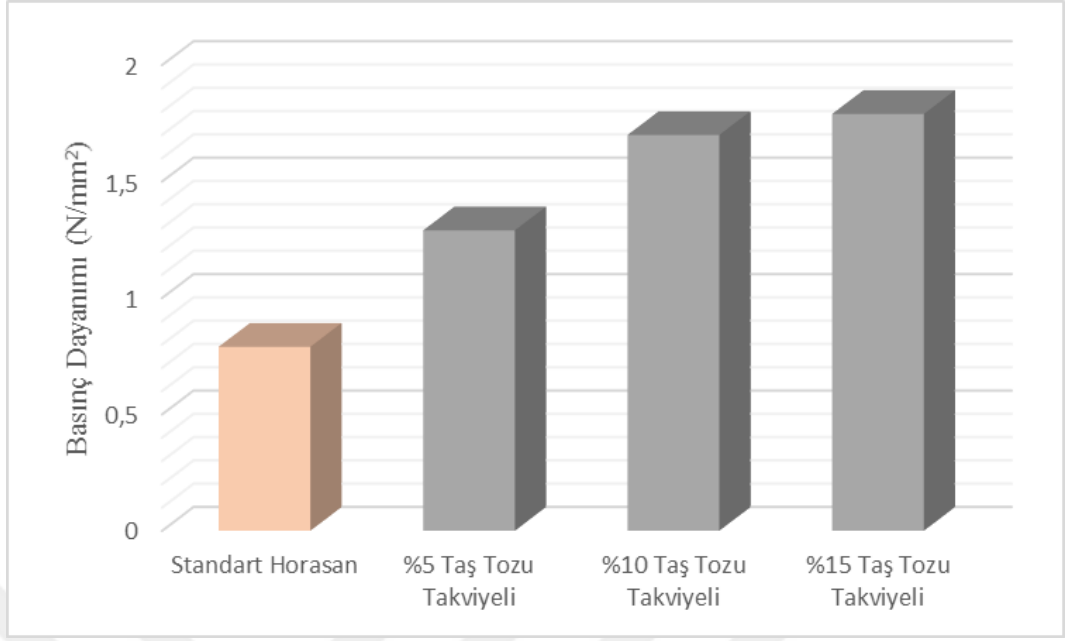
	28 Gün	60 Gün
1	1,67	1,74
2	1,84	1,86
3	1,85	2,06
Ortalama	1,79	1,89



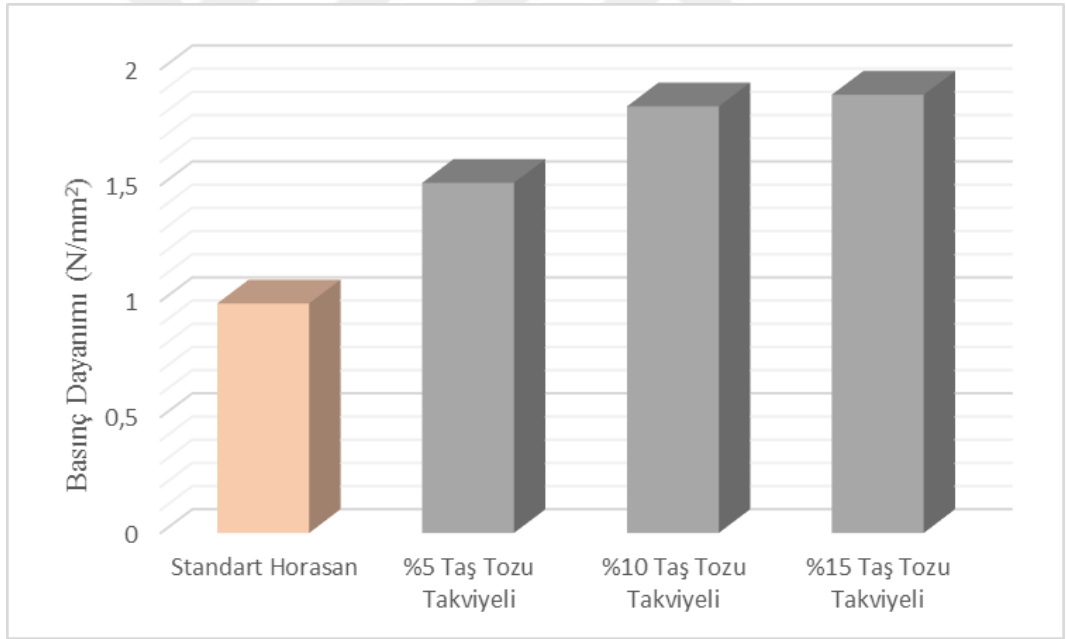
Şekil 4.18. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları.



Şekil 4.19. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları.



Şekil 4.20. Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç deney sonuçları.



Şekil 4.21. Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç deney sonuçları.

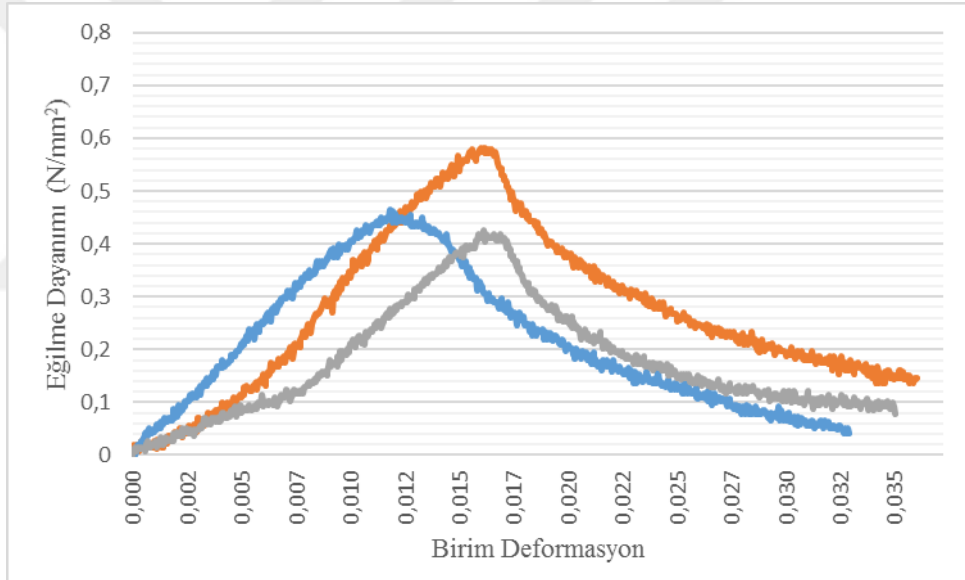
4.2.2. Eğilme deney sonuçları

Taş tozu takviyeli horasan harcı deney numunelerine ilişkin yapılan 28 gün ve 60 günlük eğilme deneylerinin sonuçlarının yer aldığı grafikler Şekil 4.22, Şekil 4.23, Şekil 4.24, Şekil 4.25, Şekil 4.26 ve Şekil 4.27 de gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde, %5

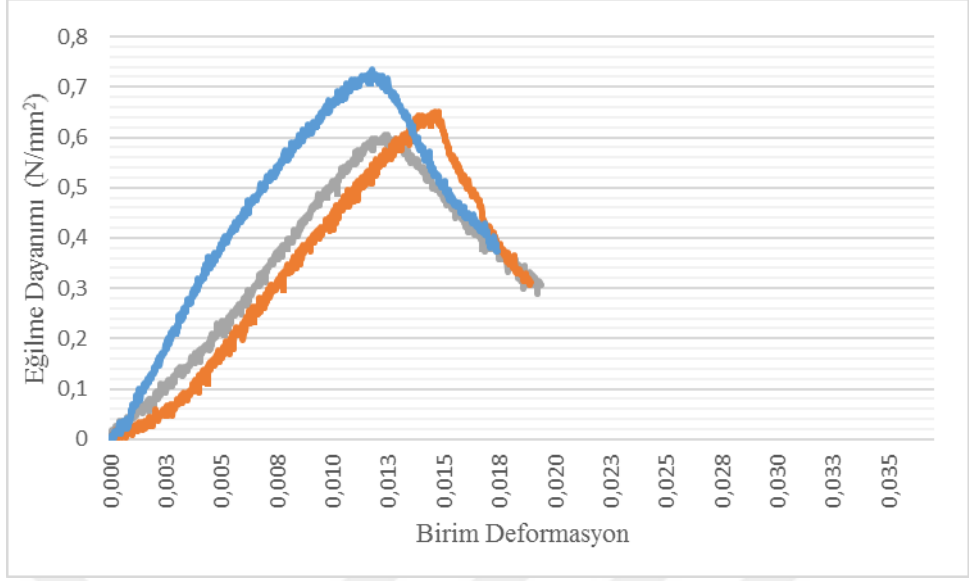
oranında küfeki taşı tozu takviyeli horasan harçlarının 28 günlük eğilme dayanımları ortalama 0,49 N/mm², 60 günlük ortalama eğilme dayanımlarının ise 0,67 N/mm² olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.22-4.23). Söz konusu deney grafiklerine ilişkin sonuçlar Tablo 4.7’de yer almaktadır.

Tablo 4.7. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları eğilme dayanımları (N/mm²).

	28 Gün	60 Gün
1	0,42	0,60
2	0,47	0,65
3	0,58	0,74
Ortalama	0,49	0,67



Şekil 4.22. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları.

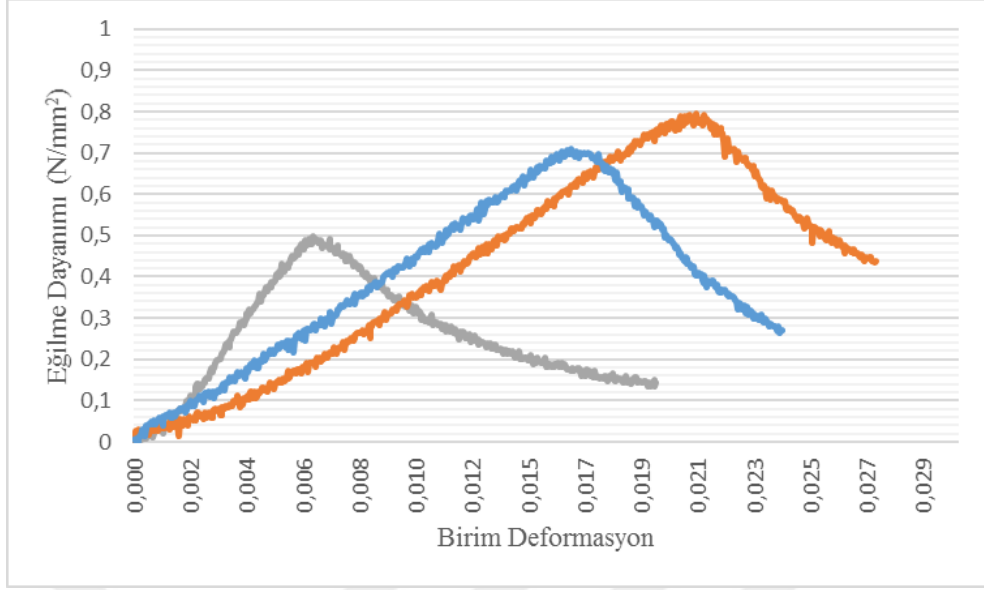


Şekil 4.23. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları.

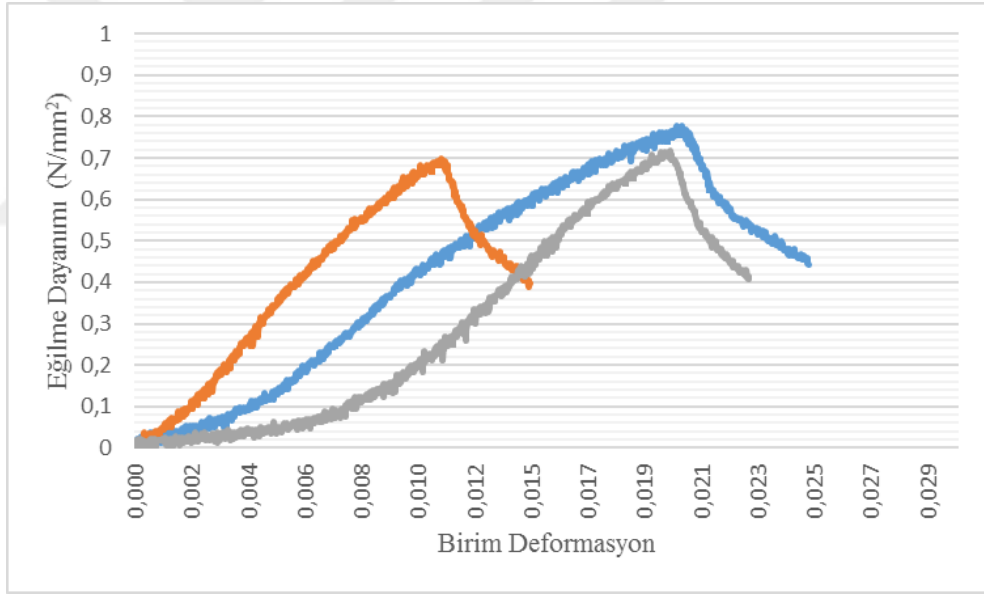
%10 oranında küfeki taşı tozu takviyeli horasan harçlarının 28 günlük eğilme dayanımları ortalama $0,67 \text{ N/mm}^2$, 60 günlük eğilme dayanımları ise ortalama $0,73 \text{ N/mm}^2$ olarak bulunmuştur (Şekil 4.24 - 4.25). Deney sonuçları Tablo 4.8’de gösterilmektedir.

Tablo 4.8. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları.

	28 Gün	60 Gün
1	0,50	0,70
2	0,71	0,72
3	0,79	0,77
Ortalama	0,67	0,73



Şekil 4.24. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları.

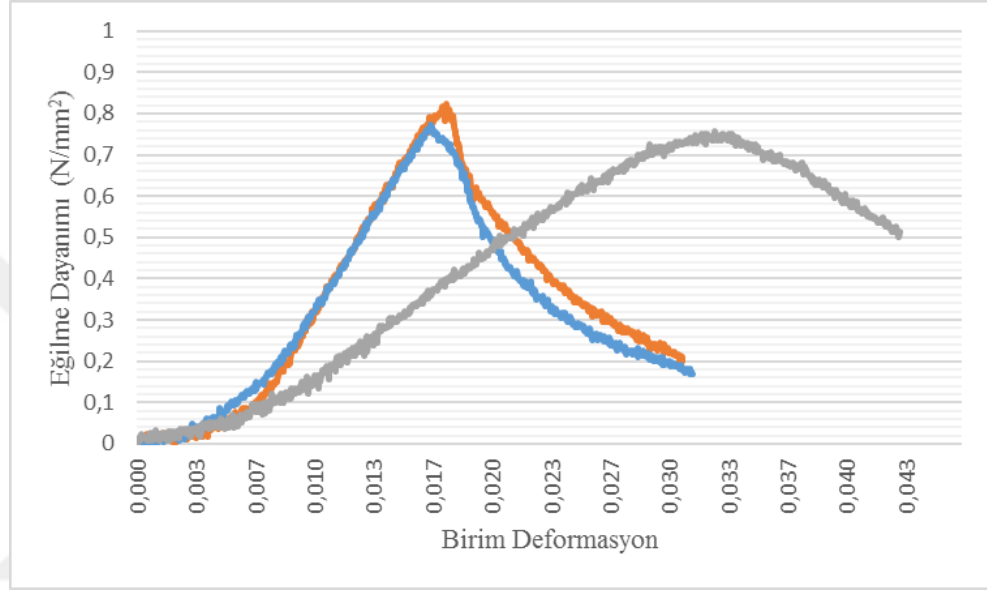


Şekil 4.25. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları.

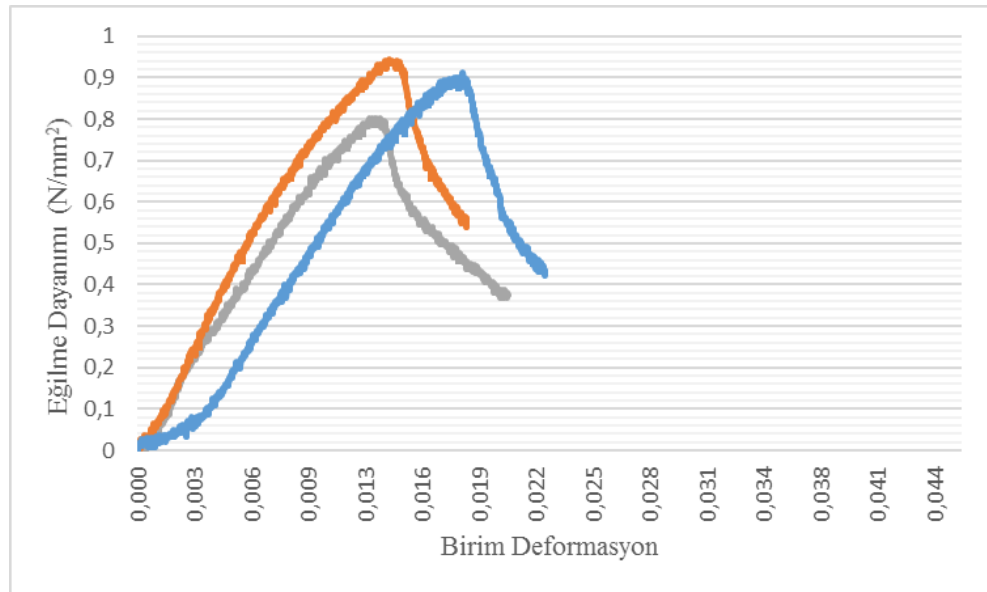
%15 oranında küfeki taşı tozu takviyeli horasan harçlarının 28 günlük ortalama eğilme dayanımları $0,78 \text{ N/mm}^2$, 60 günlük ortalama eğilme dayanımları ise $0,88 \text{ N/mm}^2$ olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.9). Eğilme deneyleri sonucunda elde edilen grafikler Şekil 4.26 ve 4.27 de gösterilmektedir.

Tablo 4.9. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları (N/mm²).

	28 Gün	60 Gün
1	0,75	0,80
2	0,77	0,90
3	0,82	0,94
Ortalama	0,78	0,88

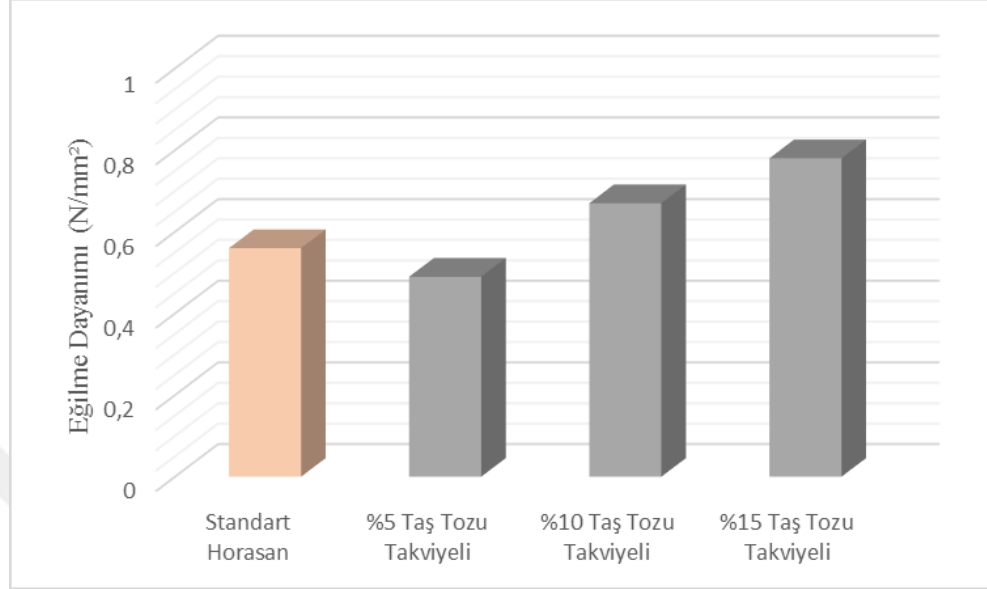


Şekil 4.26. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları.

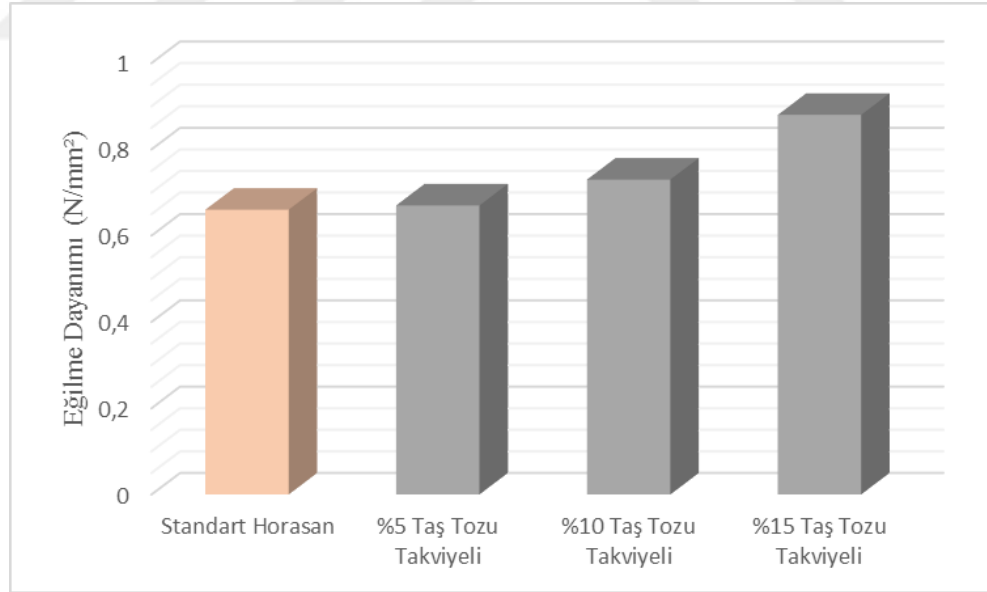


Şekil 4.27. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları.

%5, %10 ve %15 oranlarında taş tozu takviyeli horasan harçları ile katkısız horasan harçlarının ortalama eğilme dayanımlarının karşılaştırıldığı grafik Şekil 4.28 ve 4.29'da yer almaktadır.



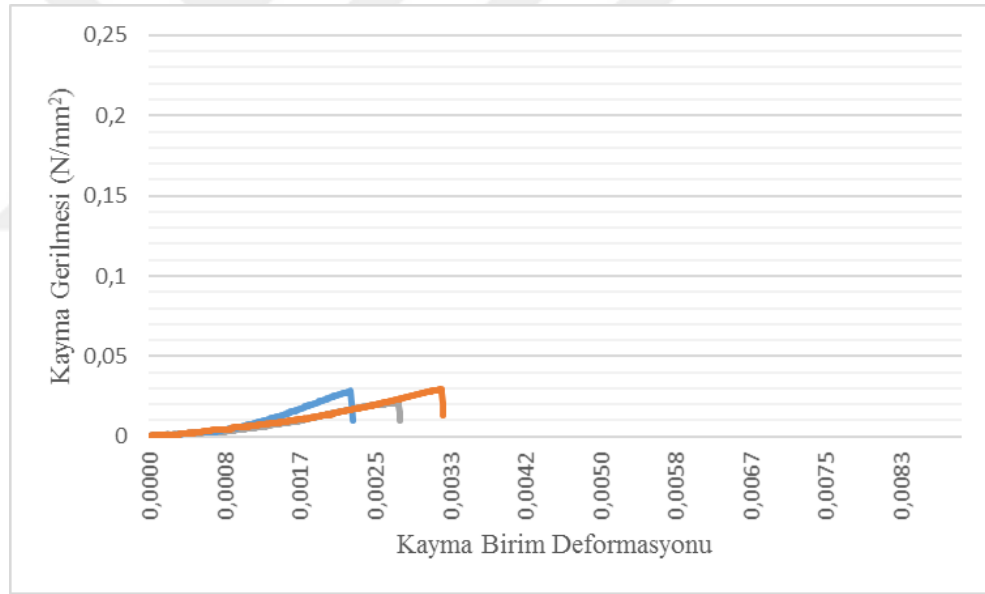
Şekil 4.28. Taş tozu takviyeli horasan harçları 28 günlük ortalama eğilme dayanımları.



Şekil 4.29. Taş tozu takviyeli horasan harçları 60 günlük ortalama eğilme dayanımları.

4.2.3. Kesme deney sonuçları

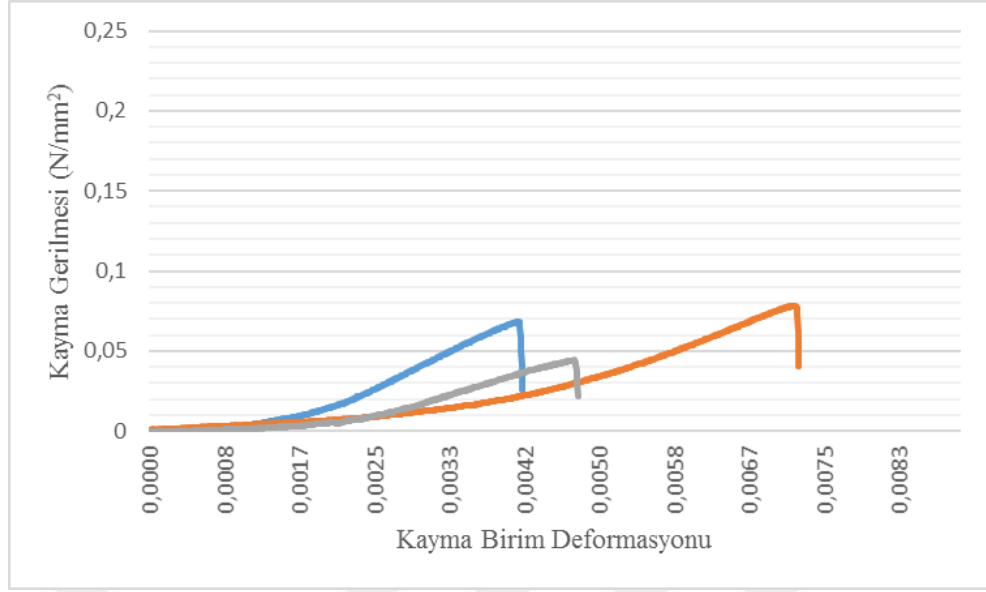
%5, %10, %15 oranlarında küfeki taşı tozu eklenerek oluşturulan karışımların derz dolgu malzemesi olarak kullanılması ile oluşturulan 3'er adetten toplam 9 adet deney numunesine uygulanan 28 günlük kesme deneylerine ilişkin sonuçlar Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32'deki grafiklerde yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde, taş numuneler arasında dolgu derz malzemesi olarak %5 oranında taş tozu takviyeli horasan harcı kullanılması halinde, derz harcının karşılayabileceği kayma gerilmelerinin ortalama $0,03 \text{ N/mm}^2$ olduğu, %10 oranında taş tozu kullanılması halinde harcın karşılayabileceği kayma gerilmelerinin ortalama $0,06 \text{ N/mm}^2$ olduğu, %15 oranında taş tozu takviyeli horasan harcı kullanılması halinde ise harcın karşılayabileceği kayma gerilmelerinin ortalama $0,17 \text{ N/mm}^2$ olduğu gözlemlenmiştir.



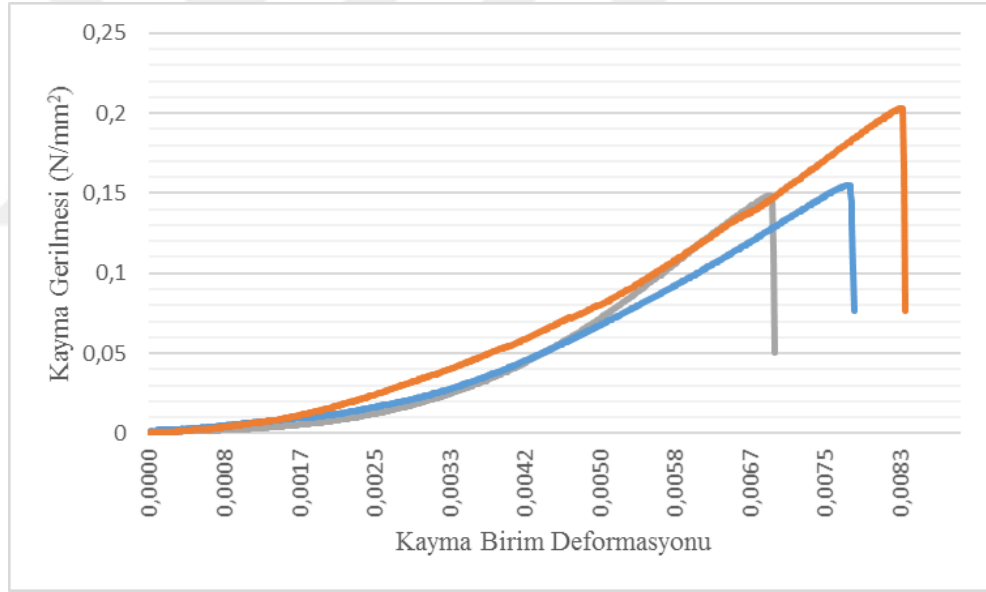
Şekil 4.30. %5 Taş tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları.

Tablo 4.10. Taş tozu takviyeli horasan harçları kayma dayanımları (N/mm^2).

	%5	%10	%15
1	0,02	0,04	0,16
2	0,03	0,07	0,15
3	0,03	0,08	0,20
Ortalama	0,03	0,06	0,17

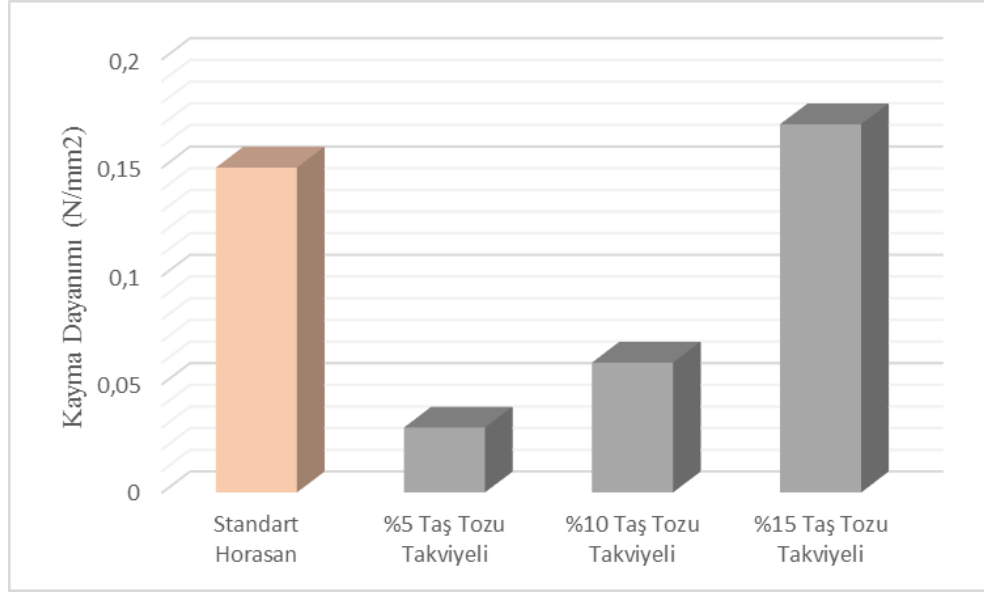


Şekil 4.31. %10 Taş tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları.



Şekil 4.32. %15 Taş tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları.

%5, %10 ve %15 oranlarındaki küfeki taşı tozu takviyeli horasan harçlarının kullanıldığı kesme deney sonuçlarını bir arada gösteren sonuçlar Tablo 4.10 ve Şekil 4.33'te gösterilmektedir.



Şekil 4.33. Küfeki taşı tozu takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları.

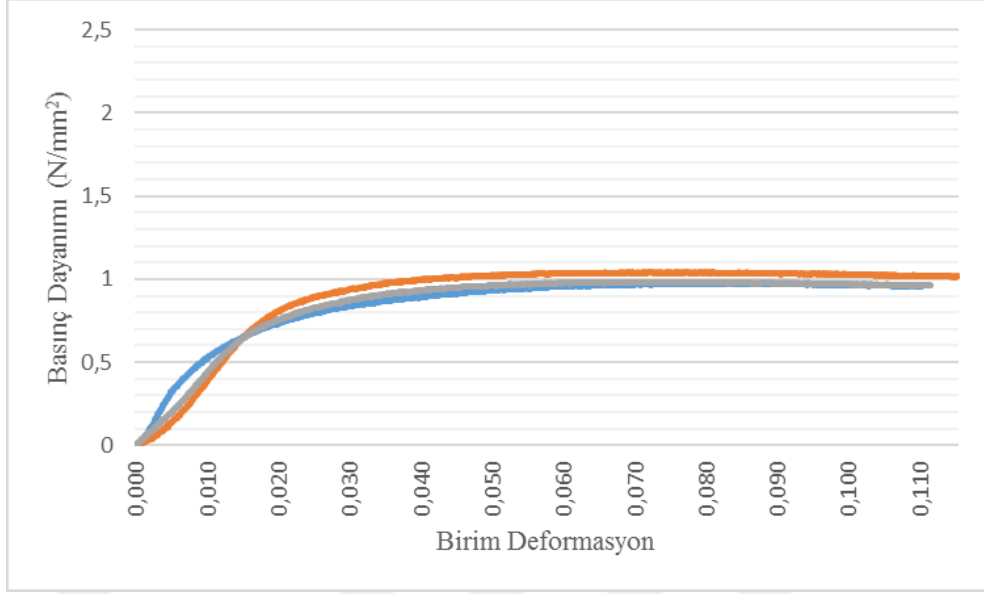
4.3. Cam Lifi Takviyeli Harçları Deney Sonuçları

4.3.1. Basınç deney sonuçları

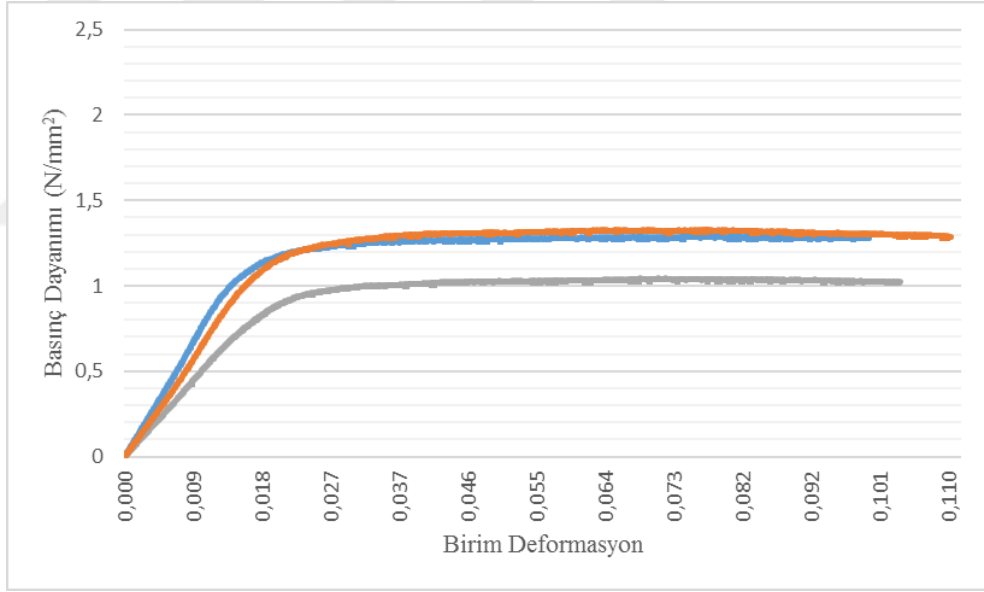
%5 oranın cam lifi eklenmiş horasan harcı kullanılarak üretilen prizmatik harç numunelerine uygulanan 28 günlük, 60 günlük ve 90 günlük basınç deneylerine ilişkin oluşturulan grafikler Şekil 4.34, 4.35 ve 4.36 da yer almaktadır. Sonuçlar incelendiğinde cam lifi takviyeli horasan harcının 28 günün sonundaki basınç dayanımlarının ortalamasının $1,00 \text{ N/mm}^2$ olduğu; 60 günün sonundaki basınç dayanımlarının ortalamasının $1,22 \text{ N/mm}^2$ olduğu, 90 günün sonundaki basınç dayanımlarının ortalamasının ise $1,62 \text{ N/mm}^2$ olduğu görülmektedir. Basınç dayanımlarını gösteren sonuçlar Tablo 4.11 ve Şekil 4.37’de yer almaktadır.

Tablo 4.11. Cam lifi takviyeli horasan harçları basınç dayanımları (N/mm^2).

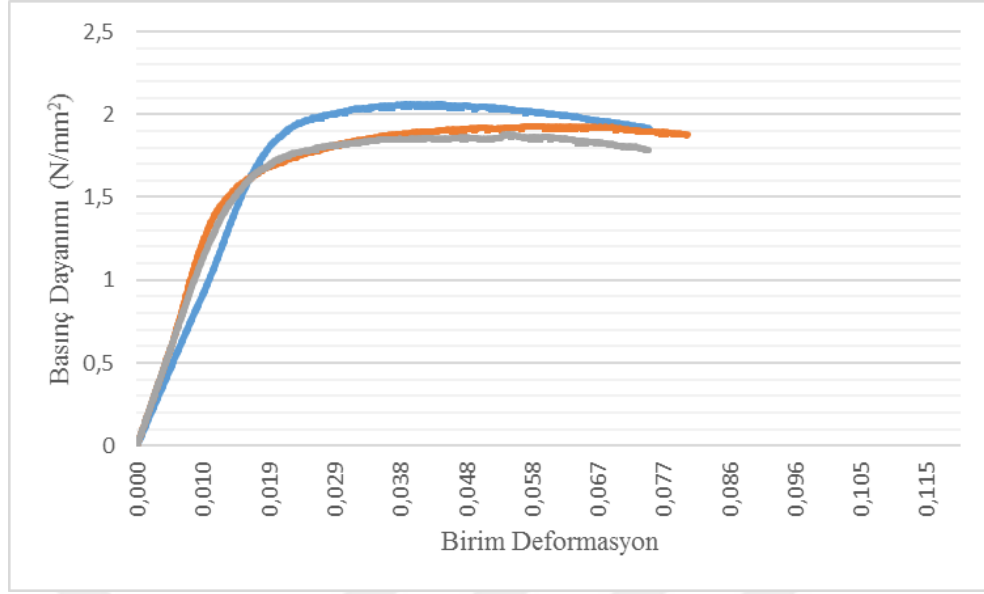
	28 Gün	60 Gün	90 Gün
1	0,97	1,04	0,88
2	0,98	1,29	1,93
3	1,04	1,34	2,06
Ortalama	1,00	1,22	1,62



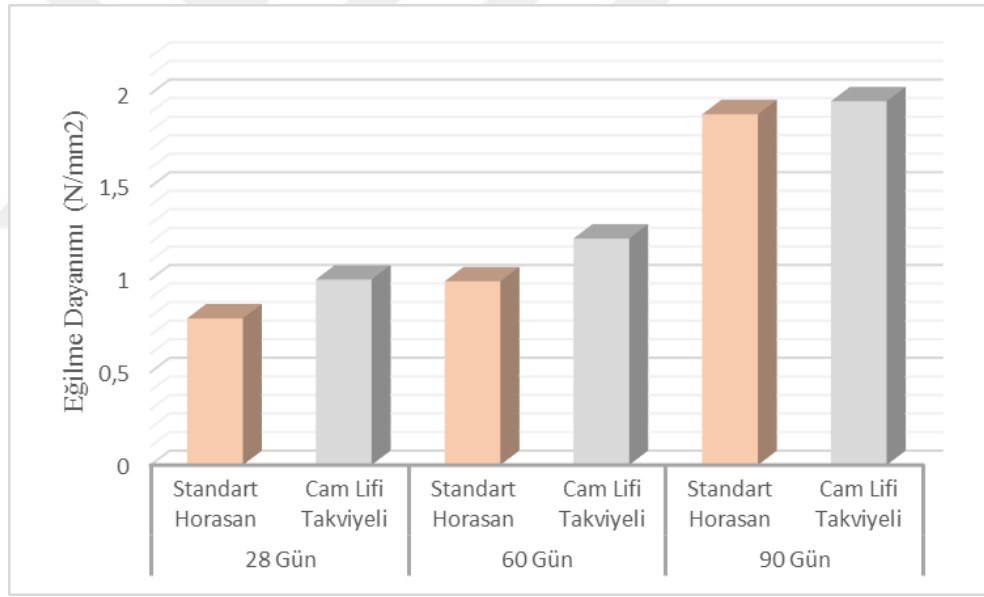
Şekil 4.34. Cam lifli takviyeli horasan harçları 28 günlük basınç dayanımları.



Şekil 4.35. Cam lifli takviyeli horasan harçları 60 günlük basınç dayanımları.



Şekil 4.36. Cam lifli takviyeli horasan harçları 90 günlük basınç dayanımları.



Şekil 4.37. Cam lifli takviyeli horasan harçları basınç dayanımları.

4.3.2. Eğilme deney sonuçları

Cam lifli eklenmiş horasan harcının eğilme dayanımını belirlemeye yönelik oluşturulan %5 cam lifli takviyeli numunelere uygulanan 28 günlük, 60 günlük ve 90 günlük eğilme deneylerinin sonuçları tablo 4.12’de, deney sonuçlarına ilişkin grafikler Şekil 4.39, Şekil 4.40 ve Şekil 4.41’de yer almaktadır. Sonuçlar göz önüne alındığında, %0,5 oranında cam

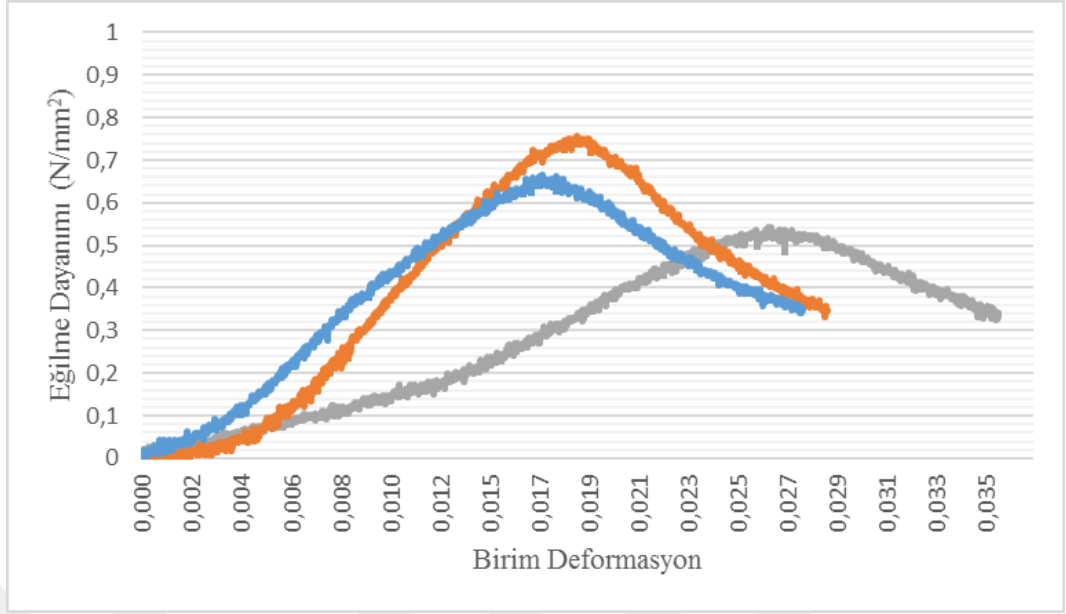
lifi takviyeli horasan harçlarının 30 günün sonunda ortalama eğilme dayanımları 0,65 N/mm², 60 günün sonunda ortalama eğilme dayanımları 0,68 N/mm², 90 günün sonunda ortalama eğilme dayanımları ise 0,83 N/mm² olarak bulunmuştur. Eğilme deneyi sonrası cam lifli numunenin kesiti Şekil 4.38’de görülmektedir.



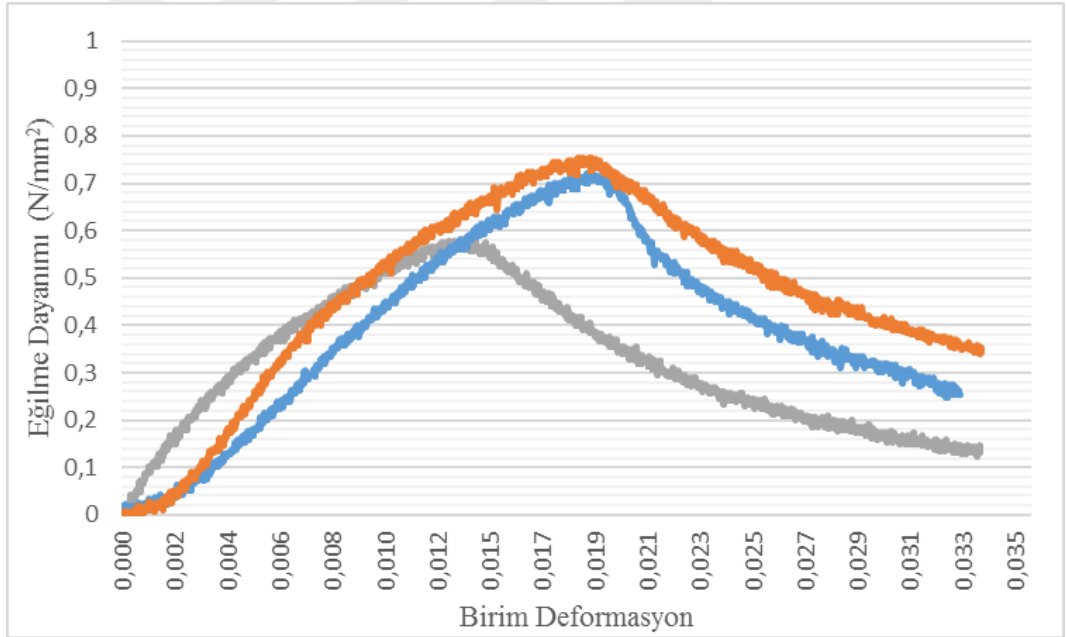
Şekil 4.38. Kırılmış cam lifli takviyeli numune.

Tablo 4.12. %0,5 Cam lifli takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları (N/mm²).

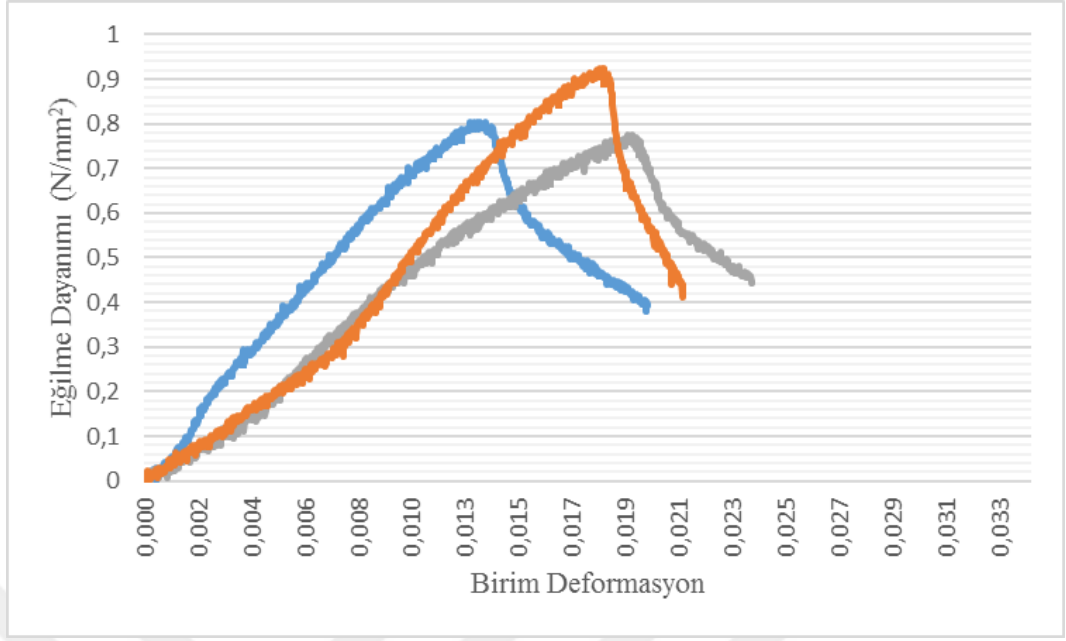
	28 Gün	60 Gün	90 Gün
1	0,54	0,57	0,77
2	0,67	0,71	0,80
3	0,75	0,75	0,92
Ortalama	0,65	0,68	0,83



Şekil 4.39. Cam lifli takviyeli horasan harçları 28 günlük eğilme dayanımları.

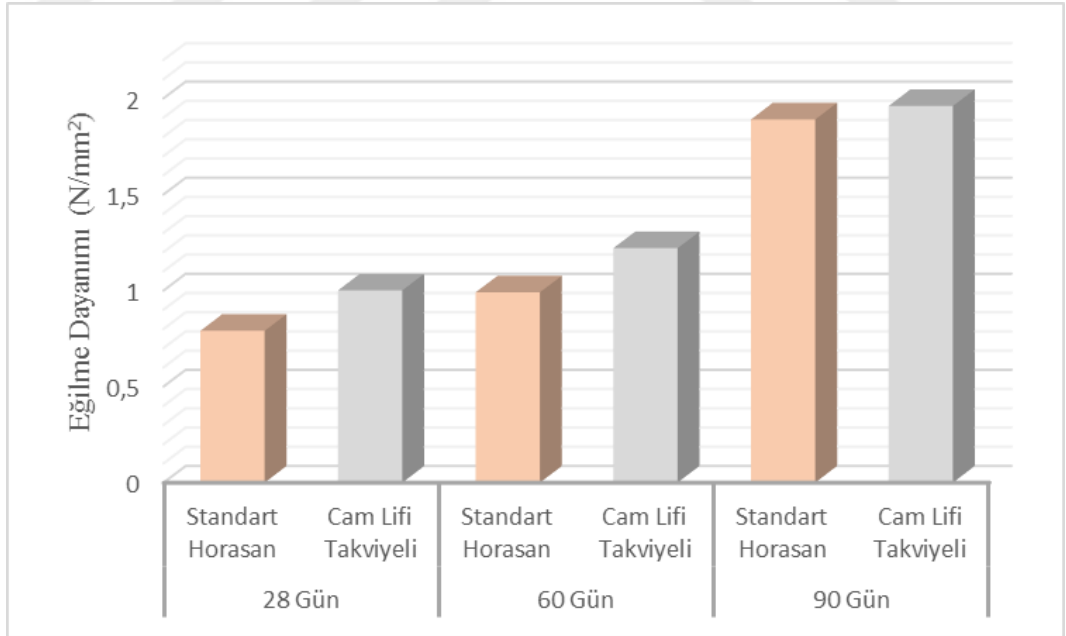


Şekil 4.40. Cam lifli takviyeli horasan harçları 60 günlük eğilme dayanımları.



Şekil 4.41. Cam lifli takviyeli horasan harçları 90 günlük eğilme dayanımları.

Standart horasan harçları ile cam lifli takviyeli horasan harçlarının 28 gün, 60 gün ve 90 günlük ortalama eğilme dayanımlarını gösteren grafik Şekil 4.42’de yer almaktadır.



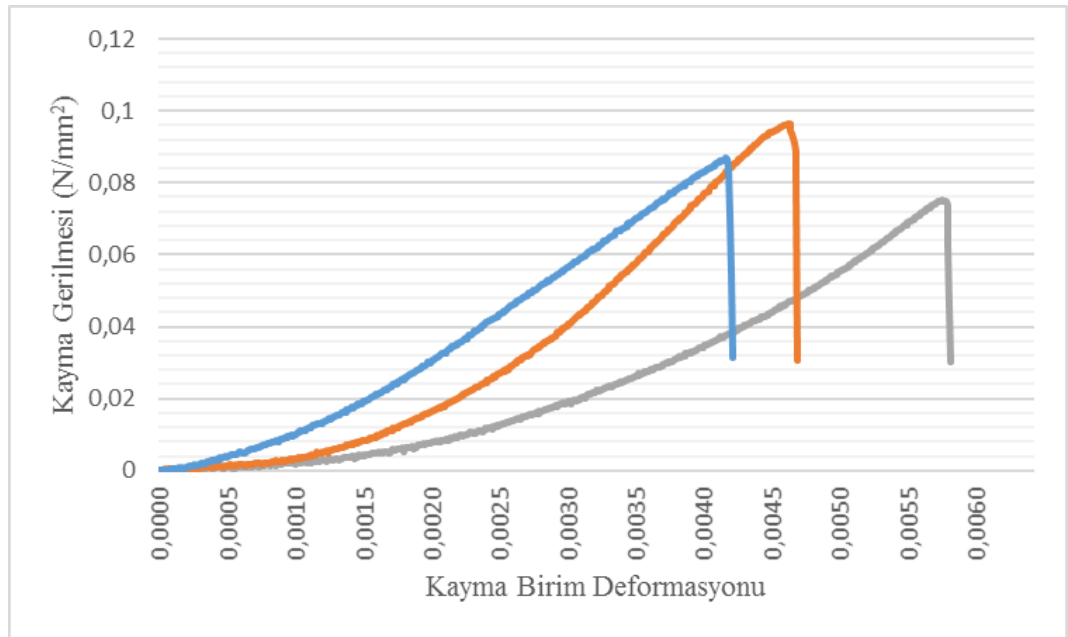
Şekil 4.42. %0,5 Cam lifli takviyeli horasan harçları eğilme deney sonuçları.

4.3.3. Kesme deney sonuçları

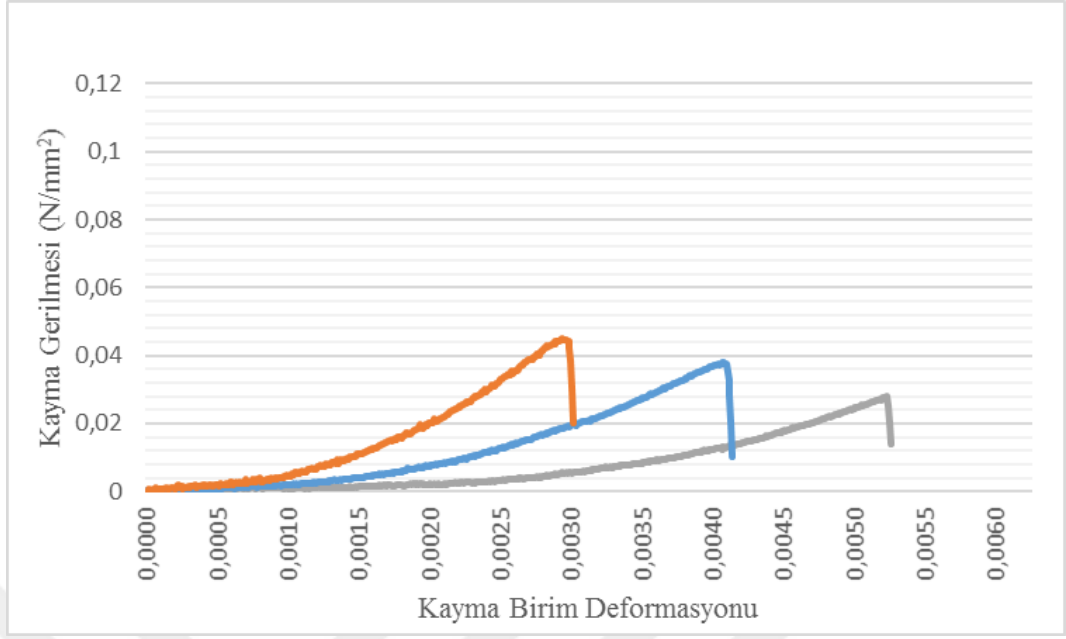
Kesme deneylerinde kullanılmak üzere hacimce %0,5 oranında cam lifi eklenerek oluşturulan 3 adet ve hacimce %1 oranında cam lifi eklenerek oluşturulan 3 adet olmak üzere toplam 6 adet taş numuneye uygulanan 28 günlük kesme deneylerine ilişkin sonuçlar Şekil 4.43 ve Şekil 4.44'teki grafiklerde yer almaktadır. Grafikler incelendiğinde taş numunelerde derz dolgu malzemesi olarak %0,5 lif oranına sahip horasan harcı kullanıldığında harcın karşılayabileceği ortalama kayma gerilmesi $0,086 \text{ N/mm}^2$ olarak, %1 lif oranına sahip horasan harcı kullanıldığında ise harcın karşılayabileceği ortalama kayma gerilmesi $0,037 \text{ N/mm}^2$ olarak belirlenmiştir. Cam lifi takviyeli horasan harçlarına ilişkin yapılan kesme deneylerinin sonuçları Tablo 4.13 ve Şekil 4.45'te ayrıca toplu olarak gösterilmektedir.

Tablo 4.13. Cam lifi takviyeli horasan harçları kayma dayanımları (N/mm^2).

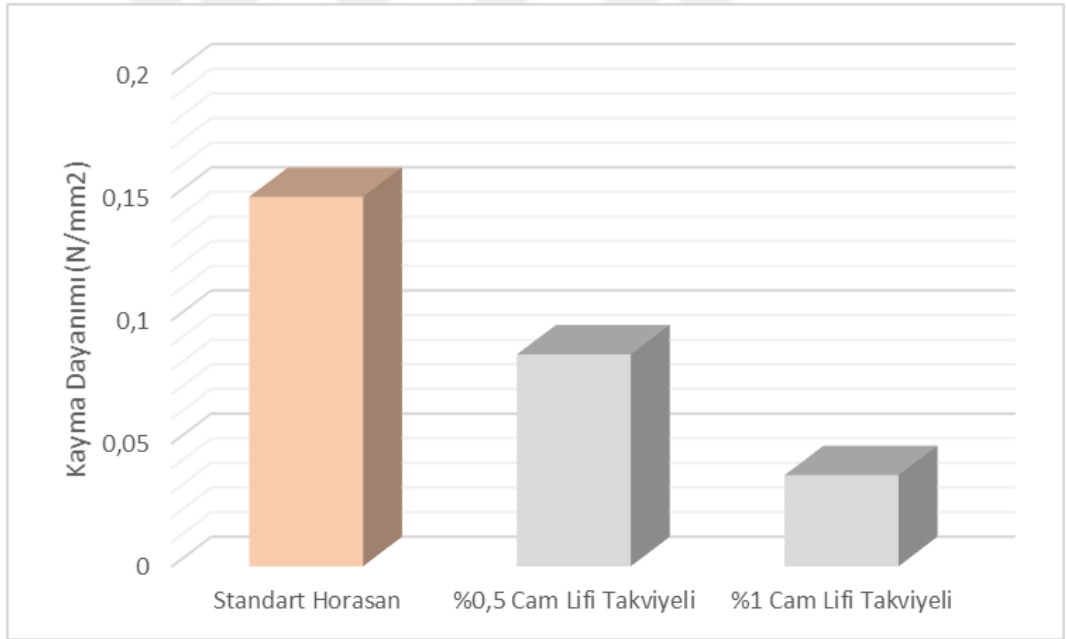
	%0.5 Lifli	%1 Lifli
1	0,075	0,028
2	0,087	0,038
3	0,096	0,045
Ortalama	0,086	0,037



Şekil 4.43. %0,5 cam lifi takviyeli horasan harcı kesme deney grafiği.



Şekil 4.44. %1 cam lifi takviyeli horasan harcı kesme deney grafiği.

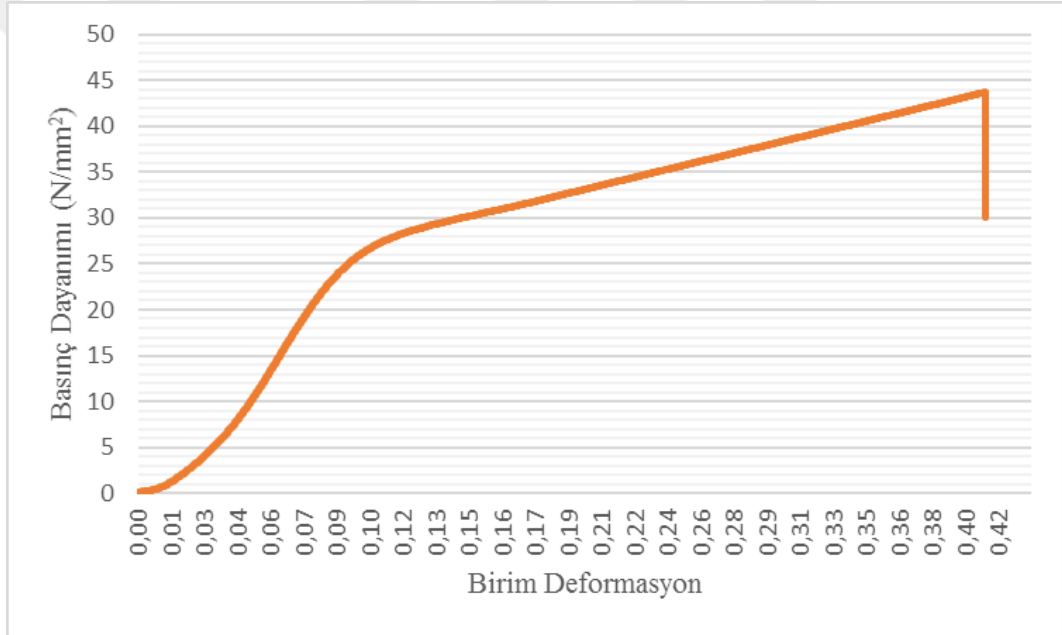


Şekil 4.45. %0,5 ve %1 Cam lifli takviyeli horasan harçları kesme deney sonuçları.

4.4. Epoksi Deneý Sonuçları

4.4.1. Basınç deneý sonucu

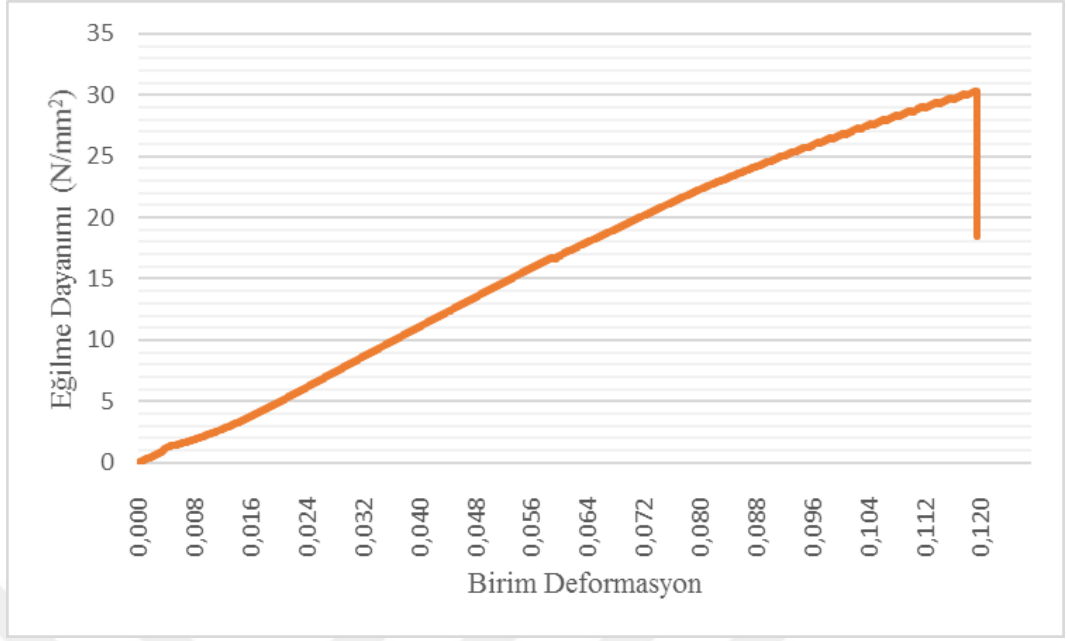
Epoksi harç kullanılarak oluşturulan prizmatik harç numunelerine ilişkin 7 günlük basınç ve eğilme deneýleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneýde, epoksi numunenin yük miktarı 69,9 kN'luk büyüklüğe çıkıncaya kadar kırılmadığı ve bu büyüklükte kırılmanın gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Maksimum yük miktarına göre epoksi numunenin basınç dayanımı 43,7 N/mm² olarak hesaplanmıştır. Deneý sonucuna ilişkin grafik Őekil 4.46'da yer almaktadır.



Şekil 4.46. Epoksi basınç dayanımı.

4.4.2. Eęilme deneý sonucu

Epoksi numune kullanılarak yapılan 1 adet eęilme deneýinin sonucuna göre, epoksi numunenin eęilme dayanımı 30,38 N/mm² olarak belirlenmiřtir (Őekil 4.47). Epoksi deneý numunesinin eęilme deneýi sonrası görseli Őekil 4.48'de yer almaktadır.



Şekil 4.47. Epoksi numune eğilme dayanımı.

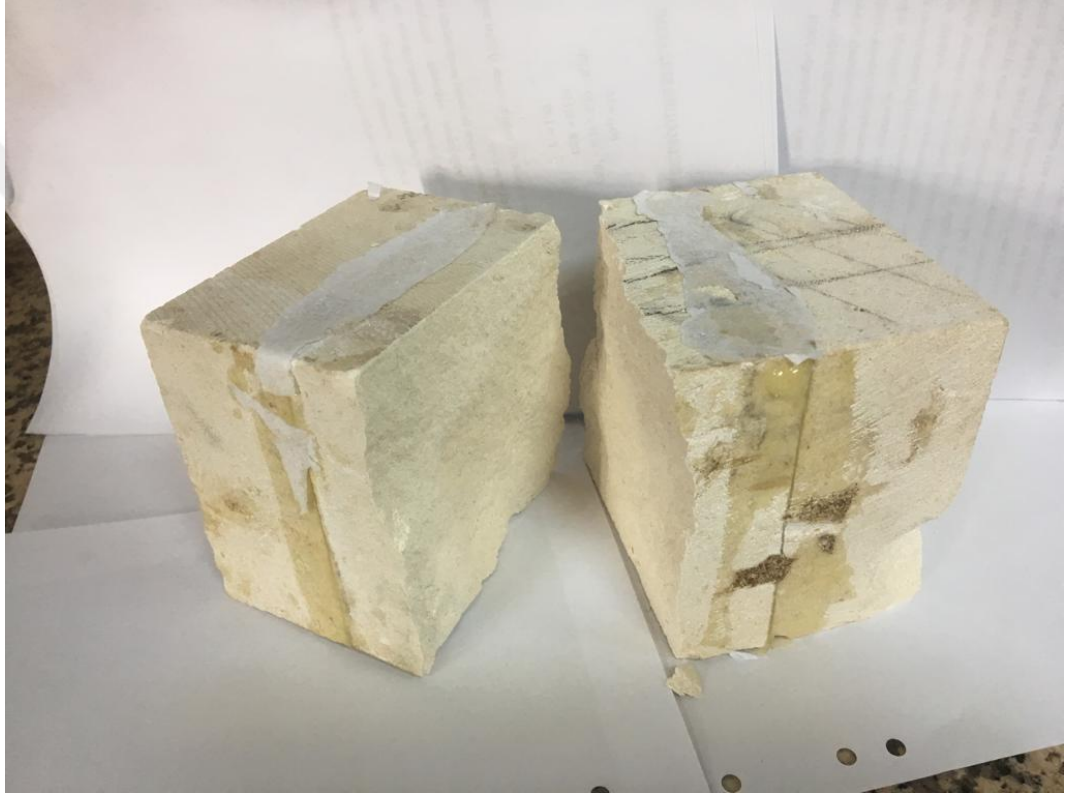


Şekil 4.48. Eğilme deneyi sonrası epoksi numune.

4.4.3. Kesme deney sonuçları

Epoksi harcın dolgu derz malzemesi olarak kullanılmasıyla oluşturulan 3 adet kesme deney numunesine uygulanan 7 günlük kesme deneylerinin, numunelerin derz kısmından ayrılmasıyla değil, ortadaki taşların kırılmasıyla sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Kırılma anlarına kadar taşların karşıladıkları maksimum eğilme dayanımlarının gösterildiği grafik

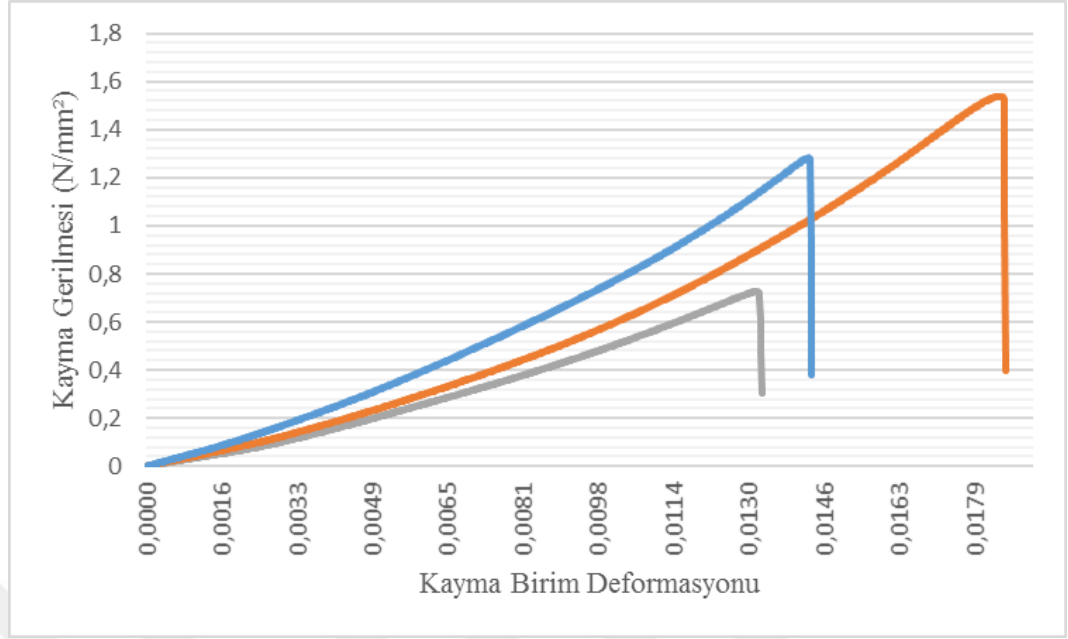
Şekil 4.50’de yer almaktadır. Deney sonuçlarına göre küfeki taşlarının $0,73 \text{ N/mm}^2$, $1,28 \text{ N/mm}^2$ ve $1,54 \text{ N/mm}^2$ ye kadar yükü taşıyabildiği, bu noktalardan sonra ise taşların kırılmaya uğradığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.49). Bu sonuçlara göre epoksi harçların taşıyabildikleri maksimum kayma dayanımları belirlenmemektedir. Bu deney düzeneğinde ulaşılabilen kayma dayanımları Tablo 4.14 ve Şekil 4.51’de yer almaktadır. Deney sonucunda küfeki taşlarının kırılması, küfeki taşlarının eğilme dayanımını aşıldığını göstermektedir.



Şekil 4.49. Epoksi kesme numunelerinin kırılma şekli.

Tablo 4.14. Epoksi harçlı kesme deney sonuçları.

	Kayma Dayanımları (N/mm^2)
1	0,73
2	1,28
3	1,54
Ortalama	1,18



Şekil 4.50. Epoksi harçlı kesme deney sonuçları.

4.5. Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması

4.5.1. Basınç dayanımlarının karşılaştırılması

Deneylerde kullanılmak üzere üretilen standart horasan harcının, küfeki taşı tozu ile takviye edilmiş horasan harcının, cam lifi takviye edilmiş horasan harcının ve epoksi harcın basınç dayanımlarının karşılaştırılması amacıyla oluşturulan Tablo 4.15'te gösterilmektedir.

Tablo 4.15. Ortalama basınç dayanımları toplu sonuçları (N/mm²).

	7 Gün	28 Gün	60 Gün	90 Gün
Standart Horasan	-	0,79	0,99	1,89
Taş Tozlu Horasan (%5)	-	1,29	1,51	-
Taş Tozlu Horasan (%10)	-	1,70	1,84	-
Taş Tozlu Horasan (%15)	-	1,79	1,89	-
Cam Lifli Horasan (%0,5)	-	1,00	1,22	1,96
Epoksi	43,70	-	-	-

Çizelge incelendiğinde, standart horasan harcına %5 oranında taş tozu eklenmesinin, harcın basınç dayanımını yaklaşık %50 oranında arttırdığı tespit edilmiştir. Taş tozu oranının %10 ve %15 olacak şekilde arttırılması ile doğru orantılı olarak basınç dayanımında da %100'e yakın bir artış gözlenmiştir. Standart horasan harcına %0,5 oranında cam lifli takviyesinin ise harcın basınç dayanımını yaklaşık olarak %20 arttırdığı ancak bu artışın taş tozu takviye edilmiş harçların basınç dayanımlarından daha düşük kaldığı gözlemlenmiştir. Epoksi harcın basınç dayanımı incelendiğinde ise, epoksi harcın basınç dayanımının cam lifli ve taş tozu takviye edilmiş harçlara göre çok yüksek çıktığı anlaşılmıştır. Hatta maksimum makine yükü olan 50 KN sınırına kadar epoksi basınç numunesi kırılmamıştır.

4.5.2. Harçların eğilme dayanımlarının karşılaştırılması

Deneyleerde kullanılmak üzere üretilen standart horasan harcının, küfeki taşı tozu ile takviye edilmiş horasan harcının, cam lifli takviye edilmiş horasan harcının ve epoksi harcın eğilme dayanımlarının karşılaştırılması amacıyla oluşturulan Tablo 4.16'da gösterilmektedir.

Tablo 4.16. Ortalama eğilme dayanımları toplu sonuçları (N/mm²).

	7 Gün	28 Gün	60 Gün	90 Gün
Standart Horasan	-	0,56	0,66	0,79
Taş Tozlu Horasan (%5)	-	0,49	0,67	-
Taş Tozlu Horasan (%10)	-	0,67	0,73	-
Taş Tozlu Horasan (%15)	-	0,78	0,88	-
Cam Lifli Horasan (%0,5)	-	0,65	0,68	0,83
Epoksi	30,38	-	-	-

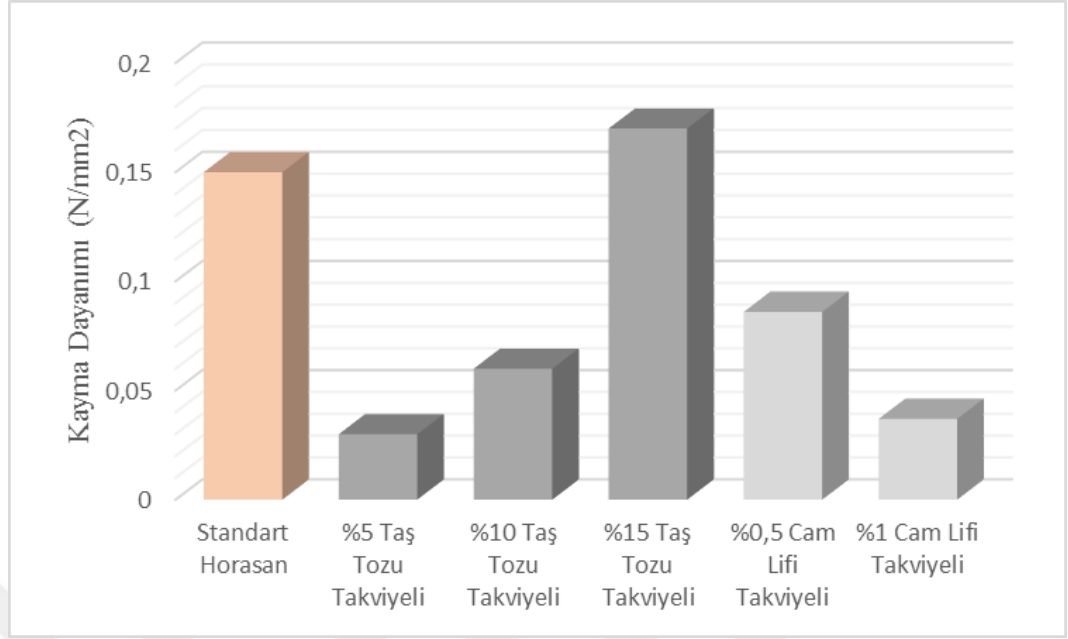
Çizelge incelendiğinde, horasan harcına taş tozu eklenmesinin, eklenen orana göre harcın eğilme dayanımını değiştirdiği anlaşılmıştır. Standart horasan harcına %5 oranında taş tozu eklendiğinde, harcın eğilme dayanımında çok büyük bir değişiklik oluşmadığı gözlemlenmiştir. Bu oran %10'a çıkarıldığında, harcın eğilme dayanımında %10'un üzerinde artış gerçekleştiği, oran %15'e çıkarıldığında ise harcın eğilme dayanımının %30'un üzerinde arttığı belirlenmiştir.

Horasan harcına %0,5 oranında cam lifi eklenmesinin harcın eğilme dayanımını yaklaşık %5 oranında arttırdığı görülmüştür. Ancak bu artış oldukça düşük olduğundan, %0,5 oranında cam lifi eklenmesinin harcın eğilme dayanımına olan etkisi hakkında kesin bir tanı kaniya varılamamaktadır. Epoksi harcın eğilme dayanımının diğer harçlara göre beklendiği gibi çok yüksek çıktığı görülmüştür.

4.5.3. Harçların kayma dayanımlarının karşılaştırılması

Horasan harcının derz dolgu malzemesi olarak kullanılması durumunda, uygulama kalınlığının harcın karşılayabileceği kayma gerilmesini ne yönde etkilediğini belirlemek amacıyla, 0,5 cm ve 1 cm derz kalınlıklarında 3'er adet kesme kesme numunesi üzerinde kesme deneyi gerçekleştirilmiştir. Yapılan deneylerin sonucunda, derz kalınlığının 0,5 cm'den 1 cm'ye çıkarılması durumunda, derz dolgu harcının karşılayabileceği maksimum kayma gerilmesinin %33 oranında arttığı gözlemlenmiştir.

Küfeki taşı tozu eklenerek, derz dolgu malzemesi olarak kullanılan horasan harçlarının kayma gerilmesine karşı performansının değerlendirilmesinin amaçlandığı deneylerin sonuçlarına göre, horasan harcına %5 oranında taş tozu ilavesinin, harcın kayma gerilmeleri karşısındaki performansını %80 oranında azalttığı, taş tozu ilavesinin %10'a çıkarılması durumunda bu performansın %60 oranında azaldığı, taş tozu ilavesinin %15'e çıkarılması durumunda bu performansın %10 oranında arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.51).



Şekil 4.51. Kesme deneyleri karşılaştırması.

Standart horasan harcına cam lifi ilavesinin, derz dolgu harcının karşılayabileceği maksimum kayma gerilmesini düşürdüğü belirlenmiştir. Yapılan deneylerin sonuçları incelendiğinde, horasan hacine %0,5 oranında lif ilavesinin, harcın karşılayabileceği maksimum kayma gerilmesini yaklaşık %50 oranında azalttığı, lif oranının %1'e çıkarılmasının ise harcın kayma gerilmesine karşı performansını daha çok düşürerek %90 civarında azalmaya sebep olduğu anlaşılmıştır.

Küfeki taşları arasında derz dolgu malzemesi olarak teknolojik ürün olan ve tarihi yapı onarımlarında kullanılması tercih edilmeyen epoksi malzeme kullanılarak yapılan kesme deneyleri sonucunda, harçların uygulandığı derz bölgelerinden kırılmalar gerçekleşmemiştir. Üç deneyde de kırılma küfeki taşı üzerinde gerçekleşmiştir. Küfeki taşlarının bu deneylerde karşıladığı yüklerin ortalaması 26700 N olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç epoksi harcın karşılayabildiği maksimum kayma gerilmesi değil, küfeki taşının taşıyabildiği maksimum eğilme yüküdür.

$$Rf = \frac{(1,5 \times Ff \times l)}{b^3} \quad (4.1)$$

Eğilme dayanımının belirlenmesine yönelik eğilme denklemi oluşturulduğunda (Denklem 3.1), küfeki taşının eğilme dayanımı 4 N/mm^2 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.17. Ortalama kayma dayanımları toplu sonuçları (N/mm^2).

Standart Horasan (0,5 cm Derz)	0,15
Standart Horasan (1 cm Derz)	0,20
Taş Tozu Tak. Horasan (%5)	0,03
Taş Tozu Tak. Horasan (10)	0,06
Taş Tozu Tak. Horasan (%15)	0,17
Cam Lifi Tak. Horasan (%0,5)	0,08
Cam Lifi Tak. Horasan (%1)	0,04
Epoksi	1,18

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Horasan harçlarının basınç, eğilme ve kayma yükleri karşısındaki performansının incelenmesi ve bu harçlarda kullanılabilir doğal ve teknolojik katkı maddelerinin harçların mekanik özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışma sonuçlanmıştır. Söz konusu çalışma kapsamında, horasan harçlarına katkı maddesi olarak farklı oranlarda küfeki taşı tozu, farklı oranlarda cam lifi eklenmiş ve oluşturulan prizmatik harç numuneleri üzerinde basınç ve eğilme deneyleri, harcın taşlar arasında dolgu derz malzemesi olarak kullanıldığı numuneler üzerinde ise kesme deneyleri yapılmıştır. Bununla birlikte, tarihi yapılarda kullanımı şekilde tavsiye edilmese de, teknolojik malzemeler ile doğal malzemelerin karşılaştırılması amacıyla epoksi haç numuneleri de çalışma kapsamındaki deneylerde rol almıştır.

Yapılan deneyler sonucunda, horasan harcına cam lifi eklenmesiyle harcın basınç dayanımında %20 civarında bir artış sağlandığı, harcın eğilme dayanımında çok önemli bir değişiklik oluşmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte cam liflerinin küfeki taşları arasında dolgu derz malzemesi olarak kullanılması durumunda, harçtaki cam lifi miktarı arttıkça harcın kayma gerilmesine karşı olan performansının azaldığı tespit edilmiştir.

Horasan harcına %5, %10 ve %15 oranlarında küfeki taşı tozu eklenmesiyle oluşturulan numuneler üzerinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda, küfeki taşı miktarındaki artışın harcın basınç ve eğilme dayanımını olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. %15 oranında taş tozu kullanılan numunelerin basınç dayanımlarında, standart horasan harcı numunelerine göre %100'e yakın bir oranda, eğilme dayanımlarında ise %30'a yakın bir oranda artış sağlandığı belirlenmiştir. Bunun yanında, horasan harcına küfeki taşı tozu eklenmesi sonucunda, harcın derzler arasında meydana gelen kayma gerilmelerine karşı olan performansında net bir artış tespit edilememiştir.

Deneysel çalışmalar kapsamında küfeki taşları arasında kullanılan dolgu malzemesinin derz kalınlığının kayma gerilmelerine karşı performansı incelenmiş, 0,5 cm kalınlığında derz uygulanmasının, 1 cm kalınlığa göre %25 oranında daha düşük performans sergilediği gözlemlenmiştir.

Epoksi harç numuneleri, basınç ve eğilme dayanımları açısından horasan numunelere göre çok daha yüksek performansa sahiptir. Epoksi harcın derz dolgu malzemesi olarak kullanılmasının etkilerinin incelendiği deneylerde, epoksi harcın taşlar arasında kullanılması durumunda, harç üzerinde herhangi bir deformasyon oluşmadığı, kırılmaların taşlar üzerinde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bağlayıcı malzemelerin onarımları taşıyıcı malzemelerin onarımından daha kolay olduğundan, epoksi harcın taş duvar derzleri arasında kullanımının uygun olmadığı anlaşılmıştır.

Sonuç olarak, horasan harcının bazı mekanik özelliklerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulan ve inşasında küfeki taşı kullanılan tarihi yapılar, cam lifi ve epoksi gibi tarihi yapılarla uyumsuz teknolojik malzemelerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmayacağı, bu gibi malzemelere alternatif olarak, doğal malzeme olan ve düşük maliyetli küfeki taşı tozunun katkı maddesi olarak kullanılmasının yerinde olacağı düşünülmektedir. Ayrıca horasan harcına eklenen cam lifi ve taş tozu oranları değiştirilerek, konu üzerinde yeni çalışmalar yapılması uygun olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACI Committee, (2009). *549 Report on Glass Fiber Reinforced Concrete Premix* (ACI 549.3R-09), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, USA.
- Akman, M., Güner, A., Aksoy, İ., (1986). *Horasan harcı ve betonunun tarihi ve teknik özellikleri*. II. Uluslararası Türk-İslam Bilim ve Teknoloji Tarihi Kongresi, İ.T.Ü., İstanbul.
- Arnon Bentur, Sidney. Mindess, (2007). *Fiber Reinforced Cementitious Composites*, Second edition published by Taylor & Francis, 2 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon OX14 4RN.
- Arun, G., (2011). *Yığma Yapı Davranışı, Ders Notu*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ayasofya Camii. Erişim: 25 Mart 2019, <https://www.haberturk.com/ayasofya-cami-nerede-nasil-gidilir-hangi-gunler-saat-kaca-kadar-acik-2413156>
- Baronia, G., Binda, L., Lombardini, N., (1997). The role of brick pebbles and dust in conglomerates based on hydrated lime and crus. *Construction and Building Materials* (11/1), s. 33-40.
- Baronia, G., Binda, L., (1997). *Study of the Pozzolanicity of Some Bricks and Clays*. *Construction and Building Materials* (11/1), s. 41-46.
- Brian N. Skourup, E. Leslie, Robertson associates, Ece Erdogmus, (2009). Characteristics of PVA Fiber-Reinforced Mortars, *ASCE, Struct. Congr. 2*, 162–163.
- Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu, B., (2004). Tarihi yapılarda kullanılan horasan harcı ve sıvalarının özellikleri, *Yapı Dergisi*, 269: 90-93.
- Çamlıbel, N., (1998). *Sinan Mimarlığında Yapı Strüktürünün Analitik İncelenmesi*, YTÜ Basım Yayın Merkezi, İstanbul.
- Ersen, A., Karagüler, M., Güleç, A., (1995). Possible substitutes for khorasan mortar in Byzantine and Ottoman monuments. *Methods of Evaluating Products for the Conservation of Porous Building Materials in Monuments*, s. 15-27. Rome: ICCROM.

- Hantaş maden ocağından alınan örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri (2018, 7 Eylül).
Erişim Adresi: <http://hantaslimestone.com/hantas-limestone-analiz-raporu.html>
- Harran'ın hayran bırakan evleri. *Hurriyetemlak*, Erişim Tarihi: 23 Mart 2019.
- Hasol, D., (1988). *Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü*, İstanbul, Yem Yayınları.
- Hatipoğlu, Y.S., (2014). *Sönmüş Kireç ve Çimento Harçlarının Mekanik Özelliklerinin Toz Haline Getirilmiş Bayburt Taşları Ve Zeolit İle İyileştirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bayburt.
- Hemşin Köyü Camii, Düzce İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü Arşivi, Erişim: 28 Nisan 2019, www.duzceturizm.gov.tr
- Jianming Gao, Wei Suqa, Keiji Morino, (1997). *Mechanical properties of steel fiberreinforced, high-strength, lightweight concrete*, *Cem. Concr. Compos.* 19, 307–313.
- Kuban, D., (1998). *Mimarlık Kavramları*, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Kurugöl, S., (2006). Eski mimarilerde kullanılmış olan kireç harçlarının genel özellikleri, *Yapı Dünyası*, s. 19-24.
- L.R. Betterman, C. Ouyang,t, S.P., (1995). *Shah, Fiber-matrix interaction in microfiberreinforced mortar*, *Adv. Cem. Based Mater.* 2, 53–61.
- Mavioğlu, Ü.A., (2011). *Farklı Puzolanlık Katkıları İle Hazırlanan Horasan Harçlarının Değişen Parametrelerinin İncelenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Moropoulou, A., Bakolas, A., Bisbikou, K., (2000). Investigation of the technology of historic mortars. *Journal of Cultural Heritage* (Vol.1), 45-58.
- Swamy R.N., (1975). *Fiber reinforcement of cement and concrete, Evaluation of fiberreinforced cement based composites*, 19-FRC committee, *Matériaux et Const.* 8 (45) 235–255.
- Satongar, L., (1994). *İstanbul Şehir Surları Horasan Harçları Üzerine Bir Arastırma*. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sivakumar A., Manu Santhanam, (2007). *Mechanical properties of high strength concrete reinforced with metallic and non-metallic fibers*, *Cem. Concr. Compos.* 29 603–608.
- Tarihi kalıntı için Bakanlıktan onay alındı. (2018, 22 Aralık)
<https://www.kocaeligazetesi.com.tr/haber/1458905/tarihi-kalinti-icin-bakanliktan-onay-alindi>

Tarihi Yapı Onarım ve Güçlendirme Rehberi, (2007). *BASF*, s. 7.

Tarihi Yapı Onarım ve Güçlendirme Rehberi, (2007). *BASF*, s. 10.

Uğurlu, E., Böke, H., (2006). Osmanlı dönemi hamam yapılarında kullanılan horasan sıvaların özellikleri. 3. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi*, s. 585-596, TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Subesi, İstanbul.

Ünay, A. İ., (2002). Tarihi yapıların depreme dayanımı, s 1.

Ünay, A.İ., (2002)., Tarihi Yapıların Depreme Dayanımı, s 4.

Yılmaz, E., (2014), Tarihi yapıların sağlamlık sırrı. Erişim Tarihi: 21 Ocak 2019, <http://www.arkitera.com/haber/19363/tarihi-binolarin-saglamlik-sirri>

Uğurlu, E., Böke, H., (2010). Koruma amaçlı üretilecek horasan harç ve sıvalarda kullanılacak kirecin ve tuğlaların özellikleri. 5. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi* (s. 385-396), TBMM Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Subesi, İstanbul.

Uğurlu, E., Böke, H., (2006). Osmanlı dönemi hamam yapılarında kullanılan horasan sıvaların özellikleri. 3. *Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi* (s. 585-596), TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Subesi, İstanbul.

Yazıcı, H., Beton Basınç Dayanımı, Yapı Malzemesi 2 Ders Notu, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.

Yazıcı, H., Sertleşmiş Betonun Diğer Özellikleri, Yapı Malzemesi 2 Ders Notu, Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.

Url-1 <www.kompozitshop.com> *Cam Lifi*, Erişim Tarihi: 28 Mart 2019.

Url-2 <<http://www.styronit.com.tr/horasan-sty-hrsn/>> Horasan STY, Erişim Tarihi: 1 Kasım 2018.

Url-3 <<https://camkumu.com/urun/cam-elyaf-12mm/>> Erişim Tarihi: 8 Mayıs 2019.

Url-4 <mermersanat.com> Erişim Tarihi: 15 Mayıs 2019

Url-5 <<http://www.parexgroup.com.tr/product/show/555/890>> Erişim Tarihi: 9 Nisan 2019.

Url-6 <<http://gezmekguzelsey.com/tar-bulut-selalesi-zil-kale-palovit-selalesi/>> Erişim Tarihi: 2 Nisan 2019.

Url-7 <<https://anadoluiimages.com/p/11444552>> Erişim Tarihi:21 Ocak 2019.

Url-8 <<http://www.akademikmiras.org/tr/bilim-merkezi/8/yunus-nebi-kulliyesi-ve-kutuphanesi-musul>> Erişim Tarihi:21 Ocak 2019.

ÖZGEÇMİŞ

Mesut Cinemre, 24.05.1989 tarihinde Kocaeli’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli’de tamamladı. 2007 yılında İzmit Cahit Elginkan Anadolu Lisesi’nden mezun oldu. Aynı yıl başladığı Anadolu Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nü 2011 yılında bitirdi. Kısa bir özel sektör kariyerinin ardından 2012 yılında Kültür ve Turizm Bakanlığı Kocaeli Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü’nde göreve başladı. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitime başladı. Halen Kültür ve Turizm Bakanlığı Kocaeli Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü’ndeki görevine devam etmektedir.