

**T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**LİF KATKILI KERPIÇ MALZEMENİN DAYANIMI VE
DENEYSEL ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Tezi Hazırlayan
Fatih DAŞTAN**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi ERTAN SÜLEV**

Yüksek Lisans Tezi

**Nisan 2025
KAYSERİ**

**T.C.
NUH NACİ YAZGAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**LİF KATKILI KERPIÇ MALZEMENİN DAYANIMI VE
DENEYSEL ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Tezi Hazırlayan
Fatih DAŞTAN**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi ERTAN SÜLEV**

Yüksek Lisans Tezi

**Nisan 2025
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Fatih DAŞTAN

İmza

(Faint, stylized signature watermark)

YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Lif Katkılı Kerpiç Malzemenin Dayanımı ve Deneysel Araştırılması” adlı Yüksek Lisans tezi, Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Lisansüstü Tez Yazım Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Fatih DAŞTAN

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Ertan SÜLEV



KABUL VE ONAY SAYFASI

Dr. Öğr. Üyesi Ertan SÜLEV danışmanlığında **Fatih DAŞTAN** tarafından hazırlanan “**Lif Katkılı Kerpiç Malzemenin Dayanımı ve Deneysel Araştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Nuh Naci Yazgan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

.

28/04/2025

JÜRİ:

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ertan SÜLEV

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şaban Suat ÖZSARIYILDIZ

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Anıl DİNDAR

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Kurulunun/...../..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Burcu ORALHAN
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Bu tezi yazmamda yardımcı olan ve benden desteğini esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr.Üyesi Ertan SÜLEV'e teşekkür ederim .

Hayatım boyunca bana verdikleri destekle her daim yanımda olan, emeklerini asla karşılayamayacağım aileme ve bu süreç boyunca yanımda olup moral kaynağım olan değerli eşim Gönül DAŞTAN'a içtenlikle teşekkür ederim.

Tez kapsamında kalıp yapım işlerinde yardımcı olan Koçak Mutfak ' a teşekkür ederim.
(Kayseri, Nisan 2025)

Fatih DAŞTAN



LİF KATKILI KERPİÇ MALZEMENİN DAYANIMI VE DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

Fatih DAŞTAN

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Nisan 2025

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ertan SÜLEV

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, kerpicein yapı sektöründe kullanımını artırmaktır. Bu nedenle, kerpiç elemanlarının dayanıklılığını artırmak için killi toprakla birlikte su, kireç, alçı, küfeki tozu, nişasta, melas, mikro fiber, karbon fiber, agregası, hidrolik kireç ve seramik yünü gibi çeşitli malzemeler kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda, farklı karışımların killi toprakla etkileşimi ve mekanik dayanım üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneylerde killi toprak ile alçının güçlü yapışması sayesinde bu karışımın dayanıklılığı artmıştır. Su oranları değiştirilerek suyun dayanım üzerindeki etkileri gözlemlenmiş ve su miktarının artışının dayanıklılığı azalttığı belirlenmiştir. Alçı ve kireç yerine hidrolik kireç kullanıldığında, hidrolik kireç ile killi toprağın uyumsuzluğu nedeniyle toprağın ayrılarak dayanımın azaldığı gözlenmiştir. Küfeki tozu ve agregası eklenen karışımın dayanıklılığı artırdığı tespit edilmiştir. Numune boyutları büyütülmüş ve atık ürünler eklenmiş; bu atık katkıların da olumlu etkileri olduğu görülmüştür. Ayrıca, şekil faktöründen kaynaklanan dayanım farklılıkları da kaydedilmiştir. Atık ürünlerin yoğunluğu artırıldığında; en yüksek basınç dayanımı karbon fiber katkılı karışımda elde edilmiştir. Son olarak, en yüksek dayanımı gösteren karbon fiber ve mikro fiber katkılı karışımlarla 10×10×50 cm boyutlarında kiriş numuneleri hazırlanmış ve eğilme dayanım testleri yapılmıştır. Sonuçlar, mikro fiber katkılı karışımın düşük yoğunluğuna rağmen, karbon fiberden daha yüksek eğilme dayanımı sağladığını göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Kerpiç, Basınç ve Eğilme Dayanımı, Killi Toprak, Atık Malzeme

STRENGTH AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF FIBER REINFORCED MUDBRICK MATERIAL

Fatih DASTAN

Nuh Naci Yazgan University, Institute of Graduate Studies

Master of Science (M. Sc.) Thesis, April 2025

Supervisor: Asst. Prof. Ertan SÜLEV

ABSTRACT

The aim of this study is to increase the use of adobe in the construction industry. For this reason, various materials such as clay soil, water, lime, gypsum, pumice powder, starch, molasses, microfiber, carbon fiber, aggregate, hydraulic lime, and ceramic wool were used to increase the durability of adobe elements. In the experimental studies, the interaction of different mixtures with clay soil and their effects on mechanical strength were investigated. In the experiments, the strength of the mixture increased due to the strong adhesion between clay soil and gypsum. The effects of water on strength were observed by varying the water content, and it was determined that an increase in water content reduced strength. When hydraulic lime was used instead of gypsum and lime, it was observed that the soil separated due to the incompatibility between hydraulic lime and clay soil, resulting in reduced strength. It was found that the addition of fly ash and aggregate increased the strength of the mixture. Sample sizes were increased, and waste products were added; the positive effects of these waste additives were also observed. Additionally, strength differences caused by shape factors were recorded. When the density of waste products was increased, the highest compressive strength was achieved in the carbon fiber-reinforced mixture. Finally, beam samples of 10×10×50 cm dimensions were prepared using the carbon fiber and microfiber-reinforced mixtures that exhibited the highest strength, and bending strength tests were conducted. The results showed that, despite its low density, the microfiber-reinforced mixture provided higher bending strength than the carbon fiber mixture.

Keywords: Adobe, Compressive and Flexural Strength, Clay Soil, Waste Material

İÇİNDEKİLER

LİF KATKILI KERPİÇ MALZEMENİN DAYANIMI VE DENEYSEL ARAŞTIRILMASI

Sayfa

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI.....	ii
KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv

1. BÖLÜM: GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Giriş	1
1.2. Kerpicingin Avantaj ve Dezavantajları.....	5
1.3. Literatür Değerlendirilmesi.....	8

2. BÖLÜM: TEORİK ÇALIŞMA

2.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler	26
2.1.1. Kırmızı Killi Toprak	26
2.1.2. Alçı.....	28
2.1.3. Kireç.....	29
2.1.4. Su	31
2.1.5. Nişasta	33
2.1.6. Şeker Melası.....	35
2.1.7. Polimer Lif	36
2.1.8. Elenmiş Küfeki Tozu	38
2.1.9. Hidrolik Kireç	40
2.1.10. Karbonfiber Lif	42
2.1.11. Taşyünü Atığı.....	43

2.1.12. Agrega.....	44
2.1.13 Beton Parçaları.....	45
2.1.14. Seramik Yünü	45
2.2. Deneyde Kullanılan Araçlar	47
2.2.1. Hassas Tartı.....	47
2.2.2. Sıvı Ölçeği.....	48
2.2.3. Şaşıla	48
2.2.4. Karıştırma Kabı (Plastik)	49
2.2.5. Kestirme Fırça.....	50
2.2.6. İş Eldiveni	50
2.2.7. Karıştırıcı Uç.....	51

3. BÖLÜM: DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Toprak Temini	52
3.1.1. Toprak Nakliyesi.....	52
3.1.2. Toprak Kurutulması	53
3.1.3. Toprak Analizi	54
3.1.4. Özgül Ağırlık ve Su Emme Deneyi	54
3.1.5. Toprak Elek Analizi	56
3.1.6. Karışım Malzemesinin Tartılması.....	57
3.1.7. Malzemelerin Karıştırılması	58
3.1.8. Kalıp Ölçü ve Yağlama.....	58
3.1.9. Kalıplara Hazırlanmış Numuneler	59
3.1.10. Numune Kırılması.....	60
3.2. Deneyin Yapılması	62
3.2.1. Birinci Deney	63
3.2.1.1. Birinci Deney Sonuçları	75
3.2.2. İkinci Deney	79
3.2.2.1. İkinci Deney Sonuçları	80
3.2.3. Üçüncü Deney.....	82
3.2.3.1. Üçüncü Deney Sonuçları	83
3.2.4. Dördüncü Deney	85
3.2.4.1. Dördüncü Deney Sonuçları	89

3.2.5. Beşinci Deney	93
3.2.5.1. Beşinci Deney Sonuçları	95
3.2.5.2. Atık Beton Parça Deneyi	96
3.2.6. Altıncı Deney	98
3.2.6.1. Altıncı Deney Sonuçları	98
3.2.7. Yedinci Deney.....	100
3.2.7.1. Yedinci Deney Sonuçları.....	100

4. BÖLÜM: SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar	103
4.2. Öneriler	104

KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	111

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Açıklama</u>	<u>Birimi</u>
%	Yüzde İşareti	
MM	Milimetre	MM
GR	Gram	GR
L	Litre	L
CM	Santimetre	CM
CM ²	Santimetre Kare	CM ²
CM ³	Santimetre Küp	CM ³
J	Joule	CAL
K	Kelvin	K
MMHG	Milimetre CİVA	
GR/MOL	Gram/Mol	
GPA	Gigapascal	GPA
μM	Mikrometre	
CA	Kalsiyum	
FE	Demir	
SI	Silisyum	
O	Oksijen	
S	Kükürt	
H	Hidrojen	
NA	Sodyum	
MG	Magnezyum	
μG	Mikrogram	
°K	Kuzey	
°D	Doğu	
KG	Kilogram	
KGF	Kilogram Kuvvet	
N	Newton	
S	Saniye	
KN	Kilonewton	
A-M-S	Melashlı Nişastalı Kerpiç	
A-M	Melashlı Kerpiç	

A-M-RW	Melashlı Taş Yünü Atıklı Kerpiç
A-M-MFW	Melashlı Mikrofiberli Kerpiç
A-M-CFRPW	Melashlı Karbonfiberli Kerpiç
A-NON M	Melassız Kerpiç



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Kerpiç yapımı için toprak sınıflandırması	5
Tablo 2. Killi toprağın kimyasal özelliklerini	27
Tablo 3. Alçının kimyasal özellikleri	28
Tablo 4. Kireç kimyasal özellikleri	30
Tablo 5. Suyun kimyasal özellikleri	32
Tablo 6. Toprak numune hazırlamak için kullanılan su	33
Tablo 7. Nişastanın kimyasal özellikleri	34
Tablo 8. Şeker melasının kimyasal özellikleri	35
Tablo 9. Polimer lifin kimyasal özellikleri	37
Tablo 10. Polimer lifin özellikleri	38
Tablo 11. Elenmiş küfeki tozu kimyasal özellikleri	39
Tablo 12. Hidrolik kireç kimyasal özellikleri	41
Tablo 13. Karbon fiber kimyasal özellikleri	42
Tablo 14. Taşyünü kimyasal özellikleri	43
Tablo 15. Seramik kimyasal özellikleri	46
Tablo 16. Elek analiz sonuçları	57
Tablo 17. 1. Deney ilk reçetede malzeme oranları	63
Tablo 18. 1.Deney 2.reçetede malzeme oranları	64
Tablo 19. 1.Deney 3.reçetede malzeme oranları	65
Tablo 20. 1.Deney 4.reçetede malzeme oranları	66
Tablo 21. 1.Deney 5.reçetede malzeme oranları	67
Tablo 22. 1.Deney 6. reçetede malzeme oranları	68
Tablo 23. 1.Deney 7. reçetede malzeme oranları	69
Tablo 24. 1.Deney 8. reçetede malzeme oranları	70
Tablo 25. 1.Deney 9. reçetede malzeme oranları	71
Tablo 26. 1.Deney 10. reçetede malzeme oranları	72
Tablo 27. 1.Deney 11. reçetede malzeme oranları	73
Tablo 28. 1.Deney 12. reçetede malzeme oranları	74
Tablo 29. 1. Deney sonuçları	75
Tablo 30. 4. ve 9. Deney karşılaştırması	77
Tablo 31. İkinci deney 1. reçetesi	80
Tablo 32. İkinci deney 2. reçetesi	80

Tablo 33. İkinci deney sonuçları.....	80
Tablo 34. Üçüncü deney reçeteleri.....	82
Tablo 35. Üçüncü deney sonuçları.....	83
Tablo 36. Dördüncü deney reçeteleri	86
Tablo 37. Dördüncü deney reçeteleri	87
Tablo 38. Dördüncü deney reçeteleri	87
Tablo 39. Dördüncü deney reçeteleri	87
Tablo 40. Dördüncü deney K1 demeyi 7-15 kırım sonucu.....	89
Tablo 41. Dördüncü deney K2 demeyi 7-15 kırım sonucu.....	89
Tablo 42. Dördüncü deney K3 demeyi 7-15 kırım sonucu.....	90
Tablo 43. Dördüncü deney K4 demeyi 7-15 kırım sonucu.....	91
Tablo 44. Dördüncü deney K5 demeyi 7-15 kırım sonucu.....	91
Tablo 45. Dördüncü deney K6 demeyi 7-15 kırım sonucu.....	92
Tablo 46. Dördüncü deney K7 demeyi 7-15 kırım sonucu.....	92
Tablo 47. Beşinci deney sonuçları	95
Tablo 48. Atık beton deneyi sonuçları	97
Tablo 49. Altıncı deney sonuçları	98
Tablo 50. Yedinci deney sonuçları.....	100

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Çayönü	1
Şekil 2.	Degoran Camii	2
Şekil 3.	Yahyalı Zile’de kerpiçten yapılmış ev	2
Şekil 4.	Kerpiçten yapılmış taşlar	3
Şekil 5.	Güneşte kurutulan kerpiç numune	4
Şekil 6.	Kerpiğin kalıp blokları	7
Şekil 7.	TS 2514’de yer alan kerpiç kalıp örneği b) Uygulamalı kerpiç kalıp	8
Şekil 8.	5K1-56 Numunesinin 2saat 08 dakika sonraki fotoğrafı	9
şekil 9.	Numunelerin basınç değerlerinin ölçülmesi	11
Şekil 10.	Test numuneleri	13
Şekil 11.	Kerpiç küp numuneler	15
Şekil 12.	Kerpiç türüne göre en yaygın kullanım alanları	16
Şekil 13.	Toprak tuğlaların katkı maddesi kullanılmadan kırılma işlemi.	17
Şekil 14.	Atık cam tozu.....	18
Şekil 15.	Elastisite deneyi düzeneği.....	19
Şekil 16.	Killi toprak kalıp yerleşimi	22
Şekil 17.	Kırmızı killi toprak	27
Şekil 18.	Deneyde kullanılan alçı	29
Şekil 19.	Deneyde kullanılan kireç	31
Şekil 20.	Kayseri şebeke suyu.....	33
Şekil 21.	Nişasta.....	35
Şekil 22.	Şeker melası.....	36
Şekil 23.	Polimer lif	38
Şekil 24.	Elenmiş küfeki tozu	40
Şekil 25.	Hidrolik kireç	41
Şekil 26.	Karbonfiber kumaş	43
Şekil 27.	Taş yünü atığı	44
Şekil 28.	Deneyde kullanılan agrega.....	44
Şekil 29.	Atık beton küpleri ve beton parçaları	45
Şekil 30.	Seramik yünü	46
Şekil 31.	Hassas tartı.....	47

Şekil 32. Sıvı ölçeği	48
Şekil 33. Şaşıla	49
Şekil 34. Karıştırma kabı	49
Şekil 35. Kestirme fırçası.....	50
Şekil 36. İş eldiveni.....	50
Şekil 37. Karıştırıcı Uç.....	51
Şekil 38. Kırmızı killi toprak	52
Şekil 39. Killi toprak laboratuvara taşınması.....	53
Şekil 40. Killi toprağın kurutulması.....	53
Şekil 41. Deney esnasında kullanılan toprak numunenin analiz grafiği	54
Şekil 42. Deney esnasında kullanılan toprak numunenin analizi.....	55
Şekil 43. Deney esnasında kullanılan toprak numunenin özet sonucu	56
Şekil 44. Elek analizi	56
Şekil 45. Hassas terazi	57
Şekil 46. Malzemelerin karıştırılması	58
Şekil 47. Numuler için kaplar	58
Şekil 48. Deney numuneleri.....	59
Şekil 49. Deney numunelerin kurutulması.....	59
Şekil 50. Pres makinesinde numune yerleşimi.....	60
Şekil 51. Dayanım okuma cihazı	60
Şekil 52. Basınç dayanım cihaz ana ekranı:.....	61
Şekil 53. Deney sonucunun ekran görüntüsü.....	61
Şekil 54. Deney esnasında numune	62
Şekil 55. 1. Reçetenin grafik gösterimi.....	63
Şekil 56. 2. Reçetenin grafik gösterimi.....	64
Şekil 57. 3.Reçetenin grafik gösterimi.....	65
Şekil 58. 4. Reçetenin grafik gösterimi.....	66
Şekil 59. 5. Reçetenin grafik gösterimi.....	67
Şekil 60. 6.Reçetenin grafik gösterimi.....	68
Şekil 61. 7.Reçetenin grafik gösterimi.....	69
Şekil 62. 8.Reçetenin grafik gösterimi.....	70
Şekil 63. 9.Reçetenin grafik gösterimi.....	71
Şekil 64. 10. Reçetenin grafik gösterimi.....	72
Şekil 65. 11. Reçetenin grafik gösterimi.....	73

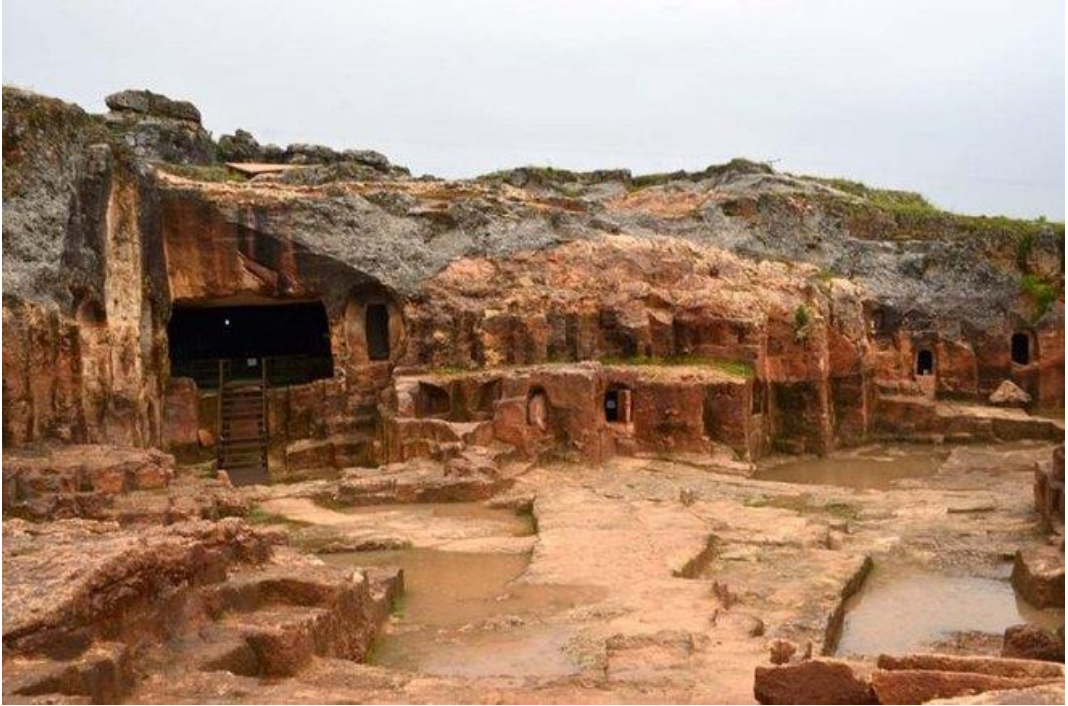
Şekil 66.	12.Reçetenin grafik gösterimi.....	74
Şekil 67.	1.Deney sonuçlarının grafiği.....	76
Şekil 68.	4. reçetenin dayanım testi sonuçları.....	76
Şekil 69.	9. reçetenin dayanım testi sonuçları.....	77
Şekil 70.	2. Deney sonuçları basınç dayanım grafiği.....	81
Şekil 71.	2. deney en yüksek dayanım	81
Şekil 72.	3. Deney sonuçlarının basınç dayanım grafiği.....	83
Şekil 73.	Üçüncü deney H1 sonuç grafiği.....	84
Şekil 74.	Üçüncü deney H2 sonuç grafiği.....	84
Şekil 75.	Üçüncü deney H3 sonuç grafiği.....	85
Şekil 76.	Dördüncü deney numuneleri:.....	88
Şekil 77.	Dördüncü deney numuneleri:.....	88
Şekil 78.	Dördüncü deney K1 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği	89
Şekil 79.	Dördüncü deney K2 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği	90
Şekil 80.	Dördüncü deney K3 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği	90
Şekil 81.	Dördüncü deney K4 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği	91
Şekil 82.	Dördüncü deney K5 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği	92
Şekil 83.	Beşinci deney numuneleri.....	93
Şekil 84.	Beşinci deney numune kırımı	94
Şekil 85.	Beşinci deney sonuç grafiği.....	95
Şekil 86.	Beşinci deney sonuç ekranı.....	96
Şekil 87.	Beton parçalarının elekten geçirilme işlemi	96
Şekil 88.	Atık beton deney sonuç grafiği.....	97
Şekil 89.	Atık beton parça deneyinin kırım ekran sonucu	97
Şekil 90.	Altıncı deney numuneleri.....	98
Şekil 91.	Altıncı deney sonuç grafiği.....	99
Şekil 92.	Altıncı deney sonuç ekranı	99
Şekil 93.	Yedinci deney numuneleri	100
Şekil 94.	Yedinci deney sonuçları yük grafiği.....	101
Şekil 95.	Yedinci deney sonuçları gerilme grafiği.....	101
Şekil 96.	Yedinci deney kırım testi	102
Şekil 97.	Yedinci deney sonuç ekranı.....	102
Şekil 98.	Yedinci deney kırım sonucundaki numuneler	102

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Giriş

Toprak, asırlardır dünyanın her bölgesinde insanların barınma ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan bir yapı malzemesi olmuştur. Yapılan araştırmalar, ilk toprak yapıların Neolitik dönemin sonlarına doğru ortaya çıktığını göstermektedir. Başlangıçta, toprak, çatkı kulübelerinin dış yüzeyini sıvamak amacıyla kullanılmıştır. Ancak zamanla toprak, su ile karıştırılarak blok kalıplara dökülmüş ve bu yöntem, insan bilgisi ve becerisinin artmasıyla gelişmiştir. İlerleyen süreçte, kalıpların güneşte kurutulması ya da hazırlanan çamur harcına ot, saz ve benzeri bitkisel materyallerin eklenmesiyle daha dayanıklı bloklar üretilmiş ve bu bloklarla barınma alanları, ibadet yerleri gibi çeşitli yaşam alanları inşa edilmiştir. Çoğunlukla, harçla üretilen blokların kullanıldığı kerpiç yapılar yaygın olmakla birlikte, farklı üretim teknikleriyle inşa edilen kerpiç yapılara da rastlanmaktadır. Kerpiç yapı olarak bilinen Çayönü, Degoran camii bunlara örnektir.



Şekil 1. Çayönü



Şekil 2. Degoran Camii

Kerpiç, temel bileşenleri toprak, su ve organik maddeler (genellikle saman) olan, doğal bir inşaat malzemesidir. Bu bileşenler karıştırılarak homojen bir kütle elde edilir ve ardından belirli bir süre kurutularak şekillendirilmiş bloklar veya tuğlalar haline getirilir. Kerpiç, genellikle kırsal alanlarda geleneksel yapıların inşasında kullanılmaktadır. Yapı malzemesi olarak, yüksek ısı yalıtım kapasitesine sahip olup, sıcak iklimlerde iç mekanları serin tutmaya, soğuk iklimlerde ise ısıyı muhafaza etmeye olanak sağlar. Ayrıca, kerpiç duvarlar, havadaki nemi emme ve salma yeteneği sayesinde iç ortamda nem dengesinin sağlanmasına katkıda bulunur. Modern yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığında, kerpiç yapılar daha düşük mekanik dayanıklılığa sahip olabilir; ancak çevresel sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği açısından avantajlar sunar.



Şekil 3. Yahyalı Zile’de Kerpiçten Yapılmış Ev

Kerpiç, doğal malzemelerin (kil, su, kum, saman vb.) belirli oranlarda karıştırılarak oluşturulan bir yapı malzemesidir ve özellikle geleneksel inşaat uygulamalarında kullanımı yaygındır. Bu malzemenin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Kerpiç, tamamen doğal bileşenlerden üretilir ve kimyasal katkı maddeleri içermez, bu nedenle çevresel etkisi düşüktür ve doğa ve çevre dostudur. Ayrıca, üretim süreci enerji tüketimi bakımından diğer yapı malzemelerine kıyasla daha az kaynak tüketir, dolayısıyla sürdürülebilir bir inşaat alternatifi olarak öne çıkar.

Kerpiç, yüksek termal kütlesi sayesinde ısıyı depolama kapasitesine sahiptir. Bu özellik, yaz aylarında iç mekanın serin tutulmasına ve kış aylarında ise sıcaklık dengesinin korunmasına yardımcı olur. Bu sayede, enerji tüketimi azaltılarak iklimlendirme sistemlerinin yükü hafifletilebilir, özellikle sıcak iklimlerde enerji tasarrufu sağlar.



Şekil 4. Kerpiçten Yapılmış Taşlar

Kerpiç, higroskopik bir malzeme olup nemi emip salma kapasitesine sahiptir. Bu özellik, iç mekanlarda nem dengesini koruyarak hava kalitesini iyileştirir ve kondensasyon (yoğuşma) ile ilişkili sorunları (örneğin küf ve kötü koku oluşumu) engeller.

Kerpiç, uygun inşa teknikleri ve doğru çevresel koşullar altında uzun ömürlü olabilir. Özellikle kurak iklimlerde, doğru yapıldığında kerpiç yapılar, aşırı sıcaklıklara ve düşük nem seviyelerine karşı dayanıklı hale gelir. Ancak, su geçirmeyen özellikleri sınırlı olup, yoğun yağış ve yüksek nem oranlarına sahip bölgelerde, kerpiç yapıların suya karşı hassasiyeti artabilir.

Kerpiç, ses iletimi konusunda belirli bir dereceye kadar yalıtım sağlar. Bu malzemenin yoğunluğu ve yapısı, ses dalgalarının yayılmasını engelleyebilir ve bu sayede iç mekanlarda ses yalıtımı sağlar, gürültü seviyesini azaltır.



Şekil 5. Güneşte Kurutulan Kerpiç Numune

Kerpiç, doğal yapısı ve geleneksel görünümü ile estetik açıdan yüksek bir değere sahiptir. Kırsal alanlarda ve tarihi yapılarla uyumlu bir malzeme olması, geleneksel inşaat tekniklerinin sürdürülmesine olanak tanır. Kerpiç duvarlar, özellikle organik ve tarihi yapı estetiği arayan projelerde tercih edilmektedir.

Kerpiç, yerel malzemelerle üretilmesi ve iş gücü açısından düşük maliyetler sunmasıyla ekonomik açıdan avantaj sağlar. Ayrıca, kerpiç yapıların inşasında kullanılan ekipman ve teknolojik gereksinimler sınırlıdır, bu da inşaat maliyetlerini düşürür.

Kerpiç üretiminde kullanılacak toprak, belirli bir kil oranına sahip olmalıdır. Bu oran, toprak için ne fazla killi ne de fazla kumlu olmasını gerektirir. Toprağın içeriğinde aşırı ince malzeme bulunması, kerpiçte büzülme ve çatlama gibi olumsuz etkiler yaratabilir. Öte yandan, toprakta fazla kum bulunması, kil miktarının azalması nedeniyle taneler arasındaki bağlanma gücünü zayıflatır. İdeal kerpiç toprağı, kil, silt ve kum karışımından oluşmalıdır. Ayrıca, toprak bünyesinde yer alan kumun, hem kaba hem de ince kum içermesi istenmektedir. Farklı araştırmalar, kerpiç için ideal karışım oranlarının çeşitli aralıklarda değişebileceğini belirtmiştir. Çoğu çalışmada, kil oranı %25-35 arasında, kum oranı ise %50-75 arasında değişmektedir. Türk Standardı TS 2514'e göre [1], kerpiç toprağı %20-70 arasında kil içermeli olup, en uygun kil oranı %30-40 arasında önerilmektedir.

Tablo 1. Kerpiç Yapımı İçin Toprak Sınıflandırması

Toprak Sınıfı	Çap Büyüklüğü (mm)
Kil	0-0,002
Silt	0,002-0,060
Kum	0,060-2
Çakıl	>2

Kerpiç, uygun tekniklerle inşa edildiğinde, yapıların stabilitesini artırabilir. Bu malzeme, belirli koşullar altında, özellikle deprem gibi doğal afetlere karşı yapısal güvenliği artırabilir. Ancak, kerpiç yapılar yalnızca doğru inşaat yöntemleriyle güvenli hale getirilebilir, bu nedenle yapı tasarımında dikkatli olunması gerekmektedir.

Sonuç olarak kerpiç, çevre dostu, dayanıklı, enerji verimli ve ekonomik bir yapı malzemesidir. Ayrıca estetik değeri ve geleneksel inşaat tekniklerine olan uygunluğu ile öne çıkar. Ancak, özellikle yüksek nem oranına sahip bölgelerde kerpiğin kullanımı sınırlı olabilir ve uygun inşaat yöntemlerine dikkat edilmesi gerekmektedir.

1.2. Kerpicin Avantaj ve Dezavantajları

Tüm yapı malzemelerinde olduğu gibi, kerpiç yapı malzemesinin de kullanımına dair avantajlar ve dezavantajlar bulunmaktadır.

Avantajları:

Doğal ve Yenilenebilir Kaynak: Kerpiç, yerel olarak temin edilebilen doğal malzemelerden üretilir, bu da çevresel sürdürülebilirliği artırır ve biyolojik olarak yenilenebilir bir yapı malzemesi sağlar.

Termal Yalıtım Özellikleri: Kerpiç, düşük termal iletkenlik katsayısına sahip olup, ısı transferini sınırlandırarak binalarda iç ortam sıcaklıklarının düzenlenmesine yardımcı olur ve böylece enerji verimliliğini artırır.

Nem Dengeleyici Özellik: Kerpiç, higroskopik bir malzeme olarak iç mekanlardaki nem seviyesini dengeleyerek, mikroklima üzerinde olumlu etkiler yaratır ve yapıların uzun ömürlü olmasını sağlar.

Ses Yalıtımı: Kerpiç, akustik özellikleri sayesinde ses dalgalarını emme ve yansıtma kapasitesine sahip olup, böylece ses yalıtımını geliştirir ve çevresel gürültü seviyelerini düşürür.

Ekonomik Maliyet: Kerpiç, düşük maliyetli yerel hammaddelerle üretilir ve üretim sürecinde düşük enerji tüketimi gerektirir, bu da toplam inşaat maliyetlerinin azalmasına katkıda bulunur.

Çevresel Etki Azlığı: Kerpiç, üretimi sırasında minimum enerji tüketimi gerektirir ve çevresel etkileri oldukça düşüktür, bu özellikleriyle çevre dostu bir yapı malzemesi olarak öne çıkar.

Estetik ve Geleneksel Değer: Kerpiç, doğal estetik özellikler sunar ve ekolojik tasarımlar ile geleneksel mimari uygulamalarda estetik açıdan değer taşır.

Dezavantajları;

Düşük Dayanıklılık: Kerpiç, su, nem ve aşırı hava koşullarına karşı düşük dayanıklılığa sahiptir. Özellikle yüksek nem ve yağış alan bölgelerde, kerpiç yapıların uzun ömürlü olması zorlaşabilir. Su ile temas halinde, yapı malzemesi mekanik olarak zayıflayarak bozulabilir.

Düşük Mekanik Dayanıklılık: Kerpiç, genellikle düşük mekanik dayanıklılık sergiler. Bu durum, büyük yapıların inşasında veya yüksek binalarda kullanılmasını sınırlandırabilir. Ayrıca, deprem gibi doğal afetlere karşı da kerpiç yapıların dayanıklılığı sınırlıdır.

Yalıtım Sorunları: Kerpiç, ısı yalıtımı sağlamakla birlikte, su yalıtımı konusunda verimsizdir. Su buharı geçişine karşı düşük direnç gösterdiğinden, iç mekanlarda nem birikmesine yol açabilir.

Zamanla Bozulma: Kerpiç yapıların bakımı, özellikle dış etkenlere maruz kaldıklarında daha sık gereklidir. Yağmur, rüzgar ve güneş gibi çevresel faktörler kerpiç yapıların bozulmasına neden olabilir.

Yüksek İşçilik Gereksinimi: Kerpiç, geleneksel yapım teknikleri gerektirdiği için işçilik gereksinimi yüksektir. Bu durum, modern inşaat yöntemlerinde kerpiğin tercih edilmemesine yol açabilir.

Sınırlı Kullanım Alanı: Kerpiç, genellikle küçük yapılar ve geleneksel inşaatlarda kullanılmakta olup, modern inşaat projelerinde sınırlı dayanıklılığı ve büyük yapıların inşasında uygun olmaması nedeniyle kullanım alanı daralmaktadır.

Çökme Riski: Kerpiç, uzun süreli kullanımda zemin düzensizlikleri veya zayıf temeller gibi etkenler nedeniyle zamanla çökme riski taşır. Bu, yapının sağlamlığını tehlikeye atabilir.



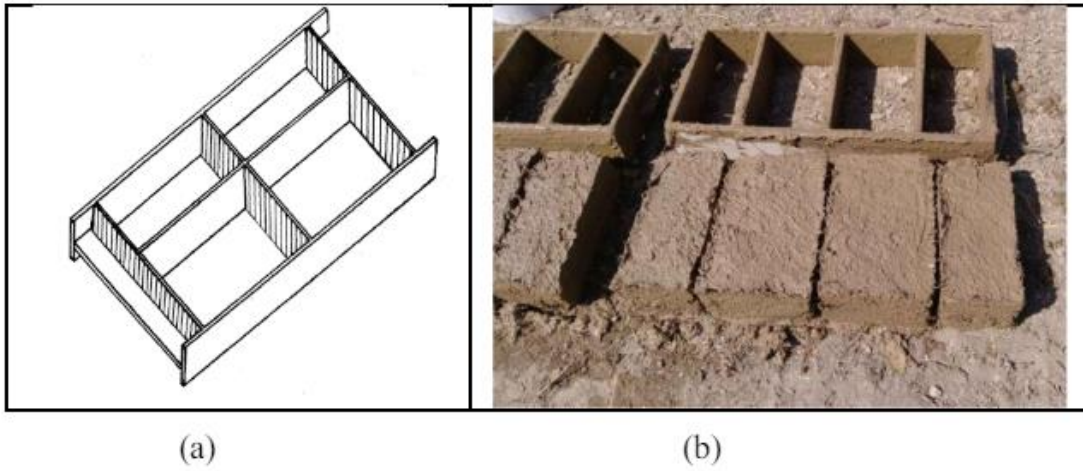
Şekil 6. Kerpiğin Kalıp Blokları

Kerpiç bloklar düşük maliyetli, kolayca bulunabilen, termal ve akustik özelliklere sahip bir yapı malzemesidir. Yurdumuzda ne kadar kerpiç veya toprak konut bulunduğu, tam olarak bilinmemektedir. Ancak yapılan araştırmalara göre Yurdumuzda kırsal alanlardaki kerpiç bina oranı yaklaşık % 50'ye ulaşmaktadır. Büyük olasılıkla bu yapıların neredeyse tamamı geleneksel yöntemlerle inşa edilmiş ve herhangi bir standarda veya yönetmeliğe uygun olarak inşa edilmemiştir. Kerpiç binaların temel sakıncası, betonarme yapılar gibi diğer yapı türlerine göre deprem, sel gibi doğal afetlere dayanıklı olmamalarıdır. İnşaat çevre dostu ve ekonomik olduğu için kerpiç binalar insanlar tarafından inşa edilir. Tez kapsamında bu konu üzerinde çalışmalar yapılarak fayda dayanım performansı değerlendirilecektir.

1.3. Literatür Değerlendirilmesi

Literatürde kerpiç blok dayanımı ile tezler araştırılmış ve değerlendirilmiştir. Aşağıda kerpiç ile ilgili yapılan çalışmalar mevcuttur.

Teloğlu Yavaş [2], Kerpiç çamuru, killi toprağın saman veya diğer bitkisel lifler kullanılarak belirli miktarda karıştırılıp su ile yoğurulmasıyla elde edilir. Ardından ahşap kalıplara dökülerek kerpiç çamurlara şekil verilir. Kerpiç duvarlarda kurutulmuş kerpiç bloklar kullanılır. Malzeme harcı ahşap kalıplara yerleştirip güneş altında kuruttuktan sonra kerpiç bloklar elde edilir.



Şekil 7. TS 2514’de yer alan kerpiç kalıp örneği b) Uygulamalı kerpiç kalıp

Kerpiç duvar yapımında kerpiçler arasında veya duvar yüzeyinde harç olarak kullanılmaktadır. Harç malzemesi, duvar yüzeyine veya kerpiç tuğlaların birleştirilmesi için harcın duvarla kolay dabte olması adına duvarlar ıslatılır. Duvar örülürken harcın ve duvar kalınlıklarının aynı oranda olmasına dikkat edilir. Duvar dayanımına katkı sağlanmış olur.

Zamankhani ve Arun [3], Kerpiç yığma yapılar, özellikle İran’ın kırsal bölgelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yapılar, genellikle blok halinde olup, binaların taşıyıcı ya da bölme duvarlarında kullanılmaktadır. Harç olarak da kerpiç harcı tercih edilmektedir. Geçmiş depremlerden elde edilen bilgilere göre, donatısız kerpiç yapıların deprem performansı genellikle zayıf olmuştur. Ancak bazı örnekler, deprem sırasında gerekli dayanımı göstermiş ve sismik davranışı kabul edilebilir düzeyde olmuştur.

Yığma yapıların deprem performansı üzerine yapılan incelemeler, yapının hasar görmesi ya da ayakta kalmasında en etkili yapı elemanının duvar olduğunu

göstermektedir. Duvarlar ayakta kaldığı sürece bina da ayakta kalabilmektedir. Bu çalışmada, kerpiç yığma duvarların sismik performansında etkili olan duvarın fiziksel özellikleri bir deprem bölgesinde araştırılmıştır. Amaç, duvarda oluşan hasarlar ile bina ve duvar özellikleri arasındaki bağlantıların irdelenmesi ve yapının deprem karşısında dayanımı için önemli etkin parametrelerin tespitidir.

Gül [4], Kerpiç, birçok üstün özelliğe sahip olmasına rağmen, suya karşı düşük direnç ve basınç dayanımı gibi zayıf yönleri sahiptir. Bu zayıf özelliklerin iyileştirilmesi amacıyla yapılan araştırmalar, kerpiç karışımına eklenen kireç, alçı, çimento, puzolan ve lif gibi katkıların malzemenin dayanım değerlerini artırdığını göstermektedir. Bu çalışmaların ortak bulgusu, kerpiç özelliklerinin ilave katkılarla geliştirilebileceğidir.

Bu çalışmanın amacı, kerpiç harcına cam elyaf ve hava sürükleyici katkıların etkilerini incelemektir. Bu doğrultuda, üretilen numuneler 28. ve 56. günlerde deneysel testlere tabi tutulmuştur. Belirtilen zaman dilimlerinde gerçekleştirilen basınç dayanımı testleri ve suya dayanıklılık deneyleri yapılmıştır. Elde edilen veriler, ilgili bağlantılar, çizelgeler ve grafiklerle sunulmuştur.

Çalışmada ayrıca üretilen kerpiç numunelerinin maliyet analizi yapılmış, kerpiç ve tuğla duvarların maliyetleri karşılaştırılmış ve kerpiç kullanımının sağladığı ekonomik kazanç belirlenmiştir. Çevre dostu ve ekonomik bir yapı malzemesi olan kerpiç, yapılan iyileştirmelerle daha verimli bir şekilde kullanılabilir hale getirildiği gösterilmiştir.



Şekil 8. 5K1-56 Numunesinin 2saat 08 dakika sonraki fotoğrafı

Tiryaki [5], Kerpiç, killi ve uygun nitelikte toprağın içine saman veya diğer bitkisel liflerin (saz türünden bitkiler, kaba ot, kenevir lifleri, kuru funda, çam iğneleri, ağaç dalları, testere ve rende talaşları) katılıp yeterli su ile yoğrularak harç kıvamına geldikten sonra kalıplanıp açık havada kurutulmasıyla elde edilen doğal bir yapı malzemesidir. Kerpiç oluşumunda temel yapı malzemesi olarak karışıma katılan toprak, çeşitli niteliklerdeki ögelerden oluşan bileşik bir malzemedir. Toprağın bünyesinde bulunan kum, toprağın iç iskeletini oluştururken, yapışkanlık özelliği olan kil ise bağlayıcı olarak görev yapmaktadır.

Kil, yapışkanlığı sebebiyle kerpiç içerisinde maksimum oranda ihtiyaç duyulan bir malzemedir. Ancak kilin su tutma özelliği nedeniyle hacim değişimine uğraması, malzeme içerisinde ciddi bozulmalara yol açabilir. Killi kerpiç toprağın kimyasal bileşimi alüminyum silikattır ve bünyesinde demir, magnezyum, titanoksit gibi çeşitli metal oksitler de bulunmaktadır.

Bu tanım, kerpiğin doğal ve çevre dostu bir yapı malzemesi olduğunu vurgulamaktadır. Kerpiğin dayanıklılığını artırmak için yapılan çalışmalar, bu malzemenin daha verimli ve uzun ömürlü kullanılmasını sağlamaktadır.

Gürfidan [6], Safranbolu evlerinde kullanılan harç ve sıva malzemelerinin özelliklerine uygun bir karışım elde etmek ve bu evlerde oluşan hasarların onarımını sağlamak amacıyla en uygun karışımı elde etmek hedeflenmiştir. Bu amaçla, harç karışımlarında belli oranlarda yüksek fırın cürufu kullanılmıştır. Yüksek fırın cürufunun tercih edilme sebebi, kendi başına puzolanik bir özelliği olmamasına rağmen, çimento içinde kullanıldığında yüksek oranlarda puzolanik özellik oluşturmaktadır. Bu düşünce, yüksek fırın cürufunun toprak içinde kullanımının da puzolanik bir etkisinin olup olmayacağını araştırma fikrini doğurmuştur.

Deneysel çalışmada kullanılan malzemeler; ahşap kalıplar, toprak, kireç, alçı ve sudur. Seçilen ahşap kalıpların boyutları 7 cm x 7 cm x 7 cm'dir ve kalıplar kullanılmadan önce kalıp yağı sürülmüştür. Kerpiç numuneleri için kullanılacak olan yüksek fırın cürufu, Karabük Demir Çelik Fabrikası'ndan temin edilmiş ve kimyasal bileşim oranları Kardemir kimya laboratuvarından alınmıştır. Deney için kullanılan yüksek fırın cürufu, 2 mm'lik elek altında kalan malzeme kullanılarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Safranbolu evlerinde kullanılan harç ve sıva malzemelerinin özelliklerine uygun bir karışım elde etmek ve bu evlerde oluşan hasarların onarımını sağlamak için en uygun karışımı belirlemektir.



Şekil 9. Numunelerin Basınç Değerlerinin Ölçülmesi

Alker karışım için yapılan basınç dayanım değerlerinin ortalaması 7,21 kgf/cm² değeri elde edilmiştir. Aynı karışım için yapılan su emme değerlerinin ortalaması %17,2 çıkmıştır. Bu karışım şahit kabul edilip diğer karışımlar üzerinde yapılan deneyler bu şahit olan karışıma göre karşılaştırılacaktır. Toprak+YFC katkılı numunelerin, alker+cüruf katkılı numunelere göre basınç dayanım değerleri daha azdır.

Tang ve ark. [7], Çimento veya kireç ile yapılan kimyasal stabilizasyon, toprakların performansını (dayanım ve stabilite) artırmak için yaygın olarak kullanılan ve etkili olduğu kanıtlanmış bir tekniktir **[8-17]**. Ancak, bu tür kimyasal katkı maddeleri genellikle yüksek sertlik ve gevrek davranışa yol açabilmektedir **[11, 18]**. Toprağa takviye maddeleri eklemek de, toprakların mühendislik özelliklerini iyileştirmek için etkili ve güvenilir bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Geleneksel jeosentetik malzemelere (şeritler, jeotekstil, jeogrid, vb.) kıyasla, rastgele dağıtılmış liflerin takviye olarak kullanılması bazı önemli avantajlar sunmaktadır. İlk olarak, liflerin eklenmesi oldukça basit olup, çimento, kireç veya diğer katkı maddelerinin aksine toprakla homojen bir şekilde karıştırılabilir. İkinci olarak, rastgele dağıtılmış lifler, yönlendirilmiş takviyenin aksine, potansiyel zayıflık düzlemlerinin gelişmesini sınırlayarak, malzemenin genel dayanımını artırır. Bu nedenlerle, son yıllarda bu teknik üzerine yapılan araştırmalar büyük bir ilgiyle sürdürülmektedir. Son birkaç on yılda, konuyla ilgili olarak pek çok araştırmacı tarafından üç eksenli testler, serbest basınç testleri, CBR (California Bearing Ratio) testleri ve doğrudan kesme testleri gibi çeşitli deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Sharma ve ark., [8], Toprak, kerpiç, sıkıştırılmış toprak, kerpiç, çamur ve sıkıştırılmış toprak blokları vb. gibi barınakların inşasında çeşitli biçimlerde kullanılır. Deneysel inceleme için iki farklı tipte numune hazırlanmıştır: 90 silindirik numune (38 mm çapında ve 76 mm yüksekliğinde) ve 162 kübik numune (190 mm × 90 mm × 90 mm boyutlarında modüler tuğla). Toprak-lif matrisi, Hindistan standartlarına (IS: 1725, 1982; IS: 4332-1, 1967) uygun olarak hazırlanmıştır. Silindirik numuneler için toprak-lif karışımı, Hindistan standardı (IS: 2110, 1980) doğrultusunda, kübik numuneler için ise IS: 1725 (1982) esas alınarak hazırlanmıştır.

Toprak-lif karışımı, öncelikle kuru halde karıştırılmış, ardından su eklenerek liflerin toprak içinde rastgele ama yaklaşık eşit bir şekilde dağılması sağlanmıştır. Bu karışım, elle iyice karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Lif-toprak karışımı, IS: 2110 (1980), IS: 4332-1 (1967), ve IS: 4332-3 (1967) standartlarına uygun olarak mekanik sıkıştırma ile yerleştirilmiştir. Nemli toprak-lif matrisi, kalıplarda üç eşit katman halinde sıkıştırılmıştır. Kalıptan numune çıkarılırken kırılma olasılığını azaltmak amacıyla, matris sıkıştırılmadan önce kalıp içeriden yağlanmıştır. Kalıp, üç katman halinde doldurulmuş ve her katman, sonraki katmanlar eklenmeden önce sıkıştırılmıştır. Farklı katmanlar arasında iyi bir bağ oluşabilmesi için, her katmanın yüzeyi sıkıştırma ve doldurma işlemi öncesinde temizlenmiştir.

Kalıp istenilen yüksekliğe doldurulup sıkıştırıldıktan sonra, numuneden çıkan herhangi bir lif, numune makasla kesilmiştir. Hem işlenmemiş hem de işlenmiş numuneler, Hindistan standartlarına (IS: 1725, 1982; IS: 4332-1, 1967; IS: 51-54) ve uluslararası araştırmalara [20-22] göre çeşitli laboratuvar testlerine tabi tutulmuştur. Bu testler, sonraki bölümlerde detaylı olarak açıklanacaktır. Tüm dayanıklılık testleri, ilgili numune türü için dört numune üzerinde yapılmış ve test sonuçları ortalama alınarak değerlendirilmiştir. Ortalama hesaplamasında, $\pm 5\%$ 'ten fazla olan bireysel değişimler dikkate alınmamıştır.

Deneysel araştırmanın tekrarlanabilirliğini değerlendirebilmek amacıyla doğrulama testleri de gerçekleştirilmiştir. Islatma ve kurutma döngüsü testi, su emme ve genleşme testi, sünger su emme testi, püskürtme testi, toplam emilim testi ve 'ıslak' ile 'kuru' mukavemet oranı testi gibi dayanıklılık testleri, her iki tipteki (silindirik ve kübik) tüm numuneler üzerinde yapılmıştır. Bu makalede, özellikle kübik numuneler (modüler tuğla: 190 mm × 90 mm × 90 mm) üzerinde yapılan testlere odaklanılmıştır.

Toprak örnekleri, standart Proctor testi ve optimum nem içeriği kullanılarak belirlenen maksimum kuru birim ağırlığında hazırlanmış ve test edilmiştir (IS: 2720-7, 1980). Çalışma, sabitlenmemiş takviyesiz örneklerin (%0 çimento + %0 elyaf), sabitlenmiş takviyesiz örneklerin (%2,5 çimento + %0 elyaf) ve Pinus roxburghii (Çir Çamı) ile Grewia optiva'nın (Beul) %2,5 çimento ve %0,5, %1, %1,5, %2 (kuru toprak ağırlığına göre) lifleri ile hazırlanan sabitlenmiş takviyeli örneklerin hazırlanması ve test edilmesini kapsamaktadır.



Şekil 10. Test Numuneleri

Cai ve ark. [23], Bu çalışmada, yalnızca kireçle stabilize edilmiş toprağın kırılgenliğini azaltmak amacıyla, zemin iyileştirme için önerilen yeni bir polipropilen elyaf ve kireç karışımının etkisi incelenmektedir. Polipropilen elyaf ve kireç karışımının, killi bir toprağın mühendislik özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla dokuz grup işlenmiş toprak numunesi hazırlanmış ve üç farklı lif içeriği yüzdesi (toprağın ağırlığının sırasıyla %0,05, %0,15 ve %0,25'i) ile üç farklı kireç içeriği yüzdesi (toprağın ağırlığının sırasıyla %2, %5 ve %8'i) kullanılarak test edilmiştir. Bu işlenmiş numuneler, serbest basınç, doğrudan kesme, şişme ve büzülme testlerine tabi tutulmuştur.

Kesme testlerinin ardından, numuneler taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi ile incelenmiş ve polipropilen elyaf ile kireç arasındaki etkileşimlerin topraktaki iyileşme mekanizmaları tartışılmıştır. Test sonuçları, lif içeriği, kireç içeriği ve kürlenme süresinin, lif-kireç işlenmiş toprağın mühendislik özellikleri üzerinde önemli etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Kireç içeriğindeki artış, başlangıçta killi toprağın serbest basınç dayanımında, kohezyonunda ve iç sürtünme açısında bir artışa yol açmış, ancak

belirli bir noktadan sonra bu parametrelerde hafif bir azalma gözlemlenmiştir. Ayrıca, kireç içeriğindeki artış, toprağın şişme ve büzülme potansiyelinde azalma sağlamıştır. Öte yandan, lif içeriğindeki artış, toprağın mukavemetini ve büzülme potansiyelini artırmış, ancak şişme potansiyelinde azalmaya neden olmuştur.

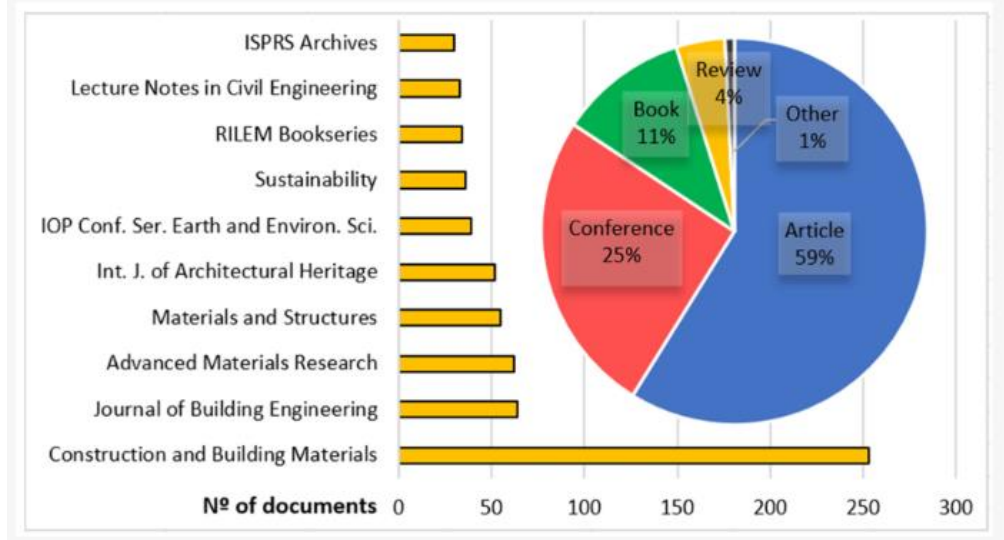
Kürlenme süresindeki artış, stabilize edilmiş toprağın serbest basınç dayanımını ve kayma dayanımını önemli ölçüde iyileştirmiştir. SEM analizleri, liflerin, toprak ve lif arasındaki fiziksel etkileşime katkıda bulunduğunu, kireç kullanımının ise kireç ile toprak arasında kimyasal reaksiyonlar üreterek toprak yapısını önemli ölçüde değiştirdiğini göstermiştir. Bu bulgular, polipropilen elyaf ve kireç karışımının, killi toprakların mühendislik özelliklerini iyileştirmek için potansiyel bir zemin iyileştirme yöntemi olarak kullanımını desteklemektedir.

Altun [24], Bu çalışmada, Alker karışımları oluşturulmuş ve killi toprağa alçı, kireç ve uçucu kül farklı oranlarda eklenerek toplamda 27 farklı karışım tasarımı geliştirilmiştir. 4x4x4 cm boyutlarında hazırlanan numuneler, her tasarımdan üçer adet olmak üzere üretilmiş ve çimento presinde kırılarak ortalama basınç dayanımı değerleri hesaplanmıştır. Basınç dayanımları karşılaştırıldığında, birim hacim ağırlık ile basınç dayanımı arasında doğrusal bir ilişki gözlemlenmiş; birim hacim ağırlık arttıkça basınç dayanımının da arttığı saptanmıştır. Alker tasarımlarının basınç dayanımlarını belirlemek amacıyla pres makinasında kırma işlemi yapılmıştır. Deneysel veriler, alçı-kireç oranının düşük olduğu ve uçucu kül miktarının yüksek olduğu tasarımların basınç dayanım değerlerinin daha düşük olduğunu ortaya koymuştur. Bunun olası nedenleri arasında, uçucu kül oranının artmasıyla birlikte alçı ve kireç gibi bağlayıcı özellikleri ve dayanım üzerindeki katkısı yüksek olan malzemelerin oranının azalması, ayrıca uçucu kül oranındaki artış ile toprak miktarının düşmesi ve buna bağlı olarak silisyum içeriğinin azalması yer almaktadır. Azalan silisyum oranı, C-S-H (kalsiyum silikat hidrat) bağlarının azalmasına yol açmakta, bu da bağlayıcılığın ve dolayısıyla dayanımın azalmasına sebep olmaktadır. Bir diğer olasılık ise, kül içeren karışımların daha fazla su emmesi ve bunun sonucunda basınç dayanımının düşmesidir.



Şekil 11. Kerpiç Küp Numuneler

Sánchez-Calvillo ve ark. [25]. Bu çalışma, tarihsel evrimi, araştırma modellerini ve eğilimleri analiz ederek ve mevcut farklı toprak yapı teknolojilerinin araştırılmasını sağlayarak, günümüzdeki toprak mimarisi ve inşaat bilimsel literatür üretiminin kapsamlı bir bibliyometrik analizini sunmaktadır. SCOPUS veri tabanını kullanan bu çalışma, 1968 ve 2023 yılları arasında yayınlanan 3804 belgeyi analiz etmiş ve 2001 yılından bu yana yıllık %16,92'lik bir büyüme kaydetmiştir. Temel bulgular arasında en iyi yazarların, kurumların ve işbirlikçi ağların belirlenmesi, ortak alıntı analizi, anahtar kelime analizi ve farklı kümelerle göre sınıflandırma yer almaktadır. Yapı teknolojileri ile ilgili olarak, sonuçlar, başta sıkıştırılmış toprak ve kerpiç duvar işçiliği olmak üzere yerel toprak yapı teknikleri üzerine yapılan araştırmaların yaygınlığını göstermektedir. Bununla birlikte, dünya çapında malzemeler kullanan yenilikçi yöntemlere artan bir ilgi gözlemlenmektedir. Bibliyometrik analiz, akademik ilginin gelişimini tanımlar ve disiplinler arası işbirliğinin önemini ve toprak binaların uluslararası tanınması ihtiyacını vurgular. Gelecekteki araştırmalar, toprak malzemelerin kullanılmasının çevresel faydalarını, modern endüstride toprak yapı tekniklerinin ve sistemlerinin geliştirilmesini ve çağdaş teknolojinin mimari mirasının ve yerel bilgisinin korunmasını keşfetmeye devam etmelidir.



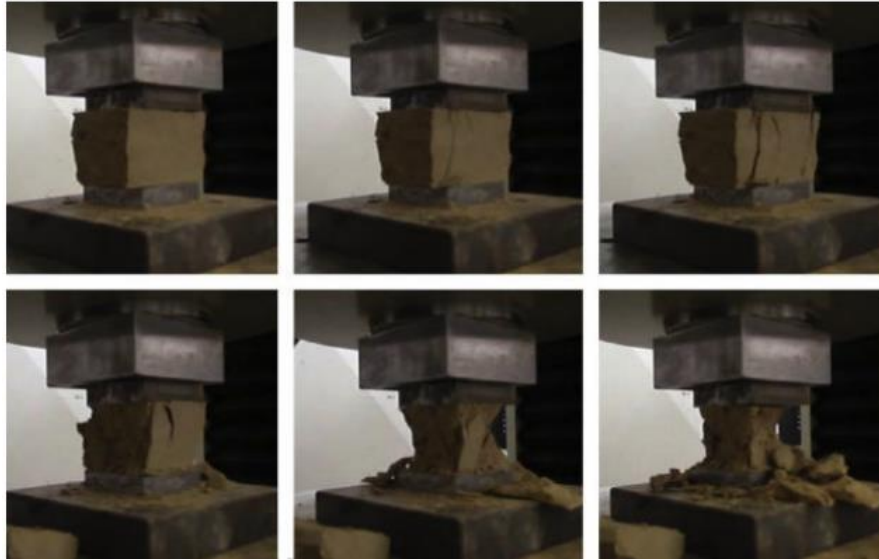
Şekil 12. Kerpiç türüne göre en yaygın kullanım alanları

MacDougall [26], son on yılda, "yeşil bina" ve "sürdürülebilir inşaat" kavramları Kuzey Amerika'da büyük ilgi görmüş ve L.E.E.D. sertifikalı projelerin sayısı artmıştır. Bu eğilimle paralel olarak, doğal, yerel ve geleneksel yapı malzemelerine olan ilgi artmıştır. Saman balyası yapımı ve sıkıştırılmış toprak gibi malzemeler, beton ve çelik gibi geleneksel malzemelere göre daha düşük enerji ve karbon ayak izi sunmaktadır. Ayrıca, doğal malzemeler, mükemmel yalıtım özellikleri, nem düzenleme, düşük toksisite ve biyolojik olarak parçalanabilirlik gibi avantajlar sağlar. Ancak, doğal malzemelerin ana akım inşaatta kullanılmasının önündeki engeller arasında, bilimsel veri eksikliği ve deneyim eksikliği yer almaktadır. Buna rağmen, giderek artan araştırmalar, bu malzemelerin geleneksel malzemelerle rekabet edebileceğini göstermektedir. Birleşik krallıkta bu malzemelerin başarılı entegrasyonuna örnekler vardır: saman balyası panelleri, kenevir-kireç bileşiği (hemcrete) ve sıkıştırılmış toprak tuğlalar. Bu makale, bu malzemelerin kullanımını destekleyen bazı araştırmalar ve Kuzey Amerika'daki potansiyel kullanımına ilişkin dersleri tartışmaktadır. Ancak, bu makale, doğal malzemelerin performanslarına dair kapsamlı bir inceleme sunmamaktadır ve bazı performans özellikleri için ek referanslara başvurulması gerektiği belirtilmektedir.

Moriset ve ark. [27], Yapı malzemelerinin sanayileşmesi geri dönülemez olsa da, toprak mimarisi gibi yerel ve geleneksel yapı tekniklerine dönmek kritik öneme sahiptir. Son 50 yılda, toprak mimarisi, gezegenimizin eski toprak binalarıyla ilişkimizde bir bilgelik kaynağı olarak yeniden değer kazanmıştır. Bu binalar, inşaat ve yaşam biçimleriyle olan ilişkimizi yeniden düşünmemize yardımcı olabilir. Her ne kadar toprak malzemelerinin kullanımı bazı ülkelerde kısıtlamalarla karşılaşsa da, bu malzemeler

giderek yeniden keşfedilmekte ve rehabilite edilmektedir. 1970'lerin petrol krizlerinden sonra toprak mimarisi, alternatif çözüm olarak öne çıkmıştır ve iklim değişikliği gibi krizler, inşaat yöntemlerinde değişikliklere ihtiyaç duyulmasını gerektirmektedir. COVID-19 salgını da endüstriyel malzeme fiyatlarını artırmış ve kıtlıklara yol açmıştır. Gelecekteki bina düzenlemeleri, yerel malzemelerin kullanımını zorunlu hale getirebilir, bu da toprak mimarisinin yeniden canlanması için fırsat yaratabilir. Bu nedenle, toprak malzemeleri, mimari ilişkilerimizde gerçek bir değişim başlatmamıza yardımcı olacak değerli bir araçtır.

Zak. ve ark. [14], Bu makale, toprak tuğlalarının basınç dayanımı üzerinde özellikle katkı maddelerinin etkisini inceleyen deneysel bir çalışmayı sunmaktadır. Toprak, çimento, alçıtaşı, kenevir ve keten liflerinin farklı bileşimleriyle toplamda 21 farklı test serisi gerçekleştirilmiştir. Toprak malzemesi, jeoteknik laboratuvar testleri ile karakterize edilmiştir. Test sonuçları, basınç dayanımının büyük ölçüde tuğlaların yoğunluğuna bağlı olduğunu göstermektedir. Lifler, özellikle kenevir ve keten, toprak tuğlalarının basınç dayanımı üzerinde oldukça düşük bir etkiye sahipken, kırılma davranışı üzerinde güçlü bir etki göstermektedir. Katkı maddesi olarak çimento ve alçıtaşı ise, kil minerallerinin bağlanma kuvvetini azalttığı için, genel mukavemette belirgin bir düşüşe yol açmaktadır.

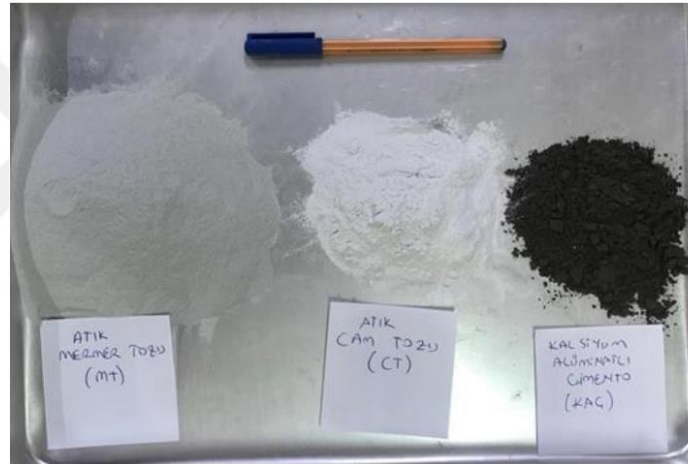


Şekil 13. Toprak tuğlaların katkı maddesi kullanılmadan kırılma işlemi.

Hanifi Binici ve ark. [29], geleneksel beton, tuğla ve kerpiçten yapılmıştır. Ancak bu malzemeler yeterince yüksek basınç dayanımlarına sahip değildir. Bu araştırmada, depreme dayanıklı ve basınç dayanımı yüksek bir malzeme aranmıştır. Bu

amaçla, lifli atık malzemelerin ve bazı stabilizatörlerin belirli kombinasyonlarının mekanik özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve bazı somut sonuçlar çıkarılmıştır. Lifli malzemelerin ara katmanlarının basınç dayanımını arttırdığı ve bu katman malzemelerinin belirli bir geometrik şeklinin en iyi sonuçları verdiği sonucuna varılmıştır. Önerilen karışım, ASTM ve Türk Standartlarının minimum basınç dayanımı gereksinimlerini karşılamaktadır.

Turgut [30], uçucu kül, kireç ve cam tozu kullanılarak yapı blokları üretildi. Bloklar 70 C sıcaklıkta 24, 48, 72 ve 96 saatlik sürelerde kür edildi. Blokların basınç ve yarmada çekme dayanımları, su emme, kılcal su emme ve yoğunluk değerleri belirlendi. Kür süresinin yanında, blok içerisindeki kireç ve atık cam tozu gibi ilave malzemelerin miktarlarının da sonuçlar üzerinde direk etkili olduğu bulundu. Elde edilen sonuçlar, bu atık malzemeler kullanılarak blok üretilebileceğini gösterdi.



Şekil 14. Atık cam tozu

Binici ve ark. [31], Seyhan, Almanpınarı ve Toprakkale killерinin değişik oranlarda fiber, polyster ve saman katkıları ile üretilen kerpiçlerin mekanik özellikleri incelenmiştir. Fiber kerpiç üretiminde kullanılacak elastisitesi yüksek killерin basınç dayanımı diğerlerine göre daha düşük olmaktadır. Genellikle daha elastik killерin su emme kapasiteleri daha yüksekken, ağırlık kayıpları daha düşüktür. Adana ve Osmaniye bölgesindeki killерin kerpiç hammaddesi olarak kullanılması durumunda, kerpiçin kuruma süresini de etkileyeceğinden bu özelliklerin dikkate alınması gerekmektedir. Seyhan kiliyle üretilen fiber kerpiçler en yüksek basınç dayanımına sahiptir. Seyhan, Almanpınarı ve Toprakkale killeriyle üretilen kerpiçlerin basınç dayanım değerleri standartlarda verilen değerlerin çok üzerinde bulunmuştur. Örneğin, Kullanılan liflerden polystyren

liflerin bulunduğu kerpiçlerin basınç dayanımları en yüksek 3.6 MPa olurken, fibrous kullanılmayan örneklerinin basınç dayanımları en küçük 2.7 MPa bulunmuştur.



Şekil 15. Elastisite deneyi düzeneği

Araya-Letelier ve ark. [32], Fiziksel ve mekanik performansları nedeniyle, hem bitkisel hem de hayvansal lifler, çatlama kontrolü, eğilme tokluğu ve su erozyonu direnci gibi özellikleri geliştirmek amacıyla kerpiç karışımlarında başarıyla kullanılmıştır. Ancak, dünya çapında en çok üretilen bitkisel liflerden biri olan jüt liflerinin (JF) kerpiç malzemeleri üzerindeki etkisi kapsamlı bir şekilde incelenmemiştir. Bu çalışmanın amacı, jüt liflerinin farklı dozajlarının (ağırlıkça %0.5 ve %2.0) ve uzunluklarının (7, 15 ve 30 mm) toprak bazlı inşaat malzemesi olan kerpiçlerin fiziksel, termal, mekanik, kırılma ve dayanıklılık performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmektir. Deneysel sonuçlar, %2.0 ağırlıkça JF dozajının, kerpiçlerin kılcal su emilimini artırdığını ve bunun da dayanıklılık üzerinde etkili olabileceğini göstermiştir. İkinci bulgu, JF ile kerpiç matrisi arasında kalan boşlukların oluşturduğu ek gözeneklilik ve JF'lerin doğal su emme özellikleri ile açıklanabilir. JF'lerin dahil edilmesi, basınç ve eğilme dayanımlarını etkilemeden, termal iletkenlik, kurutma büzülme çatlama kontrolü, eğilme tokluğu ve su erozyonu performansı açısından kerpiçlerin davranışını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Örneğin, eğilme tokluğu indeksi %297 oranında artmış ve çatlak yoğunluğu ile su erozyonu derinliği sırasıyla %93 ve %62 oranında azalmıştır. JF dozajı ve uzunluğunun ikinci kombinasyonu, genel olarak en iyi sonuçları sağladığından, bu çalışma, kerpiç duvarlar ve toprak sıvalar gibi inşaat uygulamaları için JF takviye şemasını önermektedir.

Ramakrishnan ve ark. [33], Küresel ısınma, iklim değişikliği, deniz seviyesi yükselmesi ve diğer çevresel faktörler, tüm canlı organizmalar için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Bu bağlamda, bilim insanları çevre dostu ve sürdürülebilir yeniliklere odaklanmakta, sürdürülebilir yapı malzemeleri ve çevre konularında artan bir farkındalık

söz konusu olmaktadır. Adobe bloklar, iç mekan hava kalitesini iyileştirme, iç mekan sıcaklığını koruma ve düşük çevresel etkiler gibi önemli faydalarından dolayı çevre dostu malzemeler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Bloklar, özellikle gelişmekte olan ülkelerin kırsal bölgelerinde yüzyıllardır yaygın olarak kullanılmakta olsa da, bu alandaki araştırmalar, mukavemet ve dayanıklılık açısından bazı sınırlamalara sahip olduğu için son yıllarda daha fazla ilgi görmüştür.

Bu derlemede, kerpiç bloklarının özellikleri üzerinde liflerin etkisini anlamak amacıyla bitki lifi ile güçlendirilmiş bloklar incelenmiştir. Çalışma, doğal elyafın selüloz içeriği ile birlikte karakterizasyonunu, malzeme bileşimlerini ve toprak matrisinin mekanik, higrotermal özellikleri ve dayanıklılık performansını içeren yirmi beş ana araştırmaya dayanmaktadır. Ayrıca, kaynaştırılacak elyafın özelliklerinin analiz edilmesinin önemini vurgulamakta ve dayanıklılık kriterleri, örneğin aşınma, kullanım ömrü, yangına dayanıklılık gibi testlerin eksikliğine dikkat çekmektedir. Kerpiç bloklarının geliştirilmesi, özellikle küresel ısınma ve iklim değişikliği açısından birçok çevresel perspektife katkı sağlayacak ve minimum enerji ve kaynak kullanımıyla çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olacaktır.

Masuka ve ark. [34], Bu çalışma, çeşitli kireç (L), kömür uçucu kül (F) ve odun agregası (W) karışım oranları ile güçlendirilmiş düşük maliyetli UEB'lerin (Unfired Earth Blocks) mühendislik özelliklerini değerlendirmiştir. Araştırma, (1) bu karışımların UEB'lerin mekanik mukavemet ve suya dayanıklılık özellikleri üzerindeki etkilerini, (2) geliştirilmiş UEB'lerin %10 çimento ile stabilize edilmiş ateşlenmemiş tuğlalarla karşılaştırmalı maliyetlerini incelemiştir. Farklı karışım oranlarına sahip dört UEB örneği, stabilize edilmemiş (negatif kontrol) ve %10 çimento ile stabilize edilmiş (pozitif kontrol) ateşlenmemiş toprak tuğlalarıyla karşılaştırılmıştır.

Sonuçlar, L10% -F10% -W1.5% karışımı ile güçlendirilmiş UEB'lerin kuru basınç dayanımının (DCS) %10 çimento stabilize edilmiş ateşlenmemiş tuğlalara kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğunu ($p < 0.001$) göstermiştir. Ayrıca, UEB'lerin kuru yoğunluğu, düşük yoğunluklu kil duvar birimleri için İngiliz standartlarına uygun bulunmuştur. DCS, kireç-uçucu kül oranına bağlı olarak artmış ve 1:1 oranında maksimum 8.3 MPa'ya ulaşmıştır. UEB'ler düşük ıslak mukavemete sahipken, %4 çimento ilavesi ile ıslak basınç dayanımı 0.94 MPa'ya yükseltilmiştir ($p < 0.001$).%10 kireç, %10 kömür külü, %1.5 odun agregası ve %4 çimento ile stabilize edilen UEB'ler, %10 çimento stabilize edilmiş UEB'lerle benzer su emme özelliklerine sahipti. Ayrıca,

bu karışımlarla güçlendirilmiş ateşlenmemiş toprak tuğlaları, İngiliz Standartları mühendislik şartnamelerine uygun olup, maliyet açısından %50 daha düşük bulunmuştur.

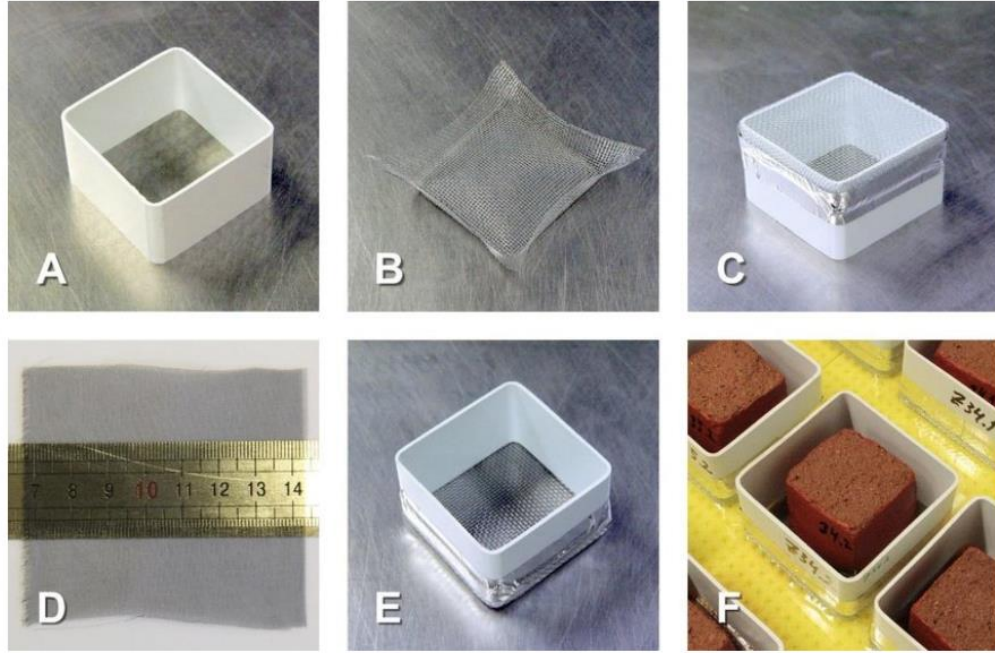
Sonuç olarak, kireç, kömür uçucu külü ve odun agregaları kullanılarak geliştirilen düşük maliyetli UEB'lerin potansiyel uygulamaları, gelişmekte olan ülkelerde düşük maliyetli konut inşası ve insani acil durumlarda geçici barınma sağlamada kullanılabilir. Bununla birlikte, ıslak basınç dayanımını artırmak için %4 çimento eklenmesi gerekebilir.

Fidjah ve ark. [35], Dünya ülkeleri çevreye önem verdi ve konsepti sürdürülebilir kalkınma ile ilgiliydi, okyanusu kirleten geleneksel enerji yerine yenilenebilir ve temiz enerji kullanıldı. Ekolojik malzemeler sürdürülebilir kalkınmada kullanılan çözümlerden biridir, Kompakt toprak tuğlalar iyi bilinen eko-malzemelerdir, bu kapsamda hidrolik makine ile preslenen 20*10*05 cm kireç ve kilden yapılmış tuğlalar üzerinde bir çalışma yürütüyoruz, sertlik açısından en iyi örneği bulmak için iki bileşeni farklı oranlarda karıştırıyoruz, en iyi numune için % 1 -% 20 talaş ekliyoruz, talaş eklemenin bileşik üzerindeki etkisini bulmak için numuneler üzerinde başka deneyler yapıyoruz, en güçlü numunenin bazı mekanik özelliklerini inceliyoruz, sonuçlar talaş eklemenin sertliği %21 artırdığını, yoğunluğu %2.07 azalttığını, Young modülünü %45 artırdığını ve termal iletkenliği %12 azalttığını gösteriyor. Bu, sıkıştırılmış toprak bloğuna kireç ve talaş eklemenin olumlu etkisini gösterir.

Lima ve ark. [36], Toprak esaslı harçlar, tarih boyunca farklı yapı türlerinde yaygın olarak kullanılmış ve modern uygulamalarda da sıklıkla tercih edilmiştir. Bu harçlar, özellikle sıva, toprak bina koruma ve çağdaş mimarideki yerli uygulamalar için önemli bir bileşen olmuştur. Ham toprak, kil mineralleri açısından zengin bir doğal malzeme olup, sıva özelliklerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Kil mineralleri, harcın ayar sürecini etkileyen ve aynı zamanda binaların iç mekanlarındaki higrometrik koşulları dengeleme yeteneğini sağlayan başlıca bileşenlerdir. Bu dengeleme kapasitesi, hem enerji tasarrufu hem de bina sakinlerinin konforu ve sağlığı açısından önemli faydalar sunmakta, aynı zamanda binanın korunmasına katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmada, kil mineralojisinin toprak esaslı harçlar üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla, farklı killi topraklar kullanılarak üç farklı harç üretilmiştir. Harçların karakterizasyonu, kil mineralojisinin buhar adsorpsiyonu ve kurutma büzülmesi gibi temel sıva özelliklerini sağladığını, bunun yanı sıra mekanik mukavemet, kuru aşınma ve termal iletkenlik gibi parametreler üzerinde de belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur. İncelenen harçlar arasında, illitik killi toprak, doğrusal kuruma büzülmesi, mekanik mukavemet, kuru aşınma ve su buharı adsorpsiyonu gibi dengeli

özellikler sergileyerek, toprak esaslı sıvalar için daha uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgular, illitik killi toprakların, yapı malzemesi olarak kullanımının optimize edilmesine olanak tanımaktadır ve modern toprak esaslı harçların performansını iyileştirmek için potansiyel bir referans oluşturmaktadır.



Şekil 16. Killi Toprak Kalıp Yerleşimi

Acun ve Gürdal [37], Bu araştırma, geleneksel bir kerpiç yapımında, uygun killi toprak türüne %10 alçı eklenerek elde edilen karışımın en iyi performansı gösterdiğini ortaya koymuştur. Deney sonuçları, alçı katkılı kerpicein birim ağırlığının 1,45 kg/lt olduğunu, bu değerin normal kerpişte 1,70-1,80 kg/lt arasında değiştiğini göstermektedir. Ayrıca, rötre oranı alçı katkılı kerpişte %1,8'e düşerken, normal kerpişte %5 olarak ölçülmüştür. Su emme değerleri ise katkısız kerpişte 2,7 cm iken, alçı katkılı olanlarda 3 cm'ye çıkmıştır.

Alker, uygun kerpiç toprağına %10-20 oranında alçı eklenerek üretilen bir kerpiç türüdür ve fiziksel ile mekanik özellikleri bakımından standart kerpiçten üstündür. Alçının hızlı priz alması sayesinde, yapının kalıptan çıktıktan hemen sonra yeterli dayanıklılığı kazanması sağlanır. Bu durum, kurutma işlemi için gereken işçilik ve zaman ihtiyacını azaltır ve kurutma alanı gereksinimini ortadan kaldırır. Alçının hızlı priz yapma özelliğı, kilin kuruma sırasında meydana gelebilecek büzülme ve çatlamaları önler.

Araştırma, alçının maliyetinin düşük olduğunu ve kerpiç çamuruna çimentodan daha kolay karıştığını ortaya koymuştur. Ayrıca, alçının alçıtaşı bulunan her yerde

kolaylıkla üretilebilmesi, bu malzemenin kullanımını teşvik etmektedir. Deneyler, alçı katkılı kerpice, katkısız kerpice göre daha az büzüldüğünü, suda çözülme ve dağılmasının daha az olduğunu, taşıma kapasitesinin daha yüksek olduğunu ve yüzeylerinin daha düzgün olduğunu göstermiştir. Bu özellikler, saman gibi lifsel maddelerin eklenmesine gerek bırakmamaktadır. Çimento yerine alçı kullanılması, çimentonun sadece evin temeli ve ıslak alanlarda kullanılmasına imkân tanıyarak tasarruf sağlar.

Alçılı kerpiç, yapı klimatolojisi ve yapı fiziki açısından istenen düzeyde performans gösterirken, ek bir yalıtım malzemesine ihtiyaç duymadan sağlıklı yapı inşa etme imkânı sunar.

Binici ve ark. [38], 8 Mart 2010'da Elazığ'da gerçekleşen depremde, toprak harçlı moloz taş duvarlı ve bazı kerpiç binalar ağır hasar almış veya tamamen yıkılmıştır, bu trajedi 41 kişinin yaşamını yitirmesiyle sonuçlanmıştır. Bu binaların yıkılma sebepleri ve kerpiç yapıların genel olarak depreme karşı dayanıksız olup olmadığı sorularının yanıtlanması önemlidir. Ayrıca, bu yaygın yapıların iyileştirilmesi mümkün müdür? Avantajları ve dezavantajları nelerdir? Özellikle Bingöl depreminde görüldüğü üzere, kırsal alanlarda inşa edilen yığma yapılarda çok ağır taşlar kullanılmıştır. Bu ağır taşlar, deprem esnasında ciddi can kayıplarına yol açmaktadır. Ağır moloz taşlar yerine mühendislik özellikleri geliştirilmiş fiber kerpiç kullanıldığında hasarlar önemli ölçüde azaltılabilir. Bu çalışmada, kerpiçlerin mühendislik özellikleri incelenmiştir. Destekleyici malzemeler olarak plastik fiber, tekstil fiberleri ve bağlayıcı olarak pomza, alçı ve çimento içeren kerpiçler ele alınmıştır. Çalışma sonucunda, fiber kerpice üretimde kullanılması, diğer duvar malzemeleri olan briket ve tuğlaya kıyasla ekonomik ve enerji tasarrufu sağlayarak gelişmiş mekanik özellikler gibi çeşitli avantajlar sunduğu ortaya çıkmıştır.

Oğurlu [39], Yapı inşaat sektörünün çevre üzerinde yarattığı olumsuz etkiler, ekolojik tasarım ve sürdürülebilir malzeme kullanımına olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu çalışmada, doğal yapı malzemeleri olan taş, kerpiç ve ahşap ele alınmıştır. Bu malzemelerin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için çeşitli ölçütler, kategoriler ve göstergeler geliştirilmiş ve bu üç malzemenin sürdürülebilirlik açısından analizleri yapılmıştır.

Taş, kerpiç ve ahşabın yüksek sürdürülebilirlik potansiyeline sahip olduğu, enerji tasarrufuna, kullanıcı sağlığına ve doğal çevre korumasına olumlu katkılar sağladığı belirlenmiştir. Bu malzemelerin yapı sektöründe daha yaygın kullanılması, ülkemizin

çevresel performansına pozitif katkı sağlayacaktır. Dolayısıyla, bu malzemelerin üretimini ve kullanımını artıracak stratejilerin belirlenmesi gereklidir.

Olğun ve Karatosun [40], Tarih boyunca en yaygın kullanılan ve kolay erişilebilen malzemeler arasında olan kerpiç, zamanla kullanım sıklığını yitirmiş; özellikle depremler, kerpiç mimari mirasa en çok zarar veren afetlerden biri olarak öne çıkmıştır. Bu çalışmanın amacı, kerpiç malzemeli yapıların korunmasının önemini vurgulamak ve depremin bu sürece engel teşkil eden etkilerini incelemektir. Bu çerçevede, koruma ve deprem arasındaki ilişki araştırılmış; ardından Anadolu'da kerpiç yapı yoğunluğunun en fazla olduğu bölgelerden biri olan Malatya'daki kerpiç yapılar örnek alınarak, depremlerin bu yapılar üzerindeki etkileri koruma perspektifinde değerlendirilmiştir. Çalışmanın yöntemi, mevcut literatürün incelenmesi ve saha çalışmalarını içermektedir. Sonuç olarak, kerpiç yapıların depreme dayanıklılığını artırmaya yönelik çeşitli öneriler sunulmuş ve bu doğrultuda kerpiç mimari mirasın korunmasına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Yardımlı [41], Bu çalışmada, çevreci yaklaşımlar doğrultusunda geliştirilen yapı teknikleri ve malzemelerini kapsayan önemli örneklerle yer verilmiştir. Ayrıca, bu çevreci araştırmaların yanı sıra, geleneksel toprak yapıların modernleştirilmiş uygulamalarına ve yapım tekniklerine de değinilmiştir. Çalışma, hem çevreci yaklaşımlar doğrultusunda yapılan örnekleri hem de çağdaş kerpiç yapıları inceleyerek, bu yapı türlerini çevreci yaklaşımlar açısından değerlendirmiştir. Ele alınan tüm örnekler, yapıldıkları yer ve amaç doğrultusunda oldukça çevreci çözümler sunmaktadır. Dünya genelinde çevreci yaklaşımlarla gerçekleştirilen malzeme araştırmaları ve yapım teknikleri büyük önem taşımaktadır ve bu çalışmalar sürecektir. Bununla birlikte, yapılan araştırmada, çağdaş yöntemlerle üretilen kerpiç yapıların diğer çevreci yapılara kıyasla oldukça çevreci oldukları sonucuna varılmıştır.

Tomazevic [42], Bu araştırma, eski tuğla bina yapılarının deprem direncini artırmak amacıyla iki farklı tekniğin etkilerini incelemektedir. Bu tekniklerden biri, binanın temel kısmına yerleştirilen özel cihazlarla gerçekleştirilen sismik izolasyon, diğeri ise karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) laminatlar ile güçlendirmedir. Gerçek binaların küçük ölçekli modelleri üretildi ve bu modeller sarsıntı masasında, gerçek depremleri simüle eden testlere tabi tutuldu. Modellerden biri güçlendirilmemiş halde bırakılırken, diğeri hem sismik izolasyon hem de CFRP uygulandı. Güçlendirilmemiş modeller ağır hasar alırken, bazıları tamamen yıkıldı. CFRP ile güçlendirilen modeller ise çatlaklar oluşsa da yapısal bütünlüğünü büyük oranda korudu. Sismik izolasyon

kullanılan modeller, depremin etkisini binaya daha az iletmedi için çok daha az zarar gördü. En iyi sonuçlar, her iki yöntemin bir arada uygulandığı modellerde gözlemlendi. CFRP laminat ve sismik izolasyon yöntemleri, eski tuğla binaların deprem güvenliğini artırmada etkili çözümler sunmaktadır. Bu yöntemler, binaların yıkılmadan güçlendirilmesine olanak tanıdığı için özellikle tarihi ve korunması gereken yapılar için avantaj sağlamaktadır.

Tomazevic [43], Araştırma, 1976 Friuli depreminden sonra Soča Nehri Vadisi'nde taş yığma binalarda uygulanan güçlendirme tekniklerinin, 1998 Bovec depremindeki etkilerini değerlendirmektedir. Kullanılan yöntemler arasında, duvarların kat seviyelerinde bağlanması, ahşap döşemelerin betonarme ile değiştirilmesi ve duvarların çimento harcıyla güçlendirilmesi yer almaktadır. İncelemeler, 1976 depreminde zarar gören ancak bu yöntemlerle güçlendirilen binaların, 1998 Bovec depreminde ciddi hasar almadan ayakta kaldığını göstermektedir. Bu bulgular, uygulanan güçlendirme yöntemlerinin etkinliğini ve taş yığma binaların sismik dirençlerini artırmadaki önemini ortaya koymaktadır. Duvar Bağlantıları: Kat seviyelerinde duvarların bağlanması, yapısal bütünlüğü artırarak deprem sırasında duvarların ayrılmasını önlemektedir. Betonarme Döşemeler: Ahşap döşemeler yerine betonarme döşemelerin tercih edilmesi, yapının rijitliğini artırarak sismik yüklerle daha iyi başa çıkmasına olanak tanımaktadır. Çimento Harcı ile Güçlendirme: Duvarların çimento harcı ile takviye edilmesi, duvar dayanımını artırarak çatlama ve yıkılma riskini azaltmaktadır. Sonuç olarak, taş yığma binaların deprem güvenliğini artırmak için uygulanan bu güçlendirme tekniklerinin etkinliği kanıtlanmıştır. 1976 Friuli depremi sonrası uygulanan bu yöntemlerin, 1998 Bovec depreminde başarılı olduğu ve binaların büyük hasar almadan ayakta kaldığı gözlemlenmiştir. Bu veriler, benzer yapıların güçlendirilmesi için bu tekniklerin değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

2. BÖLÜM

TEORİK ÇALIŞMA

Ayrıntılı olarak literatür taraması yapılmış olup elde edilen bilgiler doğrultusunda çalışmalar yapılmıştır. Tez kapsamında kerpiç numuneyi alçı, kireç, killi toprak ve suyu farklı oranlarda karıştırılarak 12 farklı reçete ile toplam 36 adet numune hazırlanarak basınç deneyi yapılacak olup çıkan sonuçlara göre en dayanımlı olan reçete seçilir. Daha sonra su oranı ile toprak oranı değiştirilerek karşılaştırma yapılmıştır. Alçı yerine hidrolik kireç kullanılarak dayanım ölçümü yapılmıştır. En dayanımlı reçeteye nişasta, şeker melası, agrega, mikrofiber lif, karbonfiber, küfeki tozu, hidrolik kireç, seramik yünü atığı, taş yünü atığı eklenerek yeni reçeteler oluşturulacaktır. Yeni malzemelerle her birinden 4 numune olmak üzere toplam 28 adet yeni numune elde edilecektir. Bu numuneler de basınç dayanımı deneyi yapılarak çıkan sonuçlar karşılaştırılacaktır.

2.1. Deneyde Kullanılan Malzemeler

Kerpiç numune içerisinde kullanılacak farklı malzemelerin su, alçı, kireç ve killi toprak, hidrolik kireç, küfeki tozu, melas, nişasta, karbonfiber, mikrofiber, seramik yünü atığı, taş yünü atığı, agrega malzemeleri kullanılmıştır. Ayrıca bu malzemelerin özellikleri araştırılarak kullanım oranları belirlenmiştir.

2.1.1. Kırmızı Killi Toprak

Kırmızı renkli Akdeniz toprakları, Akdeniz ikliminin hakim olduğu güney Marmara, kıyı Ege ve Akdeniz bölgelerinde yaygın olarak görülmektedir. Bu topraklar, yıllık ortalama sıcaklığın 15°C ve üzerinde, yıllık ortalama yağış miktarının ise 500 mm'nin üzerinde olduğu bölgelerde oluşur. Ana kayaçlar arasında başta kireçtaşı (kalker), marn, kil konglomera ve gnays gibi kayaçlar yer alır. Bu toprakların rengi, kırmızı, koyu kırmızımsı kahve ve sarımsı tonlarda belirgin şekilde farklılık gösterir. Terra rossa topraklarının kil içeriği genellikle yüksektir. Toprak yapısında belirgin bir yıkanma süreci meydana geldiği için, kireçli özellikler göstermez. Düz alanlarda, bu topraklar daha belirgin ve kalın bir örtü oluşturur. Bu nedenle, karstik çukurluklar, örneğin polye ve dolin gibi oluşumların tabanlarında yaygın olarak bulunur. Terra rossa topraklarında en yaygın doğal bitki örtüsü, kızılçam ve maki elemanlarından oluşur. İşte kırmızı killi toprağın kimyasal özelliklerini içeren bir tablo:

Tablo 2. Killi toprağın kimyasal özelliklerini

Özellik	Değer/Açıklama
pH Değeri	5,5 – 7,0 (hafif asidik ile nötr arası)
Organik Madde İçeriği	%1 - %4 (toprağın organik madde oranı, toprak tipine ve işlenmesine göre değişir)
Cation Exchange Capacity (CEC)	10 - 30 cmol/kg (toprağın kationları tutma kapasitesi, mineral içeriğine bağlıdır)
Toprak Tuzluluğu	Düşük - Orta (genellikle tuzlu değildir)
Bazik Katyonlar (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+})	$\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^{+}$ (kalsiyum ve magnezyum oranları yüksek olabilir)
Alkaliniteler	Genellikle düşük (asidik veya nötr pH aralığında)
Demir (Fe) İçeriği	Yüksek (genellikle yüksek demir oksit içeriği nedeniyle kırmızı renk alır)
Silika (SiO_2) İçeriği	Yüksek (mineralogik olarak silisli bileşikler içerir)
Toprak Mineralojisi	Kaolinit, illit, montmorillonit (genellikle alüminyum ve demir oksit mineralleri içerir)
Toprak Sodyum (Na) İçeriği	Düşük - Orta (genellikle sodyum oranı düşüktür)
Fosfor (P) İçeriği	Düşük - Orta (toprağın bitki besin elementleri açısından genellikle düşük)
Kalsiyum (Ca) İçeriği	Orta - Yüksek (toprağın pH değeri ve mineral yapısına bağlı olarak değişir)
Magnezyum (Mg) İçeriği	Orta - Yüksek (genellikle magnezyum oksit içerir)

Kırmızı killi topraklar, özellikle demir oksitlerin yüksek oranları nedeniyle kırmızı renk alır ve genellikle tropikal bölgelerde bulunur. Bu topraklar, özellikle yüksek oranda alüminyum ve demir bileşenlerine sahip olup, düşük organik madde içeriğiyle bilinir. Kalsiyum, magnezyum ve diğer bazik katyonlar bu toprakların besin içeriğinde önemli bir yer tutar.



Şekil 17. Kırmızı Killi Toprak

2.1.2. Alçı

Alçının hammaddesi, doğada alçıtaşı olarak bilinen, tek mineralli bir tortul kayaç olan jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) mineralidir. Alçı, bu jipsin kimyasal bileşimi olan $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 'nun yaklaşık yarım molekül kristal suyu kalacak şekilde ısıtılarak su buharlaştırılması ve sonrasında öğütülmesi ile elde edilir. Bu işlem sonucunda, su ile karıştırıldığında tekrar kristalleşerek katılaştıran ve bağlayıcı özellik kazanan bir malzeme olan alçı oluşur.

Alçıtaşı, ısı ve kimyasal işlemlerle toz haline getirilerek elde edilir. Pürüzsüz yüzeyler oluşturma özellikleri nedeniyle, günümüzde duvar ve tavan kaplamaları gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yangına karşı dayanıklılığı ile dikkat çeker. Su ile karıştırıldığında macun kıvamına gelir ve kuruduktan sonra sertleşir. Alçı, bağlayıcı özellik gösteren bir yapı malzemesidir. Teknolojinin ilerlemesiyle, farklı amaçlar için çeşitli alçı türleri üretilmektedir. Bunlar arasında makine sıva alçısı, perlitli sıva alçısı, saten alçı, kartonpiyer alçısı, yapıştırma alçısı ve derz dolgu alçısı yer almaktadır. Alçının özellikleri ve kullanımı ile ilgili detaylı açıklamalar, yazımızın ilerleyen bölümlerinde sunulacaktır. İşte alçının kimyasal özelliklerini içeren bir tablo:

Tablo 3. Alçının kimyasal özellikleri.

Özellik	Değer/ Açıklama
Kimyasal Formül	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Kalsiyum sülfat dihidrat)
Moleküler Ağırlık	172,17 g/mol
Renk	Beyaz veya açık gri
pH Değeri (Sulu çözelti)	6 - 8 (nötr ile hafif asidik)
Kristal Yapı	Monoklinik (su molekülleriyle bağlı kristal yapısı)
Erime Noktası	1450°C
Suda Çözünürlük	Suda çok az çözünebilir (yaklaşık 2 g/L, 20°C)
Buharlaşma Isısı	-
Hidrasyon Reaksiyonu	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{su} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$ (sönmüş alçı)
Isıl Kararlılık	180°C'nin üzerinde su kaybeder ve alçı anhidratına (CaSO_4) dönüşür
Çözünürlük Özellikleri	Az çözünebilir ve çözelti oluşturduğunda asidik özellik gösterir
Toplam Kalsiyum İçeriği	%29,4 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ formülüne dayalı)
Bağlayıcı Özellikler	Su ile reaksiyona girerek sertleşir ve bağlayıcı özellik kazanır
Kullanım Alanları	İnşaat (alçıpan, alçı sıva), tıp (alçı bandaj), sanayi (kimyasal üretim)
Kimyasal Reaktivite	Zayıf reaktivite, ancak asidik ortamda çözünürlük artar

Alçı, kalsiyum sülfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) formunda bulunan, su ile reaksiyona girerek sertleşen ve bağlayıcı özellik gösteren bir malzemedir. Isı ile su kaybettiğinde anhidrat formuna dönüşerek kimyasal özelliklerini değiştirir. Çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılır ve özellikle inşaat sektöründe yaygın bir bağlayıcı malzeme olarak tercih edilir.



Şekil 18. Deneyde Kullanılan Alçı

2.1.3. Kireç

Kireçtaşı (kalker), genellikle kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeren bir tortul kayadır. Kalsiyum karbonat oranına dayalı olarak yapılan sınıflandırma ile kireçtaşı türleri şu şekilde sıralanabilir:

- Çok yüksek kalsiyumlu kireçtaşı (KT)
- Yüksek kalsiyumlu kireçtaşı
- Yüksek karbonatlı kireçtaşı
- Kalsitik kireçtaşı
- Magnezyumlu kireçtaşı
- Dolomitik kireçtaşı (Dolomit)
- Yüksek magnezyumlu dolomit

Kireç, %90'dan fazla kalsiyum karbonat içeren kireçtaşının $900-1000^\circ\text{C}$ arasında kalsinasyonu (ısıtılması) ile elde edilen kalsiyum oksit (CaO) ürünüdür. Bu işlem sonucu elde edilen kalsiyum oksit, ticari olarak "sönmemiş kireç" olarak adlandırılır ve piyasada bazen "parça kireç" veya "kelle kireç" terimleriyle de bilinir. Kalsiyum oksit, su ile reaksiyona girerek kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) oluşturur; bu da ticari olarak "sönmüş kireç" olarak bilinir. Kireçtaşı, sönmemiş kireç ve sönmüş kireç gibi ürünlerle birlikte, genel olarak "kireç ürünleri" adı altında toplanır.

Kireçtaşı, doğada bol miktarda bulunan karbonatlı bir tortul kayaç olup, yapısında esasen kalsiyum karbonat (CaCO_3) veya kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat ($\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$) bileşiklerinin birleşiminden oluşur. Ayrıca, kireçtaşında çeşitli oranlarda demir, alüminyum, silisyum ve kükürt gibi safsızlıklar da bulunabilir. Dünya genelinde farklı jeolojik formasyonlar ve tiplerde kireçtaşı bulunmaktadır. Kireçtaşları, orijinleri, jeolojik formasyonları, mineralojik yapıları, kristal yapıları, kimyasal bileşimleri, renkleri ve sertlikleri gibi özelliklerine göre sınıflandırılabilirler (örneğin tebeşir, marn, traverten gibi). İçeriğinde %20-40 oranında magnezyum karbonat (MgCO_3) bulunan kireçtaşına, rhombohedral yapıdaki dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) adı verilir.

Kalsiyum karbonat, doğada asla saf halde bulunmayan iki kristal formda bulunur: Kalsit ve Aragonit. Bu mineraller teorik olarak %56 CaO ve %44 CO_2 içerir. Kalsit, rhombohedral yapıya sahip olup, 3 Mohs sertliğine sahiptir. Buna karşın, 400°C 'de kalsite dönüşen Aragonit'in kristal yapısı orthorhombik olup, sertliği 3.5-4 Mohs arasında değişir.

Tablo 4. Kireç kimyasal özellikleri

Özellik	Değer/ Açıklama
Kimyasal Formül	CaO (Kalsiyum oksit)
Moleküler Ağırlık	56,08 g/mol
Renk	Beyaz veya açık gri
Kristal Yapı	Kireç, genellikle amorf (saf CaO kristalleri nadiren bulunur)
Erime Noktası	2572°C
Yoğunluk	3,34 g/cm ³
Suda Çözünürlük	Düşük çözünürlük (0.18 g/100 mL, 20°C)
pH Değeri (Sulu çözeltisi)	12-13 (çok alkalın)
Isıl Kararlılık	$1000-1100^\circ\text{C}$ arasında kalsinasyon ile kalsiyum oksit elde edilir
Hidrasyon Reaksiyonu	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ (Sönmüş kireç oluşumu)
Bağlayıcı Özellikler	Suyun etkisiyle kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) oluşur, bu da bağlayıcı özellik kazandırır
Kimyasal Reaktivite	Yüksek reaktivite, su ile hızlı reaksiyona girer ve ısı açığa çıkar
Kalsiyum İçeriği	%100 kalsiyum oksit içerir
Kullanım Alanları	İnşaat, su arıtma, metal endüstrisi, kimya sanayi, tarım
Hava ile Reaksiyon	Karbon dioksit (CO_2) ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonat (CaCO_3) oluşturur

Kireç, genellikle kalsiyum oksit (CaO) formunda bulunan ve özellikle su ile reaksiyona girerek güçlü bir bağlayıcı olan bir malzemedir. Kireç, ısıtıldığında kalsiyum karbonattan (CaCO_3) türetilir ve bağlayıcı özellik gösterir. Çeşitli endüstriyel alanlarda, özellikle inşaat, su arıtma, metal işleme ve tarımda yaygın olarak kullanılır.



şekil 19. Deneyde Kullanılan Kireç

2.1.4. Su

Belirgin bir kirliliği bulunmayan, günlük yaşamda yaygın olarak kullanılan şehir şebeke suları ve doğal akarsular, kerpiç karışımında kullanılabilir. Su, insan hayatının devamı için hayati öneme sahiptir. Çünkü vcoda oksijen taşınması, atık maddelerin uzaklaştırılması ve vücut ısısının düzenlenmesi için su gereklidir. İçme suyunun temel özellikleri ise aşağıdaki gibidir:

İçme suyu, patojenik mikroorganizmalar içermemelidir. Kokusuz, renksiz, berrak olmalı ve hoş bir tat profiline sahip olmalıdır. İçme suyunda, suya kötü koku ve tat veren fenoller, yağlar gibi maddeler bulunmamalıdır. İşte suyun temel özellikleriyle ilgili bir tablo:

Tablo 5. Suyun Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değer/ Açıklama
Kimyasal Formül	H ₂ O
Moleküler Ağırlık	18,015 g/mol
Yoğunluk (4°C'de)	1,000 g/cm ³
Kaynama Noktası	100°C (deniz seviyesi)
Donma Noktası	0°C
Spesifik Isı	4,18 J/g·K (100°C'ye kadar)
Buzun Yoğunluğu	0,917 g/cm ³ (0°C)
Yüzey Gerilmesi	72,8 mN/m (20°C'de)
Elektriksel İletkenlik	Saf su: 5.5 x 10 ⁻⁶ S/m; Ancak safsızlıklar ile bu değer artar
Asidik/ Bazik Özellikler	Nötr (pH 7)
Viskozite	1.002 cP (20°C'de)
Buharlaşma Isısı	2260 J/g (100°C'de)
Buhar Basıncı	23,8 mmHg (100°C'de)
Kırılma İndeksi	1,333 (20°C'de)
Isıl Genleşme Katsayısı	0.000214/°C (0-100°C arasında)

Bu tablo, suyun temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini özetlemektedir. Suyun özellikleri sıcaklık ve saflığa bağlı olarak değişebilir, bu nedenle verilmiş olan değerler belirli koşullarda geçerli olan ortalama değerlerdir.

Suyun sertliği, sağlıklı bir içme suyu için yeterli derecede düşük olmalıdır. İçme suyunda sağlığa zarar verebilecek kimyasal maddeler bulunmamalıdır, çünkü bazı kimyasallar insan sağlığı üzerinde toksik etkiler yapabilir. İçme suyunda amonyak ve nitrit bulunmamalıdır; bu maddelerin varlığı, suyun organik kirleticilerle kontamine olduğunu gösterir.

İçme suyunda 200 mg/L'den fazla klorür bulunması, suyun kirlenmiş olduğunu gösterir. Florid, 1 litre suda 1 mg'dan az, ancak 2 mg'dan fazla olmamalıdır. İçme suyunda 1-2 mg/L arasında demir bulunması gereklidir.

Toprak numunelerinin hazırlanması sırasında, 23±2°C sıcaklıkta ve %20-%30 arasında şebeke suyu kullanılmıştır. Su miktarının seçilmesinde, karışımın kıvamının sabit tutulmasına özen gösterilmiştir.

Tablo 6. Toprak numune Hazırlamak için Kullanılan Su

Sıcaklık	Mutlak basınç	Özgül kütle	Özgül ısı	İletim katsayısı	Dinamik viskozite	Kinematik viskozite	Isıl yayılım	Isıl genleşme	Prandle	Gizli ısı
T	P	ρ	c_p	λ	$\mu 10^6$	$\nu 10^6$	$\alpha 10^3$	$\beta 10^3$	Pr	r
[°C]	[bar]	[kg/m ³]	[kcal/kg°C]	[kcal/mh°C]	[kgs/m ²]	[m ² /s]	[m ² /h]	[1/°K]		[kcal/kg]
0	1	999.8	1.0074	0.475	182.7	1.762	0.472	-0.070	13.67	597.3
10	1	999.7	1.0013	0.497	133.3	1.340	0.497	0.088	9.47	591.7
20	1	999.2	0.9987	0.514	102.2	1.004	0.515	0.207	7.01	586.0
30	1	995.7	0.9980	0.528	81.3	0.801	0.531	0.303	5.43	580.4
40	1	992.2	0.9980	0.540	66.5	0.658	0.545	0.385	4.34	574.7
50	1	998.0	0.9985	0.551	55.7	0.553	0.559	0.457	3.56	569.0
60	1	983.2	0.9994	0.560	47.5	0.474	0.570	0.523	2.99	563.2
70	1	977.8	1.0007	0.568	41.2	0.413	0.580	0.585	2.56	557.3
80	1	971.8	1.0023	0.575	36.2	0.365	0.590	0.643	2.23	551.3
90	1	965.3	1.0044	0.581	32.1	0.326	0.599	0.698	1.96	545.2
100	1.033	958.4	1.0070	0.586	28.8	0.295	0.607	0.752	1.75	539.0



Şekil 20. Kayseri Şebeke Suyu

2.1.5. Nişasta

Nişasta (farin veya amidon), suda çözünmeyen, polisakarit yapısında kompleks bir karbonhidrattır. Bitkiler, aşırı glikozu depo etmek amacıyla nişastayı kullanırlar. Endüstriyel uygulamalarda tutkal, kağıt ve tekstil üretiminde kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde, kıvam artırıcı olarak ve yemeklerde sıvıların yoğunluğunu arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Nişasta, genellikle tahıllardan ve patatesten elde edilen, tatsız ve kokusuz bir tozudur.

Nişastanın bağlayıcı özelliği, özellikle endüstriyel ve gıda mühendisliği uygulamalarında önemli bir işlevsellik sergiler. Nişasta, su ile karıştırıldığında şişerek jel kıvamına dönüşür, bu da onu etkili bir bağlayıcı ajan yapar. Bu bağlayıcılık özelliği, nişastanın polisakarit yapısından kaynaklanmaktadır; nişasta molekülleri, su ile etkileşime girdiğinde, hidrojen bağları oluşturarak suyu absorbsiyon yoluyla hapseder ve yapısal bütünlüğü artırarak daha sağlam bir ağ yapısı oluşturur. Bu özellik, nişastanın tutkal üretimi, gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı olarak kullanımı, tekstil ve kağıt üretimi gibi alanlarda malzemelerin bir arada tutularak daha homojen ve mekanik olarak dayanıklı hale gelmesini sağlar. İşte nişastanın kimyasal özelliklerini içeren bir tablo:

Tablo 7. Nişastanın Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değer/ Açıklama
Kimyasal Formül	$(C_6H_{10}O_5)_n$ (Nişasta, glukoz birimlerinden oluşur, n; polisakkarit zincirinin uzunluğuna bağlıdır)
Moleküler Ağırlık	162,14 g/mol (glukoz birimi için)
Yapı	Polisakkarit, iki ana bileşik: amiloz (düz zincir) ve amilopektin (dallanmış zincir)
Renk	Beyaz, kokusuz toz
Çözünürlük	Suda çözünmez, ancak sıcak su ile kısmi çözünürlük gösterir (jelleşme yapar)
pH Değeri	5-7 (su içinde çözöldüğünde nötr pH)
Isı ile Davranış	Sıcak su ile şişer ve jel oluşturur (nişasta jelleşmesi)
Glikozit Bağları	Alfa-1,4-glikozit bağları (amilozda düz zincir, amilopektin dallı zincir yapısı)
Buharlaşma Isısı	-
Kimyasal Reaktivite	Asidik koşullarda, amiloz ve amilopektin suyla reaksiyona girerek jel oluşturur.
Hidroliz	Enzimatik veya asidik hidroliz ile glikoza ayrılabilir
Kullanım Alanları	Gıda endüstrisi, biyoplastik üretimi, tekstil, kağıt üretimi, biyoteknoloji
Karbonhidrat İçeriği	%70 - %80 (genellikle glukoz birimlerinden oluşur)
Hidratlanma	Sıcak su ile nişasta şişer, jel oluşumu sağlar (puding, sos yapımında kullanılır)

Nişasta, glukoz birimlerinden oluşan, özellikle bitkilerde depolanan bir polisakkarittir. Suda çözünmemekle birlikte, sıcak su ile şişer ve jel oluşturur. Bu özellik, nişastayı gıda endüstrisi ve diğer uygulamalarda bağlayıcı ve kıvam arttırıcı ajan olarak kullanmaya uygun hale getirir. Amiloz ve amilopektin olmak üzere iki ana bileşeni bulunur; amiloz düz zincir yapıya sahipken, amilopektin dallanmış zincir yapısına sahiptir.



Şekil 21. Nişasta

2.1.6. Şeker Melası

Melas, şeker pancarı ve şeker kamışı işlenerek şeker üretimi yapılan fabrikalarda, şekerin geri alınamayan son şurup aşamasıdır. Bu madde, alkol, maya ve yem sanayileri için temel bir hammadde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, maliyetinin düşük olması nedeniyle sitrik asit üretimi gibi fermantasyon süreçlerinde de hammadde olarak tercih edilmektedir.

Şeker melası bağlayıcı bir özelliğe sahiptir. Melas, yüksek şeker içeriği ve viskoz yapısı nedeniyle bağlayıcı özellik gösterir. Bu özelliği, özellikle alkol, maya ve yem sanayisinde kullanılmasını sağlar. İşte şeker melasının temel özelliklerini içeren bir tablo:

Tablo 8. Şeker Melasının Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değer/ Açıklama
Kimyasal Formül	$C_6H_{12}O_6$ (Ana bileşikler: sukroz ve diğer şekerler)
Renk	Koyu kahverengi
Koku	Özellikle yanmış şeker veya karamelize olmuş tatlar
Tat	Tatlı, ancak keskin bir aroma ve acılık içerir
Nem İçeriği	%25 - %35 (genellikle)
Bağıl Yoğunluk	1.4 - 1.6 g/cm ³
pH Değeri	5 - 7 (genellikle hafif asidik)
Şeker İçeriği	%45 - %55 (glukoz, fruktoz, sukroz gibi şekerler içerir)
Mineral İçeriği	Potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir, fosfor, sülfür içerir
Kurutulmuş Melas Kuru Madde	%65 - %80
Viskozite	Yüksek (çünkü yoğun ve sıvı kıvamındadır)
Besin Değeri (100 g için)	290 - 350 kcal
Kullanım Alanları	Şeker üretimi, hayvan yemleri, alkol üretimi, tatlandırıcı ve gıda endüstrisi
Antioxidant Özellikleri	Düşük seviyelerde bazı antioksidanlar içerir (flavonoidler gibi)

Şeker melası, şeker üretimi sırasında şeker kamışı veya şeker pancarından elde edilen, şekerin rafine edilmeden önceki yan ürünü olan bir sıvıdır. Yüksek mineral içeriği ve yoğun kıvamı ile çeşitli endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır.



Şekil 22. Şeker Melası

2.1.7. Polimer Lif

Lifli polimer (LP), karbon, cam veya aramid lifleriyle takviye edilmiş kompozit malzemelere dayalı olarak üretilen bir yapı malzemesidir. Türkiye'de, genellikle Fiber Reinforced Polymers/Plastics (FRP) olarak bilinen İngilizce orijinal adıyla da anılmaktadır. Bu malzeme, özellikle yapıların güçlendirilmesi uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

Polimer lifler, özellikle kompozit malzemelerde bağlayıcı işlevi görebilirler, ancak bu bağlayıcılık özellikleri polimerin türüne ve kullanım amacına bağlıdır. Polimer lifler, genellikle mekanik güçlendirme sağlamak amacıyla kullanılır, çünkü lifler, malzemenin dayanıklılığını artırarak gerilme, çekme ve baskı gibi kuvvetlere karşı direnç gösterirler.

Ancak, polimer lifler doğrudan bağlayıcı bir malzeme olarak değil, genellikle güçlendirme ajanı olarak işlev görürler. Kompozit malzemelerde, polimer matrisin içinde yer alan bu lifler, malzemenin esnekliğini ve dayanımını artırırken, bağlayıcı bir rol de üstlenebilir. Bu bağlayıcı etki, özellikle polimerin kendisinin veya kullanılan reçinenin

özellikleriyle şekillenir. Örneğin, fiber takviyeli polimerlerde (FRP), polimer matris, lifleri bağlayarak kompozitin bütünlüğünü sağlar. İşte polimer liflerin kimyasal özelliklerini içeren bir tablo:

Tablo 9. Polimer Lifin Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değer/Açıklama
Kimyasal Yapı	Polimer zincirleri, monomer birimlerinin tekrarından oluşur.
Monomer Birimi	Çeşitli olabilir (örneğin, polyester için tereftalik asit ve etilen glikol)
Moleküler Ağırlık	Yüksek, genellikle 10^6 - 10^8 arası
Erime Noktası	Polimer türüne bağlı olarak değişir (örneğin, polyester için 250-265°C)
Kristal Yapı	Çeşitli polimer lifler amorf veya kristalin yapıdadır, bazıları yarı kristaldir
Suda Çözünürlük	Çoğu polimer lif su ile çözünmez (ancak bazıları su emebilir)
pH Değeri	Genellikle nötr veya hafif alkali (polimer türüne bağlı olarak değişebilir)
Kimyasal Reaktivite	Genellikle düşük reaktivite; ancak asidik veya bazik ortamda bazı polimerler çözünebilir veya bozulabilir
Isı ile Davranış	Yüksek sıcaklıklara dayanıklı; bazıları yüksek sıcaklıklarda erir veya bozulur
Alev Alabilirlik	Alev alabilir; ancak bazı polimer lifler alev geciktirici özelliklere sahip olabilir
UV Işınlara Dayanıklılık	Çoğu polimer lif, UV ışınlarına karşı hassastır, ancak UV koruyucu özellikler eklenebilir
Elektriksel İletkenlik	Çoğu polimer lif elektriksel iletken değildir, ancak iletken polimerler de mevcuttur
Duruş ve Dayanıklılık	Çoğu polimer lif, mekanik olarak dayanıklıdır ve uzun süreli kullanımda eskimeye karşı direnç gösterir
Kullanım Alanları	Tekstil, medikal, otomotiv, inşaat, gıda ambalajları, filtreleme, spor malzemeleri ve daha fazlası

Polimer lifler, çeşitli monomerlerin kimyasal reaksiyonları ile üretilen uzun zincirli moleküllerden oluşur. Çoğu polimer lif, mekanik dayanıklılığı, kimyasal inertliği ve çeşitli fiziksel özellikleriyle bilinir. Bu lifler genellikle tekstil, otomotiv ve diğer endüstrilerde kullanılır. Polimer lifler, belirli kimyasal özellikleri sayesinde farklı uygulamalar için özelleştirilebilir ve özellikleri, kullanılan monomerlerin türüne ve polimerizasyon sürecine bağlı olarak değişebilir.



Şekil 23. Polimer lif

Tablo 10. Polimer Lifin Özellikleri

Malzeme	Birimi	Değer
Elyaf çapı	μm	6,5
Nem miktarı	%	Max 0,1
Kırılma boyu	mm	12
Özgül ağırlık	gr/cm^3	2,54
Elastisite modül	Gpa	72,4
Çekme mukavemeti	Mpa	3448
Yumuşama sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$	841

2.1.8. Elenmiş Küfeki Tozu

İstanbul ve Trakya'nın yapı taşını temin eden ve yüzyıllardır kullanılan bu taş, "lümaşelli kalker", "maktralı kalker" ya da "Bakırköy Taşı" gibi adlarla bilinir. Genellikle deniz kabukları, özellikle istiridye kabukları, bu kalker türünün oluşumunda önemli bir rol oynar. Bileşiminde yüksek oranda karbonat bulunması nedeniyle, asidik maddelerle reaksiyona girdiğinde hızlı bir köpürme gözlemlenir. Taş, fosil bakımından zengindir, bol miktarda boşluk içerir ve kalsit kristalleri gösterir. Doku açısından, açık bej ile beyaz arasında tonlara sahip olup, ince taneli ve kumlu bir görünüme sahiptir, aynı zamanda kompakt bir kayadır. Öne çıkan özelliklerinden biri, doğadan çıkar çıkmaz her türlü

işleme uygun olması ve kolayca işlenebilmesidir. Hava ile temasa girdiğinde, bünyesinde karbondioksit olarak ikincil bir hidratasyon süreci başlar ve bu süreç taşın sertliğini artırır, dayanıklılığını ve gücünü yükseltir. Su altında bulunduğu ise taşın fiziksel ve kimyasal özelliklerinde herhangi bir değişim meydana gelmez. Ayrıca, bu taş türü el işçiliğine uygun olup, tarihi eser restorasyonunda en çok tercih edilen taşlardan biridir. Tüm tarihi yapılarda çeşme, cami, medrese tuğla örüm ve sıva işlemlerinde kullanılır. Horasan Harcı içeriğinde de mevcuttur.

Elenmiş küfeki tozunun kimyasal özelliklerini içeren bir tablo:

Tablo 11. Elenmiş Küfeki Tozu Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değer/Açıklama
Kimyasal Formül	Genellikle CaCO_3 (Kalsiyum karbonat) içeren bir kayadır; bazı örneklerde MgCO_3 de bulunabilir
Renk	Beyazdan griye kadar değişir (kalsiyum karbonat oranına bağlı olarak)
Yoğunluk	2,5 – 2,9 g/cm ³
pH Değeri	9 - 11 (su ile karıştırıldığında bazik özellik gösterir)
Suda Çözünürlük	Kalsiyum karbonat, suda çözünmez, ancak asidik ortamda çözünür
Kimyasal Bileşikler	Kalsiyum karbonat (CaCO_3), bazı durumlarda magnezyum karbonat (MgCO_3), silika (SiO_2)
Karbonat İçeriği	Genellikle %80 - %95 (özellikle kalsiyum karbonat oranı yüksektir)
Silika (SiO_2) İçeriği	%1 - %5 (bazı küfeki çeşitlerinde silika içeriği daha yüksek olabilir)
Magnezyum (Mg) İçeriği	Düşük - Orta (%0 - %10, dolomit içeren küfekilerde daha yüksek olabilir)
Alkalinitesi	Yüksek (bazik özellik gösterir, CaCO_3 'den dolayı)
Hidrasyon Reaksiyonu	Su ile temas ettiğinde kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) oluşabilir (bağlayıcı özellik gösterir)
Bileşik Yapısı	Genellikle monoklinik kristal yapısına sahip, ancak amorf formda da bulunabilir
Kullanım Alanları	İnşaat (özellikle harç, sıva), tarım (toprak düzenleyici), kimya endüstrisi (kalsiyum bileşenleri), çevre mühendisliği (su arıtma)

Elenmiş küfeki tozu, genellikle kalsiyum karbonat (CaCO_3) içeren bir kayaç olan küfekin, ince öğütülmüş formudur. Bu toz, genellikle inşaat malzemesi olarak kullanılır, aynı zamanda tarımda toprağı iyileştirmeye yönelik bir düzenleyici olarak da işlev görür. Küfeki tozu, asidik ortamlarda çözünür, ancak genellikle alkali özellik gösterir ve yüksek karbonat içeriği ile tanınır.



Şekil 24. Elenmi  Küfeki Tozu

2.1.9. Hidrolik Kireç

Çimento içermeyen ve tarih  yapılar için özel olarak üretilen bu malzeme, doğal hidrolik kireçtir. Yüksek su buharı geçirgenliği ve nefes alma özelliği sunan bir sıva harcıdır. Su ile karı tırıldı ında, hidrolik reaksiyon meydana gelir ve bu süreç sonucunda priz alma ve sertleşme özellikleri kazanır. Hidrolik kirecin kimyasal özelliklerini içeren bir tablo:

Tablo 12. Hidrolik Kireç Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değer/Açıklama
Kimyasal Formül	CaO (Kalsiyum oksit) ve kalsiyum silikat (CaSiO_3), kalsiyum alüminat (CaAl_2O_4) gibi bileşikler içerir
Moleküler Ağırlık	56,08 g/mol (CaO) ve diğer bileşiklere göre değişir
Renk	Genellikle açık gri veya beyaz
Erime Noktası	2572°C (kalsiyum oksit için)
Yoğunluk	3,34 g/cm ³ (CaO için)
pH Değeri (Sulu çözeltisi)	12-13 (çok alkali bir çözelti oluşturur)
Suda Çözünürlük	Düşük, ancak kalsiyum oksit su ile reaksiyona girerek kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) oluşturur
Kimyasal Reaktivite	Yüksek reaktivite; su ile temas ettiğinde ekzotermik reaksiyonlar verir (kalsiyum hidroksit oluşumu)
Bağlayıcı Özellikler	Hidrolik kireç su ile reaksiyona girerek sertleşir ve bağlayıcı özellik gösterir
Isı ile Davranış	Sıcaklık arttıkça CaCO_3 'ten (kalsiyum karbonat) CaO'ya dönüşüm gerçekleşir, bu da bağlayıcı özellik kazandırır
Hidrasyon Reaksiyonu	$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ (sönmüş kireç, bağlayıcı malzeme)
Kimyasal Bileşikler	Kalsiyum silikat (CaSiO_3), kalsiyum alüminat (CaAl_2O_4), kalsiyum oksit (CaO)
Kullanım Alanları	İnşaat (beton, harç, sıva), su arıtma, kimya sanayi, çevre mühendisliği
Dayanıklılık	Suya, asidik ortamlara ve kimyasal etkilere karşı dayanıklı

Hidrolik kireç, kalsiyum oksit (CaO) ve çeşitli silikatlar, alüminatlar gibi bileşiklerin karışımından oluşur ve su ile reaksiyona girerek bağlayıcı özellikler kazanır. Bu kireç türü, su altında sertleşme yeteneğine sahip olduğu için, suya dayanıklı yapılar ve harçlar üretmekte yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, bu kireç su arıtma, çevre mühendisliği ve çeşitli endüstriyel süreçlerde de kullanılır.

Tarihi kagir yapıların onarımı ya da güçlendirilmesinde, Kagir kubbe ve tonozların çatlaklarının onarım işlerinde, Mevcut tarihi yapıların taş, tuğla ve duvar örme işlerinde kullanılır.



Şekil 25. Hidrolik Kireç

2.1.10. Karbonfiber Lif

Karbon fiber, kokusuz, suya çözünmeyen ve asitler, bazlar ile organik çözücülere karşı yüksek direnç gösteren bir malzemedir. Kompozit malzeme endüstrisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Yüksek çekme dayanımı ve modülüs değerine sahip olup, havacılık sektöründe kompozit bileşenlerin üretiminde önemli bir yer tutar. Karbon fiber, bina yapılarında da düşük basınç ve takviye amaçlı kullanılır.

Karbon fiber, genellikle karbonlaşmış akrilik elyaf (Orlon), katran ve naylon gibi materyallerin birleşiminden oluşan teknolojik bir iplik türüdür. Yapısal olarak, karbon fiber, çelikten 4,5 kat daha hafif olmasına karşın, 3 kat daha dayanıklıdır. Karbon fiber, naylon gibi esnek ve orlon gibi orta derecede dayanıklı malzemelerden farklı olarak daha sert ve çok daha dayanıklıdır.

Tablo 13. Karbon fiber Kimyasal Özellikleri

Özellik	Değer/Fiyatlandırma
Ağırlık	Çelikten 4.5 kat daha hafif
Çekme Dayanımı	Yüksek (yaklaşık 3 kat çelikten daha dayanıklı)
Modülüs (Elastikiyet Modülü)	Yüksek
Esneklik	Esnek değildir, sert ve dayanıklıdır
Sıcaklık Dayanımı	Yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır (500-700°C arası)
Korozyon Direnci	Asitler, bazlar ve organik çözücülere karşı dayanıklı
Suya Dayanıklılık	Suya çözünmez
Koku	Kokusuz
Yapısal Malzeme	Karbonlaşmış akrilik elyaf, katran, naylon
Kullanım Alanları	Havacılık, otomotiv, inşaat, spor ekipmanları, denizcilik
İşlenebilirlik	Zor işlenebilir, yüksek teknolojik işleme gerektirir



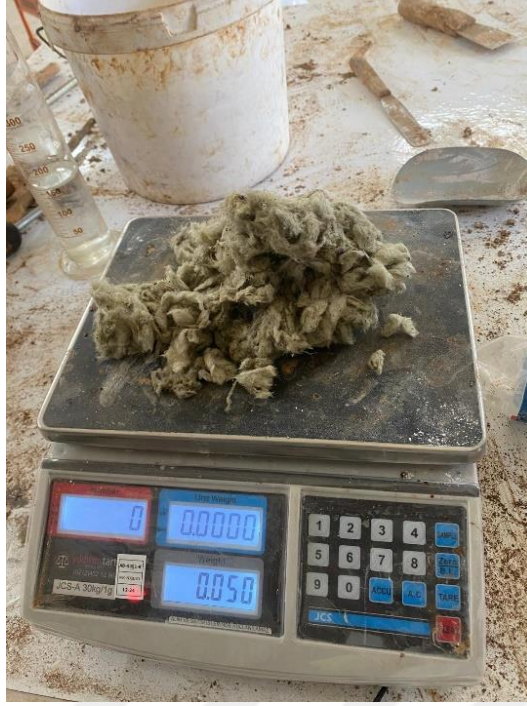
Şekil 26. Karbonfiber kumaş

2.1.11. Taşyünü Atığı

Taşyünü, başlıca ısı yalıtımı amacıyla kullanılan bir malzemedir. Bunun yanı sıra, mantolama, yangın yalıtımı ve ses izolasyonu gibi uygulamalarda da önemli avantajlar sunar. Yalıtım dışında, taşyünü, bölme duvarları ve inşaat yapımında kullanılan temel malzemelerden biridir. Yangına ve yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olması, aynı zamanda su itici özellikleri, onu hem yapı hem de inşaat sektörlerinde vazgeçilmez bir malzeme haline getirmektedir.

Tablo 14. Taşyünü Kimyasal Özellikleri

Özellik	Açıklama
Isı Yalıtımı	Taşyünü, düşük ısı iletkenliği sayesinde etkili bir ısı yalıtımı sağlar.
Yangın Dayanıklılığı	Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olup, yangına karşı direnç gösterir.
Ses Yalıtımı	Sesin geçişini engelleyerek iyi bir ses yalıtımı sağlar.
Su İtici Özellik	Su geçirmez, nemi emmez ve suya karşı dayanıklıdır.
Çevre Dostu	Doğal minerallerden üretildiği için çevre dostudur.
Kimyasal Dayanıklılık	Asidik ve bazik ortamlara karşı dirençlidir.
Hafiflik	Düşük yoğunluklu olup, taşıması ve uygulaması kolaydır.
Ses Emme Kapasitesi	Yüksek ses emme kapasitesine sahiptir, gürültü azaltma işlevi görür.
Sağlık Etkisi	İnsan sağlığına zararlı herhangi bir madde içermez ve topraklanabilir.
Düşük Büzülme	Yüksek sıcaklık ve zamanla büzülme yapmaz, yapısal bütünlüğünü korur.



Şekil 27. Taş yünü atığı

2.1.12. Agregat

Agregat beton, harç ve benzeri çimentolu yapı malzemelerinin üretiminde çimento ve su ile birlikte kullanılan, kum, çakıl ve kırmataş gibi taneli, farklı mineral bileşimlere sahip inorganik malzemelerdir. Agregatlar, çimentolu sistemlerin hacimsel olarak yaklaşık %75'ini oluşturur ve bu nedenle sistemin mekanik özellikleri ve dayanıklılığı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Aynı zamanda agregatlar, çimentolu sistemlerde genellikle düşük maliyetli bileşenler olarak görev yaparlar ve bu da onları ekonomik açıdan önemli kılar.



Şekil 28. Deneyde Kullanılan Agregat

2.1.13 Beton Parçaları

Beton parçaları, beton laboratuvarından alınmış olup beton dökümü sırasında alınan numunelerin laboratuvar ortamında kırıldıktan sonra ortaya çıkan atıklarıdır. Beton atıkları, inşaat, yıkım, tadilat ve üretim süreçlerinde ortaya çıkan ve özellikle betonarme yapı elemanlarının parçalanması veya fazla/hatalı beton üretimi gibi nedenlere bağlı olarak oluşan inorganik katı atıklardır. Bu tür atıklar, yapı sektöründeki faaliyetlerin bir yan ürünü olarak en sık rastlanan inşaat ve yıkım atıkları arasında yer alır ve çevresel açıdan ciddi etkiler taşır. Gelişi güzel doğaya bırakıldıklarında toprak ve su kirliliğine neden olabilirler ve büyük hacimleri nedeniyle depolanmaları geniş alanlar gerektirir. Ancak, beton atıkları uygun geri dönüşüm teknikleriyle işlenerek çevre ve ekonomi açısından yarar sağlayabilir. Kırma ve eleme işlemleriyle boyutları küçültülen bu atıklar, yol altyapılarında dolgu malzemesi olarak kullanılabilir veya sınırlı oranlarda yeni beton üretiminde agrega ya da çimento üretiminde katkı maddesi olarak değerlendirilebilir. Bu yöntemler sayesinde doğal kaynakların tüketimi azaltılarak sürdürülebilir inşaat uygulamalarına destek olunur.



Şekil 29. Atık beton küpleri ve beton parçaları

2.1.14. Seramik Yünü

Seramik yünü, yüksek sıcaklık yalıtımı gerektiren endüstriyel uygulamalarda kullanılan bir izolasyon malzemesidir. Bu malzeme, yüksek saflıkta alümina, silisyum ve diğer minerallerden üretilen inorganik bir elyaf materyali olarak tanımlanabilir.

Seramik yünü, diğer yalıtım malzemeleriyle kıyaslandığında, daha yüksek sıcaklık dayanımına ve daha düşük yoğunluğa sahip olup, yüksek yalıtım performansı ile birlikte yangına karşı dirençli özellikler sunar. Bu özellikler, seramik yünü özellikle

yüksek sıcaklık ve yangın dayanıklılığı gerektiren uygulamalarda tercih edilen bir malzeme haline getirmektedir.

Tablo 15. Seramik Kimyasal Özellikleri

Özellik	Açıklama
Isı Dayanıklılığı	Yüksek sıcaklıklara dayanabilir, genellikle 1000°C'ye kadar ısıya dayanıklıdır.
Yoğunluk	Düşük yoğunluklu olup hafif bir malzemedir, bu sayede taşıma ve uygulama kolaydır.
Isı İletkenliği	Düşük ısı iletkenliği sunarak etkili yalıtım sağlar.
Yangın Dayanıklılığı	Yüksek yangın direnci sağlar, genellikle alev almaz.
Ses Yalıtımı	Yüksek ses yalıtımı sağlar, ses geçişini engeller.
Kimyasal Dayanıklılık	Asidik ve bazik ortamlara karşı dayanıklıdır.
Su İtici Özellik	Suya karşı dayanıklıdır ve nemi emmez.
Sağlık Etkisi	İnsan sağlığına zarar vermeyen, çevre dostu özellikler taşır.
İçeriği	Alümina, silisyum ve diğer minerallerden oluşan inorganik elyaf malzemesidir.
Uygulama Sıcaklığı	Genellikle 1000°C'ye kadar etkin bir şekilde kullanılabilir.



Şekil 30. Seramik yünü

2.2. Deneyde Kullanılan Araçlar

Deney yapılırken kerpiç ve diğer malzemeleri karıştırma, tartma, ölçme ve yerleştirmede kullanılan araçlar açıklanmıştır.

2.2.1. Hassas Tartı

Hassas tartı, ölçümleri yüksek doğrulukla yapabilen ve genellikle küçük miktardaki maddelerin kütlesini ölçmek için kullanılan tartı türüdür. Bu tür tartılar, düşük hata payıyla çalışarak çok küçük kütle değişimlerini bile tespit edebilir. Hassas tartıların kimyasal analizler, laboratuvar deneyleri ve endüstriyel üretim süreçlerinde kullanımı yaygındır.

Çalışma Prensibi: Hassas tartılar genellikle elektromanyetik veya mekanik kuvvet dengeleme prensibine dayanır. Örneğin, bir elektromanyetik denge tartısı, numune ile karşılaştırılabilir bir manyetik kuvvet oluşturur ve bu kuvvet, kütle ile doğru orantılı olarak ölçülür. Ayrıca, bazı tartılar, piezoelektrik etkiler veya lazer ışınları kullanarak kütle ölçümünü yapabilir.

Hassas tartılar, genellikle **mikrogr** (μg) ile **gram** (g) arasında bir ölçüm aralığına sahiptir ve bu, çok küçük kütleleri doğru şekilde ölçebilmelerini sağlar. Bu nedenle, hassas tartıların kullanımı, yüksek hassasiyet gerektiren kimyasal analizlerde, farmasötik üretimlerde, gıda endüstrisinde ve çevre analizlerinde yaygındır.

Deneyde reçetede olan maddelerin oranlarını belirlemek için kullanılmıştır.



Şekil 31. Hassas Tartı

2.2.2. Sıvı Ölçeği

Sıvı ölçeği, bir sıvının hacmini ölçmek için kullanılan laboratuvar ekipmanıdır. Sıvıların doğru bir şekilde ölçülmesi, kimyasal analizler, biyolojik deneyler, farmasötik üretim ve diğer bilimsel çalışmalarda çok önemlidir. Sıvı ölçekleri, genellikle belirli bir hacmi hassas bir şekilde ölçebilmek amacıyla tasarlanmış silindirik kaplar veya özel ölçüm cihazlarıdır.

Sıvı ölçekleri, hacim ölçümünü, sıvı seviyesinin gözlemlenmesi veya sıvının yükseldiği seviyenin belirlenmesiyle yapar. Çoğu sıvı ölçeği, sıvının düzgün bir şekilde yerleşmesini sağlamak için bir derece göstergesi veya ölçeklendirme sistemi içerir. Sıvı ölçeği kullanılırken, sıvının yüzey gerilimi ve menisküs etkisi gibi faktörlerin doğru ölçümde etkili olabileceği unutulmamalıdır. Deneyimizde suyun taşınması ve ölçeklendirilmesinde kullanılmıştır.



Şekil 32. Sıvı Ölçeği

2.2.3. Şaşula

Çok çeşitli sektörlerde kullanılan metal malzemeden imal edilmiş olan küreklerdir. Tahıl ve kurubaklagil tarzı ürünleri, ölçekli olarak alıp doldurmaya yarayan küçük kürektir.

Deneyimizde ürünleri taşımak için kullanılmıştır.



Şekil 33. Şaşula

2.2.4. Karıştırma Kabı (Plastik)

Karıştırma kabı (plastik), genellikle laboratuvarlarda, mutfaklarda veya çeşitli endüstriyel işlemlerde, farklı maddelerin bir arada karıştırılması için kullanılan bir araçtır. Plastik karıştırma kabı, çeşitli malzemeleri güvenli ve verimli bir şekilde karıştırmak için tasarlanmıştır. Hem sıvı hem de katı malzemelerin birleştirilmesi için kullanılabilir ve çeşitli boyutlarda ve şekillerde bulunabilir.

Deneyimizde malzemeleri içinde karıştırmak için kullanılmıştır.



Şekil 34. Karıştırma Kabı

2.2.5. Kestirme Fırça

Kestirme fırça, özellikle ince işçilik ve hassas fırçalama gereken durumlarda kullanılan bir fırça türüdür. Bu fırçalar, genellikle düzgün ve net çizgiler oluşturmak, köşe ve kenarları boyamak için tercih edilir. Kestirme fırçalar, özellikle duvar boyama, mobilya boyama, sanat ve dekorasyon gibi uygulamalarda kullanılır.

Deneyimizde kalıp yağını sürmek için kullanılmıştır.



Şekil 35. Kestirme Fırçası

2.2.6. İş Eldiveni

İş eldiveni, elleri fiziksel zararlardan, kimyasallardan, ısıdan, kesiklerden, yaralanmalardan ve diğer tehlikelerden korumak amacıyla tasarlanmış koruyucu bir giysi türüdür. İş eldivenleri, özellikle endüstriyel, inşaat, kimya, sağlık ve diğer çeşitli iş kollarında çalışan kişilerin ellerini güvence altına alır. Deneyimizin başından sonuna kadar vücut temasını engellemizde kullanılmıştır.



Şekil 36. İş eldiveni

2.2.7. Karıştırıcı Uç

Karıştırıcı uç, genellikle bir karıştırıcı veya mikserin ucunda bulunan, sıvıların, tozların veya diğer malzemelerin homojen bir şekilde karıştırılmasını sağlayan bir ekipman parçasıdır. Farklı tipte karıştırıcı uçlar, kullanılan malzemenin özelliklerine ve karıştırma işlemine göre tasarlanır. Bu uçlar, çeşitli endüstriyel, laboratuvar ve mutfak uygulamalarında kullanılır.



Şekil 37. Karıştırıcı Uç

3. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Toprak Temini

Deneyin yapılabilmesi için toprak temini yapılmalıdır. Killi kırmızı toprak 38.30365°K 35.4601°D. koordinatlarına bağlı [44] Kayseri'nin Develi ilçesinin bağlı Zile mahallesinden temin edilmiştir. Mahallenin adı, 1500 yılı kayıtlarında Zile ya da Zila olarak geçmektedir.

Toprağın kırmızı killi toprak olarak bilinen kil oranının yüksek olması gerekmektedir. Killi toprak, "yapışkan" bir özelliğe sahiptir. Su eklediğinizde, toprağın şekil almasını ve hamur kıvamına gelmesini sağlar. Bu yüzden bağlayıcı olan killi toprak tercih edilmiştir.



Şekil 38. Kırmızı Killi Toprak

3.1.1. Toprak Nakliyesi

Kırmızı killi toprak araziden 18 °C derecede, son 15 gün içerisinde yağış görmemiş hava koşullarında torbalara doldurularak Kayseri Nuh Naci Üniversitesi laboratuvarına nakliye edilmiştir.



Şekil 39. Killi Toprak Laboratuvara Taşınması

3.1.2. Toprak Kurutulması

Toprak, alındığında nemli olduğundan, alçı ve kireç gibi bağlayıcı özellikleri yüksek malzemelerle birleştiğinde aktifleşme eğilimindedir. Bu nedenle, en doğru sonuçların elde edilebilmesi ve su oranının izlenebilmesi amacıyla toprak, 15 gün boyunca yer yüzeyine serilerek tamamen kuruması sağlanmıştır. Kuruma süreci tamamlanan toprak, görseldeki şekilde sunulmaktadır.

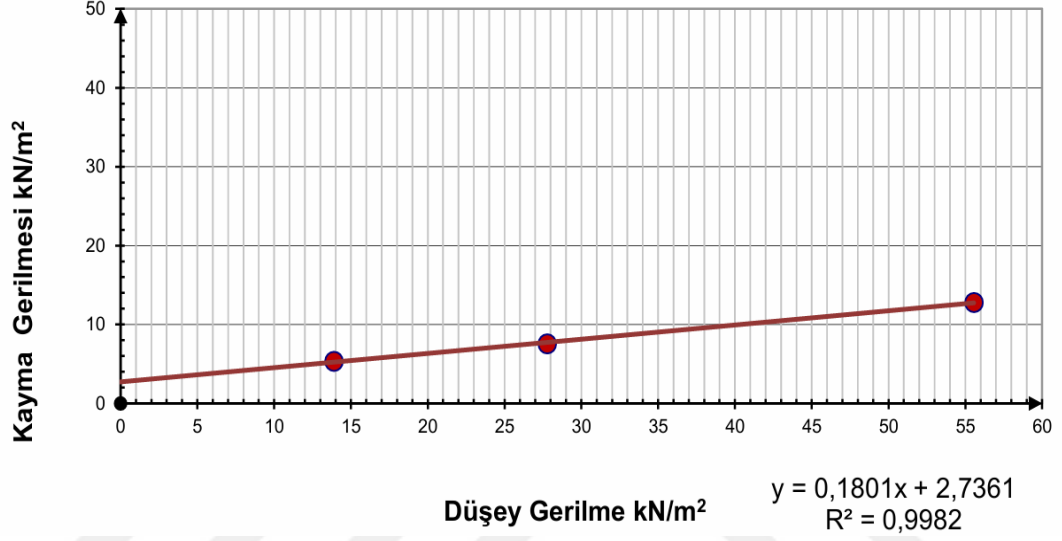


Şekil 40. Killi Toprağın Kurutulması

Toprağın laboratuvarının nakliyesinden sonra toprak naylonların üzerine serilip kurutulmuştur. Doğal zemininden çıkarılan topraklar oda koşullarında 1 hafta harmanlanarak kurutma işleminden geçmiştir.

3.1.3. Toprak Analizi

Deneylerde kullanılacak kerpiç malzemesi Kayseri İli'nin Develi İlçesinde bulunan Zile Mahallesi bölgesinden alınmıştır. ZEMTEST ZEMİN ARAŞTIRMA VE LABORATUVAR HİZMET LTD ŞTİ. de numune özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan laboratuvar deneyleri ve deney sonuçları aşağıda belirtilmiştir. Aşağıdaki deneylerde kullanılan SPT ve Karot numuneleri örselenmiş numunedir.



Şekil 41. Deney Esnasında Kullanılan Toprak Numunenin Analiz Grafiği

3.1.4. Özgül Ağırlık ve Su Emme Deneyi

TS 1900-1 standartına uygun olarak kuru ve doymuş yüzey özgül ağırlıklarıyla su emme oranını belirlemek amacıyla yapılan deney sonucunda;

Doğal Su İçeriği: %11,7

Doğal Birim Hacim Ağırlık: 1,13 g/cm³

ZEMTEST ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI		ZEMTEST ZEMİN ARAŞTIRMA VE LABORATUVAR HİZMET LTD ŞTİ. ADRES: ARGINCİK MAH.6313 CAD.164 SK.NO:11/A KOCASINAN/KAYSERİ TEL :0352 333 55 44 MAIL:INFO@ZEMTEST.COM		 T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI	
ÖZGÜL AĞIRLIK ve SU EMME DENEY FORMU					
Yüklenici Firma	FATİH DAŞTAN		Sayfa No	1/1	
Proje Adı	KAYSERİ İLİ DEVELİ İLÇESİ ZİLE MAH.YÜKSEK LİSANS TEZİ		Laboratuvar No	539	
Rapor No	-		Numune Geliş Tarihi	9.01.2025	
Bakanlık Rapor No	-		Rapor Tarihi	14.01.2025	
Özgül Ağırlık ve Absorbsiyon Hesaplanması					
M1	Numunenin Etüv kuru ağırlığı (g)			122,10	
M2	Numunenin DKY Durumdaki Ağırlığı (g)			153,60	
M3	Piknometre+Su+Numune Ağırlığı (g)			367,20	
M4	250 ml Çizgisine Kadar Su ile Dolu Piknometre Ağırlığı (g)			334,92	
M1/(M2+M4-M3)	İnce Malzemenin Kuru Özgül Ağırlığı			1,006	
M2/(M2+M4-M3)	İnce Malzemenin DKY Özgül Ağırlığı			1,266	
M1/(M1+M4-M3)	İnce Malzemenin Görünen Özgül Ağırlığı			1,359	
(M2-M1)/(M1)*100	İnce Malzemenin Absorbsiyon (Su Emme) Oranı %			25,8	
AÇIKLAMALAR					
İLGİLİ STANDART		TS 1900-1			
DENEYİ YAPAN			DENEYİ ONAYLAYAN		
					

Şekil 42. Deney Esnasında Kullanılan Toprak Numunenin Analizi

Numunenin Etüv kuru ağırlığı: 122,10 gram (M1)

Numunenin Doygun Kuru Yüzey (DKY) Durumdaki Ağırlığı: 153,60 gram (M2)

Piknometre+ Su+ Numune Ağırlığı: 367,20 gram (M3)

250 Çizgisine Kadar Su ile Dolu Piknometre Ağırlığı: 334,92 gram (M4)

Olacak şekilde tespit edilmiş ve aşağıda sırası verilen işlemler yapılarak özgül ağırlıklar bulunmuştur.

-M1/(M2+M4-M3) formülasyonu ile İnce Malzemenin Kuru Özgül Ağırlığı:
1,006

- M2/(M2+M4-M3) formülasyonu ile İnce Malzemenin DKY Özgül Ağırlığı:
1,266

- M1/(M1+M4-M3) formülasyonu ile İnce Malzemenin Görünen Özgül Ağırlığı:
1,359

-(M2-M1)/(M1)*100 formülasyonu ile İnce Malzemenin Absorbsiyon (Su Emme) Oranı: % 25,8

Aşağıda ZEMTEST ZEMİN ARAŞTIRMA VE LABORATUVAR HİZMET LTD ŞTİ. Tarafından gönderilen toplu sonuç raporu aşağıda verilmiştir.

NOT: SPT VE KAROT NUMUNELERİ ÖRSELENMİŞ NUMUNEDİR.LABORATUVAR DENEYLERİ MÜŞTERİNİN İSTEĞİ DOĞRULTUSUNDA YAPILMIŞTIR.

Onaayan
Serhat DAAK (Serhat MICH)
Belge No:28679

56

Tablo 16. Elek Analiz Sonuçları.

Elek No	Elek Çap	Elekten arta kalan	Elek altta kalan	Geçen
	mm	gr	%	%
1	16	7,2	0,9	99
2	11,2	12,4	1,2	98
3	8	60,3	7,4	92
4	5,6	185,5	19,1	75
5	4	145,9	14,2	60
6	2	380,7	38	24
7	1	105,4	11,2	14
8	0,5	42,7	4,1	10
9	0,25	36,8	3,9	7
10	0,125	25,4	2,5	4
11	Kap	12,1	1,1	1

Bir metreküplük (1 m³) toprak, en küçük göz açıklığı 0,063 mm ve 16 mm olan eleklerden geçirilerek killi toprak gradasyonu belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan kırmızı killi toprak, 2 mm'lik göz açıklığına sahip bir elek ile elenerek analiz edilmiştir.

3.1.6. Karışım Malzemesinin Tartılması

Kurutulan killi topraklar ve deneyde kullanılacak malzemeler (su, kireç, alçı) hassas terazili tartılar yardımıyla bir karıştırma kabının içerisinde alınır.

Her laboratuvar terazisi, farklı hassasiyet seviyelerine sahip olabilir. Bazı modeller, 1 gramlık bir hata payı ile ölçüm yaparken, diğerleri 0.1 gram kadar düşük bir hata payı sunabilmektedir. Hassas ölçüm gerektiren uygulamalarda kullanılacak bir terazi seçerken, cihazın minimum hata değeri kritik öneme sahiptir. Bizim kullandığımız terazi yıldırım tartı JCS-A 30kg /1 gr 'dır. Kullanılan terazi 30 kg kapasiteli olup 1 g hata payına sahiptir.



Şekil 45. Hassas Terazi

3.1.7. Malzemelerin Karıştırılması

Kurutulmuş killi toprak, alçı, kireç ve suyun reçetede yazan oranlarla karıştırma kabına atılıp karıştırma işlemine başlanır. Karıştırıcı uç yardımıyla homojen hal alacak kıvama kadar yaklaşık 2-3 dakika karıştırılır.



Şekil 46. Malzemelerin Karıştırılması

3.1.8. Kalıp Ölçü ve Yağlama

Kalıplar 40x40x40 mm ürün elde etmek için Mdflam'dan yapılmıştır. Yapılan kalıp içerisini numunenin daha rahat çıkabilmesi için yanmış yağ olarak bilinen kalıp yağı kestirme fırçası yardımıyla kalıplara sürülmüştür.



Şekil 47. Numuler İçin Kaplar

3.1.9. Kalıplara Hazırlanmış Numuneler

Reçeteler hazırlanmak üzere karıştırma kabında ölçülü şekilde hazırlanır. 40x40x40 mm küp kalıbın içerisine sıkıştırılarak numuneler elde edilir. Küp numuneler 10 gün oda koşullarında bekletilir. Çimentolu kerpiçler, depolama ve nakliye süreçlerinde, özellikle ıslanma, aşırı nem ve don gibi olumsuz koşullardan muhafaza edilmelidir [45].



Şekil 48. Deney Numuneleri



Şekil 49. Deney Numunelerin Kurutulması

3.1.10. Numune Kırılması

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi İnşaat mühendisliği yapı laboratuvarında bekletilen numuneler sırasıyla kalibre edilmiş pres makinasında kırılarak basınç dayanım değerleri tespit edilmiştir.



Şekil 50. Pres Makinesinde Numune Yerleşimi

Basınç deney presi kesintisiz olarak saniyede 0,5 kgf/cm² -0,6 kgf/cm² (0,05 N/mm -0,06 N/mm) basınç artışı sağlayacak şekilde ayarlanabilen, üst başlığı mafsallı, yeterli kapasitede ve uygulanan yükün en az yüzde biri kadar duyarlıkta olan pres makinesi kullanılmıştır. [33]



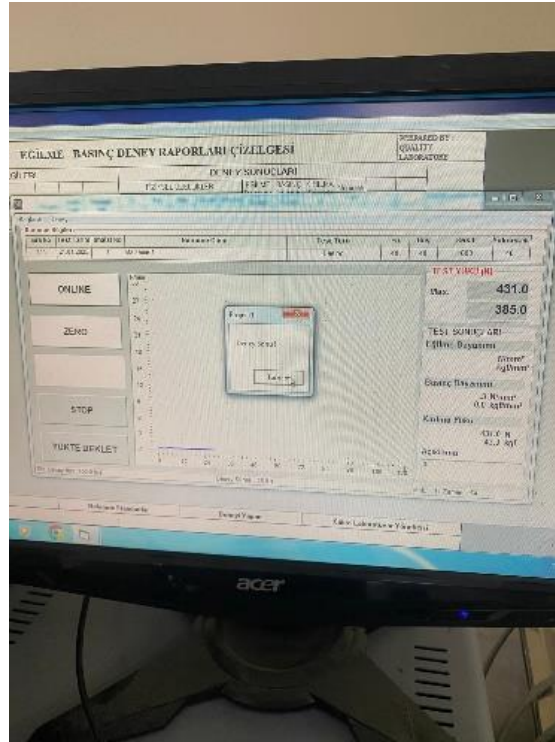
Şekil 51. Dayanım Okuma Cihazı

Cihazımız Nuh Naci Yazgan Üniversitesi'nin İnşaat mühendisliği fakültesinin laboratuvarında bulunan profi x6 plus modeli olup, Yüksel Makine tarafından kurulmuş ve kalibrasyonu yapılmıştır.



Şekil 52. Basınç Dayanım Cihaz Ana Ekranı:

Deneyde numunemizin yükleme hızı anındaki davranışı ve basınca karşı şekil değiştirmesi gösterilmiştir.



Şekil 53. Deney Sonucunun Ekran Görüntüsü



Şekil 54. Deney esnasında numune

3.2. Deneyin Yapılması

Bu çalışmada, belirtilen malzemeleri kullanarak toplam yedi aşamalı bir dizi deney gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, kil, su, alçı ve kireç kullanılarak 12 farklı karışım geliştirilmiş ve bunların arasından en yüksek basınç mukavemetine sahip olan modern kerpiç belirlenmiştir. İkinci aşamada, su ve toprak oranları üzerinde değişiklikler yapılarak karışımın performansı artırılmıştır. Üçüncü deneyde, kireç yerine hidrolik kireç kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır fakat daha iyi bir sonuç elde edilememiştir. Dördüncü deneyimizde Küfeki tozu ve agrega eklenerek daha güçlü bir yapı oluşturulması amaçlanmıştır. Beşinci aşamada, numunelerin çapı artırılarak içeriklerine melas, nişasta, taş yünü atığı, seramik yünü atığı, mikrofiber lif atığı ve karbofiber lif atığı eklenmiş, böylece atıkların değerlendirilmesi ve karışımın iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Altıncı deneyde, önceki aşamada kullanılan atık oranları artırılarak daha da iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yedinci ve son aşamada, en dayanıklı sonuçları veren beşinci ve altıncı deneylerin verileri kullanılarak kerpiç bloklar üretilmiş ve bunların eğilme dayanımları karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Birinci Deney

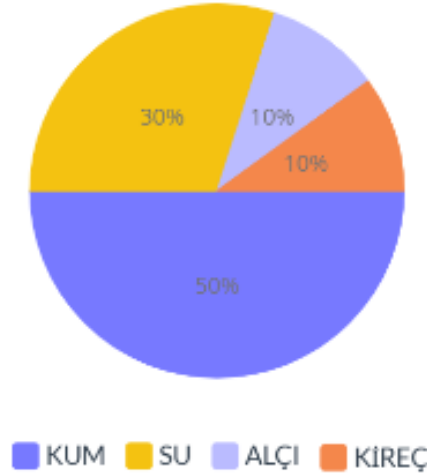
Bu malzemeler kullanarak deney için karışımlar hazırlanır. İlk deneyde alçı, su, kum ve kireç kullanılarak 12 reçete elde edilmiştir.

Bu reçetelerden 1. Reçete için %50 oranında killi toprak, %30 su, %10 kireç, %10 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 17. 1. Deney İlk Reçetede Malzeme Oranları

	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
Malzeme	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	30,00	1.012,50	1.063,13	3	3.189,38
Alçı	1,200	10,00	405,00	425,25	3	1.275,75
Kireç	1,400	10,00	472,50	496,13	3	1.488,38
			4.927,50	5.173,88		15.521,63

REÇETE
1

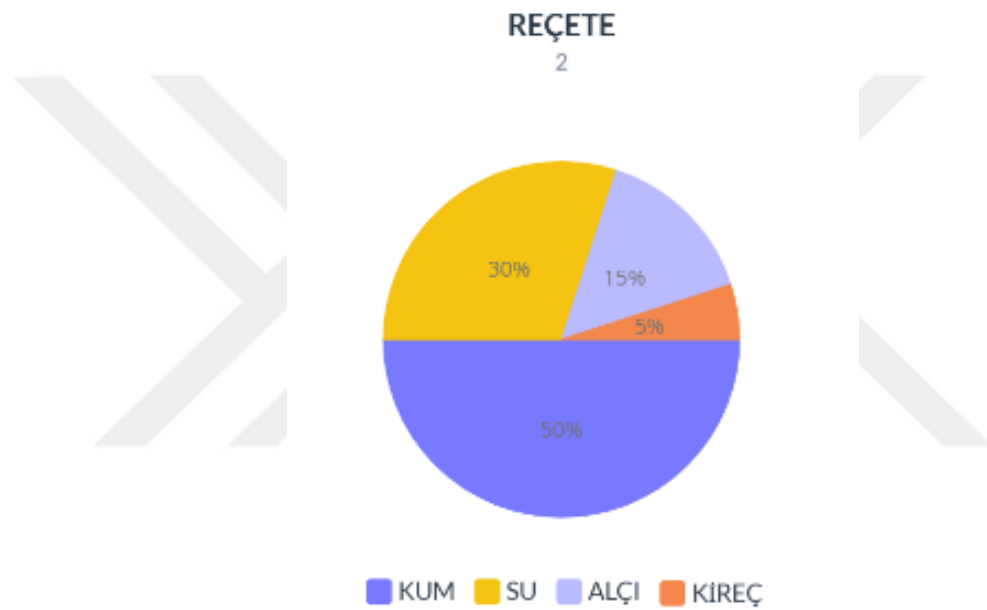


Şekil 55. 1. Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 2. reçetesinde %50 oranında killi toprak, %30 su, %5 kireç, %15 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 18. 1.Deney 2.Reçetede Malzeme Oranları

	BR. HC. AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
Malzeme	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	30,00	1.012,50	1.063,13	3	3.189,38
Alçı	1,200	15,00	607,50	637,88	3	1.913,63
Kireç	1,400	5,00	236,25	248,06	3	744,19
			4.893,75	5.138,44		15.415,31

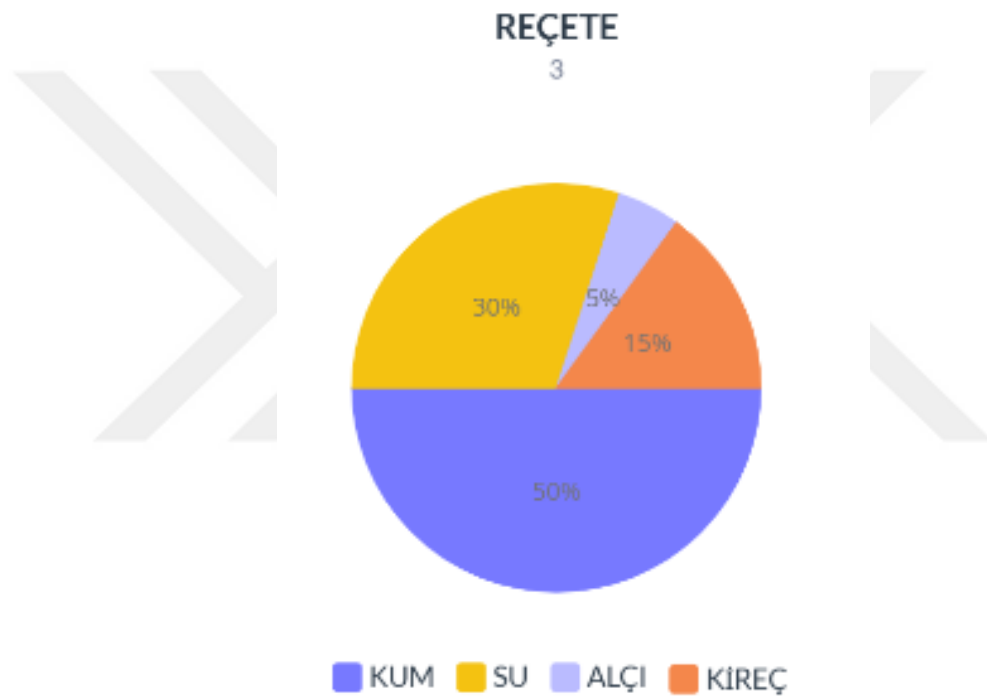


Şekil 56. 2. Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 3. reçetesinde %50 oranında killi toprak , %30 su, %15 kireç, %5 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 19. 1.Deney 3.Reçetedeeki Malzeme Oranları

Malzeme	BR.HC.AĞ. gr/cm3	Oran %	Malzeme ağırlıkları gr	Sıkıştırılmış ağırlık hesabı gr	Küp sayısı adet	Toplam ağırlık gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	30,00	1.012,50	1.063,13	3	3.189,38
Alçı	1,200	5,00	202,50	212,63	3	637,88
Kireç	1,400	15,00	708,75	744,19	3	2.232,56
			4.961,25	5.209,31		15.627,94

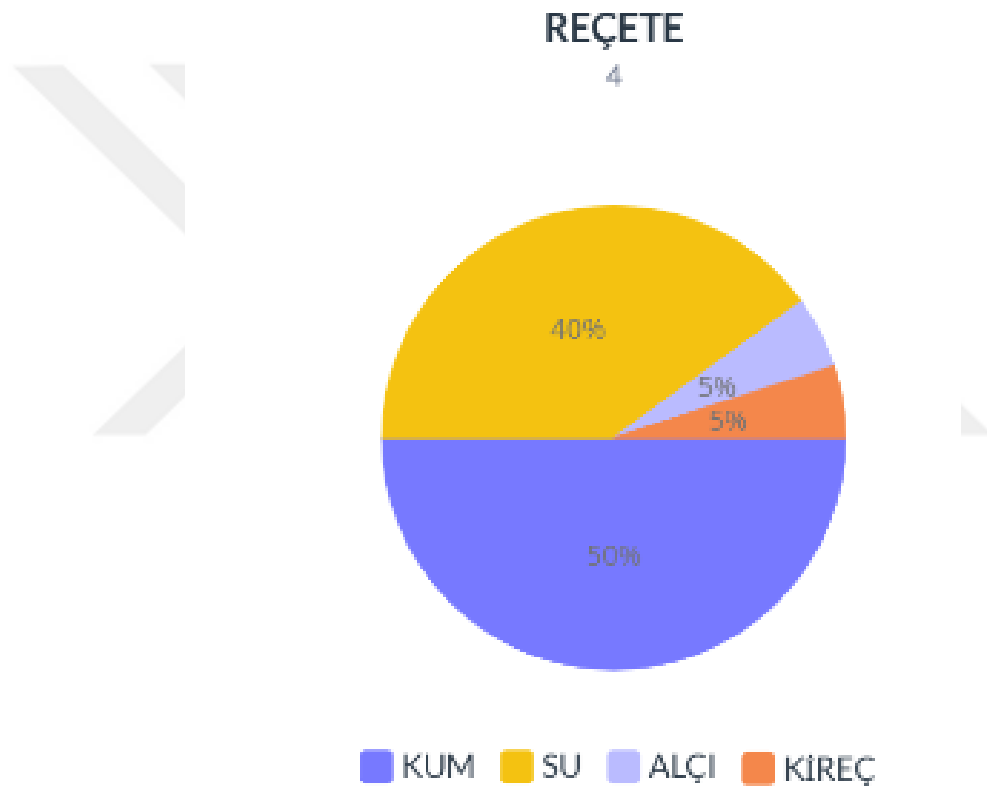


Şekil 57. 3.Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 4. Reçetesinde su oranı attırılarak kireç ve alçı malzemeleri azaltılmıştır. Bu deneyde %50 oranında killi toprak, %40 su , %5 kireç, %5 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 20. 1.Deney 4.Reçetede Malzeme Oranları

	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme ağırlıkları	Sıkıştırılmış ağırlık hesabı	Küp sayısı	Toplam ağırlık
Malzeme	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	40,00	1.350,00	1.417,50	3	4.252,50
Alçı	1,200	5,00	202,50	212,63	3	637,88
Kireç	1,400	5,00	236,25	248,06	3	744,19
			4.826,25	5.067,56		15.202,69

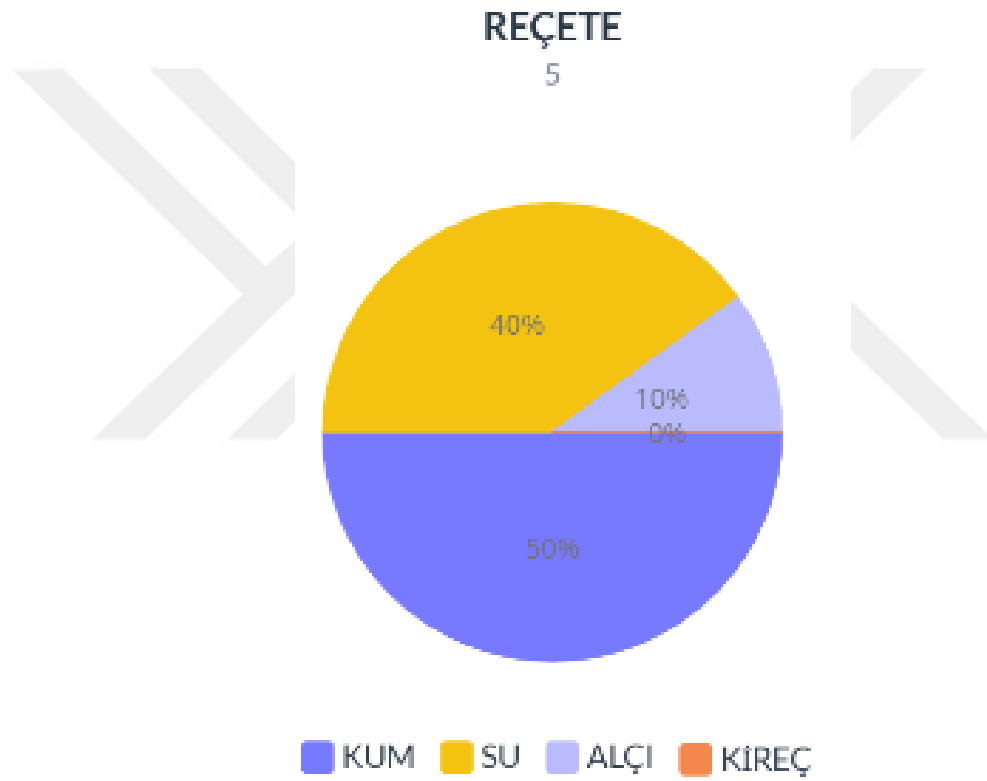


Şekil 58. 4. Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 5. Reçetesinde kireç kullanılmadan numune üretilmiştir. %50 oranında killi toprak, %40 su , %0 kireç , %10 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 21. 1.Deney 5.Reçetede Malzeme Oranları

	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme ağırlıkları	Sıkıştırılmış ağırlık hesabı	Küp sayısı	Toplam ağırlık
Malzeme	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	40,00	1.350,00	1.417,50	3	4.252,50
Alçı	1,200	10,00	405,00	425,25	3	1.275,75
Kireç	1,400	0,00	0,00	0,00	3	0,00
			4.792,50	5.032,13		15.096,38



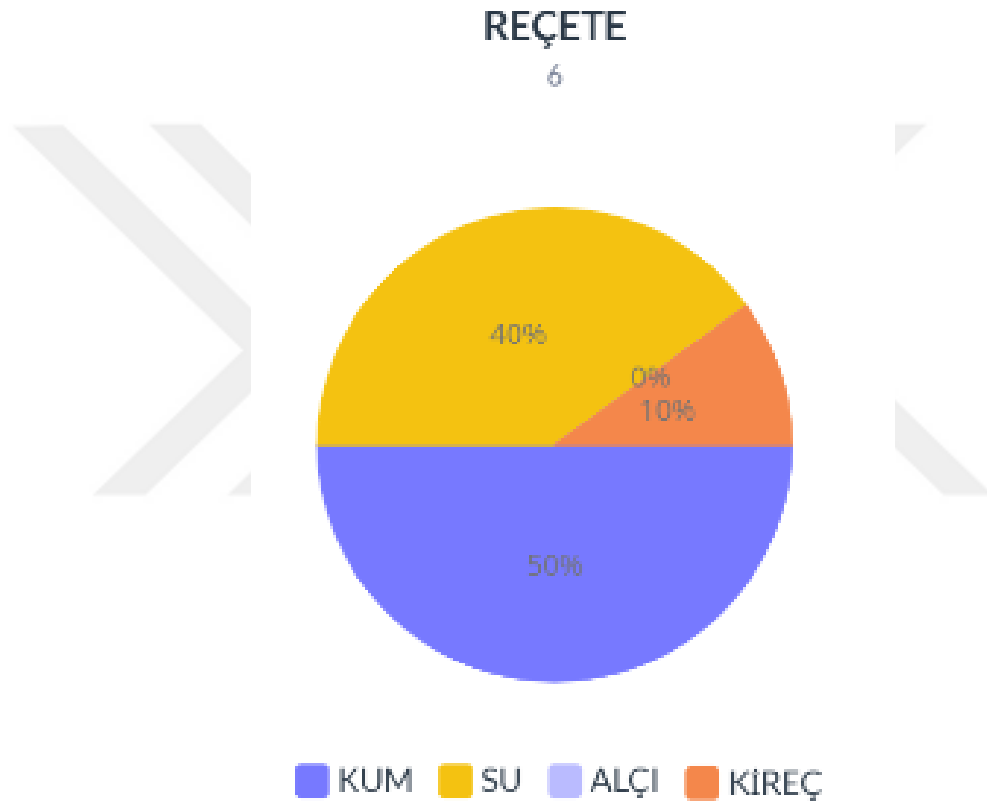
Şekil 59. 5. Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 6. reçetesinde alçı kullanılmadan numune elde edilmiştir.

%50 oranında killi toprak, %40 su , %10 kireç , %0 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 22. 1.Deney 6. Reçetede Malzeme Oranları

	BR.HC.AĞ.	ORAN	Malzeme ağırlıkları	Sıkıştırılmış ağırlık hesabı	Küp sayısı	Toplam ağırlık
Malzeme	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	40,00	1.350,00	1.417,50	3	4.252,50
Alçı	1,200	0,00	0,00	0,00	3	0,00
Kireç	1,400	10,00	472,50	496,13	3	1.488,38
			4.860,00	5.103,00		15.309,00

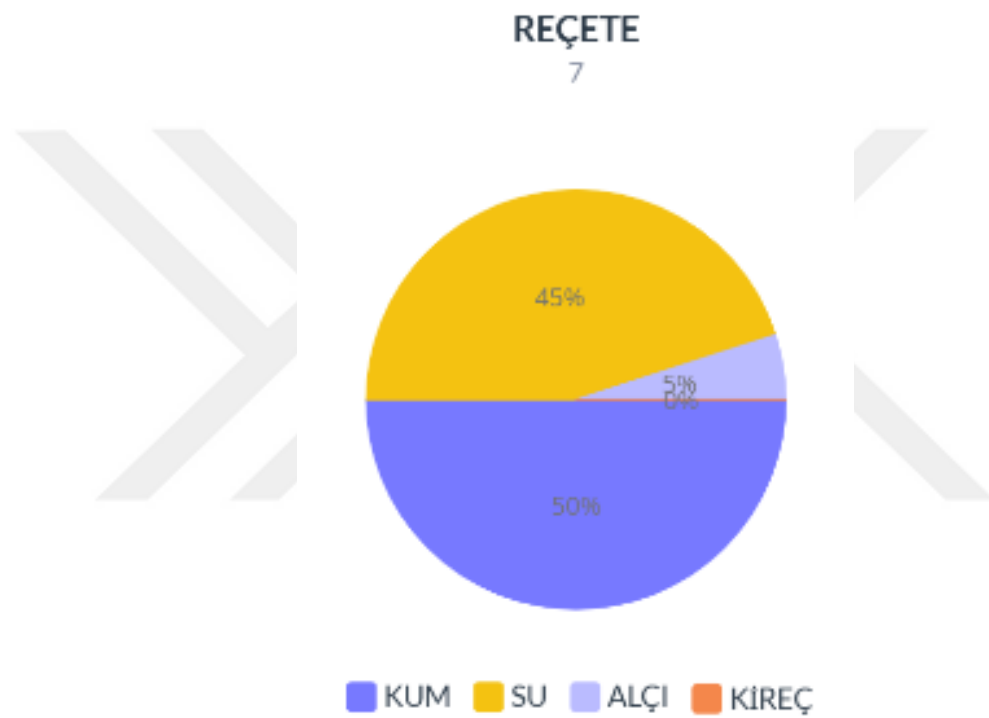


Şekil 60. 6.Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 7. Reçetesinde killi toprak oranı artırılarak kireç kullanılmadan su ve alçı malzemeleriyle elde edilmiştir. Bu deneyde %50 oranında killi toprak, %45 su , %0 kireç, %5 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 23. 1.Deney 7.Reçetede Malzeme Oranları

Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme	Sıkıştırılmış	Küp Sayısı	Toplam
	gr/cm3	%	Ağırlıkları	Ağırlık Hesabı		Ağırlık
			gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	45,00	1.518,75	1.594,69	3	4.784,06
Alçı	1,200	5,00	202,50	212,63	3	637,88
Kireç	1,400	0,00	0,00	0,00	3	0,00
			4.758,75	4.996,69		14.990,06

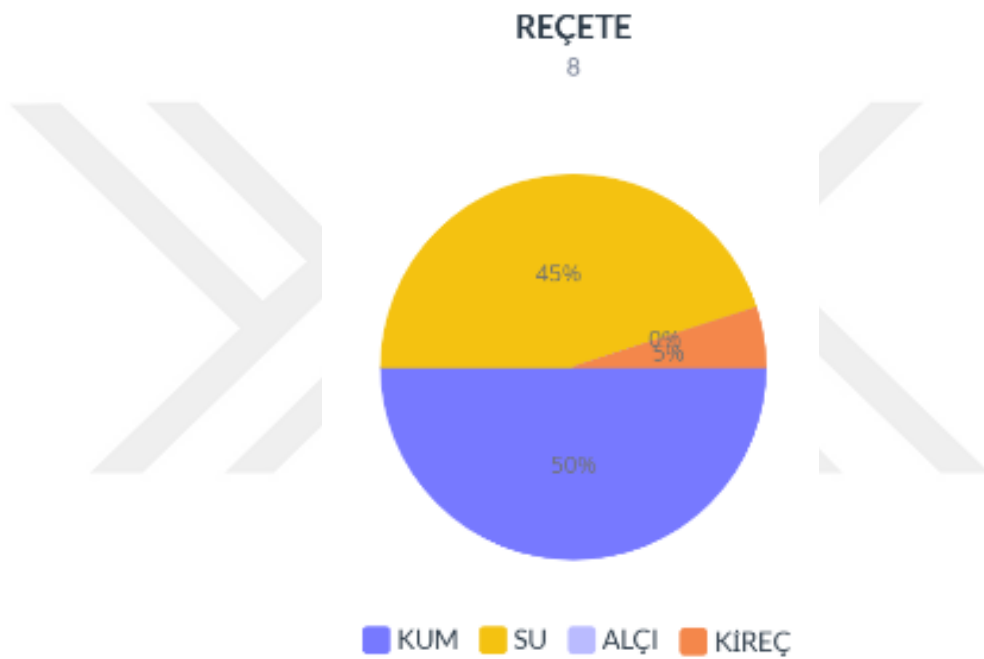


Şekil 61. 7.Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 8. Reçetesinde killi toprak oranı attırılarak alçı kullanılmadan su ve kireç malzemeleriyle elde edilmiştir. Bu deneyde %50 oranında killi toprak, %45 su, %5 kireç, %0 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 24. 1.Deney 8.Reçetede Malzeme Oranları

Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	50,00	3.037,50	3.189,38	3	9.568,13
Su	1,000	45,00	1.518,75	1.594,69	3	4.784,06
Alçı	1,200	0,00	0,00	0,00	3	0,00
Kireç	1,400	5,00	236,25	248,06	3	744,19
			4.792,50	5.032,13		15.096,38

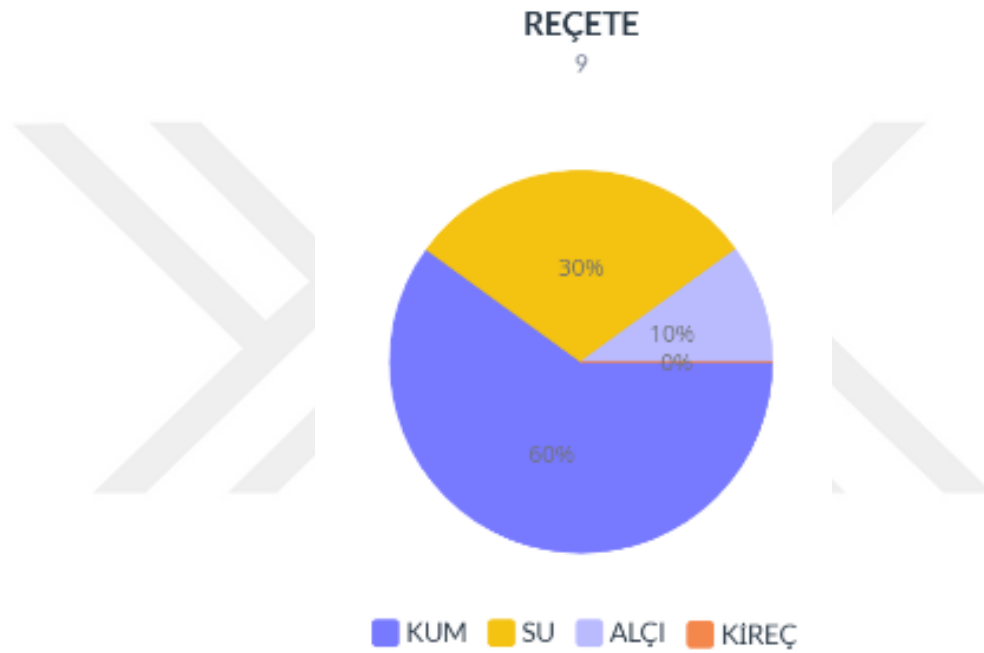


Şekil 62. 8.Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 9. Reçetesinde %60 oranında killi toprak, %30 su , %0 kireç, %10 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 25. 1.Deney 9.Reçetede Malzeme Oranları

	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
Malzeme	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	60,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
Su	1,000	30,00	1.012,50	1.063,13	3	3.189,38
Alçı	1,200	10,00	405,00	425,25	3	1.275,75
Kireç	1,400	0,00	0,00	0,00	3	0,00
			5.062,50	5.315,63		15.946,88

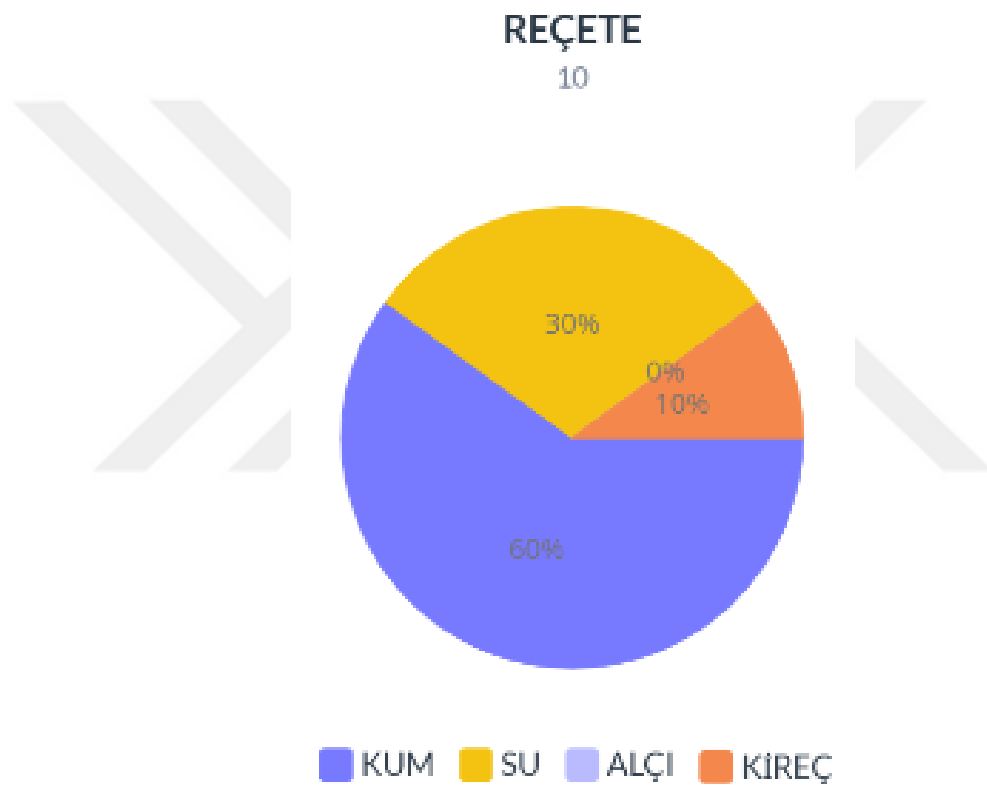


Şekil 63. 9.Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 10. Reçetesinde killi toprak en yüksek seviyeye arttırılarak %60 oranında killi toprak, %30 su , %10 kireç, %0 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.”

Tablo 26. 1.Deney 10.Reçetede Malzeme Oranları

Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	60,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
Su	1,000	30,00	1.012,50	1.063,13	3	3.189,38
Alçı	1,200	0,00	0,00	0,00	3	0,00
Kireç	1,400	10,00	472,50	496,13	3	1.488,38
			5.130,00	5.386,50		16.159,50

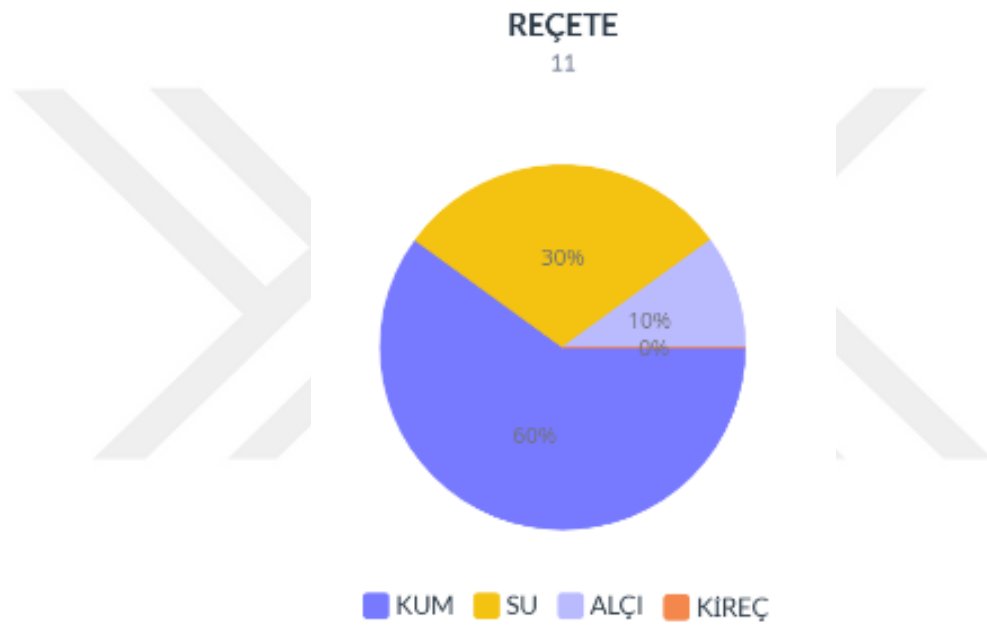


Şekil 64. 10. Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 11. Reçetesinde killi toprak en yüksek seviyeye artırılarak ve kireç kullanılmadan %60 oranında killi toprak, %35 su , %0 kireç, %5 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 27. 1.Deney 11.Reçetede Malzeme Oranları

	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
Malzeme	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	60,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
Su	1,000	35,00	1.081,25	1.240,31	3	3.370,94
Alçı	1,200	5,00	202,50	212,63	3	637,88
Kireç	1,400	0,00	0,00	0,00	3	0,00
			5.231,25	5.492,81		16.478,44

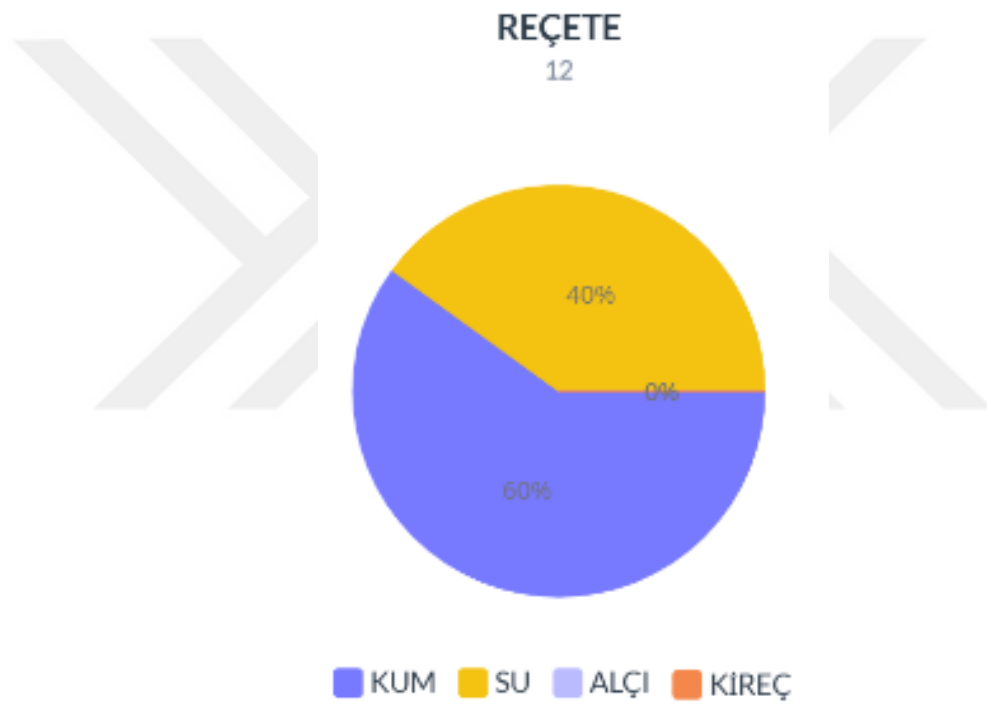


Şekil 65. 11. Reçetenin Grafik Gösterimi

1. Deneyde kullanılacak 12. Reçetesinde killi toprak en yüksek seviyeye arttırılarak ve alçı kullanılmadan %60 oranında killi toprak, %40 su , %0 kireç, %0 alçı kullanılmıştır. Bu reçeteden 3 adet numune elde edilip standart sapma hesaba katılarak ortalama basınç deneyine tabi tutulmuştur.

Tablo 28. 1.Deney 12.Reçetede Malzeme Oranları

Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
	gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
Toprak	1,800	60,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
Su	1,000	40,00	1.350,00	1.417,50	3	4.252,50
Alçı	1,200	0,00	0,00	0,00	3	0,00
Kireç	1,400	0,00	0,00	0,00	3	0,00
			4.995,00	5.244,75		15.734,25



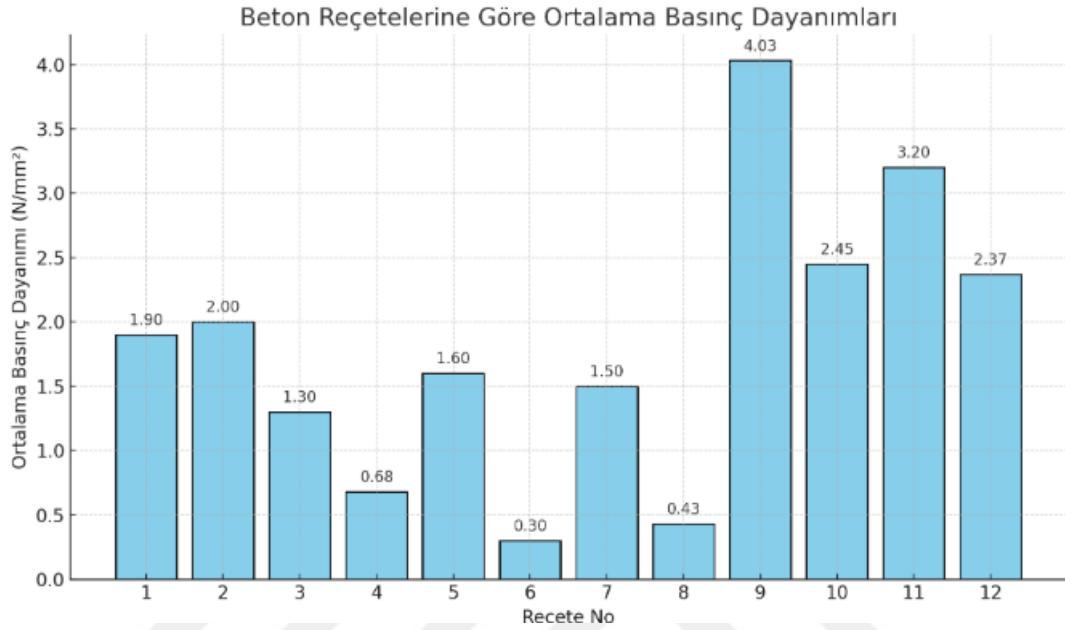
Şekil 66. 12.Reçetenin Grafik Gösterimi

3.2.1.1. Birinci Deney Sonuçları

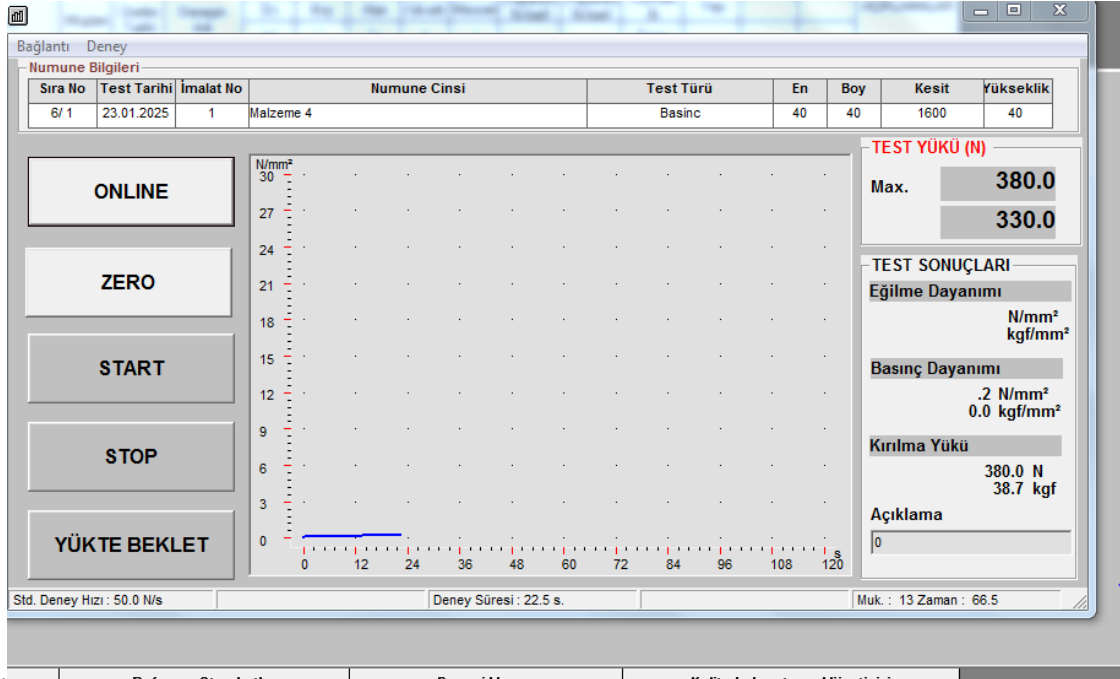
Tablo 29. 1. Deney sonuçları

Reçete	Test yükü	Basınç dayanımı	Standart
No	Newton	N/mm ²	TSE
1	2740	1.7	TS1015-11
1	3340	2.1	TS1015-11
2	2950	1.8	TS1015-11
2	2950	1.9	TS1015-11
2	3440	2.2	TS1015-11
2	3390	2.1	TS1015-11
3	2180	1.4	TS1015-11
3	1840	1.2	TS1015-11
4	440	0.9	TS1015-11
4	310	0.7	TS1015-11
4	360	0.4	TS1015-11
4	380	0.6	TS1015-11
4	380	0.7	TS1015-11
4	590	0.8	TS1015-11
5	3460	2.2	TS1015-11
5	2080	1.3	TS1015-11
5	2020	1.3	TS1015-11
6	480	0.3	TS1015-11
6	260	0.3	TS1015-11
6	310	0.3	TS1015-11
7	1850	1.2	TS1015-11
7	3200	2	TS1015-11
7	2130	1.3	TS1015-11
7	2360	1.5	TS1015-11
8	700	0.5	TS1015-11
8	480	0.4	TS1015-11
8	430	0.4	TS1015-11
9	6000	3.8	TS1015-11
9	6980	4.4	TS1015-11
9	6210	3.9	TS1015-11
10	4130	2.6	TS1015-11
10	3670	2.3	TS1015-11
11	3930	2.5	TS1015-11
11	5230	3.3	TS1015-11
11	6050	3.8	TS1015-11
11	5160	3.2	TS1015-11
12	2900	1.8	TS1015-11
12	4110	2.6	TS1015-11
12	5050	3.2	TS1015-11
12	2970	1.9	TS1015-11

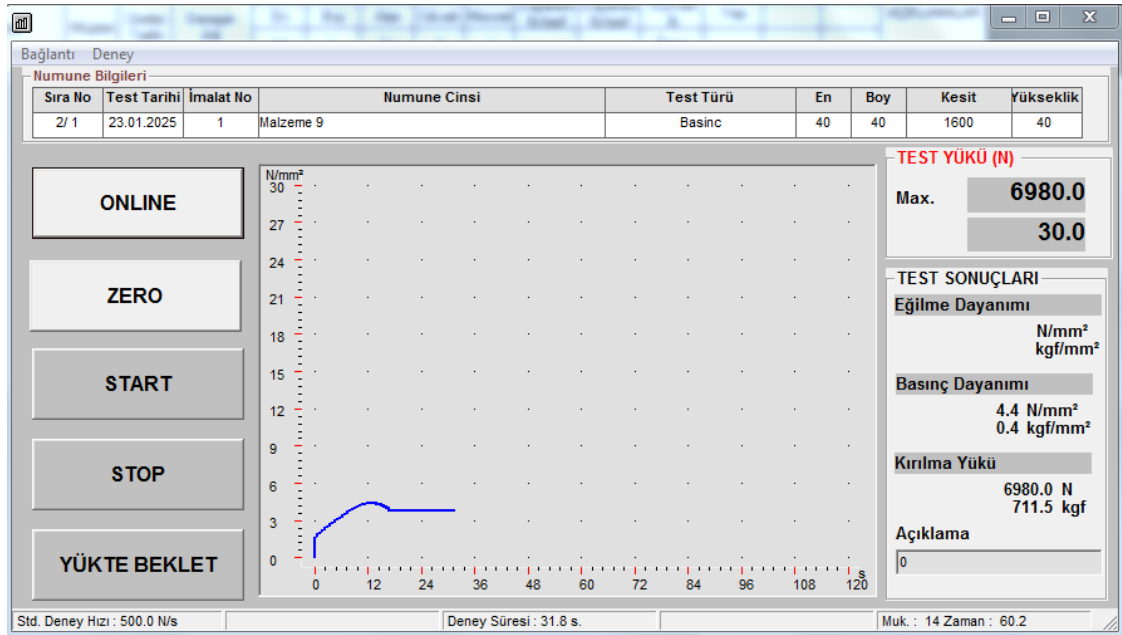
Deney sonucuna göre en yüksek mukavemete sahip olan reçete 9. reçete belirlenmiştir. En düşük dayanıma sahip olan reçete ise 4. Reçete belirlenmiştir. Aşağıda deneyin sonucunu gösteren basınç makinasının verdiği grafik algoritması verilmiştir.



Şekil 67. 1.Deney sonuuçlarının grafiği



Şekil 68. 4. reçetenin dayanım testi sonuuçları



Şekil 69. 9. reçetenin dayanım testi sonuçları

Dayanımlı ve dayanımsız reçete karşılaştırması aşağıda verilmiştir.

Tablo 30. 4. ve 9. Deney karşılaştırması

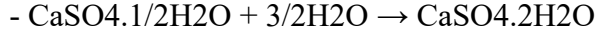
Reçete	Kum	Su	Kireç	Alçı	Dayanım
4	% 50	% 40	% 5	% 5	DAYANIMI DÜŞÜK
9	% 60	% 30	% 0	% 10	DAYANIMI YÜKSEK

Genel durum tablosuna ve dayanımını en yüksek olan reçete ve en düşük olan reçeteye bakıldığında suyun azalması yüksek direnç sağlamış, mukavemetin artmasına sağlamıştır. Su, harç karışımının içinde bağlayıcı maddelerin (genellikle çimento veya alçı) daha iyi reaksiyona girmesini sağlayan bir bileşendir. Ancak, fazla su olduğunda bağlayıcı maddeler fazla suyu kullanmakta zorlanır ve harçta gereksiz boşluklar ve mikroskobik hava cepleri oluşturur. Bu da harcın dayanıklılığını ve mukavemetini düşürür. Suyun miktarının azaltılması, bağlayıcı malzemenin daha verimli şekilde reaksiyona girip daha sıkı bir yapıya dönüşmesine olanak tanır. Böylece, daha az boşluk ve daha sağlam bir yapı ortaya çıkar. Sonuç olarak, mukavemet artar. Ayrıca, fazla su buharlaşarak kaybolduğunda, daha kompakt bir mikro yapı kalır, bu da daha güçlü bir malzeme sağlar.

Alçının artması yönündeki değişiklik ise alçı normal şartlarda bağlayıcı bir malzeme değildir. Ancak, alçı harçları veya alçı bazlı sıvalar, yapı malzemeleri olarak

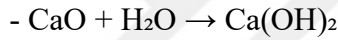
kullanıldığında bağlayıcı özellik gösterebilir. Alçı, su ile karıştırıldığında sertleşir ve bir yüzeye uygulanarak şekil alır.

1. Alçının Bağlayıcılığı: Alçı, genellikle kalsiyum sülfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) formülüne sahip bir bileşiktir. Alçı su ile karıştırıldığında aşağıdaki reaksiyon gerçekleşmektedir.



Bu reaksiyon sonucu alçı, kristalleşerek sertleşir. Alçının bağlayıcı özelliklerinin temelinde suyun bu reaksiyonu hızlandırması ve alçının kristal yapısını sağlamlaştırması esastır. Alçı, bu bağlanma işlemi sırasında bünyesinde suyu tutarak, sertleşmesini hızlandırır. Alçı sertleştiğinde çok ince ve sıkı bir kristal yapılı malzeme meydana gelir. Bu süreç kısa sürede tamamlandığından alçı kullanıldığında genellikle kısa süre içinde sertleşir.

2. Kirecin Bağlayıcılığı: Kireç, genellikle kalsiyum oksit (CaO) ya da kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) olarak bulunur. Kireç, su ile karıştırıldığında, aşağıdaki reaksiyon meydana gelir.



Bu reaksiyon, kirecin suda çözünmesine ve hidrate olmasına neden olur. Ancak bu süreç, alçının reaksiyonuna göre uzundur. Kireç, genellikle suyla daha yavaş şekilde reaksiyona girerek kireç harcının bağlayıcılığının zamanla artmasını sağlar. Kireç daha uzun bir sertleşme sürecinden geçer çünkü reaksiyonun sonlanması için zaman gerekir. Kireçli harçlar genellikle daha esnektir ve hava ile reaksiyona girerek kalsiyum karbonat (CaCO_3) oluşturur. Bu reaksiyonların tamamlanmasıyla kirecin sağlam bir bağlayıcılığı gelmektedir.

Özetle alçının kirece göre bağlayıcılığı daha fazla olmasının nedeni, alçının kimyasal yapısının su ile reaksiyona girerek daha sağlam ve dayanıklı bir bağ oluşturmasıdır. Alçı, suyla karıştığında kristalleşen bir yapı oluşturur ve bu, sertleşmesini sağlar. Kireç ise daha yavaş bir şekilde reaksiyona girer ve sertleşme süreci daha uzun sürer. Ayrıca, alçı genellikle daha düşük sıcaklıkta sertleşirken, kireç daha yüksek sıcaklıklar gerektirir.

Alçı ve Kireç Arasındaki Farklar:

1. Bileşim: Alçı, genellikle kalsiyum sülfat dihidrat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) olarak bilinen bir bileşik olup, alçı taşı olarak da bilinen bir mineraldir. Suyla karıştırıldığında sertleşir. Kireç ise kalsiyum oksit (CaO) veya kalsiyum hidroksit ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) olarak bulunur ve kireçtaşı adı verilen bir kayaktan elde edilir.

2. Hızlı Sertleşme: Alçı, kimyasal olarak suyla hızla reaksiyona girerek çok kısa sürede sertleşir. Kireç ise daha yavaş sertleşir ve genellikle ortamda oksijenle reaksiyona girerek katılaşır.

3. Kimyasal Bağlar: Alçı, suyla birleşerek kristal yapılar oluşturur ve bağlayıcılığını hızlıca artırır. Kireç ise önce su ile birleşir, ardından zamanla karbonatlaşarak bağlayıcı gücünü güçlendirir.

4. Dayanıklılık: Alçı, genellikle daha kırılgan ve serttir, bu da onu iç mekanlarda dekoratif uygulamalar için kullanılmasını sağlar. Kireç ise zamanla daha dayanıklı hale gelir, çünkü çevre ile kimyasal reaksiyona girerek yapısını güçlendirir.

5. Uygulama Alanları: Alçı, daha çok iç mekanlarda, sıva, alçıpan, dekorasyon gibi uygulamalarda kullanılırken; kireç, dış cephe sıvaları, eski bina restorasyonları ve zemin kaplamaları gibi daha dayanıklı ve esnek yapılar için tercih edilir.

Alçının avantajları:

- Hızlı sertleşme sağlar.
- Su ile hızlı reaksiyon gösterir ve bağlayıcılığı kısa sürede güçlü hale gelir.
- Yüksek bağlayıcı gücü sayesinde, yüzeylere çok iyi tutunur ve sağlam bir yapıyı

hızla oluşturur. Kirecin avantajları:

- Daha dayanıklı bağlar oluşturmaktadır.
- Yavaş sertleşme, genellikle daha uzun süreli dayanıklılık sağlar.
- Hava ile reaksiyona girerek zamanla güç kazanır, bu yüzden eski binalarda çok iyi koruma sağlamaktadır restorasyon işlerinde kullanılmaktadır.

Özetle, alçının bağlayıcılığı daha hızlı ve güçlüdür çünkü su ile reaksiyona girerek hızla kristal bir yapı oluşturur. Kireç ise zamanla sertleşir ve daha esnek bir yapı sağlar, ancak bağlayıcılığı zamanla artar ve başlangıçta daha yavaş bir süreçtir.

Deney sonuçlarına bağlı olarak deneyde kullanılan %60 killi toprak , % 30 su ve % 10 alçıdan oluşturulmuş 9. Reçetemiz 1. Deneyde en güçlü çıkmıştı. Bu oranlara bağlı olarak killi topraktan ve su oranından %5 er düşürülerek alçı oranına eklenmiş yeni reçeteler elde ettik. Bu yeni oranlı tablo aşağıdaki gibidir.

3.2.2. İkinci Deney

Birinci deneyimizdeki en yüksek çıkan 9 numaralı reçetede ufak oran değişikliği yaparak %60 toprak , %30 su , %10 alçı oranımızı %5 topraktan ve su dan azaltıp alçıya ekleyip 2 yeni reçete oluşturduk bunlar ise ;

Tablo 31. İkinci Deney 1.Reçetesi

Toprak Azaltılmış						
	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
Malzeme	GR/CM3	%	GR	GR	ADET	GR
Toprak	1,800	55,00	3.341,25	3.508,31	3	10.524,94
Su	1,000	30,00	1.012,50	1.063,13	3	3.189,38
Alçı	1,200	15,00	607,50	637,88	3	1.913,63
Kireç	1,400	0,00	0,00	0,00	3	0,00
			4.961,25	5.209,31		15.627,94

Tablo 32. İkinci Deney 2.Reçetesi

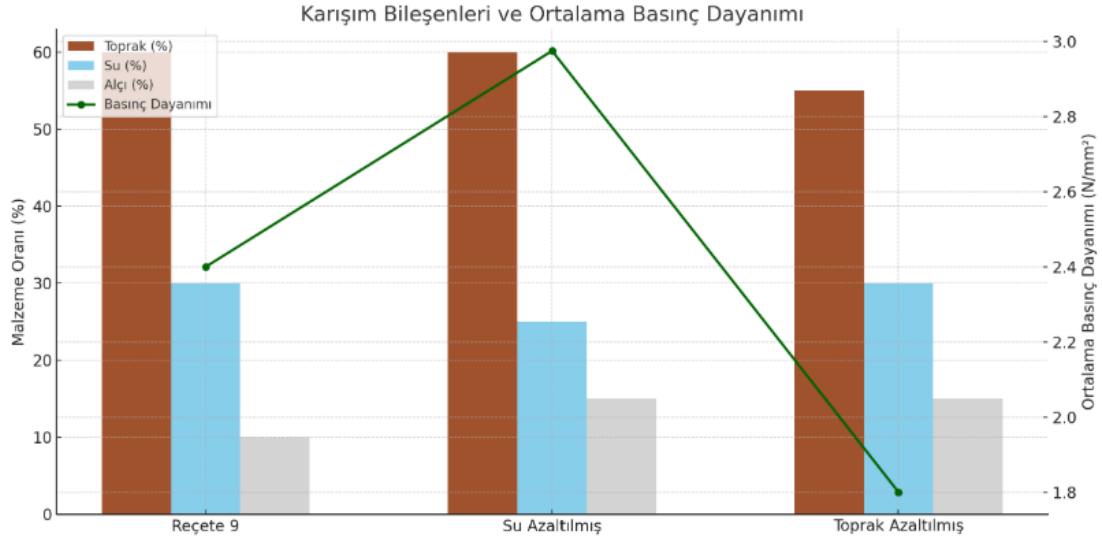
Su Azaltılmış						
	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
Malzeme	GR/CM3	%	GR	GR	ADET	GR
Toprak	1,800	60,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
Su	1,000	25,00	843,75	885,94	3	2.657,81
Alçı	1,200	15,00	607,50	637,88	3	1.913,63
Kireç	1,400	0,00	0,00	0,00	3	0,00
			5.096,25	5.351,06		16.053,19

3.2.2.1. İkinci Deney Sonuçları

Yeni yapılan toprak azaltılmış ve su azaltılmış iki yeni reçeteler ile ilk deneydeki 9. Reçete %60 toprak , %30 su , % 10 alçı olan en yüksek reçete karşılaştırılmıştır. Bu deney numuneleri oda koşullu ortamda 5 gün bekletildikten sonra kırıldığı için kendi aralarındaki mukavemet fazlalığını görebilmek için yapılmıştır. Deney sonuçları şu şekildedir:

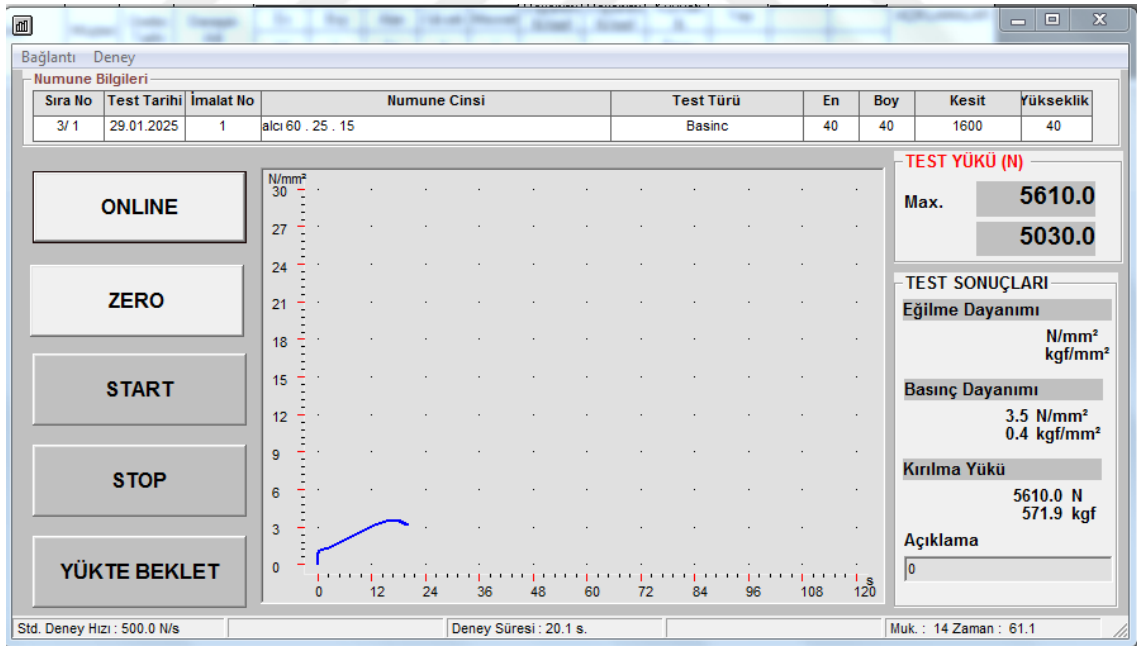
Tablo 33. İkinci Deney Sonuçları

Reçete No	Toprak %	Su %	Alçı %	Test Yüğü Newton	Basınç Dayanımı N/MM ²	Standart TSE
9	60	30	10	3520	2.2	TS1015-11
9	60	30	10	3480	2.2	TS1015-11
9	60	30	10	4460	2.8	TS1015-11
Toprak azaltılmış	55	30	15	3100	2.1	TS1015-11
Toprak azaltılmış	55	30	15	2900	1.8	TS1015-11
Toprak azaltılmış	55	30	15	2440	1.5	TS1015-11
Su azaltılmış	60	25	15	5610	3.5	TS1015-11
Su azaltılmış	60	25	15	5080	3.2	TS1015-11
Su azaltılmış	60	25	15	4690	2.9	TS1015-11
Su azaltılmış	60	25	15	3670	2.3	TS1015-11



Şekil 70. 2. Deney sonuçları basınç dayanım grafiği

Bu deney sonucunda ise suyun %5 azalarak ve alçıya eklenmesi sonucunda ilk bulduğumuz 9. Reçetenin üstüne geçmiştir. Bu karşılaştırma sonucunda en yüksek reçetemiz ‘su azaltılmış’ % 60 toprak , % 25 su ve %15 alçı olmuştur.



Şekil 71. 2. deney en yüksek dayanım

3.2.3. Üçüncü Deney

Bu deneyde ise 2. Deneyde kullanılan ürünlerdeki alçı yerine hidrolik kireç kullanarak alçını önüne geçebilir mi düşünülerek 3 reçete oluşturduk ve bu reçeteler şu şekildedir.

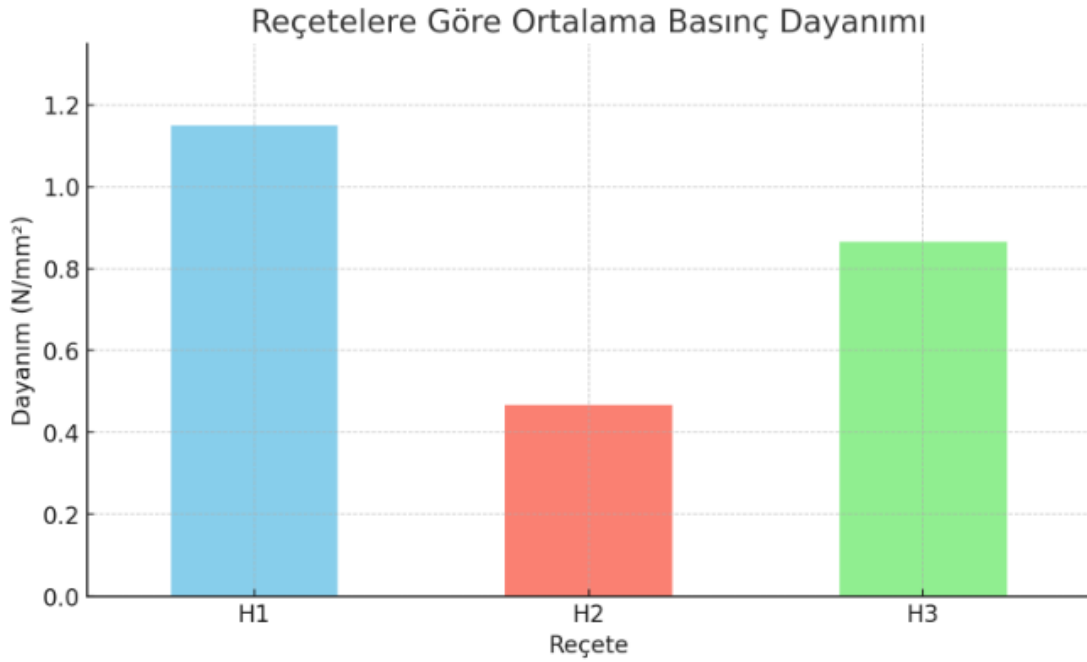
Tablo 34. Üçüncü Deney Reçeteleri

				Sıkıştırılmış			
Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme	Ağırlık	Küp Sayısı	Toplam	
			Ağırlıkları	Hesabı		Ağırlık	
	GR/CM3	%	GR	GR		ADET	GR
H1	TOPRAK	1,800	60,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
	SU	1,000	30,00	1.012,50	1.063,13	3	3.189,38
	ALÇI	1,200	0,00	0,00	0,00	3	0,00
	HİDROLİK KİREÇ	1,400	10,00	472,50	496,13	3	1.488,38
				5.130,00	5.386,50		16.159,50
				Sıkıştırılmış			
Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme	Ağırlık	Küp Sayısı	Toplam	
			Ağırlıkları	Hesabı		Ağırlık	
	GR/CM3	%	GR	GR		ADET	GR
H2	TOPRAK	1,800	60,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
	SU	1,000	25,00	843,75	885,94	3	2.657,81
	ALÇI	1,200	0,00	0,00	0,00	3	0,00
	HİDROLİK KİREÇ	1,400	15,00	708,75	744,19	3	2.232,56
				5.197,50	5.457,38		16.372,13
				Sıkıştırılmış			
Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme	Ağırlık	Küp Sayısı	Toplam	
			Ağırlıkları	Hesabı		Ağırlık	
	GR/CM3	%	GR	GR		ADET	GR
H3	TOPRAK	1,800	55,00	3.645,00	3.827,25	3	11.481,75
	SU	1,000	30,00	843,75	885,94	3	2.657,81
	ALÇI	1,200	0,00	0,00	0,00	3	0,00
	HİDROLİK KİREÇ	1,400	15,00	708,75	744,19	3	2.232,56
				5.197,50	5.457,38		16.372,13

3.2.3.1. Üçüncü Deney Sonuçları

Tablo 35. Üçüncü Deney Sonuçları

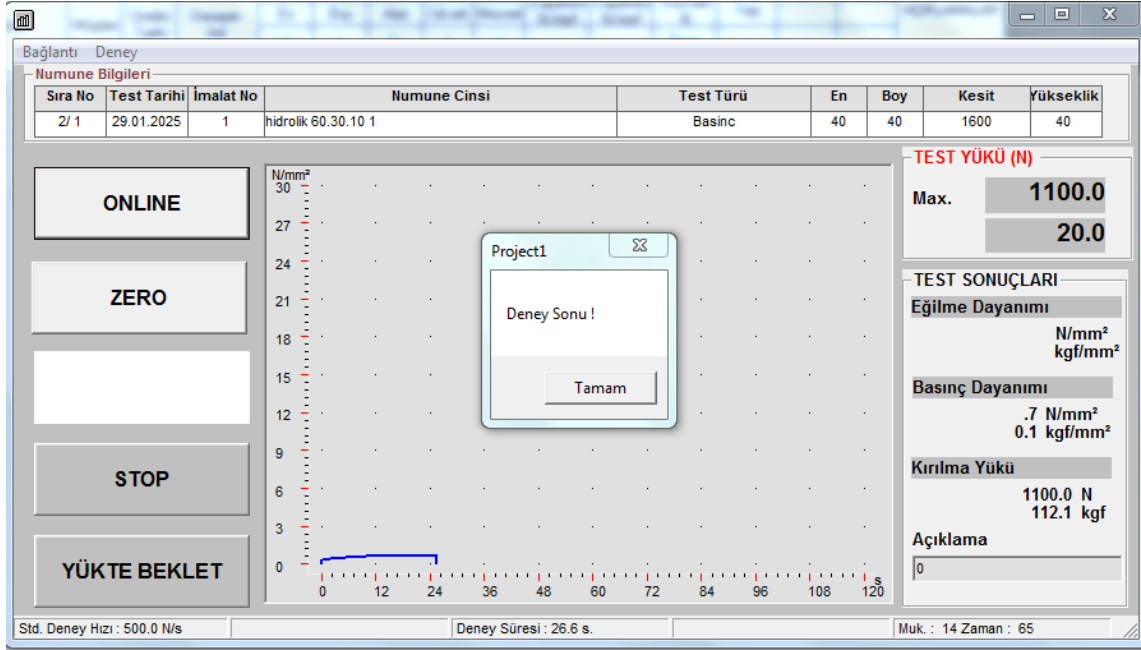
Reçete	Toprak	Su	Alçı	Kireç	Test Yüğü	Basınç Dayanımı	Standart
No	%	%	%	%	Newton	N/MM ²	TSE
H1	60	30	0	15	1100	0.7	TS1015-11
H1	60	30	0	15	2390	1.5	TS1015-11
H1	60	30	0	15	1610	1	TS1015-11
H1	60	30	0	15	2250	1.4	TS1015-11
H2	60	25	0	15	970	0.6	TS1015-11
H2	60	25	0	15	380	0.2	TS1015-11
H2	60	25	0	15	1030	0.6	TS1015-11
H3	55	30	0	15	1620	1	TS1015-11
H3	55	30	0	15	1490	0.9	TS1015-11
H3	55	30	0	15	1110	0.7	TS1015-11



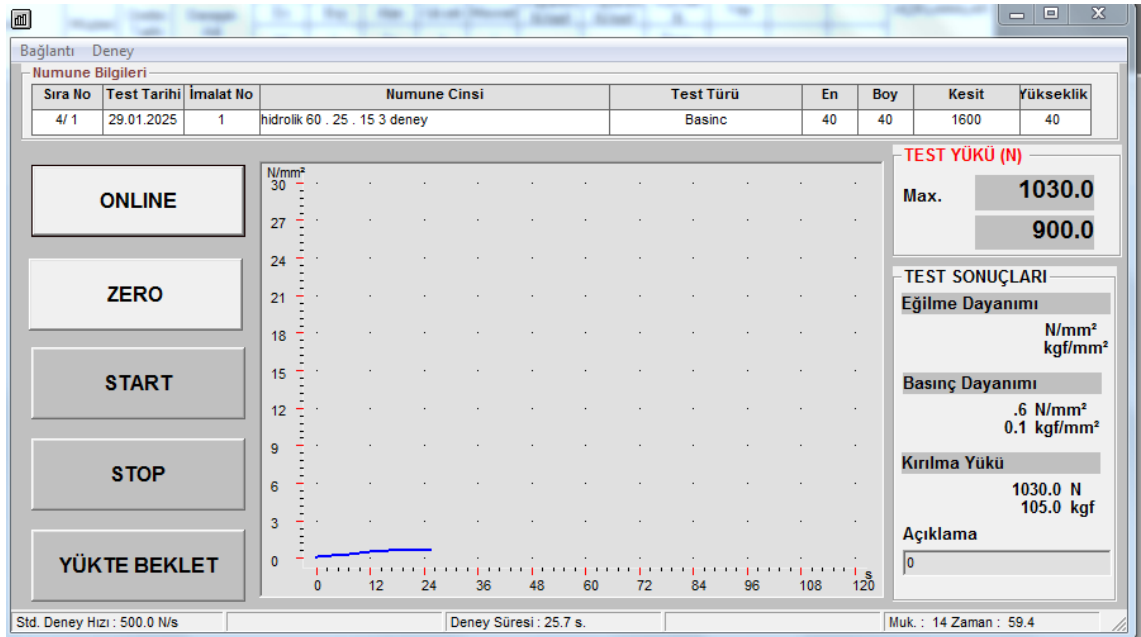
Şekil 72. 3. Deney sonuçlarının basınç dayanım grafiği

Bu deney 2 deney ile birlikte yapılmış olup oda koşullu ortamda 10 gün bekletildikten sonra 2.deney ile birlikte aynı gün kırılmıştır. En yüksek ortalama basınç dayanımına H1 karışımında ulaşılmıştır. Bu karışımında, su oranı %30 olarak belirlenmiş ve hem nem seviyesi hem de toprak miktarı yüksek tutulmuştur.H2 karışımı, su oranının %25'e düşürülmesinin ardından diğer formülasyonlara kıyasla en düşük dayanımı göstermiştir. Toprak oranı %55'e düşmesine rağmen, H3 karışımı H2'den daha yüksek mukavemet sergilemiştir. Bu durum, su miktarının artmasının olumlu bir etki

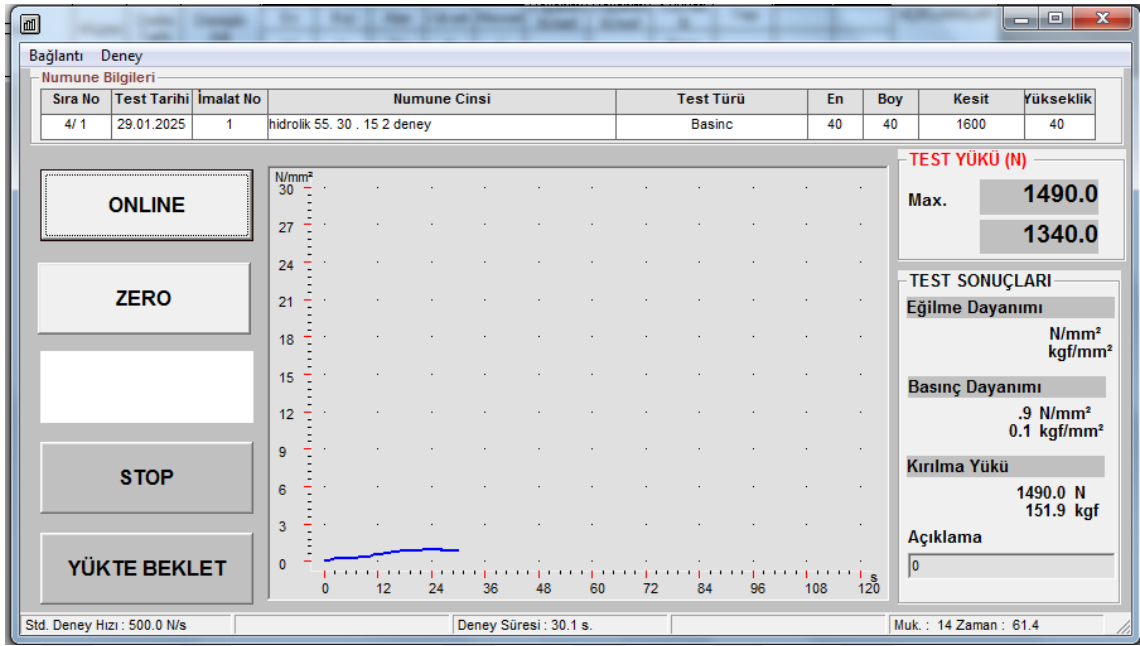
yaratabileceğini düşündürmektedir. Fakat hidrolik kirecin killi toprak ile ters orantılı çalıştığı ve killi toprakla bağlayıcılık yerine zıt şekil alıp birbirinden ayrıştığı gözlemlenmiştir. Alçıya göre bağlayıcılığı çok düşük kalmıştır. H1 , H2 , ve H3 karışım sonuçlarından birer sonuç aşağıda verilmiştir.



Şekil 73. Üçüncü Deney H1 Sonuç Grafiğı



Şekil 74. Üçüncü Deney H2 Sonuç Grafiğı



Şekil 75. Üçüncü Deney H3 Sonuç Grafiğı

3.2.4. Dördüncü Deney

Bu deneyimizde ise küfeki tozu ve agreg a ekleyerek daha dayanımı yükseltebilmek için 7 farklı reçete (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7) hazırlanmıştır bu karışımlar hazırlanırken kendi içlerinde kombinasyon yapılması ön görülmüştür. Standart sapmayı daha aza indirmek için 8'er tane 40x40x40 mm küp numune hazırlanmıştır.

Tablo 36. Dördüncü Deney Reçeteleri

NUMUNE KABI HACMİ:				64,00			
	Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme	Sıkıştırılmış	Küp Sayısı	Toplam
				Ağırlıkları	Ağırlık		Ağırlık
		GR/CM3	%	GR	hesabı		
				GR	GR	ADET	GR
K1	TOPRAK	1,800	40,00	46,08	48,38	8	387,07
	AGREGA	1,800	20,00	23,04	24,19	8	193,54
	SU	1,000	25,00	16,00	16,80	8	134,40
	ALÇI	1,200	10,00	7,68	8,06	8	64,51
	KÜFEKİ	2,110	5,00	6,75	7,09	8	56,72
				99,55	104,53		836,24
	Malzeme	BR.HC.AĞ.	ORAN	Malzeme	Sıkıştırılmış	Küp sayısı	Toplam
				Ağırlıkları	ağırlık		ağırlık
		GR/CM3	%	GR	hesabı		
				GR	GR	ADET	GR
K2	TOPRAK	1,800	40,00	46,08	48,38	8	387,07
	AGREGA	1,800	20,00	23,04	24,19	8	193,54
	SU	1,000	20,00	12,80	13,44	8	107,52
	ALÇI	1,200	10,00	7,68	8,06	8	64,51
	KÜFEKİ	2,110	10,00	13,50	14,18	8	113,43
				103,10	108,26		866,07
	Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme	Sıkıştırılmış	Küp Sayısı	Toplam
				Ağırlıkları	Ağırlık		Ağırlık
		GR/CM3	%	GR	Hesabı		
				GR	GR	ADET	GR
K3	TOPRAK	1,800	30,00	34,56	36,29	8	290,30
	AGREGA	1,800	30,00	34,56	36,29	8	290,30
	SU	1,000	20,00	12,80	13,44	8	107,52
	ALÇI	1,200	10,00	7,68	8,06	8	64,51
	KÜFEKİ	2,110	10,00	13,50	14,18	8	113,43
				103,10	108,26		866,07
	Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme	Sıkıştırılmış	Küp Sayısı	Toplam
				Ağırlıkları	Ağırlık		Ağırlık
		GR/CM3	%	GR	Hesabı		
				GR	GR	ADET	GR
K4	TOPRAK	1,800	40,00	46,08	48,38	8	387,07
	AGREGA	1,800	20,00	23,04	24,19	8	193,54
	SU	1,000	20,00	12,80	13,44	8	107,52
	ALÇI	1,200	15,00	11,52	12,10	8	96,77
	KÜFEKİ	2,110	5,00	6,75	7,09	8	56,72
				100,19	105,20		841,61

Tablo 37. Dördüncü Deney Reçeteleri

	Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
		gr/cm3	%	gr	gr	adet	gr
K5	TOPRAK	1,800	40,00	46,08	48,38	8	387,07
	Agrega	1,800	20,00	23,04	24,19	8	193,54
	Su	1,000	20,00	12,80	13,44	8	107,52
	Alçı	1,200	0,00	0,00	0,00	8	0,00
	Küfeki	2,110	20,00	27,01	28,36	8	226,87
				108,93	114,37		915,00

Tablo 38. Dördüncü Deney Reçeteleri

	Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
		GR/CM3	%	GR	GR	ADET	GR
K6	TOPRAK	1,800	30,00	34,56	36,29	8	290,30
	AGREGA	1,800	0,00	0,00	0,00	8	0,00
	SU	1,000	20,00	12,80	13,44	8	107,52
	ALÇI	1,200	20,00	15,36	16,13	8	129,02
	KÜFEKİ	2,110	30,00	40,51	42,54	8	340,30
				103,23	108,39		867,15

Tablo 39. Dördüncü Deney Reçeteleri

	Malzeme	BR.HC.AĞ.	Oran	Malzeme Ağırlıkları	Sıkıştırılmış Ağırlık Hesabı	Küp Sayısı	Toplam Ağırlık
		GR/CM3	%	GR	GR	ADET	GR
K7	TOPRAK	1,800	30,00	34,56	36,29	8	290,30
	AGREGA	1,800	15,00	17,28	18,14	8	145,15
	SU	1,000	20,00	12,80	13,44	8	107,52
	ALÇI	1,200	20,00	15,36	16,13	8	129,02
	KÜFEKİ	2,110	15,00	20,26	21,27	8	170,15
				100,26	105,27		842,15

Reçete karşılaştırması:

K1 ve K2 : Toprak ve agrega sabit tutularak su yoğunluğu azaltılmıştır küfeki arttırılmıştır.

- K1 ve K3 : Toprak ve su azaltılmıştır. Agregaya ile küfeki arasındaki bağlayıcılığa bakılmıştır.
- K1 ve K4 : Toprak ve agregaya sabit tutularak su yoğunluğu azaltılmıştır alçı arttırılmıştır.
- K1 ve K5 : Alçı çıkartılmış, küfeki reçeteye uygunluğuna bakılmıştır.
- K2 ve K3 : Toprak azaltılıp agregaya eklenmiştir. Kendi içindeki bağlayıcılığı bakılmıştır.
- K2 ve K4 : Alçı küfeki oranı değiştirilmiş olup Kendi içindeki bağlayıcılığa bakılmıştır.
- K3 ve K4 : Su sabit tutularak toprak arttırılmıştır. Alçı arttırılmıştır.
- K4 ve K5 : Alçı çıkartılarak küfeki katkısına bakılmıştır.
- K6 ve K7 : Küfeki agregaya ile karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 76. Dördüncü Deney Numuneleri:

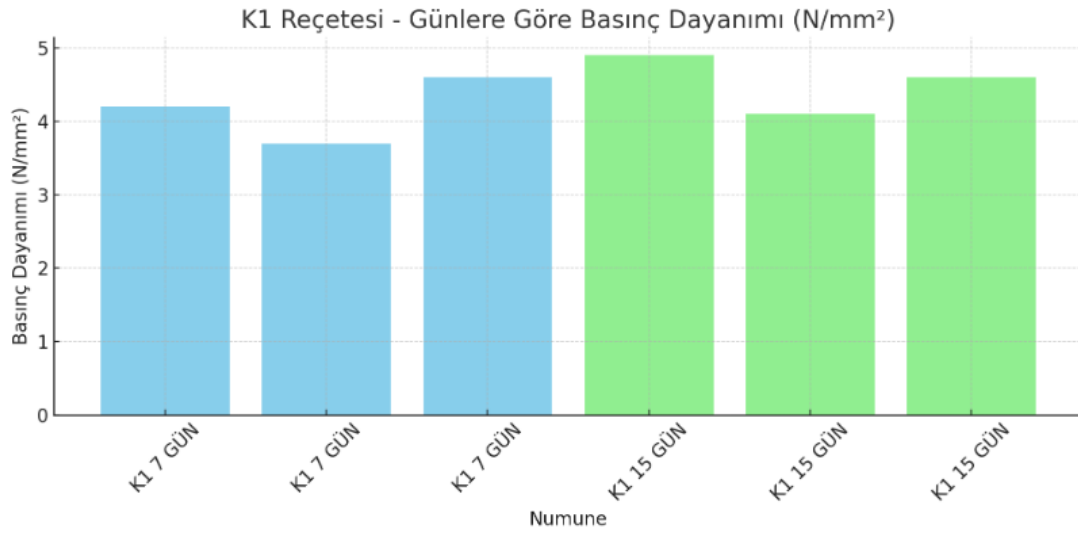


Şekil 77. Dördüncü Deney Numuneleri:

3.2.4.1. Dördüncü Deney Sonuçları

Tablo 40. Dördüncü deney K1 demeyi 7-15 kırım sonucu

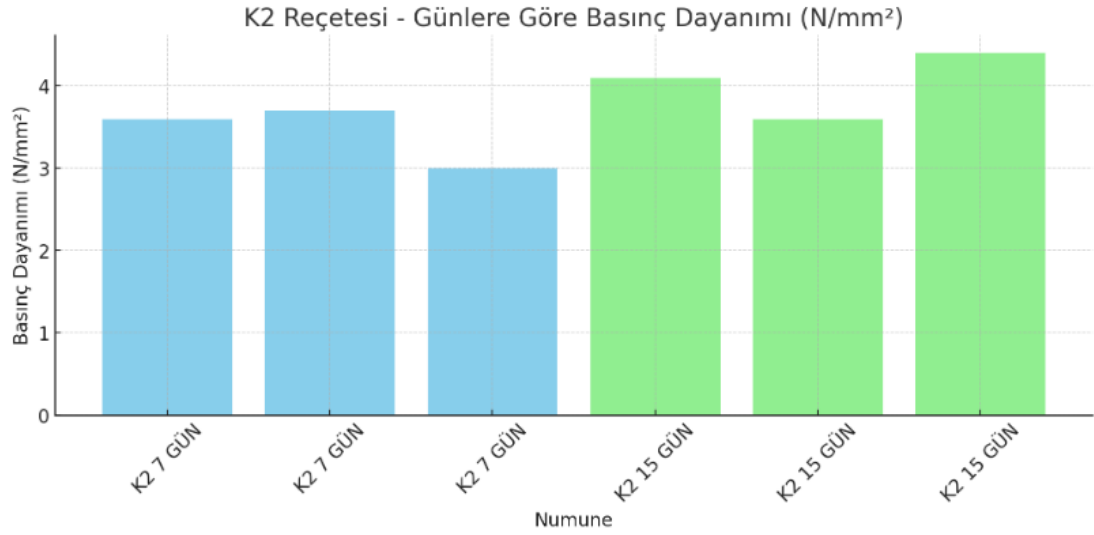
	Reçete	Toprak	Agrega	Su	Alçı	Küfeki	Mukavemet	Basınç Dayanımı
	No	%	%	%	%	%	Newton	N/mm ²
K1	K1 7 GÜN	40	20	25	10	5	6740	4,20
	K1 7 GÜN	40	20	25	10	5	5850	3,7
	K1 7 GÜN	40	20	25	10	5	7430	4,6
	K1 15 GÜN	40	20	25	10	5	7870	4,9
	K1 15 GÜN	40	20	25	10	5	6610	4,1
	K1 15 GÜN	40	20	25	10	5	7300	4,6
7 GÜNLÜK ORTALAMA						6673,333333	Artış yüzdesi	8,79%
15 GÜNLÜK ORTALAMA						7260		



Şekil 78. Dördüncü deney K1 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği

Tablo 41. Dördüncü deney K2 demeyi 7-15 kırım sonucu

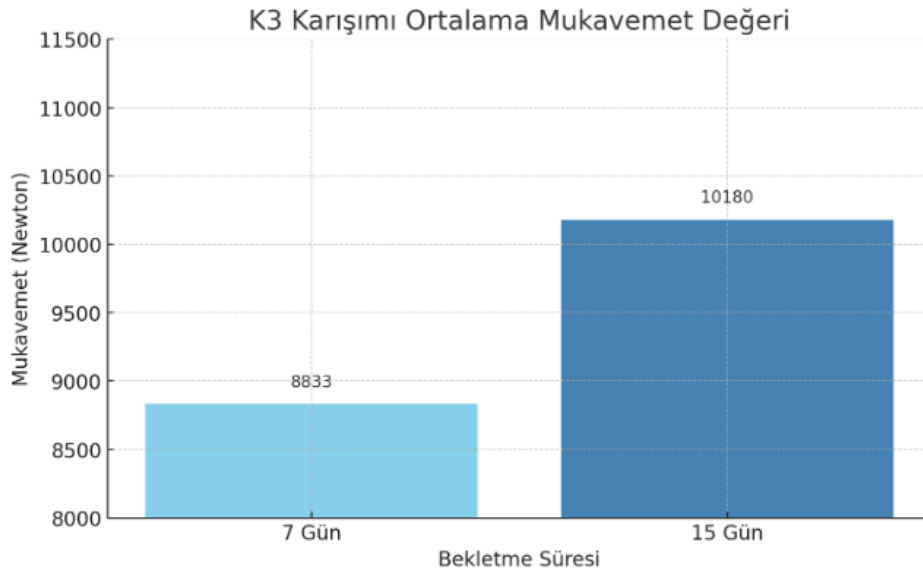
	Reçete	Toprak	Agrega	Su	Alçı	Küfeki	Mukavemet	Basınç dayanımı
	No	%	%	%	%	%	Newton	N/mm ²
K2	K2 7 GÜN	40	20	20	10	10	5660	3,6
	K2 7 GÜN	40	20	20	10	10	5920	3,7
	K2 7 GÜN	40	20	20	10	10	4800	3
	K2 15 GÜN	40	20	20	10	10	6610	4,1
	K2 15 GÜN	40	20	20	10	10	5770	3,6
	K2 15 GÜN	40	20	20	10	10	6970	4,4
7 GÜNLÜK ORTALAMA						5460	Artış yüzdesi	18,13%
15 GÜNLÜK ORTALAMA						6450		



Şekil 79. Dördüncü deney K2 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği

Tablo 42. Dördüncü deney K3 demeyi 7-15 kırım sonucu

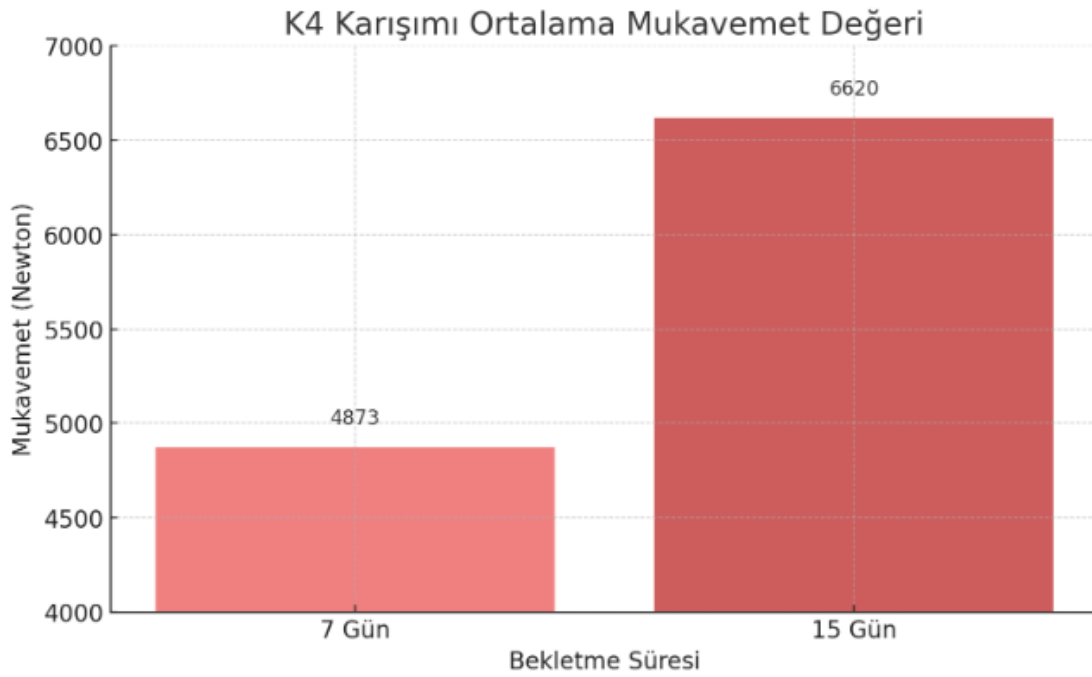
Reçete	Toprak	Agrega	Su	Alçı	Küfeki	Mukavemet	Basınç dayanımı	
No	%	%	%	%	%	Newton	N/mm²	
K3	K3 7 GÜN	30	30	20	10	10	8880	5,5
	K3 7 GÜN	30	30	20	10	10	8800	5,5
	K3 7 GÜN	30	30	20	10	10	8820	5,2
	K3 15 GÜN	30	30	20	10	10	9930	6,2
	K3 15 GÜN	30	30	20	10	10	9560	6
	K3 15 GÜN	30	30	20	10	10	11050	6,9
7 GÜNLÜK ORTALAMA					8833,333333	Artış yüzdesi	15,25%	
15 GÜNLÜK ORTALAMA					10180			



Şekil 80. Dördüncü deney K3 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği

Tablo 43. Dördüncü deney K4 demeyi 7-15 kırım sonucu

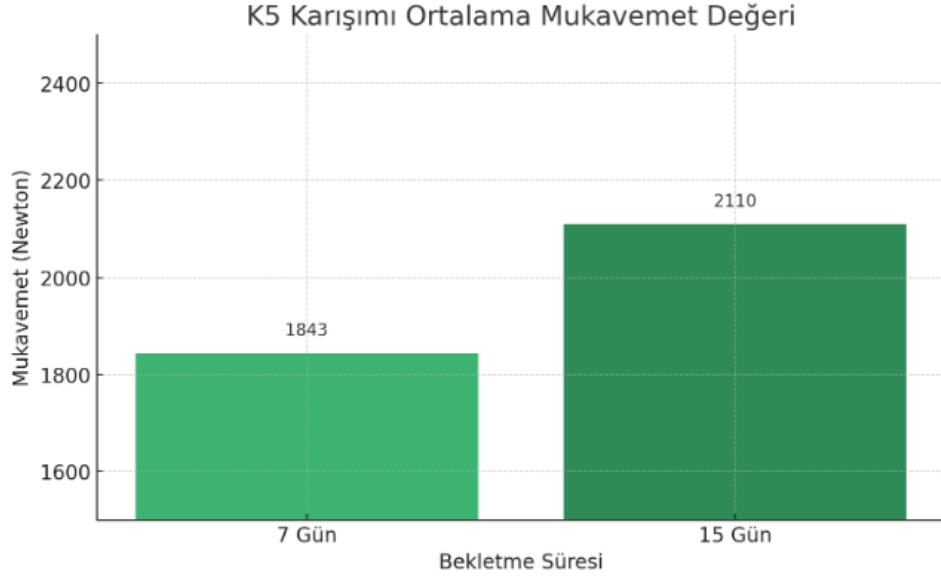
	Reçete	Toprak	Agrega	Su	Alçı	Küfeki	Mukavemet	Basınç dayanımı
	No	%	%	%	%	%	Newton	N/mm²
K4	K4 7 GÜN	40	20	20	15	5	3620	2,3
	K4 7 GÜN	40	20	20	15	5	3930	2,5
	K4 7 GÜN	40	20	20	15	5	7070	4,4
	K4 15 GÜN	40	20	20	15	5	6460	4
	K4 15 GÜN	40	20	20	15	5	6480	4,3
	K4 15 GÜN	40	20	20	15	5	6920	4,3
	7 GÜNLÜK ORTALAMA					4873,333333	Artış yüzdesi	35,84%
	15 GÜNLÜK ORTALAMA					6620		



Şekil 81. Dördüncü deney K4 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği

Tablo 44. Dördüncü deney K5 demeyi 7-15 kırım sonucu

	Reçete	Toprak	Agrega	Su	Alçı	Küfeki	Mukavemet	Basınç dayanımı
	No	%	%	%	%	%	Newton	N/mm²
K5	K4 7 GÜN	40	20	20	0	20	1670	1,4
	K4 7 GÜN	40	20	20	0	20	1790	1,4
	K4 7 GÜN	40	20	20	0	20	2070	1,5
	K4 15 GÜN	40	20	20	0	20	1670	1,4
	K4 15 GÜN	40	20	20	0	20	2250	1,7
	K4 15 GÜN	40	20	20	0	20	2410	1,8
	7 GÜNLÜK ORTALAMA					1843,333333	Artış yüzdesi	14,47%
	15 GÜNLÜK ORTALAMA					2110		



Şekil 82. Dördüncü deney K5 demeyi 7-15 kırım sonucu grafiği

Tablo 45. Dördüncü deney K6 demeyi 7-15 kırım sonucu

Reçete No	Toprak %	Agrega %	Su %	Alçı %	Küfeki %	Mukavemet Newton	Basınç dayanımı N/mm ²
K4 7 GÜN	30	0	20	20	30	5130	3,5
K4 7 GÜN	30	0	20	20	30	5800	3,7
K4 7 GÜN	30	0	20	20	30	6560	4,3
K4 15 GÜN	30	0	20	20	30	7380	4,6
K4 15 GÜN	30	0	20	20	30	6140	4,1
K4 15 GÜN	30	0	20	20	30	6420	4,2
7 GÜNLÜK ORTALAMA					5830	Artış yüzdesi	14,01%
15 GÜNLÜK ORTALAMA					6646,666667		

Tablo 46. Dördüncü deney K7 demeyi 7-15 kırım sonucu

Reçete No	Toprak %	Agrega %	Su %	Alçı %	Küfeki %	Mukavemet Newton	Basınç dayanımı N/mm ²
K4 7 GÜN	30	15	20	20	15	3980	2,5
K4 7 GÜN	30	15	20	20	15	2020	1,4
K4 7 GÜN	30	15	20	20	15	2950	1,8
K4 15 GÜN	30	15	20	20	15	4360	2,6
K4 15 GÜN	30	15	20	20	15	4890	2,7
K4 15 GÜN	30	15	20	20	15	5110	3,3
7 GÜNLÜK ORTALAMA					2983,333333	Artış yüzdesi	60,45%
15 GÜNLÜK ORTALAMA					4786,666667		

Dördüncü deney sonucunda 7 farklı reçeten oluşan deneyde en yüksek dayanıma sahip olan K3 reçetesi olmuştur. Bu deneyde sonucu en yüksek dayanıma sahip reçete

%30 toprak , %30 agrega , % 20 su , %10 alçı , % 10 küfeki tozu olmuştur deneyde 40x40x40 mm olan küplerden dayanımı en yüksek çıkan sonuç ise 7 günlükte 8880 N/mm² , 15 günlükte ise 11050 N/mm² değeri gözlemlenmiştir.

3.2.5. Beşinci Deney

Bu deneyde ise 4. deneyde oluşturulan 7 farklı reçetede en dayanımlı olan K3 (toprak oranı 30, agrega oranı 30, su oranı 20, alçı oranı 10, küfeki tozu oranı ise 10) reçetesinin 15x15x15 cm numunesi yapılmıştır. Bununla birlikte aynı reçeteye 0,250 kg şeker melası eklenerek melasın katkısı karşılaştırılmıştır. Yeni deneyde ise 6 farklı malzeme kullanılarak 7 farklı karışım elde edilmiş olup her reçeteden 4 numune elde edilmiştir. Kullanılan malzemeler 25 gr olacak şekilde seramik yünü, taş yünü, nişasta, microfiber iplik parçaları, karbonfiber kumaş parçaları kullanılmıştır. Bu malzemeler atık ürünlerden elde edilmiş şekliyle temin edilmiştir.



Şekil 83. Beşinci Deney Numuneleri



Şekil 84. Beşinci Deney Numune Kırımı

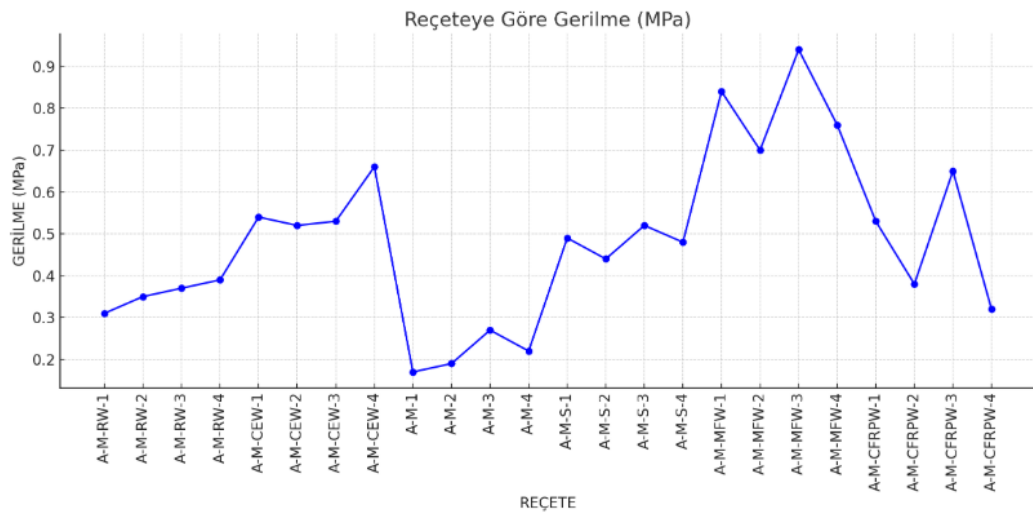
Çok yönlü UTEST Eğilme Gövdeleri, yüksek hassasiyet ve tekrarlanabilir deney sonuçları sunarak, maksimum yükte minimum deformasyon hedefi doğrultusunda geliştirilmiştir. Kaynaklı çelik yapılarında, piston üst başlık tarafından taşınmaktadır. Tüm gövdeler, yalnızca tek yönlü aşağıya doğru çalışan bir pistona ve piston hareket sınırını aştığında makineyi durduran bir devre kesici anahtara sahiptir. Yük ölçümlerinde en yüksek doğruluğu sağlamak amacıyla pistonun geri dönüşü, ölü ağırlık ya da yaylı sistem aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Tüm gövdelerde yük ölçümü, yük hücresi kullanılarak yapılır.

Her model, eğilme, kırılma yükü, yarmada çekme, basınç gibi çeşitli deneyler için gerekli tüm aksesuarlarla uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. UTC-5600 modeli 200 kN kapasiteli U tipi ve UTC-5700 modeli 300 kN kapasiteli C tipi UTEST eğilme gövdeleri, numunelerin gövdeye kolayca ve pratik bir şekilde yerleştirilmesine olanak tanır [46].

3.2.5.1. Beşinci Deney Sonuçları

Tablo 47. Beşinci Deney Sonuçları

REÇETE	GERİLME
ADI	MPa
A-M-RW-1	0,31
A-M-RW-2	0,35
A-M-RW-3	0,37
A-M-RW-4	0,39
A-M-CEW-1	0,54
A-M-CEW-2	0,52
A-M-CEW-3	0,53
A-M-CEW-4	0,66
A-M-1	0,17
A-M-2	0,19
A-M-3	0,27
A-M-4	0,22
A-M-S-1	0,49
A-M-S-2	0,44
A-M-S-3	0,52
A-M-S-4	0,48
A-M-MFW-1	0,84
A-M-MFW-2	0,70
A-M-MFW-3	0,94
A-M-MFW-4	0,76
A-M-CFRPW-1	0,53
A-M-CFRPW-2	0,38
A-M-CFRPW-3	0,65
A-M-CFRPW-4	0,32



Şekil 85. Beşinci Deney Sonuç grafiği

7 farklı deney sonucu içerisinde en yüksek dayanıma sahip olan reçetenin ‘A-M-MFW’ görülmüştür. En yüksek dayanım 0,943 Mpa ve yük değeri 21,2 KN olarak ölçülmüştür.



Şekil 86. Beşinci Deney Sonuç Ekranı

3.2.5.2. Atık Beton Parça Deneyi

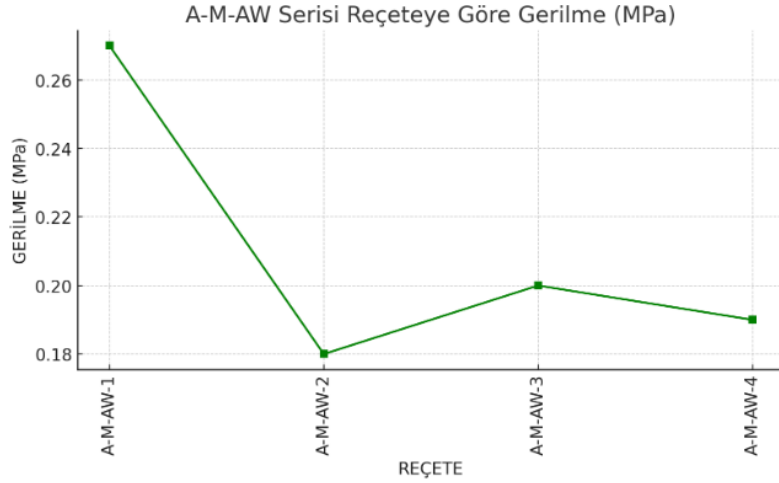
Bu deneyde, agrega yerine beton kırıklarından elde edilen atıkların 0.2 cm altındaki boyutları kullanılarak işlem tekrarlanır ve sonuçların değişip değişmediği analiz edilir.



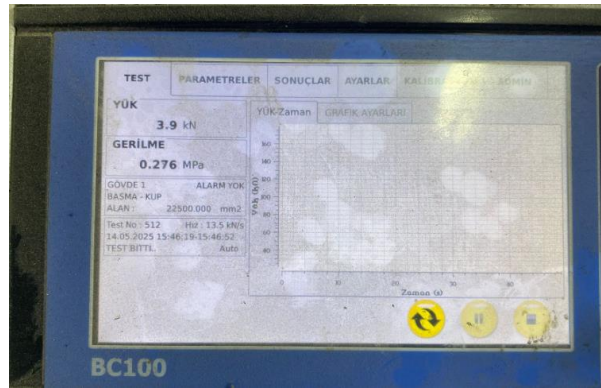
Şekil 87. Beton parçalarının elekten geçirilme işlemi

Tablo 48. Atık beton deneyi sonuçları

REÇETE	GERİLME	TEST YÜKÜ	STANDART
ADI	MPa	kN	TSE
A-M-AW 1	0,27	3.9	TS-1015-11
A-M-AW-2	0,18	3.2	TS-1015-11
A-M-AW-3	0,20	3.3	TS-1015-11
A-M-AW-4	0,19	3.2	TS-1015-11



Şekil 88. Atık beton deney sonuç grafiği



Şekil 89. Atık Beton Parça Deneyinin Kırım Ekran Sonucu

Bu deneyde, agreganın yerine beton kırıntılarından elde edilen beton atıkları kullanılarak, 0.2 cm'den küçük parçalar elekten geçirilir ve bu durumun sonucunu nasıl etkilediği incelenir. Önceki deneyde, killi toprak, alçı, küfeki taşı ve su içeren karışımda, agrega çıkarılarak yerine atık beton parçaları eklenmişti. Bunun sonucunda, ortalama dayanım 0.2125 megapaskal olarak ölçülmüştü. Şimdi ise bu değer 0,21 megapaskal

olarak belirlenmiştir. Dayanımda büyük bir değişiklik gözlenmediği için, deneylerde atık beton parçalarının kullanılabileceği sonucuna varılabilir.

3.2.6. Altıncı Deney

Deneyde kullanılan 25 gr atık malzemelerle elde edilen reçetelerden en yüksek dayanıma sahip olan ilk dört reçete belirlenmiştir. Belirlenen reçeteler ile atık malzemelerin oranları 4 katı olan 100 gr kadar arttırılarak tekrar numuneler yapılmıştır. Sonuçları şu şekildedir.

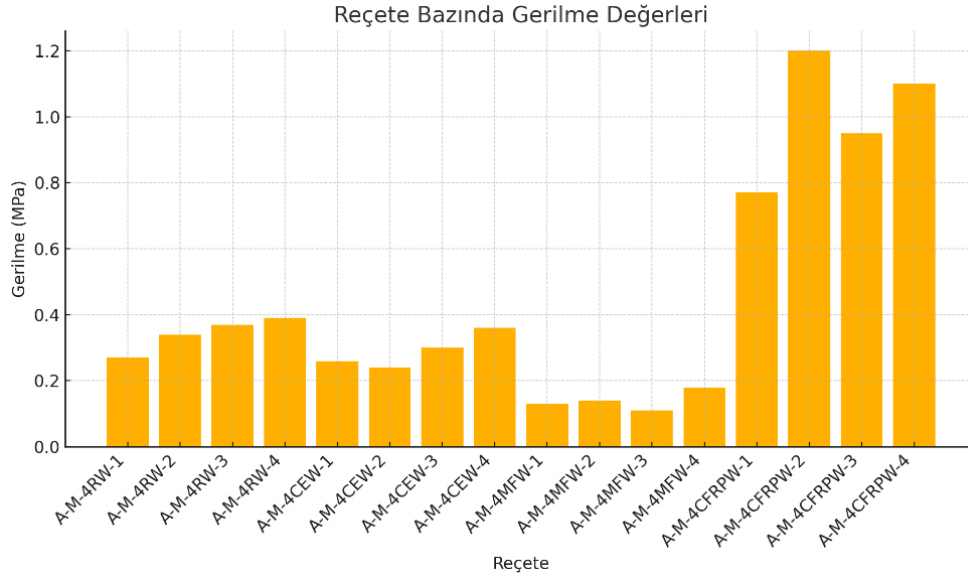


Şekil 90. Altıncı Deney Numuneleri

3.2.6.1. Altıncı Deney Sonuçları

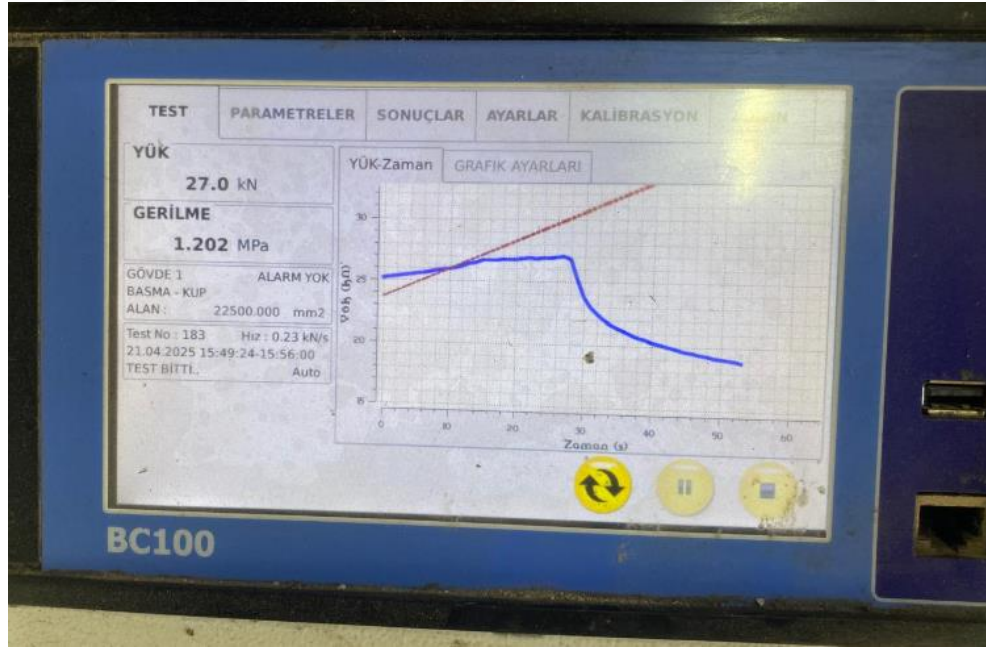
Tablo 49. Altıncı Deney Sonuçları

REÇETE	GERİLME
ADI	MPA
A-M-4RW-1	0,27
A-M-4RW-2	0,34
A-M-4RW-3	0,37
A-M-4RW-4	0,39
A-M-4CEW-1	0,26
A-M-4CEW-2	0,24
A-M-4CEW-3	0,30
A-M-4CEW-4	0,36
A-M-4MFW-1	0,13
A-M-4MFW-2	0,14
A-M-4MFW-3	0,11
A-M-4MFW-4	0,18
A-M-4CFRPW-1	0,77
A-M-4CFRPW-2	1,20
A-M-4CFRPW-3	0,95
A-M-4CFRPW-4	1,10



Şekil 91. Altıncı Deney Sonuç grafiği

Yukarda görüldüğü üzere 25 gr atık kullanıldığında ‘A-M-MFW’ numune dayanımı daha yüksek ancak 4 katı arttırılmış şekilde 100 gr atık kullanıldığında ‘A-M-4CFRPW’ reçetesinde elde edilen numunenin daha yüksek dayanıma sahip olduğu görülmüştür. En yüksek dayanım 1,202 Mpa ve yük değeri 27 KN olarak ölçülmüştür.



Şekil 92. Altıncı Deney Sonuç Ekranı

3.2.7. Yedinci Deney

Bu aşamada ise 15x15x15 küp numunelerden 25 gr için ‘A-M-MFW’ ve 100 gr ‘A-M-4CFRPW’ için basınç dayanımlarına göre elde edilmiş 10x10x50 cm dikdörtgen prizma şeklinde blok numuneler oluşturulmuştur.



Şekil 93. Yedinci Deney Numuneleri

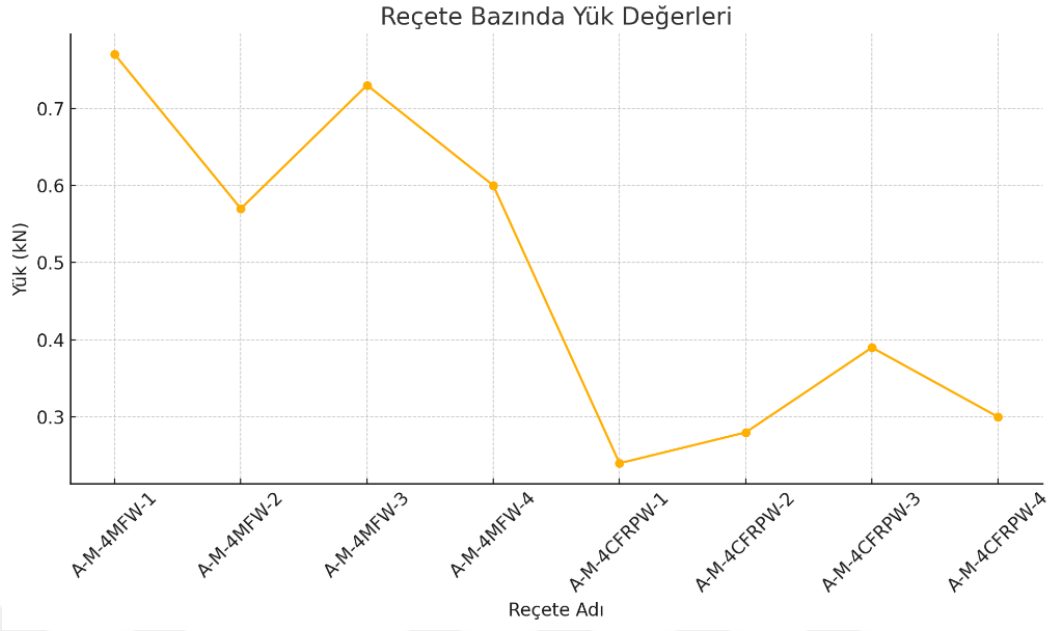
Bu yapılan blokların eğilme deneyine tabi tutularak eğilme dayanımları ölçülmüştür.

3.2.7.1. Yedinci Deney Sonuçları

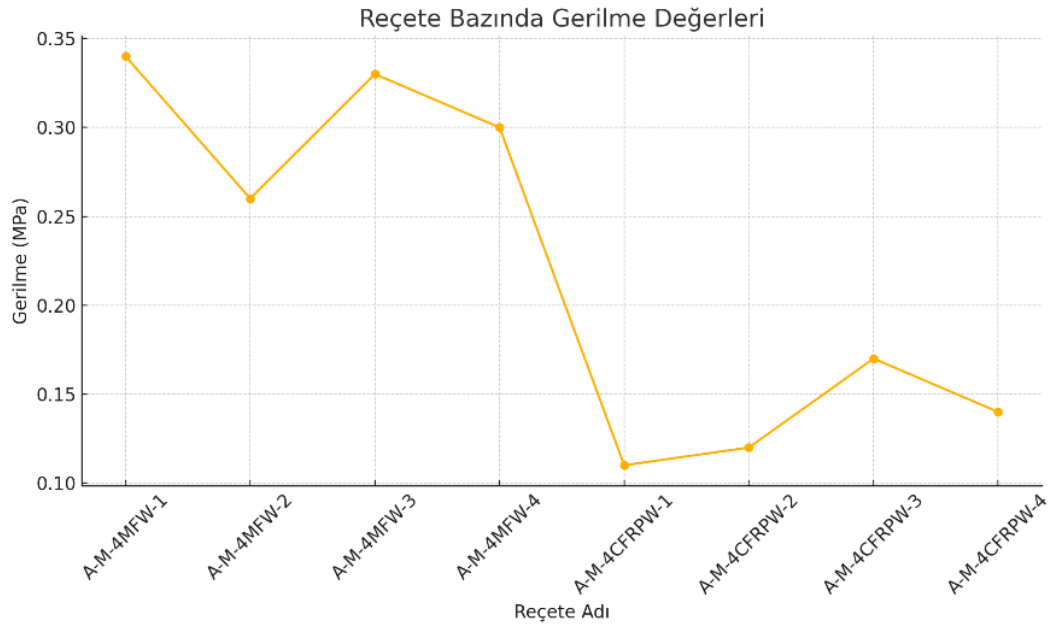
Yedinci deneyimizde 10x10x50 ölçülerinde 25 gr mikrofiberli karışım ve 100 gr karbonfiberli karışımlarda 4'er numune olmak üzere toplam 8 numune eğilme testine tabii tutulmuştur. Bu numunelerden en dayanımlı sonucu veren 0,77 yük tesiri altında kalıp 0,34 Mpa gerilme sonucu elde edilmiştir.

Tablo 50. Yedinci Deney Sonuçları

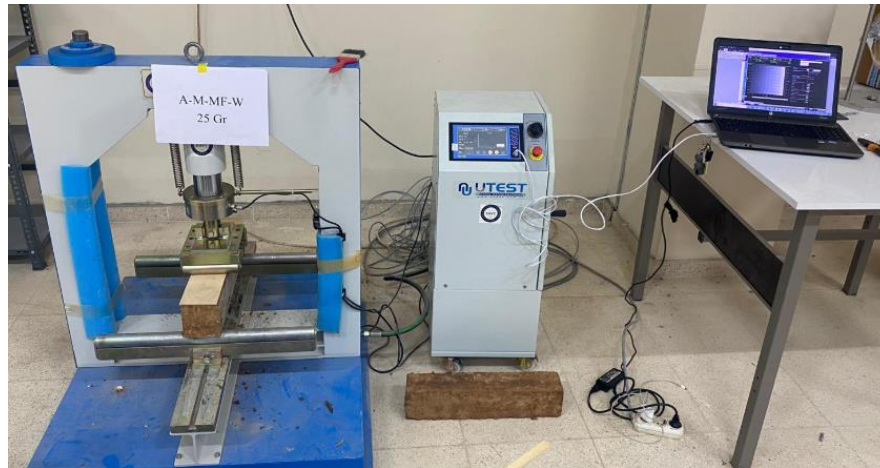
REÇETE	YÜK	GERİLME	STANDART
ADI	KN	MPA	TSE
A-M-4MFW-1	0,77	0,34	TS-1015-11
A-M-4MFW-2	0,57	0,26	TS-1015-11
A-M-4MFW-3	0,73	0,33	TS-1015-11
A-M-4MFW-4	0,60	0,30	TS-1015-11
A-M-4CFRPW-1	0,24	0,11	TS-1015-11
A-M-4CFRPW-2	0,28	0,12	TS-1015-11
A-M-4CFRPW-3	0,39	0,17	TS-1015-11
A-M-4CFRPW-4	0,30	0,14	TS-1015-11



Şekil 94. Yedinci Deney Sonuçları Yük grafiği



Şekil 95. Yedinci Deney Sonuçları Gerilme grafiği



Şekil 96. Yedinci Deney Kırım Testi



Şekil 97. Yedinci Deney Sonuç Ekranı



Şekil 98. Yedinci Deney Kırım Sonucundaki Numuneler

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında kerpicing inşaat sektöründe kullanılması hedeflenmiştir. Kerpicing içinde bulundurduğu malzemelerden kaynaklı olarak kerpicing dayanımı betonarme yapılara istinaden daha azdır. Buna bağlı olarak kerpiç elemanların içerisinde killi toprak, su, kireç, alçı, küfeki tozu, nişasta, melas, mikro fiber, karbon fiber, agrega, hidrolik kireç, seramik yünü gibi malzemeler kullanılarak kerpiç malzemenin dayanımın artırılması hedeflenmiştir. Yapılan deneylerin sonuçları değerlendirilmiştir.

- İlk deneyde killi toprağın alçı ile aderansının yüksek olması, bu reçetenin dayanımının yüksek çıkmasında etkili olmuştur.
- İkinci deneyde su oranları değiştirilerek suyun dayanıma etkisi karşılaştırılmıştır.
- Üçüncü deneyde kireç ve alçı yerine hidrolik kireç kullanılarak hidrolik kirecin killi toprak ile zıt karakterde olup killi toprağın ayrışmasına ve dayanımı düşürmesi görülmüştür.
- Dördüncü deneyde reçete üzerinde küfeki tozu ve agrega ekleme yapılarak dayanımı etkisi araştırılmıştır. Bu karışımın yüksek dayanımına etkili olduğu gözlemlenmiştir.
- Beşinci deneyde geliştirilen reçete doğrultusunda numune boyutları artırılmış ve reçete içerisinde eklenen atık ürünlerin dayanımda etkili olduğu görülmüştür.
- Atık beton parçalarının agrega ile aynı oranda çalıştığı görülmüştür. Böylece agrega yerine beton parçaları direkt olarak da kullanılabilir.
- Şekil faktöründen kaynaklı dayanım farklılıkları görülmüştür.
- Altıncı deneyde atık ürünlerinin yoğunluğu artırılarak dayanıma katkısı karşılaştırılmıştır. En yüksek dayanımın karbon fiberli karışım olduğu görülmüştür.
- Yedinci deneyde yapılan deneylerden elde edilen sonuçlara göre en yüksek basınç dayanımına sahip olan karbon fiber ve mikro fiber karışımları 10x10x50 cm bloklara dökülerek yeni numune oluşturulmuştur. Bu numuneler eğilme dayanım testine tabii tutularak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Atık maddelerden

mikro fiberin yoğunluğu az olduğu halde karbon fibere kıyasla dayanımı yüksektir.

- Taş yünü atığı su ile reaksiyona girdiğinde kimyasal yapısını bozarak dayanımı düşürmüştür.
- Melas, doğrudan kullanıldığında malzemeleri içine almayarak topaklanma eğilimi gösterir. Ancak, su ile karıştırıldığında çözülerek diğer malzemeleri bünyesine daha iyi entegre eder.
- Alçı, kireçle kıyaslandığında killi toprakla daha iyi bir yapışma sağlar.
- Reçete içerisinde fazla su kullanıldığında killi toprağın özelliğini bozmaktadır.
- Seramik yünü hacimsel olarak numune içerisinde boşluk yaratarak dayanımını düşürmektedir.

4.2. Öneriler

Bu çalışmada kerpiç elemanların içine farklı malzemeler kullanılarak dayanımı artırılması hedeflenmiştir.

- Deneyde karıştırma işleminde karıştırıcı uç kullanıldı. Diğer çalışmada betoniyer makinası kullanılabilir.
- Atık olarak bazalt tozu, puzolan veya döküm kumu gibi malzemeler kullanılabilir.
- Atık lif yerine lastik parçaları konularak dayanım testine bakılabilir.
- Numune boyutları gerçeğe daha yakın olması açısından büyütülebilir.
- Kerpiç yapı çalışmasında malzeme bazlı çalışmaların 3 boyutlu modeller ve testler üzerinde deneyler yapılabilir.
- Kerpiç yapılmış yapıların deprem davranışının görülmesi için 3 boyutlu bir kerpiç yapı sismik izalatör testine tabi tutulabilir.
- Yapılan karışımlardan elde edilen en yüksek dayanıma sahip olan mikro fiber veya karbon fiber malzemesi kullanılarak bilgisayar programında malzeme bilgisi girilerek modelleme ve analiz yapılabilir.
- Kerpicingin ısı yalıtımı ve ses yalıtımında geçirgenlik testlerine bakılabilir.
- Doğal yapıştırıcı olarak kullanılan melas yerine çam ağacının reçinesi kullanılabilir.
- Farklı ısı ve nem koşulları seçilerek deneyler tekrarlanabilir ve deney sonuçları karşılaştırılabilir.

- Yanmaya karşı direnç kontrol edilebilir.
- Farklı hava koşullarındaki davranışları incelenebilir.
- Bünyesindeki malzemeleri donma-çözünmedeki davranışları incelenebilir.



KAYNAKLAR

- [1] Türk Standartları Enstitüsü, 1977. TS 2514- Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları. TSE Yayınları, Ankara, 14 s.
- [2] Teloğlu Yavaş, A.N., 2021. Kerpiç binaların ağırlık yükleri ve deprem etkileri altında davranışı ve yurdumuzdaki uygulaması. Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 115 s.
- [3] Zamankhani, J.S., Arun, G., 2011. 2006 İRAN-Silakhor Depreminde Kerpiç Yığma Duvarların Sismik Davranışı. **Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezlerinden Üretilmiş Yayınlar, Sigma 3**: 290-299.
- [4] Gül, T. 2011. Cam elyaf ve hava sürükleyici katkı kullanılarak geliştirilmiş kerpiç. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 87 s.
- [5] Tiryaki, O., 2022. Koyun yünü katkılı kerpicein bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 120 s.
- [6] Gürfidan, A., 2006. Safranbolu evlerinde kullanılan kerpiç malzemenin yüksek fırın cürufu ile iyileştirilmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya, 97 s.
- [7] Tang, C., Shi, B., Gao, W., Chen, F., Cai, Y. 2007. Strength and mechanical behavior of short polypropylene fiber reinforced and cement stabilized clayey soil. **Geotextiles and Geomembranes**, 25(3): 194-202.
- [8] Ismail, M.A., Joer, H.A., Sim, W.h., Randolph, M., 2002. Effect of cement type on shear behavior of cemented calcareous soil. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering** 128 (6): 520-529.
- [9] Aiban, S.A., 1994. A study of sand stabilization in Eastern Saudi Arabia. **Engineering Geology**, 38: 65-97.
- [10] Huang, J.T., Airey, D.W., 1998. Properties of artificially cemented carbonate sand. **Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering**, 124 (6): 492-499.
- [11] Basha, E.A., Hashim, R., Mahmud, H.B., Muntobar, A.S., 2005. Stabilization of residual soil with rice husk ash and cement. **Construction and Building Materials** 19 (6): 448-453.

- [12] Kolias, S., Kasselouri-Rigopoulou, V., Karahalios, A., 2005. Stabilisation of clayey soils with high calcium fly ash and cement. **Cement and Concrete Composites** 27 (2): 301-313.
- [13] Sherwood, P., 1993. Soil Stabilization With Cement and Lime. State of the art review, Transport Research Laboratory, 153 p.
- [14] Al-Rawas, A.A., 2002. Microfabric and mineralogical studies on the stabilization of an expansive soil using cement by-pass dust and some types of slags. **Canadian Geotechnical Journal** 39: 1150-1167.
- [15] Tremblay, H., Duchesne, J., Locat, J., Leroueil, S., 2002. Influence of the nature of organic compounds on fine soil stabilization with cement. **Canadian Geotechnical Journal** 39: 535-546.
- [16] Lima, D.C., Bueno B.S., Thomasi, L., 1996. The mechanical response of soil-lime mixtures reinforced with short synthetic fiber. *Proceedings of the Third International Symposium on Environmental Geotechnology*, vol. 1, pp. 868-877.
- [17] Thome, M.A., 1999. Behavior of spread footings bearing in lime stabilized layers. Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil (in Portuguese), Ph. D. Thesis, 176 p.
- [18] Wang, Q., Chen, H.E., Cai, K.Y., 2003. Quantitative evaluation of microstructure features of soil contained some cement (in Chinese). **Rock and Soil Mechanics** 24 (1): 12-16.
- [19] Sharma, V., Marwaha, B. M., Vinayak, H. K. 2016. Enhancing durability of adobe by natural reinforcement for propagating sustainable mud housing. **International Journal of Sustainable Built Environment**, 5(1): 141-155.
- [20] Heathcote, K. A. 1995. Durability of earthwall buildings. **Construction and building materials**, 9(3): 185-189.
- [21] Guettala, A., Abibsi, A., Houari, H. 2006. Durability study of stabilized earth concrete under both laboratory and climatic conditions exposure. **Construction and Building Materials**, 20(3): 119-127.
- [22] Ren, K. B., Kagi, D. A. 1995. Upgrading the durability of mud bricks by impregnation. **Building and Environment**, 30(3): 433-440.

- [23] Cai, Y., Shi, B., Ng, C. W., Tang, C. S. 2006. Effect of polypropylene fibre and lime admixture on engineering properties of clayey soil. **Engineering geology**, **87**(3-4), 230-240.
- [24] Altun, B. 2023. Uçucu Kül Katkısının Alçılı Kerpiç (Alker)'in Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi. Şırnak Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans Tezi, Şırnak, 76 s.
- [25] Sánchez-Calvillo, A., Rincón, L., Hamard, E., Faria, P. 2024. Bibliometric Analysis on Earthen Building: Approaches from the Scientific Literature and Future Trends. **Buildings**, **14**(12): 3870.
- [26] MacDougall, C. 2008. Natural building materials in mainstream construction: Lessons from the UK. **Journal of Green Building**, **3**(3): 1-14.
- [27] Moriset, S., Rakotomamonjy, B., Gandreau, D. 2021. Can earthen architectural heritage save us?. **Built Heritage**, **5**: 1-11.
- [28] Zak, P., Ashour, T., Korjenic, A., Korjenic, S., Wu, W. 2016. The influence of natural reinforcement fibers, gypsum and cement on compressive strength of earth bricks materials. **Construction and Building Materials**, **106**: 179-188.
- [29] Binici, H., Aksogan, O., Shah, T. 2005. Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material. **Construction and building materials**, **19**(4): 313-318.
- [30] Turgut, P., 2018. Uçucu kül, kireç ve cam tozu kullanarak blok üretimi. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **24**(3): 413-418.
- [31] Binici, H., Temiz, H. Köse, M. M. 2006. Kerpiç üretimi için uygun killerin mekanik özelliklerinin araştırılması (ss. 1-8). *GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı*, 26-28 Nisan 2006, Şanlıurfa. *Proceedings of the Fifth GAP Engineering Congress*, 26-28 April 2006, Şanlıurfa, Turkey.
- [32] Araya-Letelier, G., Antico, F. C., Burbano-Garcia, C., Concha-Riedel, J., Norambuena-Contreras, J., Concha, J., Flores, E. S. 2021. Experimental evaluation of adobe mixtures reinforced with jute fibers. **Construction and Building Materials**, **276**: 122127.
- [33] Ramakrishnan, S., Loganayagan, S., Kowshika, G., Ramprakash, C., Aruneshwaran, M. 2021. Adobe blocks reinforced with natural fibres: A review. **Materials Today: Proceedings**, **45**: 6493-6499.

- [34] Masuka, S., Gwenzi, W., Rukuni, T. 2018. Development, engineering properties and potential applications of unfired earth bricks reinforced by coal fly ash, lime and wood aggregates. **Journal of Building Engineering**, **18**: 312-320.
- [35] Fidjah, A., Rabehi, M., Kezrane, C., Omrane, M., Deliou, A., Oudrane, A., Mezaache, H. 2023. The effect of adding sawdust to a compressed earth block composed of lime and clay. **Algerian Journal of Research and Technology (AJRT)**, **7**(1): 31-37.
- [36] Lima, J., Faria, P., Santos Silva, A. 2020. Earth plasters: the influence of clay mineralogy in the plasters' properties. **International Journal of Architectural Heritage**, **14**(7): 948-963.
- [37] Acun, S., Gürdal, E. 2003. Yenilenebilir bir malzeme: Kerpiç ve alçılı kerpiç. **TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri**, **427**(5): 71-77
- [38] Binici, H., Durgun, M. Y., Yardım, Y. 2010. Kerpiç yapılar depreme dayanıksız mıdır? Avantajları ve dezavantajları nelerdir?. **KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **13**(2): 3-9.
- [39] Oğurlu, İ. 2024. Doğal-ekolojik üç yapı malzemesi taş-kerpiç-ağaç için sürdürülebilirlik analiz modeli. **Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi**, **53**: 150-167.
- [40] Olğun, T. N., Karatosun, M. 2023. Kerpiç yapılarda koruma sorunu olarak deprem etkileri. **Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, **11**(1): 15-27.
- [41] Yardımlı, S. (2021). Çevreci yaklaşımlarda malzeme ve yapım tekniği; Çağdaş kerpiç yapılar. **Kent Akademisi**, **14**(2): 389-413.
- [42] Tomažević, M., Klemenc, I., Weiss, P. 2009. Seismic upgrading of old masonry buildings by seismic isolation and CFRP laminates: a shaking-table study of reduced scale models. **Bulletin of Earthquake Engineering**, **7**: 293-321.
- [43] Tomažević, M. 2000. Seismic upgrading of existing stone-masonry buildings: lessons from the earthquake of Bovec of 1998. *Earthquake Hazard and Seismic Risk Reduction* (pp. 325-332). Springer Netherlands, Dordrecht.
- [44] Zile, Develi, (t.y.). (Web Sayfası: https://tr.wikipedia.org/wiki/Zile,_Develi), (Erişim Tarihi: Mayıs 2024)

- [45] Türk Standartları Enstitüsü, 1971. TS 537, Çimentolu Kerpiç Bloklar, Türk Standartları Enstitüsü Yayınları, Ankara, 12 s.
- [46] U-Test Malzeme Cihazları, (t.y.). U ve C tipi eğilme gövdeleri. (Web sayfası: <https://www.utest.com.tr/tr/20604/U-ve-C-Tipi-Egilme-Deney-Govdeleri>) (Erişim Tarihi: Aralık 2024)



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: FATİH DAŞTAN

Uyruğu: T.C.

Doğum Tarihi ve Yeri:

Medeni Durumu:

GSM:

email:

Yazışma Adresi:

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Nuh Naci Yazgan Üniversitesi	06.08.2020
Lise	Türmak Anadolu Lisesi	12.06.2015

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	2020 - Halen
Daştan Yapı Mimarlık	İnşaat mühendisi, Şantiye Şefi, Proje Müellifi

YABANCI DİL

İngilizce B1

Fatih Daştan "Lif Katkılı Kerpiç Malzemenin Dayanımı ve Deneysel Araştırılması"

ORJİNALLİK RAPORU

% 14	% 13	% 6	% 6
BENZERLİK ENDEKSİ	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	acikbilim.yok.gov.tr	% 1
	İnternet Kaynağı	
2	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)	% 1
	Öğrenci Ödevi	
3	hdl.handle.net	% 1
	İnternet Kaynağı	
4	acikerisim.fsm.edu.tr	% 1
	İnternet Kaynağı	
5	dergipark.org.tr	% 1
	İnternet Kaynağı	
6	www.researchgate.net	% 1
	İnternet Kaynağı	
7	gcris.ktun.edu.tr	% 1
	İnternet Kaynağı	
8	sigma.yildiz.edu.tr	% 1
	İnternet Kaynağı	
9	researchonline.ljmu.ac.uk	<% 1
	İnternet Kaynağı	
10	uh-ir.tdl.org	<% 1
	İnternet Kaynağı	
11	www.ejge.com	
	İnternet Kaynağı	

<% 1

12 geoserver.ing.puc.cl
İnternet Kaynağı

<% 1

13 Submitted to Siirt Üniversitesini
Öğrenci Ödevi

<% 1

14 espace.curtin.edu.au
İnternet Kaynağı

<% 1

15 www.aralsan.com
İnternet Kaynağı

<% 1

16 search.trdizin.gov.tr
İnternet Kaynağı

<% 1

17 docplayer.biz.tr
İnternet Kaynağı

<% 1

18 repositorio.uancv.edu.pe
İnternet Kaynağı

<% 1

19 cdn.www.gob.pe
İnternet Kaynağı

<% 1

20 www.iieta.org
İnternet Kaynağı

<% 1

21 www.mdpi.com
İnternet Kaynağı

<% 1

22 Chara Ch. Mitropoulou, Christos
Kostopanagiotis, Markos Kopanos, Dennis
Ioakim, Nikos D. Lagaros. "Life cycle cost
assessment of masonry structures", Structure
and Infrastructure Engineering, 2015
Yayın

<% 1

23	Lin Wang, Guojian Shao. "Test research on flexural strength of soil-cement reinforced with carbon fibers", Case Studies in Construction Materials, 2023 Yayın	<% 1
24	digital.library.adelaide.edu.au İnternet Kaynağı	<% 1
25	www.teknoyapi.com.tr İnternet Kaynağı	<% 1
26	tr.wikipedia.org İnternet Kaynağı	<% 1
27	rinacional.tecnm.mx İnternet Kaynağı	<% 1
28	www.marbleport.com İnternet Kaynağı	<% 1
29	www.medipol.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
30	www.internationaljournalofspecialeducation.com İnternet Kaynağı	<% 1
31	aregem.kulturturizm.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
32	revistapolitecnica.epn.edu.ec İnternet Kaynağı	<% 1
33	Submitted to Beykent Üniversitesi Öğrenci Ödevi	<% 1
34	bitkiortusu.gen.tr İnternet Kaynağı	<% 1
35	akyol.net İnternet Kaynağı	<% 1

36	www.pure.ed.ac.uk İnternet Kaynağı	<% 1
37	abakus.inonu.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
38	www.journalofgreenbuilding.com İnternet Kaynağı	<% 1
39	www.sciencegate.app İnternet Kaynağı	<% 1
40	insapedia.com İnternet Kaynağı	<% 1
41	ispecjournal.com İnternet Kaynağı	<% 1
42	www.karatay.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
43	pt.scribd.com İnternet Kaynağı	<% 1
44	Submitted to Canadian University of Dubai Öğrenci Ödevi	<% 1
45	www.diva-portal.org İnternet Kaynağı	<% 1
46	savannahroofsllc.com İnternet Kaynağı	<% 1
47	www.mta.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
48	Submitted to Gazi University Öğrenci Ödevi	<% 1
49	Aytekin, Burcu. "Geri Donusturulmus Beton Agregalarinin Yol Temel ve Alttemel	<% 1

Tabakalarında Kullanılabilirliğinin
Arastirilmesi", Bursa Uludag University
(Turkey), 2022

Yayın

50 Yüksel Güçlü. "Rainfall Anomalies at the
Mediterranean Coast of Turkey (Period 1950-
2010)", Procedia - Social and Behavioral
Sciences, 2014

Yayın

51 Submitted to Erciyes Üniversitesi
Öğrenci Ödevi

52 exodus.poly.edu
İnternet Kaynağı

53 slidetodoc.com
İnternet Kaynağı

54 text-id.123dok.com
İnternet Kaynağı

55 9lib.net
İnternet Kaynağı

56 akademiksunum.com
İnternet Kaynağı

57 www.blogcu.com
İnternet Kaynağı

58 www.sifalibitkileriniz.com
İnternet Kaynağı

59 Aktürk, Fuat. "Tarihi Tophâne-I Amire
Yapısının Dinamik Karakteristiklerinin
DeneySEL ve Sayısal Yöntemlerle
Belirlenmesi", Maltepe University (Turkey),
2025

Yayın

60	Submitted to Brunel University Öğrenci Ödevi	<% 1
61	depremsempozyumu.alparslan.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
62	sbe.nny.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
63	Canbay, Mehmet. "Çelik ve Polipropilen Liflerin Yalın ve Konbinasyonlu Olarak Sifcon'da Kullanılması", Sakarya Üniversitesi (Turkey), 2022 Yayın	<% 1
64	Günalp, Sinem. "The Impact of Trail on M1, M2A, and M2C Polarization of Primary Human Macrophages", Dokuz Eylul Üniversitesi (Turkey), 2024 Yayın	<% 1
65	Nusrat Jannat, Aseel Hussien, Badr Abdullah, Alison Cotgrave. "Application of agro and non- agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review", Construction and Building Materials, 2020 Yayın	<% 1
66	acikerisim.pau.edu.tr:8080 İnternet Kaynağı	<% 1
67	earsiv.anadolu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
68	idoc.pub İnternet Kaynağı	<% 1
69	www.grafiati.com İnternet Kaynağı	<% 1

70

www.scribd.com

İnternet Kaynağı

<% 1

71

Engin, Recep Taha. "Türk siyasi hayatında milli görüş hareketi: Temel esasları ve söylevleri", İstanbul Sabahattin Zaim University (Turkey)

Yayın

<% 1

72

Er, Özge. "İzmir Seferihisar (batı Türkiye) Africano mermerlerinin jeolojisi malzeme özellikleri ve durabilitesinin incelenmesi", Dokuz Eylul Üniversitesi (Turkey), 2024

Yayın

<% 1

73

Gülersoy, Ali Ekber. "Bakırçay Havzası'nda Doğal Ortam Koşulları İle Arazi Kullanımı Arasındaki İlişkiler", Dokuz Eylul Üniversitesi (Turkey), 2024

Yayın

<% 1

74

Hodo, Bledar. "Kardiyopulmoner Bypass Uygulanan Pediyatrik Olgularda Modifiye Ultrafiltrasyonun Sitokinler Üzerindeki Etkisi", Ankara Üniversitesi (Turkey), 2024

Yayın

<% 1

75

Yeni, Cansu Kadriye. "Demans tanılı yaşlılar için aile yakınlarına verilen ev düzenleme eğitiminin düşmeleri önlemeye etkisi", İzmir Katip Celebi University (Turkey), 2024

Yayın

<% 1

76

www.coursehero.com

İnternet Kaynağı

<% 1

77

İstegün, Berna. "Kompozit Sismik Kumaş ile Güçlendirilmiş Taşıyıcı Duvar Elemanlarının üç Noktalı Kesme Deneyleri ile Performanslarının

<% 1

Değerlendirilmesi", Sakarya Üniversitesi (Turkey), 2022

Yayın

78

"Proceedings of the Indian Geotechnical Conference (IGC 2024), Volume 1", Springer Science and Business Media LLC, 2025

Yayın

<% 1

79

Alaa Altassan, Muhammad Haris Mateen, Dragan Pamucar. "On Fundamental Theorems of Fuzzy Isomorphism of Fuzzy Subrings over a Certain Algebraic Product", Symmetry, 2021

Yayın

<% 1

80

Destanoglu, Esat. "Uc Boyutlu Tekstillerde Malzeme Ve Mekan ilişkisi.", Marmara Üniversitesi (Turkey), 2021

Yayın

<% 1

81

Vikas Kola, Venkata Ramana Gondu, Ramana Murty Varudu. "Mechanical and micro-structural aspects of admixture stabilized rock sludge dust", Construction and Building Materials, 2024

Yayın

<% 1

Alıntılarını çıkart

Kapat

Eşleşmeleri çıkar

Kapat

Bibliyografyayı Çıkart

Kapat