



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SİLİS DUMANI VE HİDROFOBİK MALZEMELERİN KİL
SIVALARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

TARKAN VERGÜL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. MEHMET EMİROĞLU**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SİLİS DUMANI VE HİDROFOBİK MALZEMELERİN KİL
SIVALARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Tarkan VERGÜL tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU

Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Serkan SUBAŞI

Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Metin İPEK

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 31/12/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

31.12.2019

Tarkan VERGÜL



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU'na en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu tez çalışması süresince yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Serkan SUBAŞI, Doç. Dr. Mehmet Emin ARSLAN, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DAYI, Arş. Gör. Uğur Mahir TÜRKEK ve Bölüm teknikerimiz Bülent ÖZSARIKAMIŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili aileme ve çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2019

Tarkan VERGÜL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR.....	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. KİL	4
1.1.1. Killerin Sınıflandırılması	5
1.1.1.1. <i>Minerolojik Özelliklerine Göre Killer</i>	<i>5</i>
1.1.1.2. <i>Yapılarına Göre Killer.....</i>	<i>8</i>
1.1.1.3. <i>Kimyasal Özelliklerine Göre Killer</i>	<i>8</i>
1.1.1.4. <i>Fiziksel Özelliklerine Göre Killer.....</i>	<i>8</i>
1.1.1.5. <i>Yüksek Sıcaklıklara Dayanıklılıklarına Göre Killer.....</i>	<i>9</i>
1.1.2. Killerin Karakteristik Özellikleri.....	9
1.1.2.1. <i>Absorbsiyon Özelliği.....</i>	<i>9</i>
1.1.2.2. <i>Adsorbsiyon Özelliği.....</i>	<i>9</i>
1.1.2.3. <i>Kohezyon Özelliği.....</i>	<i>9</i>
1.1.2.4. <i>Adhezyon Özelliği</i>	<i>9</i>
1.1.2.5. <i>Plastisite Özelliği.....</i>	<i>10</i>
1.1.2.6. <i>Şişme Özelliği</i>	<i>10</i>
1.1.2.7. <i>Rötre Özelliği.....</i>	<i>10</i>
1.1.2.8. <i>Kapilarite Özelliği</i>	<i>11</i>
1.1.2.9. <i>Yoğunluk Özelliği.....</i>	<i>11</i>
1.1.2.10. <i>Sıkıştırılabilirlik Özelliği</i>	<i>11</i>
1.1.2.11. <i>Yüzey Alanı</i>	<i>11</i>
1.1.2.12. <i>Tane Boyutu</i>	<i>12</i>
1.1.2.13. <i>Mekanik Dayanımı</i>	<i>12</i>
1.1.2.14. <i>Organik Bileşenler.....</i>	<i>12</i>
1.1.2.15. <i>Nem İçeriği</i>	<i>12</i>
1.1.2.16. <i>Porozite Etkisi.....</i>	<i>13</i>
1.1.3. Killerin Kullanım Alanları.....	13
1.2. DUVARLAR.....	15
1.2.1. Duvarların Sınıflandırılması.....	17
1.3. SIVALAR	17
1.3.1. Geleneksel Yöntemlerle Yapılan Sıvalar	20
1.3.1.1. <i>Kaba Sıvalar</i>	<i>21</i>
1.3.1.2. <i>İnce Sıvalar</i>	<i>21</i>
1.3.1.3. <i>Rabitz Sıvalar.....</i>	<i>22</i>
1.3.1.4. <i>Bağdadi Sıvalar</i>	<i>22</i>
1.3.1.5. <i>Metal ve Ahşap Yüzeyler Üzerine Yapılan Sıvalar</i>	<i>22</i>

1.3.1.6. Alçı Sıvalar	22
1.3.1.7. Çarpma Sıvalar.....	22
1.3.1.8. Edelputz Sıvalar.....	23
1.3.1.9. Mermer Tozu Sıvalar	23
1.3.1.10. Suni Taş Sıvalar	23
1.3.1.11. Püskürtme Sıvalar.....	23
1.3.1.12. Perdah Sıvalar	24
1.3.1.13. Desenli Sıvalar.....	24
1.3.1.14. Alaturka Sıvalar.....	24
1.3.2. Modern Hazır Sıvalar.....	24
1.3.2.1. Mineral Esaslı Hazır Sıvalar	25
1.3.2.2. Granit Tipi Sıvalar.....	25
1.3.2.3. Hazır İpek Sıvalar.....	25
1.3.2.4. Perlit Sıvalar.....	25
1.3.2.5. Hazır Püskürtme Sıvalar.....	26
1.3.2.6. Sentetik Sıvalar	26
1.3.2.7. Anti Nem Sıvalar	26
1.3.3. Kil Sıvalar	26
1.3.3.1. Kil Sıvanın Uygulanması	28
1.3.3.2. Kil Sıva Çeşitleri.....	30
1.3.4. Sıva Uygulamalarındaki Genel Kurallar.....	33
1.3.5. Sıvalardaki Çatlakların Önlenmesi.....	35
1.4. HİDROFOBİK MALZEMELER.....	36
1.4.1. Silis Dumanı.....	37
1.4.2. Çinko Stearat.....	40
1.4.3. Kalsiyum Stearat.....	41
1.5. KİREÇ	42
1.6. ÇİMENTO	42
1.7. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	44
2. MATERYAL VE METOD.....	48
2.1. MATERYAL	48
2.1.1. Kil.....	48
2.1.2. Kum.....	48
2.1.3. Çimento.....	48
2.1.4. Kireç.....	49
2.1.5. Silis Dumanı.....	49
2.1.6. Çinko Stearat.....	50
2.1.7. Kalsiyum Stearat.....	50
2.1.8. Su	51
2.2. METOD	51
2.2.1. Agrega ve Kil Deneyleri	52
2.2.1.1. Elek Analizi	52
2.2.1.2. Hidrometre Deneyi	52
2.2.1.3. Atterberg Limit Deneyi	53
2.2.1.4. Lineer Büzülme Deneyi.....	56
2.2.1.5. Proktor Deneyi.....	57
2.2.1.6. Özgül Ağırlık Deneyi	58
2.2.2. Karışım Oranlarının Belirlenmesi	58
2.2.3. Sıva Deneyleri.....	61

2.2.3.1. Kıvam Deneyi.....	62
2.2.3.2. Basınç Dayanımı Deneyi	62
2.2.3.3. Eğilme Dayanımı Deneyi	63
2.2.3.4. Kütlece Nem Kaybı Deneyi	64
2.2.3.5. Birim Hacim Ağırlık Deneyi	65
2.2.3.6. Kılcal Su Emme Deneyi	66
2.2.3.7. Temas Açısı Deneyi.....	67
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	68
3.1. AGREGA VE KİL DENEYLERİ	68
3.1.1. Elek Analizi Sonuçları	68
3.1.2. Hidrometre Deneyi Sonuçları	69
3.1.3. Atterberg Limit Deneyi Sonuçları.....	69
3.1.3.1. Koni Penetrasyon Deneyi Sonuçları.....	69
3.1.3.2. Casagrande Yöntemi ile Likit Limit Deneyi Sonuçları	70
3.1.3.3. Plastik Limit Deneyi Sonuçları	71
3.1.4. Lineer Büzülme Deneyi Sonuçları.....	71
3.1.5. Proktor Deneyi Sonuçları.....	72
3.1.6. Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları.....	72
3.1.6.1. Kil Numunesinin Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları	72
3.1.6.2. Kum Numunesinin Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları	73
3.2. SIVA DENEYLERİ	73
3.2.1. Kıvam Deneyi Sonuçları.....	73
3.2.2. Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları	74
3.2.2.1. Referans Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları	74
3.2.2.2. Kireç Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları	75
3.2.2.3. Çimento Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları.....	76
3.2.2.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları	77
3.2.2.5. Basınç Dayanımı Açısından Tüm Serilerin Karşılaştırılması.....	78
3.2.3. Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları	80
3.2.3.1. Referans Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları	80
3.2.3.2. Kireç Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları.....	81
3.2.3.3. Çimento Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları	82
3.2.3.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları.....	83
3.2.3.5. Eğilme Dayanımı Açısından Tüm Serilerin Karşılaştırılması	84
3.2.4. Kütlece Nem Kaybı Deneyi Sonuçları.....	86
3.2.4.1. Referans Serilerinin Kütlece Nem Kaybı Sonuçları	86
3.2.4.2. Kireç Serilerinin Kütlece Nem Kaybı Sonuçları.....	87
3.2.4.3. Çimento Serilerinin Kütlece Nem Kaybı Sonuçları	88
3.2.4.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Kütlece Nem Kaybı Sonuçları.....	89
3.2.4.5. Kütlece Nem Kaybı Deneyindeki Tüm Serilerin Karşılaştırılması	90
3.2.5. Kuru Birim Hacim Ağırlık Deneyi Sonuçları	92
3.2.5.1. Referans Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	92
3.2.5.2. Kireç Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	93
3.2.5.3. Çimento Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	94
3.2.5.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları.....	95
3.2.5.5. Tüm Serilerin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları.....	96
3.2.6. Doğal Birim Hacim Ağırlık Deneyi Sonuçları.....	98
3.2.6.1. Referans Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları.....	98
3.2.6.2. Kireç Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	99

3.2.6.3. Çimento Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	100
3.2.6.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	101
3.2.6.5. Tüm Serilerin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	102
3.2.7. Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	104
3.2.7.1. Referans Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	104
3.2.7.2. Kireç Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	105
3.2.7.3. Çimento Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	106
3.2.7.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	107
3.2.7.5. Tüm Serilerin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	108
3.2.8. Temas Açısı Deneyi Sonuçları	111
3.2.8.1. Referans Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları	111
3.2.8.2. Kireç Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları	112
3.2.8.3. Çimento Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları	113
3.2.8.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları	113
3.2.8.5. Tüm Serilerin Temas Açısı Deneyi Sonuçları	114
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	117
5. KAYNAKLAR	120
ÖZGEÇMİŞ	128

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. II. Ramses Tapınağı [1].	1
Şekil 1.2. İran Bam Kalesi [1].	2
Şekil 1.3. Kaolin kristalleri a) İyi kristalleşmiş b) Zayıf kristalleşmiş [10].	6
Şekil 1.4. Large Mosque, Mali [1].	14
Şekil 1.5. Duvar kaplama tabakaları.	15
Şekil 1.6. Sıvanın duvar yüzeyine uygulanişı [30].	21
Şekil 1.7. Kil sıvalar için tırmıklı aletler [1].	28
Şekil 1.8. Kil sıvaların tırmıklı mala yardımıyla pürüzlü hale getirilmesi [1].	28
Şekil 1.9. Kil sıva uygulamaları [1].	29
Şekil 1.10. Püskürtme kil sıvaların uygulanması [1].	30
Şekil 1.11. Hafif mineralli kil sıva uygulaması [1].	31
Şekil 1.12. Çarpma kil sıva uygulaması [1].	31
Şekil 1.13. Çarpma kil sıva uygulaması [1].	32
Şekil 1.14. Saman balyalı kil sıva uygulaması[1].	32
Şekil 1.15. Saman balyalı kil sıva yüzeyi [1].	33
Şekil 1.16. Silis dumanına ait bir görüntü [39].	39
Şekil 1.17. Çinko stearata ait bir görüntü.	40
Şekil 1.18. Kalsiyum stearata ait bir görüntü.	41
Şekil 2.1. Deney akış şeması.	51
Şekil 2.2. Hidrometre deneyine ait bir görüntü.	52
Şekil 2.3. Koni penetrasyon deneyine ait bir görüntü.	54
Şekil 2.4. Likit limit deneyine ait bir görüntü.	55
Şekil 2.5. Lineer büzülme deneyine ait görüntüler.	56
Şekil 2.6. Proktor deneyine ait bir görüntü.	57
Şekil 2.7. Özgöl ağırlık deneyine ait görüntüler.	58
Şekil 2.8. Sıva karışımlarının üretim şeması.	59
Şekil 2.9. Yayılma tablası deneyine ait görüntüler.	62
Şekil 2.10. Basınç dayanımı testinde numuneler kırılmadan önceki görüntüler.	63
Şekil 2.11. Basınç dayanımı testinde numuneler kırıldıktan sonraki görüntüler.	63
Şekil 2.12. Eğilme dayanımı testinde numuneler kırılmadan önceki görüntüler.	64
Şekil 2.13. Eğilme dayanımı testinde numuneler kırıldıktan sonraki görüntüler.	64
Şekil 2.14. Kütlece nem kaybının bulunması deneyine ait bir görüntü.	65
Şekil 2.15. Birim hacim ağırlık deneyine ait görüntüler.	66
Şekil 2.16. Kılcal su emme deneyine ait görsel.	66
Şekil 2.17. Su damlasının yüzeylerle yapmış olduğu açılar.	67
Şekil 2.18. Temas açısı deneyine ait görseller.	67
Şekil 3.1. Kum numunesinin granülometrisi.	68
Şekil 3.2. Hidrometre deneyi sonuçları.	69
Şekil 3.3. Koni penetrasyon deneyinin sonuçları.	70
Şekil 3.4. Çarpmalı cihaz ile likit limit deneyi sonuçları.	70
Şekil 3.5. Lineer büzülme deneyine ait sonuçlar.	71
Şekil 3.6. Proktor deneyine ait sonuçlar.	72
Şekil 3.7. Referans serileri basınç dayanımı sonuçları.	74
Şekil 3.8. Kireç serilerinin basınç dayanımı sonuçları.	75
Şekil 3.9. Çimento serilerinin basınç dayanımı sonuçları.	76
Şekil 3.10. Kireç ve çimento serilerinin basınç dayanımı sonuçları.	77

Şekil 3.11. Tüm serilerin basınç dayanımı sonuçları.....	79
Şekil 3.12. Referans serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.	80
Şekil 3.13. Kireç serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.....	81
Şekil 3.14. Çimento serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.....	82
Şekil 3.15. Kireç ve çimento serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.	83
Şekil 3.16. Tüm serilerin eğilme dayanımı sonuçları.	85
Şekil 3.17. Referans serilerinin kütlece nem kaybı sonuçları (%).	86
Şekil 3.18. Kireç serilerinin kütlece nem kaybı sonuçları (%).	87
Şekil 3.19. Çimento serilerinin kütlece nem kaybı sonuçları (%).	88
Şekil 3.20. Kireç ve çimento serilerinin kütlece nem kaybı sonuçları (%).	89
Şekil 3.21. Tüm serilerin kütlece nem kaybı deneyi sonuçları (%).	91
Şekil 3.22. Referans serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.	92
Şekil 3.23. Kireç serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.	93
Şekil 3.24. Çimento serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.	94
Şekil 3.25. Kireç ve çimento serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.....	95
Şekil 3.26. Tüm serilerin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.....	97
Şekil 3.27. Referans serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.	98
Şekil 3.28. Kireç serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.....	99
Şekil 3.29. Çimento serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.....	100
Şekil 3.30. Kireç ve çimento serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.	101
Şekil 3.31. Tüm serilerin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.	103
Şekil 3.32. Kılcal su emme deneyinde kapilarite katsayılarının açıklanması.....	104
Şekil 3.33. Referans serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.	104
Şekil 3.34. Kireç serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.....	105
Şekil 3.35. Çimento serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.....	106
Şekil 3.36. Kireç ve çimento serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.	107
Şekil 3.37. Tüm serilerin kılcal su emme deneyi sonuçları.	110
Şekil 3.38. Referans serilerinin temas açısı deneyi sonuçları.....	111
Şekil 3.39. Kireç serisi temas açısı deneyi sonuçları.....	112
Şekil 3.40. Çimento serilerinin temas açısı deneyi sonuçları.	113
Şekil 3.41. Kireç ve çimento serilerinin temas açısı deneyi sonuçları.	114
Şekil 3.42. Tüm serilerin temas açısı deneyi sonuçları.....	116

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Silis dumanının beton özellikleri üzerindeki etkileri [38].	38
Çizelge 1.2. TS EN 197-1 [47] CEM I 42,5 R'nin fiziksel sınır değerleri.	43
Çizelge 1.3. TS EN 197-1 [47] CEM I 42,5 R'nin kimyasal sınır değerleri.	43
Çizelge 2.1. CEM I 42,5 R çimentosunun kimyasal içeriği [64].	48
Çizelge 2.2. TS EN 459-1 [65] CL 80 S kirecinin kimyasal sınır değerleri.	49
Çizelge 2.3. TS EN 459-1 [65] CL 80 S kirecinin fiziksel sınır değerleri.	49
Çizelge 2.4. Kullanılan silis dumanının kimyasal analizi [66].	49
Çizelge 2.5. Kullanılan silis dumanının fiziksel değerleri [66].	50
Çizelge 2.6. Çinko stearatın teorik özellikleri [41], [67].	50
Çizelge 2.7. Kalsiyum stearatın teorik özellikleri [41], [67].	51
Çizelge 2.8. Hidrometre deneyleri sonucu elde edilen değerler [69].	53
Çizelge 2.9. Deney sonuçlarında verilen kısaltmalar ve açıklamaları.	60
Çizelge 2.10. Sıva serilerindeki bileşenlerin 1 litredeki oranları.	60
Çizelge 3.1. Plastik limit deneyi sonuçları.	71
Çizelge 3.2. Kilin özgül ağırlık deneyi sonuçları.	72
Çizelge 3.3. Kumun özgül ağırlık deneyi sonuçları.	73

KISALTMALAR

0,5	Kütlece %0,5 hidrofobik malzeme
1	Kütlece %1 hidrofobik malzeme
1,5	Kütlece %1,5 hidrofobik malzeme
2	Kütlece %2 hidrofobik malzeme
Al	Alüminyum
Al ₂ O ₃	Alüminyum oksit
C	Referans (kil-kum-�imento)
CaO	Kalsiyum oksit
CO ₂	Karbon dioksit
�K	çözünmeyen kalıntı
�S	çinko stearat
Fe ₂ O ₃	Demir oksit
K	Referans (kil-kum-kireç)
K ₂ O	Potasyum oksit
KC	Referans (kil-kum-kireç-�imento)
KK	Kızdırma kaybı
KS	Kalsiyum stearat
MgO	Magnezyum oksit
MPa	Megapaskal
Na ₂ O	Sodyum oksit
NaPO ₃	Sodyum heksametafosfat
R	Referans (kil-kum)
SD	Silis dumanı
Si	Silisyum
SiO ₂	Silisyum dioksit
SK	Serbest CaO
SO ₃	Sülfit

ÖZET

SİLİS DUMANI VE HİDROFOBİK MALZEMELERİN KİL SIVALARIN MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Tarkan VERGÜL

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU

Aralık 2019, 127 sayfa

Toprak kullanılarak inşa edilen yapılar, çok eski zamanlardan beri kullanılmaya devam etmektedir. Bu yapıların enerji tasarrufu sağlama, çevre kirliliğini azaltma, kolay bulunabilme, yeniden kullanılabilme gibi özellikleri sayesinde kullanımları yaygındır ve bazı özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla araştırmalar devam etmektedir. Kil, toprak içinde bulunan ince taneli malzeme olarak tanımlanabilir. Günümüzde teknolojinin daha yaygın kullanılması ve yapılan güncel araştırmalarla kil ve kil ürünleri birçok endüstri alanında kullanılmaktadır. Sıva üretimi bu endüstri alanlarından biridir. Sıvalar, iç ve dış duvarların korunması ve estetik görünmesi için yapılan uygulamalardır. Kil sıvalar, içinde bağlayıcı olarak kilin bulunduğu sıvalardır. Bu sıvalar, kile ait özellikleri sayesinde yapılara önemli işlevler kazandırır. Killerin su emme özellikleri nedeniyle daneleri arasına suyun girmeye başladığı andan itibaren yapısal formları bozulabilir. Bu istenmeyen durumu engellemek için kil sıva karışımlarının yapısına su itici malzemeler eklenebilir. Su itici (hidrofobik) malzemeler sayesinde kil sıvalar ve diğer birçok yapı malzemesinin neme karşı dirençleri artmaktadır. Bu çalışmada, silis dumanı, çinko stearat ve kalsiyum stearat geleneksel kil sıvaların neme karşı dirençlerinin artırılması amacıyla tercih edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, kil sıvaların karışımlarına hidrofobik malzemeler ilave ederek kil sıvaların dayanım performanslarının ve durabilitelerinin incelenmesidir. Çalışmada kullanılacak olan karışımlar; kil-kum karışımı, kil-kum-kireç karışımı, kil-kum-çimento karışımı ve kil-kum-kireç-çimento karışımlarıdır. Bu karışımların her birine kütlece %0.5, %1, %1.5 ve %2 oranlarında silis dumanı, çinko stearat ve kalsiyum stearat ilave edilmiştir. Bu çalışmada numuneler üzerinde, kil sıvaların fiziksel, kimyasal, mekanik ve durabilite özelliklerinin belirlenmesi için tahribatlı ve tahribatsız deneyler gerçekleştirilmiştir. Bu tez çalışmasının sonucunda, bu çalışmada kullanılan silis dumanının iyi bir hidrofobik özellik gösteremediği, bu çalışmada kullanılan çinko stearat ile kalsiyum stearatın ise iyi bir mekanik davranış gösteremediği gözlenmiştir ancak silis dumanının sıva numunelerinin mekanik özelliklerini arttırarak dayanımlarına katkı sağladığı, çinko stearat ile kalsiyum stearatın ise sıva numunelerinin hidrofobik özelliklerini arttırarak su geçirmeyen yüzeyler elde edilmesini sağladıkları ve bundan dolayı durabilite özelliklerinde iyileşmeler sağlandığı gözlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Kil sıva, Plastisite, Basınç dayanımı, Su itici malzemeler, Durabilite

ABSTRACT

THE EFFECTS OF SILICA FUME AND HYDROPHOBIC MATERIALS ON MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF CLAY PLASTERS

Tarkan VERGÜL

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering

Master's Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehmet EMİROĞLU

December 2019, 127 pages

The structures constructed by using earth materials have been used since ancient times. These structures are widely used due to their energy saving, environmental pollution reduction, easy to find and reusable properties and researches are continuing to improve some of these properties. Clay can be defined as fine-grained material found in earth. Today, with the more widespread use of technology and current researches, clay and clay products are used in many industry areas. Plaster production is one of these industrial areas. Plasters are applications for the protection of the inner and outer walls and aesthetic appearance. Clay plasters contain clay as binders. These plasters give important functions to the structures due to their clay properties. Due to the water absorption properties of clays, their structural forms may deteriorate from the moment water enters between the grains. To prevent this undesirable situation, water repellent materials can be added to the structure of the clay plaster mixtures. Water repellent (hydrophobic) materials increase the resistance of clay plasters and many other building materials to moisture. In this study, silica fume, zinc stearate and calcium stearate were preferred in order to increase the moisture resistance of conventional clay plasters. The aim of this study is to investigate the strength performance and durability of clay plasters by adding hydrophobic materials to the mixtures of clay plasters. Mixtures to be used in the study; clay-sand mixture, clay-sand-lime mixture, clay-sand-cement mixture and clay-sand-lime-cement mixtures. 0.5%, 1%, 1.5% and 2% by mass of silica fume, zinc stearate and calcium stearate were added to each of these mixtures. In this study, destructive and non-destructive tests were performed on the samples to determine the physical, chemical, mechanical and durability properties of clay plasters. As a result of the tests, it was observed that the silica fume used in this study did not show a good hydrophobic property. Additionally, the zinc stearate and calcium stearate did not show a good mechanical behavior, but it was observed that silica fume contributed to the strength of the plaster samples and the zinc stearate and calcium stearate contributed to their strength. It has been observed that by increasing the hydrophobic properties of the samples, waterproof surfaces are obtained and thus the durability properties are improved.

Keywords: Clay plaster, Plasticity, Compressive strength, Hydrophobic materials, Durability

1. GİRİŞ

Toprak yapılar, eski medeniyetlerin çoğunda temel yapı malzemesi olarak kullanılmıştır [1]. Şekil 1.1’de, 3200 yıl önce toprak yapım yöntemleri kullanılarak inşa edilmiş II. Ramses Tapınağı ve Şekil 1.2’de, toprak yapım yöntemleri kullanılarak inşa edilmiş yaklaşık 2500 yıllık İran Bam Kalesi görülmektedir.



Şekil 1.1. II. Ramses Tapınağı [1].

Toprak yapılar, yapı malzemesi olarak kullanıldıkları zaman genellikle farklı isimlerle adlandırılmaktadır. Bunlar; kil, silt (çok ince kum), kum ve bazen çakıl veya taşlar gibi daha büyük agregalardır. El yapımı pişmiş tuğlalardan bahsederken genellikle çamur tuğla veya kerpiç terimleri; sıkıştırılmamış pişirilmiş tuğlalardan söz edildiğinde toprak blokları terimi; bir kalıp içinde sıkıştırıldığında ise sıkıştırılmış toprak terimi kullanılır [1].



Şekil 1.2. İran Bam Kalesi [1].

Toprak yapıların avantajları şu şekilde açıklanmaktadır [1]:

- Nem dengeleme özellikleri: Toprak yapılar, nemi diğer tüm yapı malzemelerinden daha hızlı ve daha fazla emerek iç mekânın nem dengesini sağlar.
- Isı depolama özellikleri: Günlük sıcaklık farkları yüksek olan iklim bölgelerinde veya güneş ısısının depolanmasının gerekli olduğu yerlerde toprak yapılar, iç mekânın ısı konforuna katkı sağlarlar.
- Enerji tasarrufu sağlama ve çevre kirliliği azaltma özellikleri: Toprak yapılar, özellikle betonarme yapıların üretimi ve nakliyesi gibi durumlarda ihtiyaç duyulan enerjinin yalnızca %1'ine ihtiyaç duyar. Ayrıca bileşiminde kullanılan malzemelerin %100 geri dönüştürülebilir olması da toprak yapıların çevresel etkilerinin az olmasının nedenlerindendir.
- Malzeme ve nakliye maliyetlerinden tasarruf sağlama özellikleri: Killi topraklar, sıklıkla üretim sahasında bulunur ve böylece temeller için kazılan toprak vb. daha sonra toprak yapıların inşası için kullanılabilir. Kazılan toprağın kullanımı, diğer inşaat malzemeleriyle karşılaştırıldığında büyük ölçüde azaltılmış maliyetler anlamına gelmektedir.

- Kolay uygulanabilir olması: Bina sürecinin deneyimli bir teknik eleman tarafından denetlenmesi koşuluyla toprak yapı teknikleri, genellikle profesyonel olmayanlar tarafından uygulanabilir.

Toprak yapıların avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Bunlar [1]:

- Standart bir yapı malzemesi olmama özellikleri: Toprak yapılar, bölgesel olarak inşa edildiklerinden dolayı kullanılan kil, silt, kum gibi maddelerin yapıları ve özellikleri bölgeden bölgeye değişebilir. Özelliklerini değiştirmek ve geliştirmek için gerekli katkı maddeleri kullanılabilir.
- Kurumaya başladıkları anda büzülme özellikleri: Bu yapıların karışımlarını hazırlamak için kullanılan suyun buharlaşmasından dolayı büzülme çatlakları meydana gelir.
- Suya karşı dayanıksız olma özellikleri: Toprak yapılar, yağmur, kar ve don olaylarına karşı dayanıklı değildir ve bu olaylara karşı uygun yüzey kaplamalarıyla korunmalıdırlar.

Kil sıvalar, insanlık tarihinin en eski, yenilenebilir ve temel yapı malzemelerinden biridir. Geçmişte bu sıvaların geniş kullanımı, günümüze oranla inşaat malzemelerinin çeşitliliğinin az olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, son zamanlarda yapılan çalışmalar kil sıvalarının kullanımının nem dengeleme, nefes alma ve benzeri özelliklerinden dolayı arttığını göstermiştir. Kil sıvalar, esasen kil, kum ve su içerdiği için bu bileşenlerin optimum oranlarını belirlemek çok önemlidir [2].

Bu çalışma, kil sıvaların su emilimiyle bünyelerinde ortaya çıkan yapısal bozulmanın engellenmesi amacıyla, kil sıva karışımının içine hidrofobik malzemeler ilave ederek kil sıvaların dayanım performanslarının ve durabilitelerinin geliştirilmesi için yapılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan karışımlar, (a) kil ve kum karışımı; (b) kil, kum ve kireç karışımı; (c) kil, kum ve çimento karışımı; (d) kil, kum, kireç ve çimento karışımlarıdır. Bu karışımların her birine %0.5, %1, %1.5 ve %2 oranlarında silis dumanı, çinko stearat ve kalsiyum stearat ayrı ayrı ilave edilmiştir. Çalışmanın kapsamı, hammaddeler üzerinde yapılan testler, karışım oranlarının belirlenmesi, numune üretimi ve muhafazası, üretilen kil sıva serileri üzerinde yapılan mekanik ve durabilite testlerinin gerçekleştirilmesi ile test sonuçlarının değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

Bu tez çalışmasının birinci bölümünde; kil ve kil çeşitleri, duvarlar, sıva ve sıva çeşitleri, kil sıvalar, sıva uygulamaları; sıva karışımlarında kullanılan malzemeler olarak, silis dumanı, çinko stearat, kalsiyum stearat, kireç ve çimento gibi temel kavramlar ile literatür araştırmasına yer verilmiştir.

İkinci bölümde; bu çalışmada kullanılan materyallere, yapılan deneylere ve deneylerin uygulanma yöntemlerine dair bilgilere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde; ikinci bölümde yer alan deneylerdeki bulgu ve tartışmalara yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde; bu tez çalışması sonucunda ulaşılan bilgilere, bu çalışmada yapılan deneyler ile sonuçlar arasındaki bağıntılara ve literatürde daha iyi sonuçlar elde edilmesi amacıyla bu çalışmadan sonra yapılacak olan çalışmalara ışık tutacak önerilere yer verilmiştir.

1.1. KİL

Topraklar, doğal süreçlerin etkisiyle kayaların parçalanması ve organik maddelerin ayrışmasıyla oluşan tanecik boyutu küçük olan maddelerdir. Tanecik boyutlarına göre topraklar; kil, silt ve kum olarak sınıflandırılabilir [3].

Kumlar ve çakıllar kaba taneli topraklar, siltler ve killer ise ince taneli topraklar olarak adlandırılır. Bilinen bir toprak ağırlığı, bir elek yığınından geçirilerek elek boyutları tabana doğru azalan ve sınıflandırılmış toprak gruplarının boyutlarına göre yapılır. İri taneli topraklar, plastik özellik göstermeyen topraklardır. İnce taneli topraklar, özellikle de plastik yapıda olan killer, toprak yapılar için yapı malzemelerine daha fazla katkıda bulunur. İnce taneli topraklar için, yani siltler ve killer için bir hidrometre veya sedimantasyon analizi kullanılarak daha fazla sınıflandırma yapılabilir [4].

Yunanca keramos anlamına gelen kilin ve pişmiş toprak ürünlerinin kullanımı, çamur ve kerpiç adıyla tarih öncesi çağlara uzanmaktadır. M.Ö. 40. yüzyılda, Sümerler, Akadlar ve Babilliler duvar ve yazı tabletlerinde kili yoğun bir biçimde kullanmışlardır. Doğal taşlara sık rastlanılmayan bölgelerde pişmiş toprak ürünleri, üretim ve uygulama kolaylıkları sebebiyle birçok medeniyet tarafından kullanılmıştır. Romalılar, kiremiti; Çinliler,

porseleni; Türkler, sırlı seramiği üretmişlerdir [5]. Kilin hem pişirilmesiyle hem de sıkıştırılmasıyla elde edilen malzemeler, eski yapılarda sıkça karşımıza çıkmaktadır. Bu yapılarda kullanılan hammaddeler benzer olmasına karşın yapım teknikleri bakımından farklılıklar gösterdiklerinden malzemeler; fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri bakımından farklılaşmaktadır [6].

İçeriğindeki suyu kaybederek rijit bir hale gelen kil, tekrar ıslatılması durumunda ilk şekline geri dönebilir [7]. Bu parçacıkların yüzey alanı çok geniş olduğu için yüzeyde ve kenarlarda yüksek kutuplu kuvvetlere neden olan bipolar su moleküllerini çeker. Suyu toprağa bağlayan bu özelliğinden bir inşaat malzemesi olarak kullanımında büyük ölçüde yararlanır. Killi topraklarda bulunan su miktarı, kil özelliklerinin tanımlanmasında önemli bir rol oynar ancak kilde mevcut olan mineral türünün rolü de eşit derecede önemlidir [4].

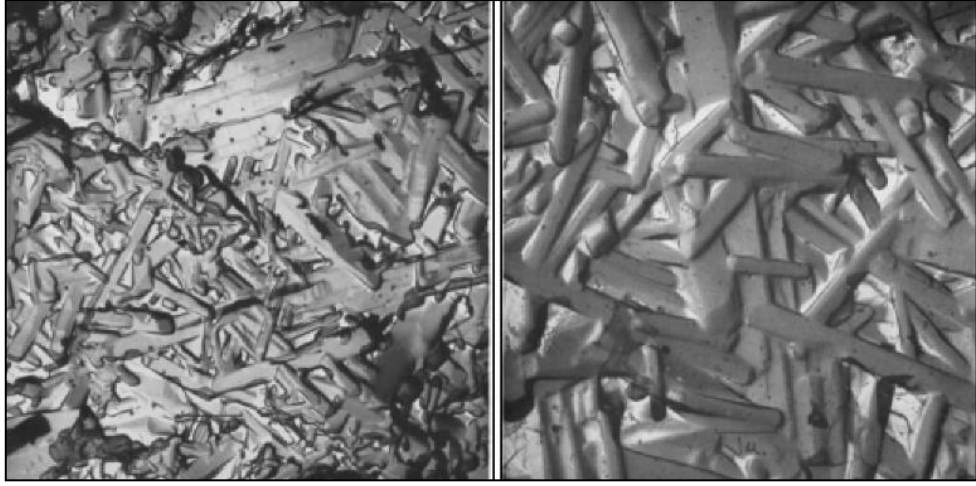
1.1.1. Killerin Sınıflandırılması

Killer; doğada bulundukları yerlere, içerdikleri maddelere ve yapısal özelliklerine göre değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Genel olarak bu sınıflandırmalar aşağıdaki gibidir.

1.1.1.1. Minerolojik Özelliklerine Göre Killer

Kaolin Grubu Killer

Kaolin, genel olarak feldspat, mika, kuvars, demir ve titan oksit minerallerini içerir. Kaolinler, hem kullanım alanlarına göre hem kimyasal bileşenlerine göre hem de fiziksel özelliklerine göre sınıflandırılabilirler [8]. Bu gruptaki killerde şişme olayı çok azdır ve bu killer plastik özelliğe sahiptirler [9]. İyi kristalleşmiş kaolinler, çok düşük iyon değişim kapasitesine sahipken zayıf kristalize olan kaolinler, yüksek iyon değişim kapasitesine sahiptir [10]. Kaolinler, çok saf olduklarında hidrat alümin silikat yani kaolinit olarak adlandırılırlar. Kaolinlerin üst tabakalarının ayrışması sonucunda meydana gelen olaya kaolinizasyon denir. Bu olay sonucu oluşan kütleler, suların yardımıyla başka yerlere taşınarak başka maddeler ve taşlarla karışır. Kaolinler, bazen bünyelerinde bitki ve hayvan fosilleri de taşıyabilir [11]. Şekil 1.3'te kaolinlerin iyi ve zayıf kristalleşme görüntülerine yer verilmiştir.



a)

b)

Şekil 1.3. Kaolin kristalleri a) İyi kristalleşmiş b) Zayıf kristalleşmiş [10].

Kaolin yatakları, granit ve feldspat içeren kayaçların bozulmasıyla meydana gelir. Bünyesinde feldspat içeren kayaçlar, karbondioksit ve su tarafından aşınarak uzun süreler sonucunda alkali karbonatın çözünmesi ve silisyum oksitin bozulmasıyla kil mineralleri oluşur [12].

Genel olarak kaolinler, kullanım alanlarına göre şu şekilde sınıflandırılmaktadır [8]:

- Seramik sektöründe kullanılan kaolinler
- Dolgu sektöründe kullanılan kaolinler (Kâğıt, plastik vb.)
- Sanayii alanlarında kullanılan kaolinler (Çimento, ilaç vb.)

Montmorillonit Grubu Killer

Bu türdeki killer, çok ince taneli kristaller halinde bulunurlar. Bundan dolayı oluşturdıkları özgül yüzey alanı çok büyüktür. Bu killerin yapısında genellikle alüminyum ve magnezyum bulunur. Kimyasal yapılarındaki su moleküllerinin değişik oranlarda olması bu gruptaki killerin değişik özelliklere sahip olmalarını sağlar. Bu türdeki killerin, hacimsel stabilitelerinin düşük ve şişme özelliklerinin yüksek olmasından dolayı uygulamalarda bazı olumsuzluklar oluşur. Bu olumsuzluklar, bu gruptaki killere su, alçı, kireç ve kum gibi maddelerin karıştırılmasıyla engellenmeye çalışılır [11]. Bu gruptaki killerde, Si (Silisyum) / Al (Alüminyum) oranı yaklaşık olarak 7/1'dir. Bundan

dolayı illit grubundaki killere oranla içeriğinde daha az alkali bulundurur. Ayrıca bu gruptaki killer, gevşek bağlı olup iyon değişme özellikleri yüksektir [12]. Bu killer, zayıf kimyasal bağlara sahiptirler ve su, içlerine sızarak şişmelerine neden olur [9]. Bu kil minerallerinin, düşük yüzey yoğunluğu nedeniyle bu genleşme kabiliyetine sahip olduğu düşünülmektedir [13].

İllit Grubu Killer

Bu gruptaki killer, diğer kil türlerine oranla daha az alkali içerir. Ara katmanları ve alkalileri güçlü bir şekilde bağlıdır. Bu nedenle iyon değiştirme yetenekleri azdır [12]. Potasyum iyonları, katmanları sıkı bir şekilde birbirine bağlar ve bu nedenle su molekülleri, katmanlar arasına giremez [11]. Bu gruptaki killerde şişme olayı montmorillonit grubundaki killerden daha azdır [9].

Allofen ve İmogolit Grubu Killer

Bu türdeki killer, yarı düzenli ve üç boyutludur. Karakteristikleri birbirinden ayrı iki farklı madde gibidir. İmogolit killerdeki alüminyum, allofen grubundaki killerden daha çoktur. Bu türdeki killerin en çok bulunduğu yerler volkanik ve bazaltlı topraklardır [11].

Bentonit Grubu Killer

Bu türdeki killer, alüminyum ve magnezyumun bolca bulunduğu volkanik küller ve lavlardan oluşmuştur. Bu gruptaki killer, genel olarak montmorillonit killерinden oluşmuştur ve çok küçük tanecikli yapıya sahiptirler [11]. Bentonit grubundaki killer genel olarak dört başlık altında toplanmaktadır [8]:

- Alkali bentonitler: Asitler ile birleştiklerinde, karakteristik özelliklerini koruyan killerdir.
- Yarı alkali bentonitler: Asitler ile birleştiklerinde, karakteristik özelliklerini kaybeden killerdir.
- Toprak alkali bentonitler: Alkali tuzlar ile birleştiklerinde, bünyelerinde alkali bentonit özellikleri oluşan killerdir.
- Yarı toprak alkali bentonitler: Asitler ile birleştiklerinde, bünyelerinde alkali bentonit özellikleri oluşmayan killerdir.

Diğer Kil Grupları

Bu gruptaki killer; adi killer ve şistlerdir. Adi killer, tuğla ve çimento yapımı için kullanılır. Şistler, jeolojik evrelerde meydana gelmişlerdir ve adi killer gibi tuğla ve çimento yapımı için kullanılmaktadır [8].

1.1.1.2. Yapılarına Göre Killer

Amorf Yapılı Killer

Amorf yapıda olan maddeler, atomların sıralanışı bakımından düzensizdirler. Bazen yüksek dayanımlara sahip olabilen bu maddeler bazen de plastik deformasyon özelliğine sahip olamayabilirler [5].

Kristal Yapılı Killer

Kristal yapıda olan maddeler, homojen; özgül ağırlıkları, mekanik özellikleri, ısı, elektrik ve ses iletimleri yüksek olan maddelerdir [5].

1.1.1.3. Kimyasal Özelliklerine Göre Killer

Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre bu gruptaki killer genel olarak altı başlığa ayrılmaktadır. Bunlar [8]:

- Yüksek alüminyum içerikli killer
- Boksit içerikli killer
- Silikat içerikli killer
- Demir içerikli killer
- Kalsit içerikli killer
- Karbonat içerikli killer

1.1.1.4. Fiziksel Özelliklerine Göre Killer

Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre bu gruptaki killer genel olarak dört başlığa ayrılmaktadır. Bunlar [8]:

- Plastik özelliklerine göre killler
- Tane boyutuna göre killler
- Refrakter özelliklerine göre killler
- Renk özelliklerine göre killler

1.1.1.5. *Yüksek Sıcaklıklara Dayanıklılıklarına Göre Killler*

Bu gruptaki killler genel olarak üç başlığa ayrılmaktadır. Bunlar [7],[5]:

- Refrakter killler
- Yüksek ergime dereceli killler
- Düşük ergime dereceli killler

1.1.2. **Killerin Karakteristik Özellikleri**

Killerin sahip olduğu özellikler aşağıda verilmiştir. Bunlar:

1.1.2.1. *Absorbsiyon Özelliği*

Bu özellik, killere has bir özelliktir. Killerin nemli ortamlarda su taneciklerini kendilerine doğru çekme ve yüzeylerini su ile kaplama yeteneğidir [11].

1.1.2.2. *Adsorbsiyon Özelliği*

Bu özellik de absorbsiyon özelliği gibi killere has bir özelliktir. Killerin yüzeylerine çektikleri su taneciklerini sıkı bir şekilde kendilerine bağlama yeteneğidir [11].

1.1.2.3. *Kohezyon Özelliği*

Kohezyon, genel olarak aynı türden meydana gelen moleküller arasında oluşan çekim kuvvetidir [7]. Killerle ilgili olarak ise yüzey kısımları su ile kaplı kil danelerinin nemli bir ortamda birbirlerine bağlanma yeteneğidir [11].

1.1.2.4. *Adhezyon Özelliği*

Adhezyon, genel olarak farklı türden meydana gelen moleküller arasında oluşan çekim

kuvvetidir [7]. Killerle ilgili olarak ise kilin, ortamdaki nemin artması sonucunda çimento, kum ve çakıl ile yapışması ve bu maddelerle birleşebilme yeteneğidir [11].

1.1.2.5. *Plastisite Özelliği*

Plastisite, malzemelerin bir yük altındaki şekil değişikliğinin yükün kaldırılmasıyla aldığı şekli koruyabilmesi yani yük altındaki şekil değişiminin o malzeme üzerinde kalıcı bir hale gelmesidir [7]. Araştırmalardan elde edilen bilgiye göre kilin en önemli özelliği, plastisite özelliğidir. Killer, farklı plastisite derecelerine göre çeşitli gruplara ayrılmaktadır [8]:

- %10-%30 plastisite derecesine sahip killer: Adi killer ve şistler
- %30-%65 plastisite derecesine sahip killer: Kaolinler ve bağlama killeri
- %65-%80 plastisite derecesine sahip killer: Kaolinler ve montmorillonitler
- %80 ve üzeri plastisite derecesine sahip killer: Bentonitler ve montmorillonitler

Kil-su karışımı oluşturulduğunda, kolaylıkla şekil verilebilen bir madde meydana gelmelidir. İçeriğindeki su buharlaştıktan sonra verilen şeklini sürdürebilmelidir. Killer için uygun görülen kıvam, kilin ele yapışmaya başladığı andır ve yaklaşık olarak %20 ile %30 arasında bir su içeriğine sahiptir [5].

1.1.2.6. *Şişme Özelliği*

Şişme özelliği, kil daneleri arasındaki boşluğun, kilin su ile karışımından itibaren birbirinden uzaklaşarak bir hacim artışı meydana getirmesidir [11]. Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre killerin düşük sıcaklıkta yapılarında bulundurduğu su, killerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkileyen bir parametredir. Killer yaklaşık olarak öz ağırlıklarının 2 katı ile 15 katı arasında su emebilir [8]. Şişme ile genişlemenin ortak özelliği iki durumda da malzemenin hacminde ya da boyunda artış meydana gelmesidir. Farkları ise, genişlemenin ısıyla, şişmenin ise suyla ilgili olmasıdır [14].

1.1.2.7. *Rötre Özelliği*

Rötre özelliği, kilin şişme özelliğinin tam tersidir. Killer su kaybederken kil tanecikleri arasındaki suyun uzaklaşmasından dolayı kil taneciklerinin birbirine yakınlaşmasıdır. Bu

büzülme, kil daneleri birbirlerine temas edecek hale gelene kadar sürer ve durur [11]. Killerde hacim kaybı çok yüksek olduğu zaman şekil bozuklukları ve deformasyonlar oluşur. Hacim kaybı en fazla %6 civarında olmalıdır [5].

1.1.2.8. *Kapilarite Özelliği*

Kapilarite, tanım olarak bir yüzeyi su ile temas eden cismin bünyesinde suyun yukarı kısımlara çıkmasıdır [5]. Killerin özelliği olarak ise killerin yapısında kılcal boruların oluşması ve suyun bu borulardan girip kilin yapısında yükselmesidir [11].

1.1.2.9. *Yoğunluk Özelliği*

Yoğunluk, bir malzemenin boşluk kısımları çıkarıldıktan sonra geriye kalan ağırlığının katı kısmının hacmine oranıdır [7],[5].

Taze kazılmış toprak, 1000 ile 1500 kg/m³lük bir yoğunluğa sahiptir. Bu toprak sıkıştırılmışsa, sıkıştırılmış toprak işlerinde veya toprak bloklarında olduğu gibi, yoğunluğu 1700 ile 2200 kg/m³ arasındadır [1]. Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre killerin arasında görülen yoğunluk farkları, killerin kullanım alanları için fark oluşturan bir özelliktir. Killerin yoğunlukları, türüne, nem içeriğine, içeriğinde bulunan mineral çeşitlerine göre farklılık gösterir. Yaklaşık olarak killerin yoğunlukları, 2,13-2,66 g/cm³ değerleri ile ifade edilebilir [8].

1.1.2.10. *Sıkıştırılabilirlik Özelliği*

Sıkıştırılabilirlik, toprağın hacmini düşürmek için statik basınç veya dinamik sıkıştırma uygulanarak sıkıştırılmasıdır. Maksimum sıkıştırma elde etmek için toprağın çok fazla sürtünme olmadan, optimum su içeriği olarak adlandırılan belirli bir su içeriğine sahip olması gerekir. Bu su içeriği, proktor testi ile ölçülür [1].

1.1.2.11. *Yüzey Alanı*

Kilin özgül yüzeyi ne kadar büyük olursa, bağlanma kuvveti, sıkıştırma ve gerilme mukavemeti ile ilgili olan iç kuvvetler de o kadar yüksek olur [1]. Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre yüzey alanı özelliği, killerin tanımlama ve sınıflandırma aşamalarında en çok kullanılan metotlardan biridir. Bu özellik, çeşitli kil grupları arasında farklılık gösterir. Örneğin, kaolinin yüzey alanı 15,5 m²/g iken illitin yüzey alanı 97,1

m²/g'dır [8].

1.1.2.12. Tane Boyutu

Araştırmalardan elde edilen bilgilere göre killerin bu özelliğinin çok küçük değerlere sahip olmasından dolayı tane boyutu analizi için elek kullanılır. Kullanım alanları farklı olan killerin her biri için farklı boyutlar tanımlanmıştır. Örneğin, refrakter sanayii sektöründe 3,5-0,075 mm tane boyutuna sahip killer kullanılırken seramik sanayii sektöründe ise 0,053-0,044 mm tane boyutuna sahip killer kullanılmaktadır [8].

1.1.2.13. Mekanik Dayanımı

Bir toprağın mekanik mukavemeti, sıkıştırma işleminden sonra toprağın boşluk oranına, ince tabaka içeriğinin yapışma mukavemetine, toplam mukavemet ve test sırasındaki nem durumuna bağlıdır. Toprağın yoğunluğu, toprağın dayanımı için çok önemli bir faktördür. Bu nedenle, yoğunluk için belirli bir değer vermenin zor olması gibi aynı şekilde, önceden test edilmeksizin herhangi bir tanımlamaya dayanarak bir toprağın mekanik dayanımı için kesin bir değer öngörmek mümkün değildir [15].

Killer, fırına verilmeden önce verilen formunu koruyabilmesi ve taşıma, şekil verme esnasında deformasyonlara uğramaması için belirli bir çekme dayanımı değerine sahip olmalıdır [5]. Özellikle nemliyen, genellikle kesme ve gerilmelerde zayıf kuvvete sahiptirler [15].

1.1.2.14. Organik Bileşenler

40 cm'den daha az derinliklerde kazılmış toprak, çoğunlukla esas olarak koloidal parçacıklardan oluşan ve pH değeri 6'dan az olan bitki maddesi ve humus (çürüyen bitki ürünleri) içerir. Yapı malzemesi olarak toprak, humustan ve bitki maddelerinden arındırılmalıdır. Belirli koşullar altında, kuru olması ve daha sonra bozulma tehlikesi olmaması koşuluyla, saman gibi bitki maddeleri eklenebilir [1].

1.1.2.15. Nem İçeriği

Kil içerisinde üç farklı su türü vardır. Bunlar, kristallendirme suyu (yapısal su), emilen su ve kılcallık suyu yani gözenek suyudur. Kristallendirme suyu, kile kimyasal olarak bağlanır ve yalnızca 400 °C ile 900 °C arasındaki sıcaklıklara ısıtıldığında ayırt edilebilir.

Emilen su, kil minerallerine elektriksel olarak bağlanır. Kılcallık suyu ise kılcal kısım tarafından malzemenin gözeneklerine giren sudur [1].

Düşme testi kullanılarak optimum nem içeriği elde edilebilir. Yaklaşık 40 mm çapında bir nemli toprak topu elle sıkıştırılır, yaklaşık 1,5 m yüksekliğinde sert bir düz yüzeye düşürülür. Toprak çok kuru olduğunda top birçok parçaya bölünür. Topun sadece birkaç parçaya bölünmesi için yeterli su eklendiğinde, toprak optimum nem içeriğine çok yakındır. Top tek parça halinde kalırsa, toprak çok nemlidir. Test, inşaat sırasında topraktaki nem içeriğini kontrol etmenin güvenilir bir yoludur [15].

1.1.2.16. Porozite Etkisi

Porozite yani gözeneklilik derecesi, kil içindeki toplam gözenek hacmi ile tanımlanır. Gözeneklilik büyüdükçe, buhar difüzyonu ve don direnci artar [1].

1.1.3. Killerin Kullanım Alanları

Doğal malzemeler olarak insan sağlığına birçok faydası olan kil ve kil mineralleri, eczane ve kozmetik ürünleri dahil geleneksel ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Cilt bakım ürünleri olarak kullanılan bazı yaygın killer ve kil mineralleri kaolinit, talk ve smektittir. Killer, kozmetik endüstrisinde doğal özellikleri ve dikkat çekici yüksek özgül yüzey alanları ile adsorbsiyon kapasiteleri nedeniyle popülerdirler. Yardımcı madde olarak; kil mineralleri, tat, koku, renk gibi organoleptik özellikleri artırır ve viskozite gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri geliştirir [16].

Son zamanlarda, deri gibi alev geciktirici özelliklere sahip malzemelerin hazırlanmasında, bitmiş derinin püskürtme yöntemleriyle işleminden geçirilmesinin yerine, alev geciktirici katkı maddelerinin doğrudan birleştirilmesine olanak sağlayacak kil mineralleri kullanılmıştır. Alev geciktirici deri, havacılık ve otomotiv uygulamalarında döşeme malzemesi olarak kullanılabilir [17]. Şekil 1.4'te Mali'de bulunan kil kullanılarak yapılmış bir yapı görülmektedir.



Şekil 1.4. Large Mosque, Mali [1].

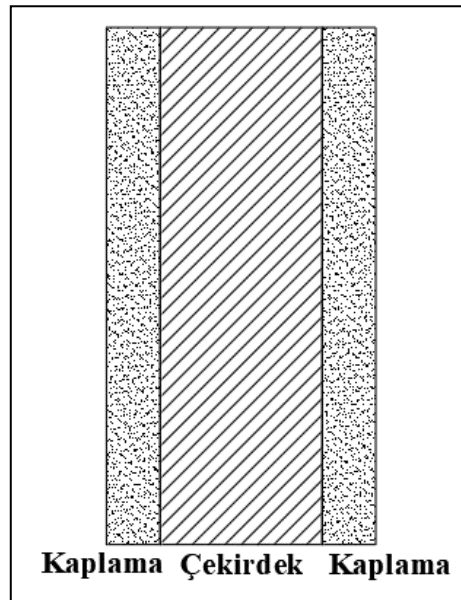
Killer, birçok endüstri alanında kullanılan malzemelerdir. Kullanım alanları genel olarak şu şekilde sıralanabilir [8]:

- Seramik alanları
- Plastik alanları
- İlaç alanları
- Kâğıt alanları
- Petrol alanları
- Tekstil alanları
- Boya alanları
- Cam alanları
- Çimento alanları
- Kozmetik alanları

1.2. DUVARLAR

Duvarlar, taşlar ya da blokların mineral esaslı bir bağlayıcı ile harçlı veya harçsız bir şekilde örülmesi ile meydana gelen yapısal elemanlardır. Eskiden duvarlar daha çok doğal veya suni taşlar ile örülürken son zamanlarda bina öz ağırlığını azaltmak için hafif olan ve taşıyıcı özelliği bulunmayan bölme duvarlar kullanılmaktadır [18]. Duvarların inşasında, agregaların arasını doldurarak agregaların birbirine yapışmasını sağlayan kum, bağlayıcı madde ve sudan oluşan yapılara, duvar harçları adı verilir. Bağlayıcı olarak; kireç, çimento gibi maddeler kullanılabilir. Kireç harcına çimento eklenmesiyle oluşan harçlar, takviyeli harç olarak adlandırılırken çimento harcına kireç eklenmesiyle oluşan harçlar, melez harç olarak adlandırılır [19].

Duvarlar, yapılardaki bölümleri ayıran ve düşey düzlemde inşa edilen elemanlardır. Duvarların diğer görevleri arasında, ısı ve ses yalıtımı, nem dengesi, yangın dayanımı gibi faktörler de vardır. Duvarlar, yalnız bir tabakadan oluşabilecekleri gibi, sayılan bu görevleri yerine getirebilecek nitelikte olmaları için birden fazla tabakadan da oluşabilirler [14]. Şekil 1.5'te duvar tabakaları gösterilmiştir.



Şekil 1.5. Duvar kaplama tabakaları.

Duvar tabakaları, tüm duvarlar için geçerli olmak üzere genel olarak üç başlıkta ele alınır [14]:

- Kaplama

- Çekirdek
- Kaplama

Duvar kaplamaları, ayırdıkları mekânların iç mekân ya da dış mekân olmalarına göre ayrılırlar. Duvarlar, bir iç ve bir dış mekânı ayırıyorsa bu kaplamalara iç kaplama ve dış kaplama denir. Eğer duvarlar, iki iç mekânı birbirinden ayırıyorsa bu kaplamalara iç kaplama; iki dış mekânı birbirinden ayırıyorsa bu kaplamalara dış kaplama denir [14].

Duvarlar, yığma yapılarda taşıyıcı bir eleman durumundayken, iskeletli yani karkas sistemlerde, sadece bulunduğu kat seviyesinde kendi öz ağırlığını taşıyan ve bunu o kattaki kirişlere aktaran bir elemandır. Bu taşıyıcı eleman olma görevinin dışındaki diğer görevler duvar çekirdeği ile kaplamalar arasında pay edilir [14].

Toprak duvarlar ise birçok farklı şekilde inşa edilebilirler. Toprak binalar, insanların barınma ihtiyaçlarını gidermeye başladıklarından beri kullanılan tüm binaların en eskisidir. Toprak yapım yöntemlerinin çoğu, kil bakımından zengin bir alt zeminin diğer bileşenlerle karıştırılmasını içerir. Bunlar, en yaygın olarak gerilme mukavemeti sağlamak için bir çeşit lif (saman) ile karışıma mukavemet ve stabilite temin etmek için eklenen agregalardır. Topraktan yapılan binaların çoğu, yerden en az 450 mm yüksekliktedir ve duvarları yağmurdan korumak için geniş tavan sarkmalarına sahip olmalıdır [20].

Duvarlar dizayn edilmeden önce, duvarın hangi tür etkenler altında kalacağını bilmesi ve araştırılması gerekmektedir [14].

Bu etkenler [14]:

- Mekanik etkenler
- Fiziksel etkenler
- Kimyasal etkenler
- Biyolojik etkenler
- Teknolojik etkenler

- Kullanıcı istekleri
- Yönetmelik kuralları
- Mimari etkenler

1.2.1. Duvarların Sınıflandırılması

Duvarlar, yapılarda üstlendikleri görevlerin çeşitliliği bakımından karışık bir yapıya sahiptirler. Bundan dolayı duvarları daha iyi inceleyebilmek için birtakım sınıflandırmalar yapılmaktadır. Duvarlar, statik vaziyetlerine göre, yapılardaki yerlerine göre, üretim biçimlerine göre, üstlendikleri fonksiyonlara göre ve kesitlerine göre sınıflandırılmaktadır [14].

Bu sınıflandırmalar aşağıdaki gibidir [14]:

- Statik vaziyetlerine göre duvarlar: Taşıyıcı olan duvarlar ve taşıyıcı olmayan duvarlardır.
- Yapılardaki yerlerine göre duvarlar: İç duvarlar ve dış duvarlardır.
- Üretim biçimlerine göre duvarlar: Yerinde üretilen duvarlar ve yapı dışında üretilen duvarlardır.
- Üstlendikleri fonksiyonlara göre duvarlar: Fiziksel özellikleri daha ön planda olan duvarlar ve mekanik özellikleri daha ön planda olan duvarlardır.
- Kesitlerine göre duvarlar: Hava katmanlı yani soğuk duvarlar ve hava katmansız yani sıcak duvarlardır.

1.3. SIVALAR

Sıvalar, çoğunlukla duvarlarda durabiliteyi arttırmak, duvarları çevresel etkenlerden korumak, duvarlarda düzgün ve pürüzsüz yüzeyler elde etmek amacıyla yapılan uygulamalardır [18]. Binaların dış yüzeylerine uygulanan sıvalar, duvarın doğrudan dış ortam şartlarına maruz kalmamasını sağlayarak duvarın çevresel etkenlerden korunmasında büyük rol oynamaktadır [21]. Çevresel etkenler arasında soğuk hava, sıcak

hava, yağmur, kar gibi doğa olayları ile yangın tehdidi sayılabilir. İnşaat bittikten sonra duvarların kurumasıyla sıva uygulamalarına başlanır ve insanların yapıyı kullanmaya başlaması için belirli bir süre geçmesi beklenir [19].

Yapıların, insanların gereksinimlerini karşılayacak düzeyde olması için öncelikle yapıyı oluşturan elemanların sağlıklı bir şekilde inşa edilmiş olması gerekmektedir. Duvarların kullanım ömürlerinin daha uzun olması amacıyla yüzeylerine sıva yapılmaktadır. Koruyucu özelliği olan sıvaların, uygulanacağı yüzeye iyi bir aderans sağlaması gerekmektedir. Çünkü bu durum, yapının daha iyi korunmasının yanı sıra yapının çevresel faktörlere karşı dayanımını arttırıp bakım ve onarım masraflarını indirgeyerek kullanıcılarına daha konforlu bir kullanım imkânı sağlar [9].

Sıvalar, duvarları hem dış etkenlerden hem de nem, ısı farkları, hava kirliliği ve mikroorganizmaların zararlı etkilerinden korurken aynı zamanda duvarların yüzeylerinin de estetik ve pürüzsüz olmasını sağlamaktadır. Sıvaların duvarlar üzerinde bir koruma görevi vardır. Sıvalar, bu koruma görevini yerine getirirken kendileri de zaman zaman deforme olabilmektedir ve bunun olmaması için tedbirler alınmalıdır [9]. Sıvanın yapısında, çevresel etkenlerden kaynaklanan deformasyonlar nedeniyle kabarma, çatlama ve dökülme gibi bazı hasarlar oluşabilir. Sıva yüzeyinde görülebilen bu hasarlar, sıvanın koruyucu fonksiyonunun azalmasına, duvar yüzeylerinin aşınmasına, bazı çevresel faktörlere maruz kalmasına ve mukavemetinin olumsuz etkilenmesine neden olur [21].

Sıvaların tasarımında da diğer yapısal elemanların tasarımında göz önüne alınması gereken bazı faktörler etkilidir. Bu faktörler [14]:

- Atmosfer faktörleri: Sıcaklık, nem, hava akımı, güneş ışınları, rüzgâr gibi faktörlerdir.
- Mekanik faktörler: Statik ve dinamik yük faktörleridir.
- Malzeme özellikleri: Ekonomiklik, bulunabilirlik, estetiklik; fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler gibi faktörlerdir.
- Kullanıcı istekleri: Yapılacak olan yapıyı kullanacak olan insanların isteklerinin dikkate alınarak tasarım yapılmasıdır.

Sıvaların yapılardaki koruyuculuk özelliklerinin yanı sıra yapıya yalıtkanlık kazandırmak

gibi bir görevleri daha vardır. Bu özellikleri, uygulanan sıvanın çeşidine bağlıdır. Sıvalar yapının dış yüzeyinin nefes alıp verebilmesini sağlayarak yapı iç ortamı ile dış ortam arasındaki ısı dengesini korumalıdır [9].

Sıvaların yukarıdaki görevlerinin yanı sıra başka bir önemli özelliği ise duvarları oluşturan yapıların bir bütün olarak çalışmasını sağlayarak duvarları yatay ve düşey kuvvetlere daha dirençli hale getirip duvarlara rijitlik sağlamaktır [22].

Sıvalar, yalnızca duvar yüzeylerinde değil tavanlarda da kullanılırlar. Dış tavan sıvası olarak, dış ortamla etkileşim halinde olan balkon veya açıklıkların alt kısımlarında kullanılırlar. İç tavan sıvası olarak ise, katların tavanlarında veya yapı merdivenlerinin alt kısımlarında kullanılırlar [23].

Sıvaları genel olarak; kalınlıklarına, konumlarına ve üretim yöntemlerine göre ayırmak mümkündür. Bunlar [24]:

Kalınlıklarına göre:

- Kaba sıvalar
- İnce sıvalar

Üretim yöntemlerine göre:

- Geleneksel yöntemlerle yapılan sıvalar
- Hazır sıvalar

Konumlarına göre:

- İç sıvalar
- Dış sıvalar

Bir yapının iç duvar yüzeylerine uygulanan sıvalara iç sıva denilirken yapının dış duvar yüzeylerine uygulanan sıvalara dış sıva denilmektedir. Sıva çeşitlerine geçmeden önce bu çeşitliliklerin oluşmasını sağlayan bazı sıva kavramların bilinmesi gerekmektedir.

- Harç: Bağlayıcılık özelliği olan madde, dolgu özelliğindeki madde ve suyun

belirlenen miktarlardaki karışımları sonucu elde edilen, zamanla katılaşılan hamur kıvamındaki karışımlara denir [25].

- Bağlayıcı malzemeler: İnce bir toz halinde bulunan ve su ile karıştırıldıktan sonra hamur kıvamına gelerek zamanla plastiklik özelliğini kaybedip sertleşen malzemelere denir [26]. Danelerin birbirlerine yapışmalarını sağlayarak duvar yüzeylerinde dökülmeden bir katman oluşturmalarını sağlayan malzemelerdir [14].
- Kireç: Kireçtaşı'nın 1400 °C sıcaklıklara kadar pişirilmesiyle oluşan havada veya suda sertleşebilme özelliklerine göre ayrılan ve beyaz renkte olan inorganik bir bağlayıcıdır [26]. Kireç, sıvalara bağlayıcı olma özelliği kazandırır lakin bağlayıcılık özelliği zayıf olduğu için sıvalarda yalnız başlarına kullanılmazlar [27].
- Alçı: Doğal olarak yumuşak kristal kaya veya kum gibi oluşan, hidrolik olmayan bir bağlayıcıdır. Saf alçı, beyaz yarı saydam bir kristal mineralidir [28]. Gözenekli yapısı sıvalara nem dengeleyici bir özellik kazandırır [27].
- Çimento: İnşaat mühendisliği alanında çimentonun temel görevi agrega parçacıklarını birbirine yapıştıracak bir bağlayıcılık görevinde bulunmaktır [28]. 1 m³ karışımın içindeki çimentonun ağırlığı o harcın dozajını oluşturur [27]. Çimentolu harçlar kullanılarak, agrega-agrega, agrega-seramik, agrega-metal, agrega-betonarme, tuğla-betonarme ve seramik-betonarme elemanlarının bir araya getirilmesi sağlanır [14].
- Agrega: Temel olarak harç ve beton üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılan malzemelerdir [28].
- Boyar maddeler: Pigment de denilen bu maddeler, renk verici malzemelerdir [14].
- Sıva yüzeyi: Sıva yapılması gereken alandır [23].

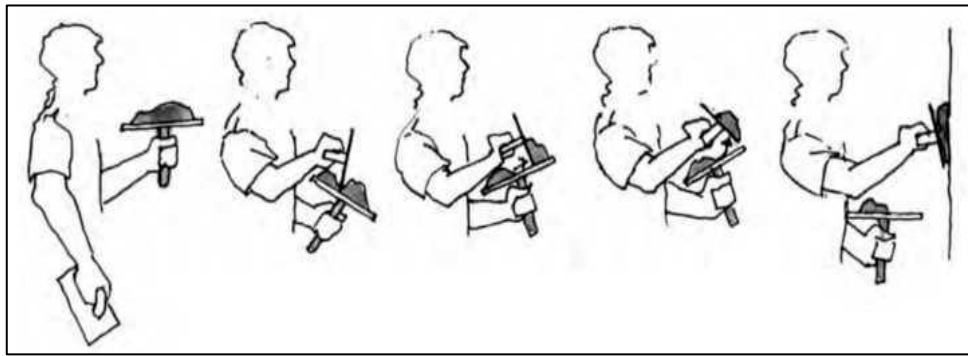
1.3.1. Geleneksel Yöntemlerle Yapılan Sıvalar

Bu yöntemle yapılan sıvalar, uygulanacak olan yapının içinde ya da yapıya yakın bir yerde üretilen sıvalardır. Bu sıvaların içeriği genel olarak; bağlayıcı maddeler, dolgu

maddeleri, su ve isteğe bağlı boyalardan oluşur. Alçı, kireç, çimento ya da çimento ve kireç karışımı bu sıvaların bağlayıcı maddeleri arasında sayılabilir [9]. Eski çağlardaki sıvalar, bağlayıcı maddelerine göre üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar; kil, alçı ve kireç bağlayıcılı sıvalardır [29]. 19. yüzyıl itibariyle çimentonun kullanımının yaygınlaşması dolayısı ile bağlayıcı maddesi çimento olan harçlar kullanılarak yapılan sıva uygulamaları başlamış ve sonrasında yaygınlaşmıştır [24]. Geleneksel yöntemlerle yapılan sıvalar 14 başlık altında incelenmektedir. Bunlar:

1.3.1.1. Kaba Sıvalar

İnce sıvayı ve üstündeki astarı duvar yüzeyine bağlayan sıva türüdür [14]. Bu sıvalar, düz sıvaların ilk katmanını oluştururlar. Yapıda, elektrik ve tesisat işlemleri ile kapı, pencere gibi elemanların montajı bittikten sonra sıva uygulamasına geçilmelidir. Kaba sıvanın uygulanacağı yüzey hazırlanıp temizlendikten sonra yüzeyin, harcın içindeki suyu emmesini engellemek için yüzey ıslatılarak uygulamaya geçilir [18]. Kaba sıva harcı, sıvanın kalınlığına göre 3-8 mm aralığındaki eleklerden elenerek yıkanan kum ile söndürülmüş kireç ve çimento eklemesiyle oluşturulur [19]. Şekil 1.6'da bir sıvanın duvar yüzeyine nasıl uygulanması gerektiği görülmektedir.



Şekil 1.6. Sıvanın duvar yüzeyine uygulanışı [30].

1.3.1.2. İnce Sıvalar

Bu sıvalar, dokusal ve fiziksel özellikleri itibariyle sıvaların en dış katmanını oluştururlar [14]. İnce sıva kalınlığı genellikle 5 mm olarak kabul edilir. Uygulamalarda genel olarak kaba sıvanın kurumamasından önce ince sıva yapılması tercih edilir [18]. İnce sıva harcı, ince kum ile kirecin karıştırılmasıyla oluşturulur. İnce sıva uygulanırken harç, bir malaya konularak duvar yüzeyinde aşağıdan yukarıya doğru çekilir [19].

1.3.1.3. *Rabitz Sıvalar*

Rabitz sıvalar, duvar yüzeyleri ile tavanlara uygulanır. Bu iki durumda da uygulama yöntemi aynıdır. Ahşap veya çelik iskeletli yapılarda, yapı elemanları arasındaki boşluklu yüzeylere ızgara çubukları çakılıp galvanizli rabitz teli çekilerek sıva uygulamasına başlanır. Sıva harcında alçı olmayıp çimento ağırlıklı olmalıdır. Çünkü alçı, metal yüzeylerde korozyona sebep olur [19]. Izgara çubukları 20×20 cm aralıklarla oluşturulur [18].

1.3.1.4. *Bağdadi Sıvalar*

Ahşap iskeletli yapılar ile ahşap bölmeli yüzeylerde sıva yapılması için öncelikle sıva yüzeyinin hazırlanması gerekir. Sıva yüzeyi, bağdadi çıtaların ahşap yapı elemanlarına çakılmasıyla hazırlanır. Bağdadi çıtaların kesit ölçüleri, 2×2 cm ya da 2,5×2,5 cm ebatlarında olmaktadır. Bu çıtalar, 1-2 cm mesafelerle yerleştirilerek sıva uygulamasına geçilir. Bağdadi sıvalar, alt tabaka ve üst tabaka olmak üzere iki aşamada uygulanır [18],[19].

1.3.1.5. *Metal ve Ahşap Yüzeyler Üzerine Yapılan Sıvalar*

Ahşap iskeletli binalarda, iskeletler arasına tuğla örülmesiyle oluşan duvarlarda sıva yapılabilir [18]. Harç, hiçbir şekilde ahşap veya metal yüzeylerde tutunamaz. Bu nedenle sıva uygulanacak yüzey file veya rabitz teli çekilerek sıvaya hazır hale getirilir [19].

1.3.1.6. *Alçı Sıvalar*

Alçı sıvalar, alçı ile suyun karıştırılmasından oluşur. Bu sıva türü uygulanırken çabuk sertleşen alçılar kullanılmaktadır. Bu sıvanın uygulanması, diğer sıva türlerine oranla daha çok bilgi ve tecrübe gerektirir [18]. Alçı sıva malzemesi, doğrudan temin edilerek su ile karıştırılıp harç haline getirildikten sonra ideal plastik kıvamına kendi kendine kavuşur. Bu hazır malzeme ile uygulanan sıvalarda kalınlık her ölçüde olabilir ve rötre çatlakları meydana gelmez [19].

1.3.1.7. *Çarpma Sıvalar*

Bu sıvalar, yapıların dış kısımlarında ve özellikle subasman kısımlarında yapılır. Bu sıvalar uygulanmadan önce sıva yapılacak yüzeye çimento harcı ile kaba sıva uygulanır.

Sonra kaba sıva yüzeyi düzeltilir. Sonrasında kum, çimento ve su ile çarpma sıva harcı oluşturulur. Oluşturulan bu harç, mala yardımıyla duvara çarpılır. Sonrasında ise sıvaya dayanım kazandırmak amacıyla sıva yüzeyi ıslatılır [19]. Püskürtme sıvalara benzeyen bu sıva türünün püskürtme sıvalardan farkı dozajının yüksek olmasıdır [14].

1.3.1.8. *Edelputz Sıvalar*

Bu sıvaların üretimi, çarpma sıvaların üretimine benzemektedir. Agrega tane boyutları, malzeme karışımının içeriği ve masterla düzeltilme işlemleri açısından çarpma sıvalardan ayrılır. Edelputz sıvalar, kaba sıvaların üst katmanına uygulanır. Bu sıvaların harçları, kum, çakıl, çimento, kireç ve sudan oluşmaktadır. Oluşturulan bu harç, kaba sıva üzerine uygulanarak masterlanır [19]. Harç, demir malayla yüzeye uygulanır ve sonrasında sıva tıraşıyla üst kısımlar alınarak özel sıva dokusu meydana çıkarılır [14].

1.3.1.9. *Mermer Tozu Sıvalar*

Bu sıvalar, bazen iç bazen de dış duvarlara uygulanmaktadır. Uygulamada kaba ve ince olmak üzere iki katman şeklinde uygulanır [18]. Karışımında mermer tozu, tercihe bağlı olarak normal ya da beyaz çimento kullanılır. Sıva harcındaki plastik özelliği arttırmak için kireç de karışıma ilave edilebilir. Uygulanırken yüzeye çarpılır ve sonrasında master çekilir [19]. Rijit bir sıva türüdür [14].

1.3.1.10. *Suni Taş Sıvalar*

Suni taş sıvalar, yoğunlukla çimentonun bulunduğu kaba sıva üzerine yapılırlar. Bu sıvaların harcı, 1 m³ mermer pirinci, 650 kg çimento ve 200 litre su karışımından oluşur [19]. Bu oluşturulan karışım, kaba sıva üzerine 1,5 cm kalınlığında uygulanır. Sıva kuruduktan sonra şekillendirilebilir [18]. Bu sıvalara tarak sıvası ya da Ankara sıvası da denilmektedir [14].

1.3.1.11. *Püskürtme Sıvalar*

Püskürtme sıvalar, çimento yoğunluklu olan kaba sıvaların üzerine yapılır. Bu sıvaların harç karışımında, 1 m³ mermer tozu, 50 kg çimento, 0,33 m³ kireç, 12 kg madeni boya bulunur [18]. Bu sıvaların harçlarının kıvamı oldukça önemlidir çünkü özel kollu püskürtme makineleri ile duvar yüzeyine uygulanmaktadırlar [19]. Bu sıvalar oldukça sert sıvalardır [14].

1.3.1.12. *Perdah Sıvalar*

Perdah sıvalar, iç ve dış sıvaların üzerine boya yapılacağı zaman, pürüzsüz bir duvar yüzeyi elde etmek amacıyla yapılır. Bu sıvalar, çimento yoğunluklu kaba sıvalı duvar yüzeylerine yapılır. Kullanılan malzemenin çeşidine göre değişik türleri vardır. Bunlar; kireç perdahlı sıva, çimento perdahlı sıva, alçı perdahlı sıva, kireç-çimento perdahlı sıva, kireç-alçı perdahlı sıvalardır [19]. Hazırlanan bu karışımlar, çelik mala veya macun küreği yardımıyla yüzeye uygulanır [18].

1.3.1.13. *Desenli Sıvalar*

Desenli sıvaların farklı uygulama yöntemleri vardır. İlk yöntem olarak perdah sıvasının üzerine mala ile bastırılarak yapılır. Diğer bir yöntem ise üzerinde desenleri olan bir merdane ile yapılan uygulamadır [19].

1.3.1.14. *Alaturka Sıvalar*

Bu sıvalar, horasan adı verilen bir harçla yapılır. Günümüzde pek kullanılmayan bu sıva çeşidi genellikle eski yapıların tamir işlemlerinde uygulanır. Çok dikkatli bir işçilik isteyen bu sıva çeşidi, eğer üzerine bezir yağı sürülürse hidrofobik duruma geçer. Harç karışımının içinde tuğla unu ve kaba kum bulunur [19].

1.3.2. **Modern Hazır Sıvalar**

Bu sıvalar, kuru bir karışım şeklinde hazırlanarak ve uygulama sırasında su ile karıştırılarak duvar yüzeyine sürülen sıvalardır [31]. Sanayi tesislerinde üretimi yapılarak özel ambalajları içinde piyasaya sürülen bu sıva türü, desen verilebilme özelliğinin yanı sıra suya karşı dayanıklı ve dekoratif yapıya sahip bir malzemedir. Hem iç hem de dış sıvalarda kullanılabilme özelliğine sahiptir. Uygulama yöntemi olarak mala veya püskürtme yöntemi kullanılır. Uygulanacakları yüzeylerin farklılıklarına göre karışımlarında farklılıklar olmaktadır. Hazır sıvaların uygulanacakları yüzeyler önceden hazırlanmalı ve eğer gerekiyorsa tamir işlemleri yapılmalıdır [19].

Hazır sıvalar, üretim ve uygulama açısından çok büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Duvar yüzeylerine direkt olarak uygulanabilmelerinin yanında doku ve renk seçenekleri sayesinde kullanışlı bir sıva türü olmaktadır [9]. Bu türdeki sıvalarda agrega çeşidi bakımından %60-%65 aralığında ince kuvarz kumu kullanılırken sıvanın türüne göre 2-

3 mm dane çapı aralığında kaba kuvariz kumu da kullanılmaktadır [32]. Hazır sıvalar 7 başlık altında incelemektedir. Bunlar:

1.3.2.1. *Mineral Esaslı Hazır Sıvalar*

Karışım içeriğinde bağlayıcı malzeme olarak imento ve kireç gibi malzemeler içermelerinin yanında agrega ve boyar maddeleri de doğal minerallerden meydana gelen sıvalardır [14]. Bu tür sıvalar, paketinden çıkarılıp bir kaba döküldükten sonra kıvamına gelene kadar suyla karıştırılıp uygulamaya geçilir. Yüzeye uygulandıktan sonra şekil verilmesi için plastik bir mala yardımıyla perdah yapılır. Bu şekiller, harcın içerdığı ince kum taneciklerinin yüzeyi çizmesi ile sağlanır. Mineral esaslı hazır sıvaların tamamen kuruması için uygulandıktan sonra 48 saat geçmesi gerekmektedir [19].

1.3.2.2. *Granit Tipi Sıvalar*

Bu tür sıvalar, mermer ve granitin çok küçük parçacıklar haline getirildikten sonra öğütölüp katkı maddeleri ile karıştırılmasıyla oluşturulurlar. Yapıların hem iç hem de dış yüzeylerinde kullanılabilirler. Kullanım ömürleri uzundur ve uygulandıkları yüzeye estetik bir görünüm kazandırırılar. Gerektiğinde sıva yüzeyi su ile yıkanabilir [19].

1.3.2.3. *Hazır İpek Sıvalar*

Bu tür sıvalar, tekstil sektöründeki hammaddelerin birtakım işlemlerden geçirilip ipek pamuk haline getirildikten sonra katkı maddelerinin eklenmesiyle elde edilir. Bu sıvaların genellikle iç yüzeylerde kullanımı yaygındır. Bu sıvalar, birtakım avantajlara sahiptir. Bunlar, estetik bir görüntü, esneklik, çatlamaya karşı dayanım, ses ve ısı yalıtımı gibi özelliklerdir [19].

1.3.2.4. *Perlit Sıvalar*

Bu tür sıvalar, sıvalardaki kumun yerine perlit agregası kullanılarak meydana getirilir [18]. Perlit, yapısı %2 ile %6 arasında nem içeriğine sahip camsı kayaçların 1-2 mm tane boyutunda kırılıp 800-1150 °C’de pişirilmesiyle meydana gelen bir malzemedir. Bu malzemenin yangın dayanımı, ısı ve ses yalıtımı gibi avantajları vardır. Bu tür sıvalar, çimentolu veya kireçli sıvalar gibi yüzeye uygulanır. Bu sıvaların karışım içeriği önem arz etmekte olup hazır sıva paketinde önerilen su miktarı geçilmemelidir [19].

1.3.2.5. *Hazır Püskürtme Sıvalar*

Bu tür sıvalar, özel reçine ve kenitex karışımıyla elde edilirler ve yapılarında su bulundurmazlar. Yapışkanlık yetenekleri çok yüksek olan bu sıvalar, uygulandıktan sonra esnek ve çatlaklara dayanıklı bir sıva oluştururlar. Bu sıvalar, yüzeylere yaklaşık 7 atm değerinde bir basınçla püskürtülürler. Bu sıvaların üstün özellikleri arasında, yangın dayanımı, ses yalıtımları ve her yüzeye uygulanabilirlikleri vardır [19].

1.3.2.6. *Sentetik Sıvalar*

Bu sıvalar, mineral yoğunluklu dış yüzeylerde uygulanan bir sıva türüdür ve ahşap ya da metal yüzeylerde kullanılamazlar. Karışımlarında çok ince taneli kumlar bulundurulur. Plastiklik, ışınlara karşı dayanım gibi özelliklerinin artırılması için katkı maddeleri de kullanılabilir. Sentetik sıvaların çeşitleri bulunmaktadır. Bunlar; polistren bağlayıcılı sıva, poliüretan bağlayıcılı sıva ve epoksi bağlayıcılı sıvalardır [19].

1.3.2.7. *Anti Nem Sıvalar*

Bu sıvalar, nemli ortamlarda kılcallık etkisiyle sıvaların yapısına su sızıp yapısının bozulmasını önlemek amacıyla yapılır. Çünkü bu olay, sıvanın üzerindeki boya ve diğer katmanların da bozulmasına neden olur. Bu sıvalar, sıvaların nemli ortamlara karşı daha dayanıklı olmalarını sağlar. Bu sıvaların karışımlarında, kum, çimento ve özel maddeler bulunmaktadır [19].

1.3.3. **Kil Sıvalar**

Sıvalarda genel olarak; kireç, çimento veya alçının bağlayıcı olması gibi kil sıvalarda da bağlayıcı madde kildir. Kil, bu nedenle toprak agregalar ve her tür sıvada bulunabilecek diğer malzemeleri içerdiğinden, topraktan daha iyi bir tanımdır. Yapılarda kullanılan killi topraklar, genel olarak kil ve silt büyüklüğü aralığındaki, yapışma ve plastisite sergileyen parçacıkların dereceli bir karışımıdır. Kil büyüklüğündeki partiküller, ince öğütülmüş kaya veya kil mineralleri olabilir [33].

Kil minerallerinin varlığı, toprağın özellikleri üzerinde büyük oranda etkilidir. Silika ve alümina tabakalarının kombinasyonlarından oluşan çeşitli kil mineralleri vardır. En yaygın mineraller, kaolinit, illit ve montmorillonittir. Bunlar, istiflenmiş tabakaların farklı düzenlenmesi ve tabakalar arasındaki bağın farklı kuvvetlerinden dolayı çok farklı

özelliklere sahiptir. Temel olarak, kaolinit en güçlü bağlara sahiptir ve en kararlı, en az büzüşebilir kili oluşturur, ancak daha az bağlanma ve higroskopik özelliklere sahiptir. Montmorillonit grubu killerde ise tabakalar arasındaki bağ daha zayıftır ve su molekülleri tarafından sağlanır. Bu killeri, daha iyi bağlanma özelliklerine sahiptir, önemli miktarda büzülme ve şişme gösterirler. Kılcal ve higroskopik etkilerle daha fazla su emebilirler. İllit grubu killeri ise özellikleri bakımından bu iki kil mineralinin arasında yer almaktadır [33].

Tüm insanlık tarihinde geçerli olmak üzere atalarımız yerel olarak mevcut malzemelerden yapılmış barınaklarda yaşamışlardır. Topraklı malzemeler, eski çağların en popüler malzemelerinden olmuştur. Bugün bile, dünya halkının yaklaşık yarısı, Dünya yüzeyinden toplanan kilimsi maddelerden yapılmış barınaklarda yaşamaktadır. Toprak yapı malzemelerinin sakinleştirici ve iyileştirici etkilerinin olduğu da bilinmektedir. Ancak günümüzde, sentetik veya yüksek oranda işlenmiş doğal malzemelerden oluşan çok sayıda yapı inşa edilmektedir. Birçok modern malzeme, evlerimizde toksik maddeler açığa çıkarır ve istemeden de olsa bu yapılar insan sağlığını tehdit etmektedir [30].

Kil sıvalar, eski inşaatçılar tarafından büyük kısmı duvarları korumak ve güzelleştirmek için kullanılmıştır. Çünkü bileşenleri olan kum, kil ve lifli malzemeler dünyanın birçok yerinde bulunmaktadır ve kullanıma hazırdır. Yerel topraklardaki farklılıklar inşaatçıları en etkili malzeme ve malzeme birleşimini aramaya itmiştir. Kil sıvalar, rüzgârın aşındırıcı kuvvetlerinden korurlar. Ayrıca, hava sızmasını azaltır, enerji kaybını ve rahatsız edici hava akımlarını önlerler. Kil sıvalar ayrıca yangının yayılmasını da engeller ve böcekler, fareler ile diğer kemirgenler gibi zararlılara karşı etkili bir engel görevi görür [30].

Kil sıvaların bir başka üstün özelliği de iç duvarlardaki kil sıvaların, iç ortamdaki nemi emme eğiliminde olmasıdır. Bir evin içindeki nem seviyeleri düşerse, ılık veya güneşli bir günde veya evin boş olduğu zamanlarda, sıvanın içindeki nem tekrar oda içerisine yayılır [30].

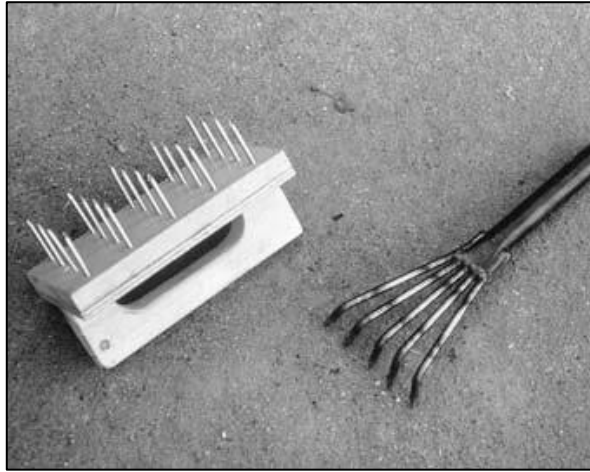
Kil sıvalar, higroskopik özellikte olduğundan dolayı mutfak veya banyo gibi aşırı neme eğilimli alanlarda rahat ve hijyenik bağlı nem seviyesinin korunmasına fayda sağlamaktadır [34].

Toprak sıvalar adıyla da bilinen kil sıvalar ile çalışan farklı araştırmacılar, bazen tarifler ve uygulama yöntemleri hakkında farklı görüşlere sahip olmaktadır. Bu nedenle, her

durumda başarı için reçete edilebilecek tek bir formül yoktur. Bu yüzden kil sıvalar, her zaman araştırma konusu bakımından ilgi çekici olmuşlardır. Kil sıvalar, her dönem canlılığını korurken aynı zamanda da hammadde olarak bitmeyen bir kaynağa sahiptir. [20].

1.3.3.1. *Kil Sıvanın Uygulanması*

Kil sıvalar, zeminle kimyasal olarak reaksiyona girmediğinden dolayı uygulama yüzeyi iyi bir fiziksel bağ kuvveti oluşturmak için yeterince pürüzlü olmalıdır. İyi bir fiziksel bağ elde etmenin bir başka yöntemi ise yüzeyleri yumuşak oluncaya kadar yeterince ıslatmak ve daha sonra küçük bir tırmık veya bir mala ile köşegen desenli olarak çizmektir [1]. Şekil 1.7 ve 1.8’de bu işlemler görülmektedir.



Şekil 1.7. Kil sıvalar için tırmıklı aletler [1].

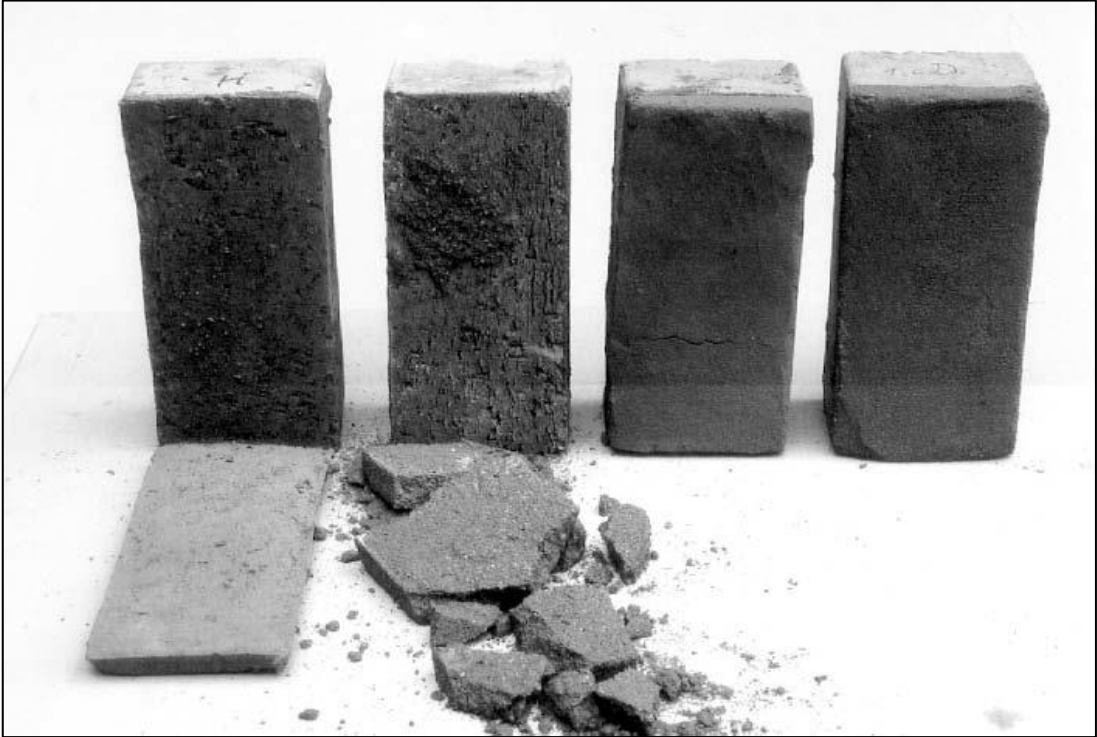


Şekil 1.8. Kil sıvaların tırmıklı mala yardımıyla pürüzlü hale getirilmesi [1].

Kil sıvaların uygulanmasında dikkat edilecek diğer hususlar şöyledir [1]:

- Karışım, yeterince kaba kum içermelidir.
- Karışıma lif olarak, saman gibi maddeler eklenebilir ancak bu katkı maddelerinin çoğu, sıvanın toprağa yapışma özelliğini azaltır.
- Kil sıvalar, iç sıva olarak kullanılacaksa talaş, selüloz elyafı, tahıl samanı veya benzeri parçacıklar katkı maddesi olarak da kullanılabilir.
- Yeterli bağlanma kuvveti geliştirmek için kil minerallerinin yapışkan kuvvetleri, yeterli miktarda su ve hareket ile yeterince aktive edilmelidir.
- Sıva, dikey olarak tutulan bir metal malaya yapıştırıldığında hafifçe kayarsa, doğru kıvam elde edilmiş olur.

Bir kil sıvanın özelliklerini test etmek için, basit bir yapışma testi uygulanabilir. Test edilecek sıva, bir tuğlanın düz yüzeyine 2 cm kalınlığında uygulanır. Sıva tamamen kuruyana kadar tuğlaya yapışmalıdır, bu iki ile dört gün sürebilir [1]. Şekil 1.9'da kil sıva uygulamasına yer verilmiştir.

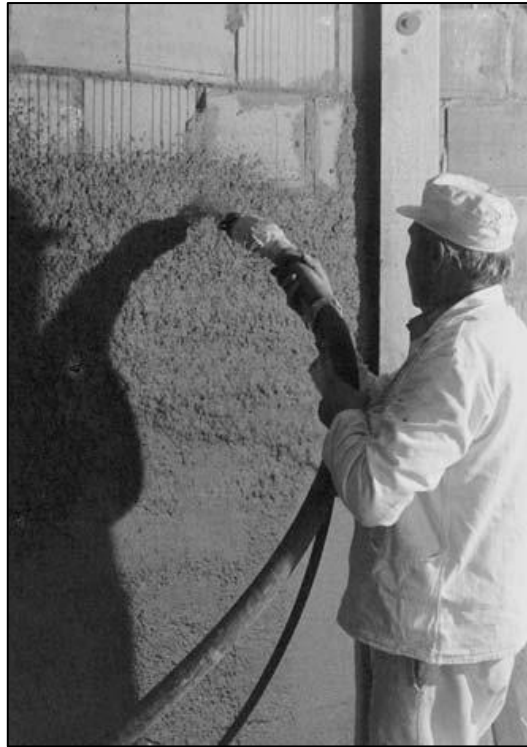


Şekil 1.9. Kil sıva uygulamaları [1].

Şekil 1.9’da birinci örnekte görüldüğü gibi, sıva tek parça halinde düşerse, o zaman çok killidir ve kaba kum ile inceltilmelidir. Şekil 1.9’daki ikinci numune gibi, parçalar halinde düşerse, o zaman yetersiz bir bağlama kuvveti vardır ve kil ile zenginleştirilmelidir. Eğer sıva tuğlaya yapışır ancak Şekil 1.9’daki üçüncü numune gibi büzülme çatlakları gösterirse, çok killidir ve kaba kumla hafifçe inceltilmelidir. Bununla birlikte, iki katmanlı bir sıvanın ilk katı olarak inceltilmeden kullanılabilir. Yüzeyde çatlak görülmezse ve Şekil 1.9’da görülen dördüncü örnekte olduğu gibi, dövüldüğünde sıva çıkmazsa, numune yeterli olabilir. Bu durumda, daha büyük bir genişlikte test yapılması önerilir. Eğer bu durumda büzülme çatlakları meydana gelirse, karışımın kaba kumla inceltilmesi veya liflerle karıştırılması gerekir [1].

1.3.3.2. Kil Sıva Çeşitleri

Püskürtme kil sıvalar, normal bir harç pompası kullanılarak 30 mm kalınlığa kadar tek bir tabaka halinde uygulanabilir. Sertleşme süresini kısaltmak için, karışıma yüksek hidrolik kireç ve alçı ilave edilebilir [1]. Bu sıva türü Şekil 1.10’da gösterilmiştir.



Şekil 1.10. Püskürtme kil sıvaların uygulanması [1].

Hafif mineralli kil sıvalar, Şekil 1.11’de gösterilen uygulamada, 1 ile 4 mm çapında olan kil agregalarına sahip 8 mm kalınlığındaki bir kil sıva yüzeyini göstermektedir. Sertleşme

süresini azaltmak ve buhar difüzyon direncini artırmak için, sıva %5 oranında yüksek hidrolik kireç ile dengelenmiştir. Bu sıva türünde mala ile yüzeyi düzeltmek kolay olmadığı için daha pürüzsüz yüzeyler elde etmek amacıyla karışım içeriğine selüloz elyafı veya kazein tutkalı karışıma eklenebilir [1].



Şekil 1.11. Hafif mineralli kil sıva uygulaması [1].

Çarpma kil sıvalar, kil topraklarının bir duvara atılarak duvar yüzeyine yapışmasını sağlayan geleneksel bir Afrika tekniğidir [1]. Şekil 1.12’de yapışmayı kolaylaştırmak için duvara bambu ağaçlar monte edildiği, Şekil 1.13’te başka bir çarpma sıva uygulaması görülmektedir.



Şekil 1.12. Çarpma kil sıva uygulaması [1].



Şekil 1.13. Çarpma kil sıva uygulaması [1].

Saman balyalı kil sıva, ilk örneği ABD’de görülen bu sıvalar 19. yüzyılın sonlarından beri Avrupa ülkelerinde saman balya duvarlı evlerde kullanılmaya başlanmıştır. Bu duvarların tarihteki ilk örnekleri yük taşımaya karşın günümüzde çoğunlukla saman balyalarıyla doldurulmuş veya çevrili ahşap iskelet yapıları kullanılmaktadır [1]. Şekil 1.14 ve 1.15’te bu sıvaların uygulamaları gösterilmektedir.



Şekil 1.14. Saman balyalı kil sıva uygulaması[1].



Şekil 1.15. Saman balyalı kil sıva yüzeyi [1].

1.3.4. Sıva Uygulamalarındaki Genel Kurallar

Sıva, bir yapının kullanım ömründe, yapının estetik bir görüntü kazanmasında, ısı ve ses yalıtımında, yangına karşı dayanımında etkileri olan bir uygulamadır. Sıvalar uygulanırken birtakım kurallara uyulmalıdır. Bu kurallar genel olarak şu şekilde sıralanabilir:

- Sıva uygulamalarında en önemli kural, ince bir katman üzerine katiyen daha kalın bir katman uygulanmamasıdır. Tüm sıva katmanları, duvar yüzeyinden itibaren git gide daha ince bir katman oluşturacak biçimde uygulanmalıdır [9].
- Soğuk malzemeler kullanılarak oluşturulan harçlar, normal sıcaklıklardaki malzemelerle oluşturulan harçlardan farklı özelliklere sahiptir. Düşük sıcaklıklar, çimentonun harç içerisindeki hidratasyonunu geciktirir. Soğuk havalarda oluşturulan harçlar, normal sıcaklıklarda oluşturulan harçlarla karşılaştırıldığında, genellikle daha düşük su içeriğine, daha yüksek hava içeriğine ve daha erken dayanıma sahiptir [35].
- Ortam sıcaklıkları, $-6,7^{\circ}\text{C}$ üzerinde olsa da tuğlaları ısıtmak avantajlı olmaktadır. Önceden ısıtılmış tuğla, normal sıcaklıklarda döşenen tuğlalarla aynı emme özelliklerini gösterir. İlk emme oranları daha yüksek olan tuğla, harcı veya harçtan

suyu daha hızlı emer, böylece harçtaki geniş su donma kuvvetlerinden zarar gelme riskini azaltır [35].

- Duvar birimlerinin fiziksel özellikleri temelde soğuk havalarda değişmez, ancak tuğla sıcaklığı ve bunların emme özellikleri duvar donma oranını etkiler. Soğuk bir duvar ünitesi normal sıcaklıktakilerden biraz daha küçük bir hacme sahip olacaktır [35].
- Dondurucu havalarda sulu karışımlarda buz bulunabilir ve kumdaki nem buza dönüşebilir. Karışım suyundaki buz, karışıma su eklenmeden önce eritilmeli veya uzaklaştırılmalıdır. Donmuş parçacıklar veya don içeren kum kullanılmamalıdır [35].
- Ortam sıcaklıkları 4,4 °C'nin altına düştüğünde kum veya karışım suyu, karıştırma sırasında 4,4 °C ile 48,9 °C arasında harç elde etmek için ısıtılmalıdır. Harç için ideal sıcaklıklar, 15,6 °C ile 26,7 °C arasındadır. 48,9 °C üzerindeki harç sıcaklıkları düşük basınç dayanımı ve düşük bağlanma dayanımı ile sonuçlanabilir. Bu nedenle, kum veya su 60 °C üzerinde ısıtılmamalıdır [35].
- Harçlar, yüksek sıcaklıklarda karıştırıldığında genellikle normal sıcaklıklarda karıştırılan harçlara göre daha yüksek su içeriğine, daha düşük hava içeriğine ve daha kısa dayanım ömrüne sahiptir. Aynı zamanda, suyun buharlaşması ve artan çimento hidratasyonu oranı nedeniyle plastikliğini hızla kaybetme eğilimindedir. Çimento yeterince nemlenmeden önce harç plastisitesi kaybedilirse, sıcak harç hızlı sertleşir. Bunu önlemek için, sıcak havalarda kullanılan harcın 48,9 °C altında bir sıcaklıkta kaldığından emin olunmalıdır [35].
- İç sıvaların karışımında, nemli bodrum kat duvarları haricinde genellikle kireç kullanılmalıdır [19].
- İç sıvalarda kullanılacak kireç, en az 3 hafta dinlendirilmiş olmalıdır [19].
- İç sıvalarda kullanılacak kumun temiz ve köşelerinin keskin olması gerekmektedir [19].
- İç sıvaların özelliklerini iyileştirmek için ilave katkı maddeleri kullanılabilir [19].

- Çimento ve kirecin birlikte kullanıldığı karışımlar, çevresel şartlara karşı dayanıklı yüzeyler oluşturur [19].
- Çimento ve kirecin birlikte kullanıldığı karışımlarla yapılan sıvalarda, havanın çok soğuk veya çok sıcak olmasına karşı önlemler alınmalıdır [18].
- Sıva yapılırken iş sağlığı ve güvenliği konularına dikkat edilmelidir [18].
- Sıva harcı, ince katmanlar şeklinde duvar yüzeyine vurulmalıdır [18].
- Sıvalarda olumsuz iklim koşullarına karşı dayanıklı malzemeler seçilmelidir [19].
- Sıvaların son katmanında yani en üstteki katmanında dayanımı çevresel koşullara dayanıklı bir sıva uygulanmalıdır [9].
- Sıva yüzeylerinde asit ve su sızıntısı olmamasına özen gösterilmelidir [19].
- Sıva yapılacak yüzeyler yağlı, tozlu ve kirli olmamalıdır [19].
- Duvarlarda herhangi bir çatlak olması durumunda tamiri yapılarak sıva işlemine devam edilmelidir [19].
- Sıva öncesinde sıva yapılacak yüzey ıslatılmalıdır [19].
- Donmuş duvar yüzeylerinde sıva yapılmamalıdır [19].
- Sıvaların durabilitesini arttırmak için sıva katmanlarının homojen yoğunluklu olması gerekmektedir [9].
- Kaba sıvanın yüksek dozaja sahip olması gerekirken ince sıvanın düşük dozaja sahip olması gerekmektedir [9].
- Kaba sıva kurumaya başlamadan ince sıva uygulamasına geçilmelidir [9].

1.3.5. Sıvalardaki Çatlakların Önlenmesi

Sıvalar, çevresel faktörler tarafından deformasyona ve hasara uğrayabilir, kabarıp çatlayabilir ya da sıva dökülebilir. Tüm bu sorunlar, sıvaların yapıdaki koruyuculuk özelliğinin kaybolmasına, duvarların aşınmasına, dayanımının azalmasına ve kullanım

ömrünün kısalmasına neden olmaktadır. Darbe etkisi, ısı etkisi, su etkisi, nem etkisi, hava kirliliği etkisi, mikroorganizmalar ve bitkilerin etkisi, sıvalar üzerindeki olumsuz etkilere sahip çevresel faktörler arasında sayılabilmektedir [9].

Yapıların yüzeyine uygulanan rüzgâr kuvvetleri, yağışlar, yapılarda titreşime neden olan makineler, hareket halindeki insanlar mekanik olarak yapısal deformasyona sebebiyet vermektedir. Duvar yüzeylerine uygulanan her türlü çevresel faktör duvarlarda çatlama ve kırılmaya sebebiyet verebilmektedir [9].

Türkiye’de sıvalarla ilgili genel sorun, sıvalardaki çatlaklar sebebiyle oluşan nem ve boya sorunudur. Bu çatlakların oluşumunun genel nedenleri iklimsel ve depremsel olaylardır. Su, sıva yüzeyinde oluşan çatlaklardan içeri girer ve duvarın içine yayılır. Bu durum, duvarın kimyasal yapısının bozulmasına neden olur. Bu istenmeyen çatlakların oluşmasını engellemek için birtakım tedbirler alınabilir. Bunlar, sıva takviye fileleri kullanmak, boya takviye keçeleri kullanmak, işçilik hatalarını en aza indirmek, uygulanacak yüzeyin özelliklerine göre en uygun sıva çeşidini ve malzemesini kullanmaktır [19].

Sıvaların dayanıklılığının sağlanması için, ilk önce sıva harcının uygun bir şekilde hazırlanıp hazırlanmadığına, sıva katmanlarının ve sıva uygulama yöntemlerinin doğru uygulanıp uygulanmadığına bakılır. Sıva yüzeyinin uygulanacak olan sıva çeşidine uygunluğu ile yüzeyin sıvaya hazır olup olmadığı da dayanıklılık açısından önemlidir. Sıvanın duvar yüzeyine ve diğer katmanlara iyi bir şekilde yapışmış olması gerekmektedir. Sıvanın duvar yüzeyi ile diğer katmanları arasında boşluk olmamalıdır. Sıvalar belirli bir sertlikte olmalı, aşınmaya karşı dirençli olmalı, dış görünüş olarak homojen bir yapıda olmalı ve dış faktörlere karşı yüksek durabiliteli olmalıdırlar. Sıvalar, yağmur ve güneş etkileri dışında don ve kırağı gibi hava olaylarına karşı da dayanıklı olmalıdırlar. Bir başka önemli gereklilik ise sıvalara çatlama ve kırılmaya karşı dayanıklılık sağlayacak belirli bir ısı genleşme katsayısı değerinin olmasıdır [23].

1.4. HİDROFOBİK MALZEMELER

Hidrofoblaştırma, su geçirgenliğini engelleme yani su itici duruma getirme anlamına gelmektedir. Sıvaları hidrofobik hale getirmek farklı yollarla mümkün olmaktadır. Harç içine eklenen organik bazlı hidrofobik malzemelerle, sıvalar su itici hale gelmektedir. Bu

malzemeler, zamanla şişip harç içindeki boşlukları kapatarak suyun geçişini engeller. Bu sayede harç artık su emme özelliğini kaybetmiş olur [23].

Alüminyum stearat, çinko stearat, magnezyum stearat ve kalsiyum stearat gibi metal stearatlar, silisyum tozları, polihidroksan yağ eriyikleri, metal sabunları hidrofobik malzemelere örnek olarak verilebilir. Bu malzemeler, oldukça yüksek bir yüzey gerilimine sahip oldukları için su bu maddelerden geçemez ve içlerine yayılamaz. Toz durumundaki metal sabunları, su içerisinde dağılan macunlar oluşturarak az miktarlarda kullanımlarında bile harcın boşluklarını su itici hale getirmektedir [23].

Hidrofobik malzemeler, en üstteki sıva katmanına eklenmelidir. Alt katmanlara eklendiğinde alt sıva katmanı üst sıva katmanından su ememez hale geleceği için iki sıva katmanı arasında yeterli yapışma kuvvetleri oluşmayacaktır. Su itici olan bir sıva yüzeyi, yağışlı havalarda cephe suyuna karşı etkisiz kalacağından dolayı binanın alt katlarında daha fazla su filmi birikmesi ile su yıkayıcılık özelliği kazanır [23].

Bir sıva, yapım kurallarına uyulmadan yapılmışsa, hidrofobik malzemeler gibi katkı maddelerinin eklenmesi o sıvanın özelliklerini iyi hale getiremez. Çünkü su itici olmasının yanında yapısında çatlakları olan sıvalar, su geçirimsizliğine sahip olabilirler. Bu yüzden ilave katkıların bulunduğu sıvalar da diğer sıvalar gibi yapım kurallarına göre yapılmalıdırlar [23].

Bu çalışmada hidrofobik malzeme olarak silis dumanı, çinko stearat ve kalsiyum stearat kullanılmış olup bu malzemelerin özellikleri aşağıda detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

1.4.1. Silis Dumanı

Silis dumanı veya diğer adıyla silika dumanı, silisyum veya ferrosilisyum alaşımlarının üretiminin bir yan ürünü olarak ark fırınları tarafından üretilen çok ince kristal olmayan bir silikadır. Silis dumanı, Portland çimentosu parçacıklarından 100 kat daha küçük çaplara sahip parçacıkları olan bir tozdur, yani ortalama parçacık büyüklüğü 0.1 ile 0.2 µm arasındadır. SiO₂ (Silisyum dioksit) içeriği %85 ile %98 arasında değişmektedir. Silis dumanı puzolaniktir, yani volkanik kül gibi reaktif bir maddedir [36].

Silis dumanı, kullanıldığı karışımlarda elde edilen malzemenin özellikleri üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu etkiler; mukavemet, süneklik, titreşim sönümleme kapasitesi,

ses emilimi, aşınma direnci, hava boşluğu içeriği, büzülme, takviye çeliğiyle yapışma kuvveti, geçirgenlik, kimyasal saldırı direnci, alkali-silika reaktivite azalması, çeliğin korozyon direnci, sünme hızı, ısı genleşme katsayısı, özgül ısı, ısı iletkenlik, dielektrik sabiti ile ilgilidir. Ek olarak, silis dumanı ilavesi, karışımın işlenebilirliğini düşürebilmektedir [36]. Çizelge 1.1’de silis dumanının beton üzerindeki etkilerine yer verilmiştir.

Silis dumanının çeşitleri şu şekilde sıralanabilir:

Toz halindeki veya yoğunlaştırılmamış silis dumanı: Yoğunlaştırılmamış silis dumanının yoğunluğu, normal Portland çimentosu ($1000\text{--}1200\text{ kg/m}^3$) ile karşılaştırıldığında daha düşük yoğunluğa sahipken, bu yoğunluk 350 kg/m^3 ’e kadar düşebilir. Düşük yoğunluğu, tozlu ve yapışkan formu bazı taşıma problemlerine neden olmaktadır. Yoğunlaşmamış silis dumanı, çimento, normal harçlar ve tamir harçlarında sınırlı kullanıma sahiptir [37]. Şekil 1.16’da silis dumanına ait bir görüntüye yer verilmiştir.

Yoğunlaştırılmış veya sıkıştırılmış silis dumanı: Yoğunlaştırılmamış silis dumanının yoğunlaştırılmasıyla, yoğunluğu $480\text{ ile }720\text{ kg/m}^3$ ’e kadar yükselebilir. Bu sayede yoğunlaştırılmamış silis dumanında belirtilen problemlerin bir kısmı çözülebilmektedir. Yoğunlaştırma, yoğunlaştırılmamış silis dumanının depolandığı siloların tabanından hava üfleyerek yapılmaktadır. Bu yöntemle, silis duman partikülleri birbirine sürtünür ve yüzeylerinde oluşan Van der Waals kuvveti topaklaşmaya ve daha yüksek yoğunluğa neden olmaktadır [37].

Çizelge 1.1. Silis dumanının beton özellikleri üzerindeki etkileri [38].

Beton özellikleri	Artış	Azalış	İyileştirme
Çekme dayanımı	X		
Basınç dayanımı	X		
Basınç modülü	X		
Eğilme modülü	X		
Çekme sünekliği	X		
Hava boşluğu içeriği	X		
Donma-çözülme dayanıklılığı			X
Titreşim sönümlleme kapasitesi			X
Aşınma direnci			X
Çelikle aderans kuvveti			X
Kimyasal saldırı direnci			X
Çeliğin korozyon direnci			X

Çizelge 1.1 (devam). Silis dumanının beton özellikleri üzerindeki etkileri [38].

Beton özellikleri	Artış	Azalış	İyileştirme
Mikro liflerin yayılması			X
Alkali-silika reaktivitesi		X	
Büzülme		X	
Geçirgenlik		X	
Sünme oranı		X	
Termal genleşme katsayısı		X	
Dielektrik sabiti		X	
Termal iletkenlik		X	
Yoğunluk		X	
İşlenebilirlik		X	
Terleme		X	

Kalıplanmış silis dumanı: Yoğunlaştırılmamış silis dumanının su ile karıştırılıp doğrudan beton ve diğer karışımlarda kullanılması çok zor olan 10-25 mm çapındaki disklerde kalıp haline getirilir. Silis dumanı karışımli çimento elde etmek için çimento klinkeri ile ara yüzeyde olabilirler. Kalıp haline getirilmiş silis dumanının yoğunluğu yaklaşık 1000 kg/m³tür [37].



Şekil 1.16. Silis dumanına ait bir görüntü [39].

Sulu karışım halindeki silis dumanı: Yoğunlaştırılmamış silis dumanı ile ilgili sorunların giderilmesi için bir başka yöntem de silis dumanının kütlice %50-%60'ı kadar suyla karıştırılmasıdır. Bu türdeki silis dumanının yoğunluğu, 1300-1400 kg/m³e yükselir ve taşınma işlemi daha ekonomik olmaktadır. Süper akışkanlaştırıcılar gibi kimyasal katkıları da karışıma eklenebilir [37].

1.4.2. Çinko Stearat

Çinko stearat, su itici olarak kullanılan bir çinko sabunudur. Çinko stearat, plastik, poliolefin, polistiren ve kauçuk endüstrisinde ısı dengeleyici ve yağlayıcı olarak yaygın bir şekilde kullanılır. Çinko stearat ayrıca ahşap kaplamalarda zımparalama katkı maddesi olarak kullanılır. Çözünmeyen tuz, yumuşatıcı ve kayganlaştırıcı olarak kullanılan bir tür yumuşak yağ asidi olan ticari stearik asitten yapılır. Genellikle çinko oksit ile birleştirilir. Çinkonun kendi başına, anti bakteriyel ve anti viral özelliklere sahip olduğu bilinmektedir [40].

Çinko stearat çok ince, yumuşak ve renksiz bir tozudur. Son derece küçük parçacık boyutuna sahip, yüksek kaliteli bir malzemedir. Uzun zincirli yağ asitleri nedeniyle hafif bir yağ asidi kokusu olması mümkün olsa da güçlü bir kokusu yoktur [40].

Çinko stearatlar, kutupsal çözücülerde çözünmez, ancak ısıtıldığında aromatik bileşiklerde ve klorlu hidrokarbonlarda çözünürler. Başlıca uygulama alanları; plastik ve kauçuk endüstrileridir. Kristal berraklığında olan çinko stearatın olağanüstü berraklığı ve ısı stabilitesi gibi özellikleri, onları özellikle kristal dereceli polistiren ve diğer berrak polimerlerle kullanımına uygun kılar. Çinko stearat, bazı poliolefin uygulamalarında asit tutucu ve işleme yardımcı olarak işlev görür. Boya ve kaplama endüstrisi, çinko stearatları pigment süspansiyonu için öğütülebilirliği ve pas payını iyileştirmek için kullanır. Yapı endüstrisi, sıvalar için hidrofobik malzemeler olarak toz haline getirilmiş, çökeltilmiş çinko stearatlar kullanır [41]. Şekil 1.17’de çinko stearata ait bir görsele yer verilmiştir.



Şekil 1.17. Çinko stearata ait bir görüntü.

1.4.3. Kalsiyum Stearat

Kalsiyum stearat, kalsiyum oksit, stearik asit ve yağ asitlerinin belirlenmiş bir dereceye kadar ısıtılmalarıyla oluşmaktadır. Kalsiyum stearat, kalsiyum karboksilat olarak da adlandırılan bir kalsiyum sabunudur. Yağlayıcılar, gıda maddeleri ve yüzey aktif cisimlerin bir parçasıdır. Kullanım sahası çok çeşitli olmakla beraber bazı yiyeceklerde de kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları ise, beton, kağıt ve tekstil alanlarıdır [42]. Şekil 1.18’de kalsiyum stearata ait bir görsele yer verilmiştir.



Şekil 1.18. Kalsiyum stearata ait bir görüntü.

Kalsiyum stearat, fizyolojik olarak güvenli kabul edilir ve çoğu çözücünde çözünmez. Mumlarla karşılaştırıldığında, nispeten yüksek bir yumuşama noktasına sahiptir ve sonuç olarak daha yüksek sıcaklıklarda yağlanmamaktadır. Kalsiyum stearat, plastik endüstrisinde asit temizleyici, ayırıcı ve yağlayıcı olarak, inşaatlarda su yalıtımı için ve eczacılıkta ve kozmetiklerde topaklanma önleyici bir katkı maddesi olarak kullanılır [41].

Kalsiyum stearat, yaygın olarak kullanılan potasyum ve sodyum sabunlarının tersine daha düşük çözünürlüğü olan mumsu bir maddedir. Üretimi ucuz ve kolay olduğu için birçok uygulama için tercih edilen bir madde olmaktadır. Yapı alanında ise su yalıtım malzemesi ve çimentolu ürünlerin kontrolünde kullanılmaktadır [42].

1.5. KİREÇ

Kireç, yapılarda kullanılan en eski bağlayıcı malzemelerden biridir ve ham maddeleri zengin ve yaygın bir şekilde doğada bulunmaktadır. Üretim süreci basit ve düşük maliyetli olup kullanımı kolaydır. Bu nedenle kireç, yapılarda kullanımını geçmişten günümüze kadar yaygın bir şekilde devam ettirmektedir [43].

Kirecin ana hammaddesi, ana bileşeni kalsiyum karbonat olan doğal kayaçlardır. Yaygın olarak kullanılan kireç; kireçtaşı, dolomit ve tebeşir içerir. Doğal hammaddelerin yanı sıra bir başka kireç kaynağı da kimyasal sanayi yan ürünleridir. Örneğin, karbür cürufunun ana bileşeni olan asetilen taşından yani kalsiyum karbürden asetilenin hazırlanmasından geriye kalsiyum hidroksit, yani hidratlı kireç kalır [43].

Kireçtaşı, genellikle kalsit olarak bilinen en kararlı formunda ağırlıklı olarak kalsiyum karbonattan oluşur. Ayrıca genellikle karbonatlar ve silikatlar olarak bir araya getirilen magnezyum, alüminyum ve demir içerirler. Genellikle kuvars formunda olan silika da sıklıkla yapılarında bulunur. Çimento endüstrisi tarafından kullanılan kireçtaşlarının çoğu ya kimyasal olarak çöktürülmüş ya da organik kireçtaşlarıdır. Kimyasal olarak çökelmiş kalkerler, özellikle kirece doymuş ve düşük CO₂ (Karbon dioksit) içeriğine sahip suyun meydana geldiği ılık denizlerde oluşur [44].

1.6. ÇİMENTO

Çimento toz halinde bulunan, belirli miktarlarda su ile karıştırıldığında plastik hamur haline gelen, fiziksel ve kimyasal işlemlerden sonra hamurunun katı ve taş benzeri hale geldiği ve bu sayede taneleri bir bütünleşik katı madde oluşturan bir malzemedir. Çimento hamuru hem havada hem de suda tutulduğu ve dayanımını geliştirdiği yerlerde sertleştirilebilir. Çimento, iyi bir hidrolik yapı malzemesidir ve yapı malzemeleri içinde önemli bir rol oynamaktadır [45].

Çimento, ülke ekonomisinin inşası için önemli malzemelerden biridir. Ayrıca inşaat, ulaşım, su yapıları, elektrik enerjisi, ulusal savunma ve diğer inşaat projelerinde yaygın olarak kullanılan beton, betonarme ve öngerilmeli beton için temel bir bileşendir [43].

Çimento adlandırma standardına göre çimentolar, ana hidrolik minerallerine dayanarak

adlandırılabilir; Portland çimentosu, alüminat çimentosu, sülfat çimentosu ve sülfö-alüminat çimentosu ve fosfat çimentosu olarak adlandırılabilirler. Birçok çimento çeşidi arasında yaygın olarak kullanılan çimento çeşidi Portland çimentosudur. Bu çimentonun çeşitleri ise; Portland çimentosu, normal Portland çimentosu, Portland yüksek fırın çimentosu, Portland puzolan çimentosu, Portland uçucu kül çimentosu ve kompozit Portland çimentosudur [43].

Kireçtaşı, kil veya benzeri kütle bileşimindeki diğer malzemelerin ve yeterli reaktivitedeki bir karışımının yaklaşık 1450 °C sıcaklığa getirilmesiyle klinker tanecikleri üretilir. Klinker, alçı ile karıştırılıp çimento oluşturmak için ince bir şekilde öğütülür ve Portland çimentosu meydana gelir [46]. Bu çalışmada kullanılan CEM I 42,5 R Portland çimentosuna ait sınır değerler Çizelge 1.2 ve 1.3'te verilmiştir.

Çizelge 1.2. TS EN 197-1 [47] CEM I 42,5 R'nin fiziksel sınır değerleri.

Dayanım sınıfı	Erken basınç dayanımı MPa (Megapaskal) (2 günlük)	Standart basınç dayanımı (MPa) (28 günlük)	Priz başlama süresi (Dakika)	Genleşme (mm)
42,5 R	$\geq 20,0$	$\geq 42,5$ $\leq 62,5$	≥ 60	≤ 10

Çizelge 1.3. TS EN 197-1 [47] CEM I 42,5 R'nin kimyasal sınır değerleri.

Çimento çeşidi	Kızdırma kaybı	Çözünmeyen kalıntı	Sülfat miktarı	Klorür muhtevası
CEM I 42,5 R	$\leq \%5,0$	$\leq \%5,0$	$\leq \%4,0$	$\leq \%0,10$

Klinker, tipik olarak %67 CaO (Kalsiyum oksit), %22 SiO₂, %5Al₂O₃ (Alüminyum oksit), %3 Fe₂O₃ (Demir oksit) ve %3 diğer bileşenlerden oluşan bir bileşime sahiptir ve alit, belit, alüminat ve ferrit fazlarından oluşur. Alkali sülfatlar ve kalsiyum oksit gibi başka birkaç faz daha küçük miktarlarda bulunabilir [46].

Çimentonun hidratasyonu, çimentonun suyla karıştırılması sonucu zamanla katılaşması olayıdır. Portland çimentosunun hidratasyon süresi normal şartlarda 1 ile 10 saat arası sürmektedir. Bu işlemin sonunda çimento dayanım kazanmaktadır. Çimentolar için dayanım sınıfları 28 günlük basınç dayanımları 32,5 MPa, 42,5 MPa ve 52,5 MPa olarak sınıflandırılmaktadır. Çimentonun inceliği dayanım kazanmasında etkili bir faktördür. İnce öğütülmüş çimentonun yüzey alanı daha fazla olacağından hidratasyonu daha hızlı sürede tamamlanacaktır [48].

1.7. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Killer, kil sıvalar ve hidrofobik malzemeler ile ilgili yapılan araştırmalar yoğun bir şekilde devam etmekte olup bu araştırmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Ashish ve diğ. [49] çimentolu beton üretiminde silis dumanı ve atık camın etkisi üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, silis dumanının betonun, basınç ve eğilme dayanımını iyileştirdiğini, silis dumanının en iyi sonucu %10-15 aralığında verdiğini, %20'nin üzerinde silis dumanı eklenmesiyle betonun mukavemet değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Chari ve diğ. [50] kalsiyum stearatın, silis dumanı/doğal zeolit içeren kendiliğinden yerleşen betonların mekanik ve durabilite özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, kalsiyum stearat eklenmesiyle betonun yoğunluğunun, betonun basınç dayanımının ve betonun su emiliminin azaldığını bildirmişlerdir.

Luo ve diğ. [51] farklı hidrofobik malzemelerin yüksek belit sülfatlı çimentolu beton üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları hidrofobik malzemeler arasında çinko stearat ve kalsiyum stearat da vardır. Çalışma sonucunda, kalsiyum stearat ve çinko stearatın oranındaki artışa bağlı olarak su emme oranının önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir.

Yang ve diğ. [52] kalsiyum stearatın alkali aktif cürufu çimentolarda kullanımını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, kalsiyum stearatın, bu çimentoların stabilite ve homojenliklerini geliştirdiğini, mikro yapı karakteristiklerini optimize ettiğini bildirmişlerdir.

Akinyemi ve diğ. [53] su itici malzemelerin toprak tuğlaların mukavemeti ve boyutsal stabilite üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. En iyi mekanik performansın %30 çimento, %70 kil ve %0,5 su itici malzeme bileşiminden elde ettiklerini bildirmişler ve kilin yaygın bir yapı malzemesi olarak kullanıldığı ülkelerde su itici malzemelerin kullanımını önermişlerdir.

Lanzón ve diğ. [54] suya ve asit yağmuruna karşı uzun süreli dayanıklılığı olan yüksek hidrofobik kerpiç malzemeleri üretmek için çinko stearat kullanımını araştırmışlardır. Deney sonuçlarında, çinko stearatın asit yağmurun önündeki koruyucu etkisinin

olduğunu ve çinko stearatın kerpiç malzemelerin dayanıklılığını arttırmak için iyi bir seçenek olduğunu bildirmişlerdir.

Liblik ve diğ. [55] kil sıva ve ahşap ile yapıların performansını incelemişlerdir. Bu çalışmanın amacı ahşap yapıların yangın tasarımı için kil sıvaların özelliklerinin belirlenmesidir. Deney sonuçlarında kil sıvaların yangın anında ahşap yapılar için uygun bir koruma malzemesi olduğunu bildirmişlerdir.

Randazzo ve diğ. [56] kil sıvaların nem emilimi, ısı iletkenliği ve gürültü azaltımını araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Kil parçacıklarının artışının, çevre nemini emme yeteneği ile pozitif ilişkili olduğunu, gürültü azaltımının orta ve yüksek frekanslar için daha çok kum oranına bağlı olduğunu, gözeneklerin hacim ve dağılımının, incelenen malzemelerin termal iletkenliğini etkilediğini doğrulamıştır.

Emiroğlu ve diğ. [57] farklı kil/kum oranlarıyla üretilen hazır karışımlı kil sıvaların performansını araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Uygulama kolaylığı elde etmek için sıvı sınırına yakın bir su-kil içeriği değeri seçilebileceğini, bu değerin hem kırmızı hem de sarı kil karışımları için %35 olarak belirlenebileceğini, kilin ağırlığının %30 ile %40'ı arasında bir başlangıç su muhtevasına sahip olan bir kil sıvanın seçilmesinin faydalı olabileceğini, daha yüksek su içeriklerinin uygulama kolaylığı sağlayabileceğini fakat dayanımda azalma meydana getireceğini, 105 °C sıcaklıkta kurutulan kil sıvaların basınç dayanım değerleri tüm kil/kum oranlarında %21,52 oranında arttığını bulmuşlardır.

Erdoğan [31] dolomit ilavesinin kil sıvalar üzerindeki etkilerini incelemiştir. Kil sıva karışımlarında su oranının azalmasıyla yüzeysel çatlakların azaldığını gözlemlemiştir. Karışımlarda kilin ağırlığının %30-%40 aralığında bir su oranı kullanılmasını tavsiye etmiştir. %33 dolomit ilavesinin kil sıvalardaki büzülme çatlaklarını azalttığını ve basınç ile eğilme dayanımlarını arttırdığını bildirmiştir.

Falchi ve diğ. [58] Portland kireçtaşı çimentosu harçları üzerinde hidrofobik katkıların etkisini incelemişlerdir. Kalsiyum stearat ve çinko stearatı da hidrofobik malzeme olarak kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, çinko stearatın hidratasyon reaksiyonlarını yavaşlattığını, stearatların klinker yüzeyinde hidrofobik bir yüzey oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Aubert ve diğ. [59] hazır kil sıvalarının fiziksel, mineralojik ve mekanik karakterizasyonu

konusu üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, 5 farklı hazır karışimli kil sıva kullanılmıştır. Bu karışımların dördü genel olarak klorit, montmorillonit ve illitten oluşurken bir tanesi sadece kaolinitten oluşmuştur. Bu yapısal farklara rağmen kil sıvaların sertleştirildikten sonra büzülme, basınç ve eğilme dayanımı değerlerinin, akış ve diğer özelliklerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Emiroğlu ve diğ. [2] kil/kum oranının kil sıvalarının performansına etkilerini basit alan testleri ile incelemişlerdir. Bu çalışmayı, kil sıvaların, bileşenlerinin optimum miktarlarını değerlendirmek için farklı kil/kum oranları ve su içeriği ile hazırlamışlardır. Yeterli plastisite elde etmek için kil sıvalarının su ihtiyacının kilin plastik sınır değeri olarak seçilebileceğini, optimum kil/kum oranının, basit alan testi sonuçlarından ve uygulamadaki sıvalı yüzeylerdeki görsel gözlemden kolayca belirlenebileceğini, bu çalışmada kullanılan hammaddeler için optimum karışım oranının ağırlıkça 0,43 ile 1,00 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Georgiev ve diğ. [60] sürdürülebilir yapılarda hasır otu ile güçlendirilmiş kil sıvaların potansiyel rolünü belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, doğal lif olarak hasır otu olarak kullanılmıştır. Doğal liflerin, kili güçlendirdiğini ve çekme mukavemetinin yanı sıra eğilme mukavemetini arttırdığını, kil sıva karışımındaki doğal lif kütlelerinin artırılmasının, mukavemet bakımından daha fazla iyileştirme sağladığını ve sıva çatlağı direncini geliştirdiğini bildirmişlerdir.

Corsi ve diğ. [61] kil sıvaların iç mekân hava kalitesi üzerindeki etkilerini kimyasal ve duyuşal ölçümler kullanarak araştırmışlardır. Deney sonuçlarında kil sıvanın, algılanan hava kalitesini iyileştirdiğini ve aldehit konsantrasyonlarını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir.

Černý ve diğ. [62] kireç-metakaolin sıvalarının hidrofobizasyonu üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çinko stearat içeriğindeki artışa bağlı olarak; sıvaların su emme katsayısının çok hızlı bir şekilde azaldığını, basınç ve eğilme dayanımlarının düştüğünü bildirmişlerdir.

Ashour ve diğ. [63] saman balyalı binalar için doğal liflerle güçlendirilmiş kil sıvalar üzerine deneysel bir çalışma yapmışlardır. Deneylerde takviye olarak üç tip lif, buğday samanı, arpa samanı ve odun talaşı kullanmışlardır. Sıva malzemesi örnekleri sırasıyla 30 °C, 50 °C ve 70 °C sabit sıcaklıklarda kurutulmuştur. Deneyler sonucunda kil sıvaların

performansını arttırmak için daha düşük sertleştirme sıcaklığının ve daha yüksek lif içeriğinin gerekli olduğunu bildirmişlerdir.



2. MATERİYAL VE METOD

2.1. MATERİYAL

2.1.1. Kil

Bu çalışmada kullanılan kil, Işıklar İnşaat Malzemeleri A.Ş.'nin Bartın fabrikasından temin edilmiştir. Kullanılan kilin özgül ağırlığı, 2.60'dır. Kil, çalışmada kullanılmadan önce etüvde ($105\pm 5^{\circ}\text{C}$) 24 saat bekletilerek sahip olduğu nemin uzaklaştırılması amaçlanmıştır ve sonrasında 2 mm açıklığa sahip elekten geçirilerek elek altındaki kiler kullanılmıştır.

2.1.2. Kum

Bu çalışmada, Düzce ilinden temin edilen ve 2,65 özgül ağırlığa ve %2,38 su emme oranına sahip doğal kum kullanılmıştır. Kum, ($105\pm 5^{\circ}\text{C}$) etüvde 24 saat bekletildikten sonra sahip olduğu nem uzaklaştırılmıştır. Etüvden çıkarılan kum 2 mm elek açıklığına sahip elekten geçirilerek elek altında kalan kumlar çalışmalarda kullanılmıştır.

2.1.3. Çimento

Bu çalışmada, OYAK Bolu Çimento San. A.Ş.'den temin edilen CEM-I 42,5 R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Çizelge 2.1'de bu çimento çeşidinin kimyasal içeriğine yer verilmiştir.

Çizelge 2.1. CEM I 42,5 R çimentosunun kimyasal içeriği [64].

Kimyasal İçerik (%)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	SK	KK	ÇK (%)
CEM I 42,5 R	18,95	4,07	5,32	64,72	1,35	0,16	0,51	2,7	1,41	4,21	0,69
SK: Serbest CaO, KK: Kızdırma Kaybı, ÇK: Çözünmeyen Kalıntı, K ₂ O: Potasyum oksit MgO: Magnezyum oksit, Na ₂ O: Sodyum oksit, SO ₃ : Sülfat											

2.1.4. Kireç

Bu çalışmada, Paksan Paketlenmiş Kireç San. A.Ş.'den temin edilen CL 80 S sönmüş kalker kireci kullanılmıştır. Çizelge 2.2'de bu kireç türünün kimyasal özelliklerine ve Çizelge 2.3'te fiziksel özelliklerine yer verilmiştir.

Çizelge 2.2. TS EN 459-1 [65] CL 80 S kirecinin kimyasal sınır değerleri.

Kimyasal İçerik	%
Toplam CaO+MgO	≥ %80
MgO	≤ %5
Kızdırma kaybı	≤ %7
SO ₃	≤ %2
Serbest su	≤ %2

Çizelge 2.3. TS EN 459-1 [65] CL 80 S kirecinin fiziksel sınır değerleri.

Fiziksel Özellik	%
200 µm (elek üstü)	≤ %2
90 µm (elek üstü)	≤ %7

2.1.5. Silis Dumanı

Bu çalışmada kullanılan silis dumanı, Antalya-Eti Elektrometalurji A.Ş.'den temin edilmiştir. Kullanılan silis dumanı toz halinde yoğunlaştırılmamış özellikte olup kimyasal ve fiziksel özellikleri sırasıyla Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Kullanılan silis dumanının kimyasal analizi [66].

Kimyasal İçerik	%
SiO ₂	%85,98
Al ₂ O ₃	%0,64
Fe ₂ O ₃	%0,32
CaO	%0,70
MgO	%4,91
SO ₃	%0,63
Kızdırma kaybı	%2,66

Çizelge 2.5. Kullanılan silis dumanının fiziksel değerleri [66].

Özellik	Değerler
Özgül ağırlık	2,32
Birim hacim ağırlık (g/cm ³)	2,45
45 µm (elek üstü)	%4,8

2.1.6. Çinko Stearat

Çinko stearat, yapı malzemesi alanında su itici olarak kullanılan bir metal sabundur. Bu çalışmada kullanılan çinko stearat, Başak Kimya San. Tic. Şirketi'nden temin edilmiştir. Hidrofobik özellikte olan çinko stearat, toz, granüler, pastil ve flake formlarında üretilmekte olup bu çalışmada toz formunda kullanılmıştır. Çizelge 2.6'da çinko stearatın teorik özelliklerine yer verilmiştir.

Çizelge 2.6. Çinko stearatın teorik özellikleri [41], [67].

Özellik	Sınır Değerler
Bileşik formülü	C ₃₆ H ₇₀ O ₄ Zn
Yoğunluk	1,095 g/cm ³
Kül içeriği	%12,8-%14,2
Serbest yağ asidi	en çok %1,5
Nem içeriği	en çok %0,5
Erime noktası	130 °C

2.1.7. Kalsiyum Stearat

Kalsiyum stearat, yapı malzemesi alanında hidrofobik malzeme olarak kullanılan bir metal sabundur. Bu çalışmada ZAG Endüstri Kimyasalları'ndan temin edilen kalsiyum stearat kullanılmıştır. Toz, granüler ve flake formlarında üretilen kalsiyum stearatın toz formu bu çalışmada kullanılmıştır.

Çizelge 2.7'de kalsiyum stearatın teorik özelliklerine yer verilmiştir.

Çizelge 2.7. Kalsiyum stearatın teorik özellikleri [41], [67].

Özellik	Sınır Değerler
Bileşik formülü	$C_{36}H_{70}O_4Ca$
Yoğunluk	1,12 g/cm ³
Kül içeriği	%9,2-%10,2
Serbest yağ asidi	en çok %1,0
Nem içeriği	en çok %3,0
Erime noktası	179 °C

2.1.8. Su

Bu çalışmada, Düzce ili içme suyu şebekesinden elde edilen su kullanılmıştır.

2.2. METOD

Bu bölümde, kil sıvaların karışım oranları, agrega ve kil deneyleri ile sıva numunelerine uygulanan deneyler açıklanmıştır. Deney akış şeması Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Deney akış şeması.

2.2.1. Agrega ve Kil Deneyleri

2.2.1.1. Elek Analizi

Bu çalışmada kullanılan kum, 105±5 °C etüvde 24 saat kuruma işlemine bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda kum, TS EN 933-1 [68] standardında belirtilen özelliklerdeki elek analizine tabi tutulmuştur.

Elek analizi, kullanılacak eleklerin en büyük elek açıklığına sahip olan en üstte olacak şekilde en küçük olana doğru dizilir. Sarsma tablası yardımıyla sarsılarak daha sonrasında her bir eleğin üstüne kalan malzeme tartılarak kaydedilir. Sonrasında elek üzerinde kalan yığılımlı malzeme miktarı bulunur. Başlangıçtaki numune kütlesinden yığılımlı kalan miktarı çıkarılıp başlangıçtaki numune kütlesine bölüldüğünde her bir elek açıklığı için % geçen miktarı bulunur ve elek açıklığına göre bir grafik üzerinde gösterilir.

$$\% \text{ Geçen miktarı} = \frac{\text{Başlangıçtaki Numune Kütlesi} - \text{Yığılımlı Kalan Kütlesi}}{\text{Başlangıçtaki Numune Kütlesi}} \times 100 \quad (2.1)$$

2.2.1.2. Hidrometre Deneyi

Bu çalışmada kullanılan kilin tane boyutu dağılımının belirlenebilmesi için hidrometre deneyi yapılmıştır. Yapılan bu deney TS 1900-1 [69] standardında belirtilen yöntemlere uygun olarak yapılmıştır. Bu deney 0,075 mm elek altı malzeme üzerinde uygulanmıştır. Şekil 2.2’de bu deneye ait bir görüntüye yer verilmiştir.



Şekil 2.2. Hidrometre deneyine ait bir görüntü.

Hidrometre deneyi, killi zeminlerden 50 g numune alınarak yapılır. Öncelikle reaktif madde olarak NaPO_3 (sodyum heksametafosfat) çözeltisi hazırlanır. Bu çözelti, 1 litre suyun içine 40 g NaPO_3 eklenmesiyle oluşturulur ve iyice karıştırılır. 250 ml'lik bir kap içine yerleştirilen kil numunesinin üzerine bu çözeltiden 125 ml eklenir ve iyice karıştırılarak 24 saat boyunca bekletilir. Bu sürenin sonunda içinde 100 ml su bulunan mezür içine dökülür ve sonrasında bu mezürdeki karışım 1000 ml olana kadar su ilave edilir. Sonrasında mezürün ağzı kapatılarak bir süre çalkalanır ve hidrometre karışımın içine yavaş bir şekilde bırakılır. Sonrasında kronometre yardımıyla okuma işlemlerine geçilir [69]. Çizelge 2.8'de deney sonucu elde edilen değerler gösterilmiştir.

Çizelge 2.8. Hidrometre deneyleri sonucu elde edilen değerler [69].

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sıcaklık °C	Geçen süre, t	R_{h1}	$R_h = R_{h1} + C_m$	H_R	D	M_t	$R_h + M_t - X$	Yüzde K

R_{h1} : Menisküsün üst sınırı düzeyindeki hidrometre okuması

t: Çöktürmenin başlamasından sonra geçen süre

D: Eşdeğer dane çapı (mm)

C_m : Menisküs düzeltmesi

M_t : 20°C'de kalibre edilen hidrometreler için verilen sıcaklık düzeltmesi

X: Dağıtma maddesi düzeltmesi

K: Dane yüzdesi

H_R : Hidrometre kalibrasyon eğrisinden alınan değer

2.2.1.3. Atterberg Limit Deneyi

Bu çalışmada, TS 1900-1 [69] standardına göre koni düşürme penetrasyon deneyi, Casagrande yöntemiyle likit limit deneyi ve plastik limit deneyi gerçekleştirilmiştir.

Koni Penetrasyon Deneyi

Bu deneyde, 425 μm 'lik elekten geçen 200 g numune, su ile karıştırılarak 80 g ağırlığındaki koninin kendi ağırlığı ile hazırlanan karışıma 5 ± 1 saniye batması sağlanır. Koni batmadan önce komparatör saatinin referans sıfır okuması yapılır ve sonrasında

deney sonundaki okuma yapılır. İki okuma arasındaki fark koni penetrasyon değeridir. Bu işlemler değişik su mehtevalarında en az üç kez ve penetrasyon miktarlarının 15 mm ile 25 mm arasında değişeceği şekilde yapılmalıdır. 20 mm penetrasyon değerine karşılık gelen su muhtevası, zeminin likit limiti olarak tayin edilir [69]. Şekil 2.3'te bu deneye ait bir görüntüye yer verilmiştir.



Şekil 2.3. Koni penetrasyon deneyine ait bir görüntü.

Casagrande Yöntemi ile Likit Limit Deneyi

Bu deney, 105 °C etüvde 24 saat kurutulan ve 425 μm 'lik elekten geçen numune üzerinde yapılmaktadır. Sonrasında su ile karıştırılan bu numune Casagrande aletine yerleştirilerek deneye başlanır. Casagrande aletinin yüzeyi tabana paralel olarak düzeltilir ve oluk açma bıçağı yardımıyla kap içindeki numune ikiye bölünür. Bu işlem sırasında bıçak, kap yüzeyine dik tutularak bıçağın keskin ucu hareket yönüne bakmalıdır. Bu işlemler sonunda Casagrande aletindeki numunenin ortasında V şeklinde bir oluk açılmış olur. Krank kolu saniyede 2 devir yapacak bir şekilde çevrilerek, ayrılan zeminin, birbirine değdiği ana kadar çevrilir. V şeklindeki olukta bu kapanmayı sağlayan düşüş sayısı

kaydedilir ve eğer düşüş sayısı 20 ile 30 arasında ise deney başarı ile tamamlanmış kabul edilir. Sonrasında numuneden bir miktar alınarak 24 saat boyunca 105 ± 5 °C etüvde bekletilir [69]. Şekil 2.4'te bu deneye ait bir görüntüye yer verilmiştir.

Yaş numune ağırlığı: M_1

Etüvden çıkan kuru numune ağırlığı: M_2

$$\text{Su içeriği: } \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100 \quad (2.2)$$

Bulunan su içerikleri ile düşüş sayıları bir grafik üzerinde gösterilir. Grafikten 25 düşüşe karşılık gelen su içeriği değeri okunur likit limit değeri olarak belirlenir.



Şekil 2.4. Likit limit deneyine ait bir görüntü.

Plastik Limit Deneyi

Bu deney, 40 no'lu yani $425 \mu\text{m}$ 'lik elekten geçen kil numunesi için uygulanmıştır. 20 g numune homojen bir şekil alıp küçük bir top haline gelebilecek plastikliğe ulaşana kadar bir cam plaka üzerinde su ile karıştırılarak yoğurulur. Top şeklindeki numune, 3 mm çapında silindirik bir şekle gelip çatlaklar oluşana kadar el ile yuvarlanır ve 3 mm çapa ulaştığı an numuneden bir miktar alınır ve tartılır. Sonrasında numune, 24 saat boyunca 105 ± 5 °C etüvde bekletilerek yeniden tartılır [69].

Yaş numune ağırlığı: M_1

Etüvden çıkan kuru numune ağırlığı: M_2

Su içeriği: $\frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100$ şeklinde bulunur. (2.3)

2.2.1.4. Lineer Büzülme Deneyi

Bu deney ASTM D427-04 [70] standardında belirtilmiştir. 40 no'lu yani 425 μm 'lik elekten geçen ve etüvde kurutulan kil numunesi üzerinde yapılmıştır. Bu numuneden bir miktar alınarak su ile birlikte likit limit kıvamına gelene kadar karıştırılır. Sonrasında özel rötire kaplarına hava kabarcığı kalmayacak şekilde üç kat halinde yerleştirilerek spatula yardımı ile kenarları düzeltilir. Hazırlanan numune, önce oda sıcaklığında sonrasında ise 105 ± 5 °C'deki etüvde tamamen kurutulur ve numune soğuduktan sonra boyu ölçülür. Bu deneye ait görüntüler Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Lineer büzülme deneyine ait görüntüler.

R: Lineer büzülme

L: Kuruyan numune uzunluğu

L_0 : Başlangıç numunesinin uzunluğu

$R: \frac{L_0 - L}{L_0} \times 100$ olarak bulunur. (2.4)

2.2.1.5. Proktor Deneyi

Bu deney, TS 1900-1 [69] standartlarına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu deneyde kuru bir zemin kütlesi su ile karıştırılarak metal proktor kalıbı içine 3 katman halinde ve her bir katman 30,5 cm yükseklikten düşürülen 2,5 kg kütleli tokmak ile 25 vuruşla sıkıştırılır. Sonrasında çıkarılabilir özellikteki yaka kısmı çıkartılarak metal kalıbın üst yüzeyi düzleştirilir ve bu zemini temsil eden bir numune alınır. Bu işlemler en az 5 defa yapılır. Kuru birim hacim ağırlığa karşı gelen su muhtevası bir grafik üzerinde gösterilir ve grafiğin tepe noktası optimum su muhtevasını verir [69]. Şekil 2.6'da bu deneye ait bir görüntüye yer verilmiştir.

Kalıptan alınan yaş numune kütlesi: M_1

Kalıptan alınan kuru numune kütlesi: M_2

$$\text{Su kütlesi: } M_3 = M_1 - M_2 \quad (2.5)$$

$$\text{Su muhtevası: } (w): (M_3/M_2) \times 100 \quad (2.6)$$

$$\text{Birim hacim ağırlık: } (\gamma_n), (g/cm^3): (Kalıp \text{ içindeki numune}) / (Kalıp hacmi) \quad (2.7)$$

$$\text{Kuru birim hacim ağırlık: } (\gamma_k), (g/cm^3): [\gamma_n / (1 + (w/100))] \quad (2.8)$$



Şekil 2.6. Proktor deneyine ait bir görüntü.

2.2.1.6. Özgöl Ağırlık Deneyi

Bu deney, TS 1900-1 [69] standardına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kil ve kum için ayrı iki set halinde gerçekleştirilmiştir. Bu deneydeki numuneler, 105 ± 5 °C'deki etüvde 24 saat bekletildikten sonra 200 no'lu elek yani 0,075 mm elek açıklığından geçirilir. Bu numuneler daha sonra hazırlanan piknometrelere konularak gerekli ölçümler yapılır [69]. Bu deney, her bir set için üç kere tekrar edilerek ortalama değerleri alınmıştır. Şekil 2.7'de bu deneye ait görüntülere yer verilmiştir.

$$\text{Piknometre şişesi} + \text{su} = M_{pw} \quad (2.9)$$

$$\text{Piknometre şişesi} + \text{su} + \text{numune} = M_{pws} \quad (2.10)$$

$$\text{Numunenin 24 saat sonunda } 105 \text{ °C'deki etüvden çıkarılmış kütlesi} = M_s$$

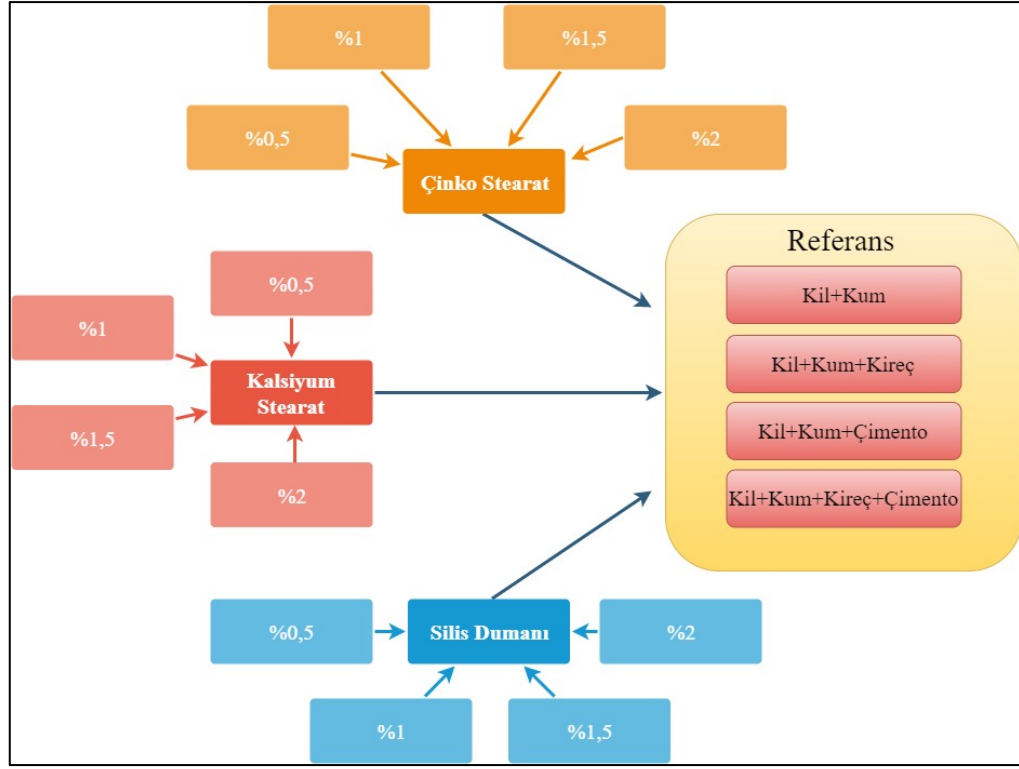
$$\text{Zeminin özgül ağırlığı} = G_s = [M_s / (M_s + M_{pw} - M_{pws})] \quad (2.11)$$



Şekil 2.7. Özgöl ağırlık deneyine ait görüntüler.

2.2.2. Karışım Oranlarının Belirlenmesi

Bu bölümde, bu tez çalışmasında kullanılan sıva karışımlarındaki hammadde oranlarına yer verilmiştir. Şekil 2.8'de sıva karışımlarının üretim şeması gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Sıva karışımlarının üretim şeması.

Şekil 2.8’de belirtilen akış şemasındaki hidroforik malzemelerin yüzdelik oranları, toplam karışım kütlelerine göre yüzde oranlarıdır. 48 adet hidroforik malzeme ilaveli karışım ve 4 adet referans karışım olmak üzere bu çalışmada toplam 52 adet farklı karışım vardır. Tüm karışımlarda kil ve kum kütlece eşit oranda kullanılmıştır. Sadece kireçli veya sadece çimentolu karışımlarda toplam karışım kütlelerinin %5’i oranında kireç veya çimento kullanılmıştır. Kirecin ve çimentonun birlikte kullanıldığı karışımlarda ise toplam karışım kütlelerinin %2,5’i kadar kireç %2,5’i kadar çimento kullanılmıştır.

Yapılan agrega deneyleri ve kıvam deneyleri sonucunda, karışımlarda kullanılan kil kütlelerinin %35’i kadar, kum kütlelerinin %2,38’i kadar, çimento kütlelerinin %50’si kadar, kireç kütlelerinin ise %100’ü kadar su kullanılarak 52 adet sıva karışımının aynı kıvamda olması sağlanmıştır.

Sıva serilerinin kıvamlarının aynı özelliklerde olup olmadığının kontrolü için kıvam deneyleri, numunelerin mekanik dayanım özelliklerinin irdelenebilmesi için basınç ve eğilme dayanımı testleri, numunelerin fiziksel özelliklerinin belirlenebilmesi için kütlece nem kaybı ve birim hacim ağırlık deneyleri, numunelerin hidroforik özelliklerinin araştırılabilmesi için kılcal su emme ve temas açısı deneyleri yapılmıştır.

Bu deneylerin sonuçlarına yer verilirken, tabloların kolaylıkla incelenebilmesi için birtakım kısaltmalar yapılmıştır. Yapılan bu kısaltmalar Çizelge 2.9’da özetlenmiştir.

Çizelge 2.9. Deney sonuçlarında verilen kısaltmalar ve açıklamaları.

İsim	Kısaltma
Referans (kil-kum)	R
Referans (kil-kum-kireç)	K
Referans (kil-kum-çimento)	C
Referans (kil-kum-kireç-çimento)	KC
Silis dumanı	SD
Çinko stearat	ÇS
Kalsiyum stearat	KS
Kütlece %0,5 hidrofobik malzeme	0,5
Kütlece %1 hidrofobik malzeme	1
Kütlece %1,5 hidrofobik malzeme	1,5
Kütlece %2 hidrofobik malzeme	2

Üretilen sıva serilerinin karışım oranlarının 1 litredeki değerleri Çizelge 2.10’da verilmiştir.

Çizelge 2.10. Sıva serilerindeki bileşenlerin 1 litredeki oranları.

	Kil	Kum	Kireç	Çim.	SD	ÇS	KS	Su
R	0,339	0,332						0,329
0,5 SD-R	0,337	0,331			0,004			0,328
1 SD-R	0,336	0,329			0,009			0,326
1,5 SD-R	0,334	0,328			0,013			0,325
2 SD-R	0,333	0,327			0,017			0,324
0,5 ÇS-R	0,335	0,329				0,009		0,326
1 ÇS-R	0,332	0,326				0,019		0,323
1,5 ÇS-R	0,329	0,323				0,028		0,320
2 ÇS-R	0,326	0,320				0,037		0,317
0,5 KS-R	0,335	0,329					0,009	0,326
1 KS-R	0,332	0,326					0,018	0,323
1,5 KS-R	0,329	0,323					0,028	0,320
2 KS-R	0,326	0,320					0,037	0,317
K	0,291	0,285	0,042					0,382
0,5 SD-K	0,289	0,284	0,042		0,004			0,381

Çizelge 2.10 (devam). Sıva serilerindeki bileşenlerin 1 litredeki oranları.

	Kil	Kum	Kireç	Çim.	SD	ÇS	KS	Su
1 SD-K	0,288	0,282	0,042		0,008			0,380
1,5 SD-K	0,287	0,281	0,042		0,012			0,379
2 SD-K	0,285	0,280	0,042		0,016			0,377
0,5 ÇS-K	0,288	0,282	0,041			0,009		0,379
1 ÇS-K	0,285	0,280	0,041			0,018		0,376
1,5 ÇS-K	0,282	0,277	0,041			0,027		0,373
2 ÇS-K	0,279	0,274	0,041			0,036		0,370
0,5 KS-K	0,288	0,283	0,041				0,009	0,379
1 KS-K	0,285	0,280	0,041				0,018	0,376
1,5 KS-K	0,282	0,277	0,041				0,026	0,373
2 KS-K	0,280	0,274	0,041				0,035	0,370
C	0,310	0,304		0,033				0,353
0,5 SD-C	0,308	0,303		0,033	0,004			0,352
1 SD-C	0,307	0,301		0,033	0,008			0,350
1,5 SD-C	0,305	0,300		0,033	0,013			0,349
2 SD-C	0,304	0,298		0,033	0,017			0,347
0,5 ÇS-C	0,307	0,301		0,033		0,009		0,350
1 ÇS-C	0,304	0,298		0,033		0,019		0,347
1,5 ÇS-C	0,301	0,295		0,033		0,028		0,343
2 ÇS-C	0,298	0,292		0,033		0,037		0,340
0,5 KS-C	0,307	0,301		0,033			0,009	0,350
1 KS-C	0,304	0,298		0,033			0,018	0,347
1,5 KS-C	0,301	0,295		0,033			0,027	0,344
2 KS-C	0,298	0,292		0,033			0,036	0,341
KC	0,300	0,294	0,021	0,016				0,368
0,5 SD-KC	0,299	0,293	0,021	0,016	0,004			0,367
1 SD-KC	0,297	0,292	0,021	0,016	0,008			0,365
1,5 SD-KC	0,296	0,290	0,021	0,016	0,012			0,364
2 SD-KC	0,294	0,289	0,021	0,016	0,017			0,363
0,5 ÇS-KC	0,297	0,292	0,021	0,016		0,009		0,365
1 ÇS-KC	0,294	0,289	0,021	0,016		0,018		0,362
1,5 ÇS-KC	0,291	0,286	0,021	0,016		0,027		0,358
2 ÇS-KC	0,288	0,283	0,021	0,016		0,036		0,355
0,5 KS-KC	0,297	0,292	0,021	0,016			0,009	0,365
1 KS-KC	0,294	0,289	0,021	0,016			0,018	0,362
1,5 KS-KC	0,291	0,286	0,021	0,016			0,027	0,359
2 KS-KC	0,289	0,283	0,021	0,016			0,036	0,356

2.2.3. Sıva Deneyleri

Bu bölümde, oluşturulan sıva karışımlarının kıvam uygunluk deneyi, tahribatlı ve tahribatsız deneyler ile kil sıvaların durabiliteleri hakkında bilgi edinmek için hidrofobik

özelliklerinin araştırıldığı deneylere yer verilmiştir. Tüm sıva deneyleri, sıva karışımları oluşturulduktan 14 gün sonra yapılmıştır.

2.2.3.1. Kıvam Deneyi

Bu deney, TS EN 1015-3 [71]'te belirtilen standartlara uygun olarak yayılma tablası üzerinde serbest düşürme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Sıva karışımı kalıba iki eşit tabaka olacak şekilde doldurulur ve iki katman da sıkıştırma çubuğu ile 10 kez tokmaklanarak sıkıştırılır. Bazı durumlarda kalıbın tamamen dolması için üst tabakaya ilave yapılır ve üst yüzey sıyrılarak temizlenir. Bu işlemden 30 saniye sonra kalıp, 3 ile 6 saniye arası bir sürede yukarı doğru çekilerek alınır ve yayılma tablasına 15 düşürme yaptırılır. Yayılan karışım bir kumpas yardımıyla iki dik doğrultudan ölçülerek bu iki değer aritmetik ortalaması alınmıştır. Şekil 2.9'da bu deneye ait görüntülere yer verilmiştir.



Şekil 2.9. Yayılma tablası deneyine ait görüntüler.

2.2.3.2. Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney, TS EN 196-1 [72]'de belirtilen özelliklere uygun olarak yapılmıştır. Numuneler, 50x50x50 mm'lik kalıplarda hazırlanmıştır. Çimentolu karışımlar hazırlandıktan sonra bir gün oda koşullarında kalıpta bekletilmiş ve kırımdan bir gün önce 60 °C etüvde bekletilerek 14. günde basınç dayanımı testine tabi tutulmuşlardır. Çimentosuz karışımlar ise hazırlandıktan sonra bir gün oda koşullarında kalıpta

bekletilmiş ve 24 saat 60 °C etüvde kurutularak 14. günde basınç dayanımı testine tabi tutulmuşlardır. Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de bu deneye ait görüntülere yer verilmiştir.



Şekil 2.10. Basınç dayanımı testinde numuneler kırılmadan önceki görüntüler.



Şekil 2.11. Basınç dayanımı testinde numuneler kırıldıktan sonraki görüntüler.

2.2.3.3. Eğilme Dayanımı Deneyi

Bu deney, TS EN 12390-5 [73]’te belirtilen özelliklere uygun olarak yapılmıştır. Numuneler, 40x40x160 mm’lik kalıplarda hazırlanmıştır. Çimentolu karışımlar hazırlandıktan sonra bir gün oda koşullarında kalıpta bekletilmiş ve kırımdan bir gün önce 60 °C etüvde bekletilerek 14. günde eğilme dayanımı testine tabi tutulmuşlardır. Çimentosuz karışımlar ise hazırlandıktan sonra bir gün oda koşullarında kalıpta

bekletilmiş ve 24 saat 60 °C etüvde kurutularak 14. günde eğilme dayanımı testine tabi tutulmuşlardır. Şekil 2.12 ve Şekil 2.13'te bu deneye ait görüntülere yer verilmiştir.



Şekil 2.12. Eğilme dayanımı testinde numuneler kırılmadan önceki görüntüler.



Şekil 2.13. Eğilme dayanımı testinde numuneler kırıldıktan sonraki görüntüler.

2.2.3.4. Kütlece Nem Kaybı Deneyi

Bu deney, TS 1900-1 [69] standardına uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Kalıplara

yerleştirildiğinde kütleleri ölçülen sıva numunelerinin etüvden çıktıktan sonra kaybettikleri nem oranlarını bulmak için yapılmıştır. Bir hassas terazi yardımıyla ölçümleri yapılan numunelerin nem kayıpları karşılaştırılmıştır. Şekil 2.14’te bu deneye ait bir görüntüye yer verilmiştir.



Şekil 2.14. Kütlece nem kaybının bulunması deneyine ait bir görüntü.

2.2.3.5. Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Bu deney, hazırlanan sıva karışımlarının hem taze haldeki hem de sertleşmiş haldeki birim hacim ağırlıklarını bulmak için yapılmıştır. Taze sıvanın birim hacim ağırlığı, TS EN 12350-6 [74] standardına göre yapılmıştır. Sertleşmiş sıvanın birim hacim ağırlığı ise TS EN 12390-7 [75] standardına göre yapılmıştır. Şekil 2.15’te bu deneye ait görüntülere yer verilmiştir.

Taze haldeki birim hacim ağırlık bulunurken, sıva karışımı, kalıplara üç tabaka halinde ve her tabakada sıkıştırılarak yerleştirildikten sonra kalıbın üst yüzeyi sıyrılarak temizlenir. Sonrasında kalıp ile birlikte tartılır ve kalıbın darası çıkartılarak bulunan kütle kalıp hacmine bölünür.

Sertleşmiş haldeki birim hacim ağırlık bulunurken, 60 °C etüvde 24 saat bekletilerek kurutulan sıva numunesi oda sıcaklığına gelene kadar soğutularak bir kumpas ve hassas terazi yardımıyla ölçülür. Bulunan kütle, numune hacmine bölünerek sertleşmiş haldeki birim hacim ağırlık bulunur.

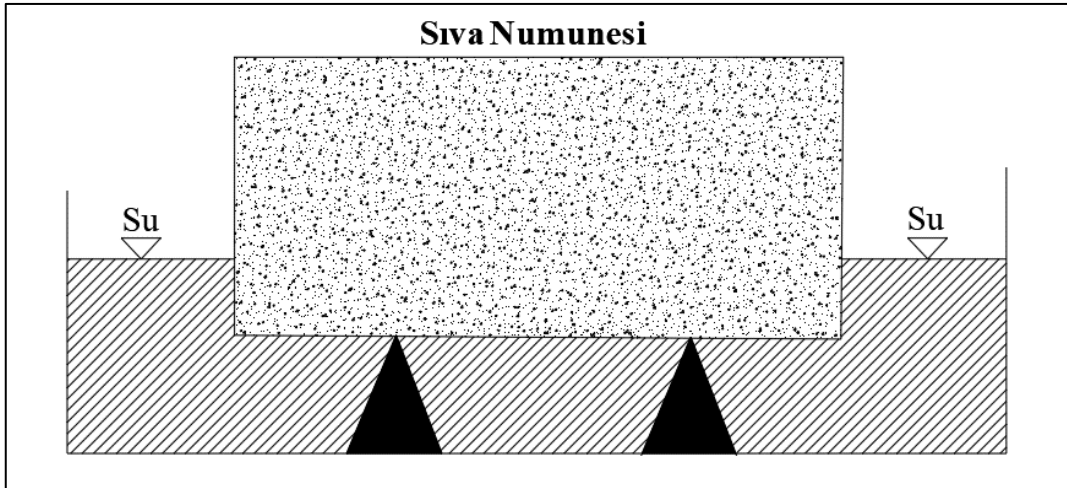
$$\text{Birim hacim ağırlık} = \frac{\text{Kütle}}{\text{Hacim}}, g/cm^3 \quad (2.12)$$



Şekil 2.15. Birim hacim ağırlık deneyine ait görüntüler.

2.2.3.6. Kılcal Su Emme Deneyi

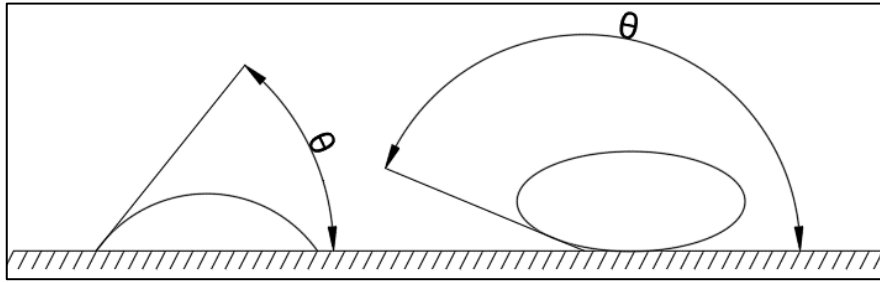
Bu deney, kuru haldeki sıva numunelerinin zamana bağlı kılcal su emme kapasitelerini araştırmak için yapılmıştır. Bu deney, TS EN 1925 [76] standardına uygun olarak yapılmıştır. Sıva numunesinin düzgün boyutlarda olması sağlanarak, sadece numune tabanından su emmesi için yan yüzeyleri parafinle kaplanarak suya dirençli bir hale getirilmiştir. Bu işlemden sonra numunenin ağırlığı tartılarak kaydedilmiştir. Sonrasında numuneler, tabanlarını ıslatacak kadar su ile dolu olan bir kabın içine konularak ölçümler yapılmıştır. Deney sonucunda her bir okuma anındaki değerden başlangıç değerleri çıkarılıp zamana bağlı bir grafik üzerinde gösterildiği zaman kapilarite katsayısı elde edilir. Bu deneye ait görsele Şekil 2.16’da yer verilmiştir.



Şekil 2.16. Kılcal su emme deneyine ait görsel.

2.2.3.7. Temas Açısı Deneyi

Hidrofobik yani su itici yüzeyler, gelen su damlasının küre şekli almasına sebep olurken, hidrofilik yani suya bağlanma özelliği olan yüzeyler ise gelen su damlasını yüzeylerinde tutarak damlanın yayılmasına sebep olurlar. Bir malzemenin yüzeyinin su damlası ile yaptığı temas açısı, 0-90 derece aralığında ise o yüzeylere hidrofilik yüzeyler, 90-180 derece aralığında ise o yüzeylere hidrofobik yüzeyler denir [77]. Şekil 2.17’de hidrofobik ve hidrofilik yüzeylerde su damlasının yapmış olduğu temas açıları gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Su damlasının yüzeylerle yapmış olduğu açılar.

Bu deney, ASTM C813-90 [78] standardında tarif edilmiştir. Bu çalışmada, hazırlanmış olan kuru sıva numuneleri üzerine su damlası düşürülmüş ve bir kamera yardımıyla kaydedilmiştir. Sonrasında sıva yüzeylerinin hidrofobik özellikleri incelenmiştir. Bu deneye ait görsellere, Şekil 2.18’de yer verilmiştir.



Şekil 2.18. Temas açısı deneyine ait görseller.

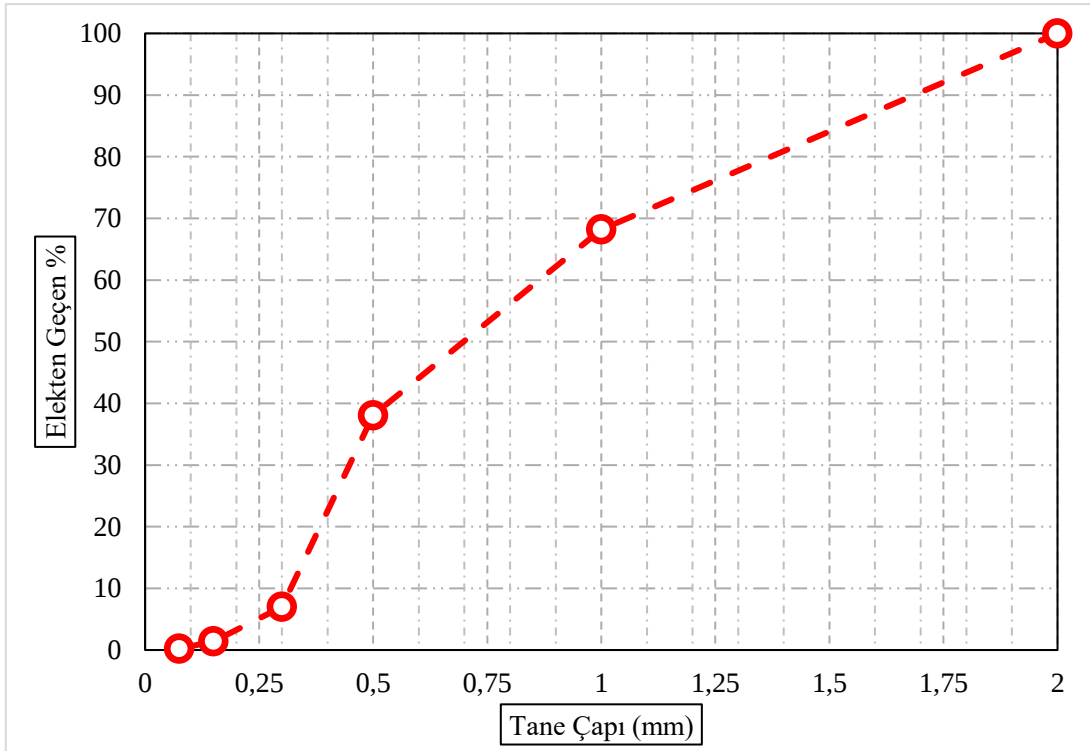
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. AGREGA ve KİL DENEYLERİ

Bu bölümde, bu çalışmada kullanılan agrega ve kilin özelliklerinin daha iyi belirlenebilmesi için yapılan deneylerin sonuçlarına yer verilmiştir.

3.1.1. Elek Analizi Sonuçları

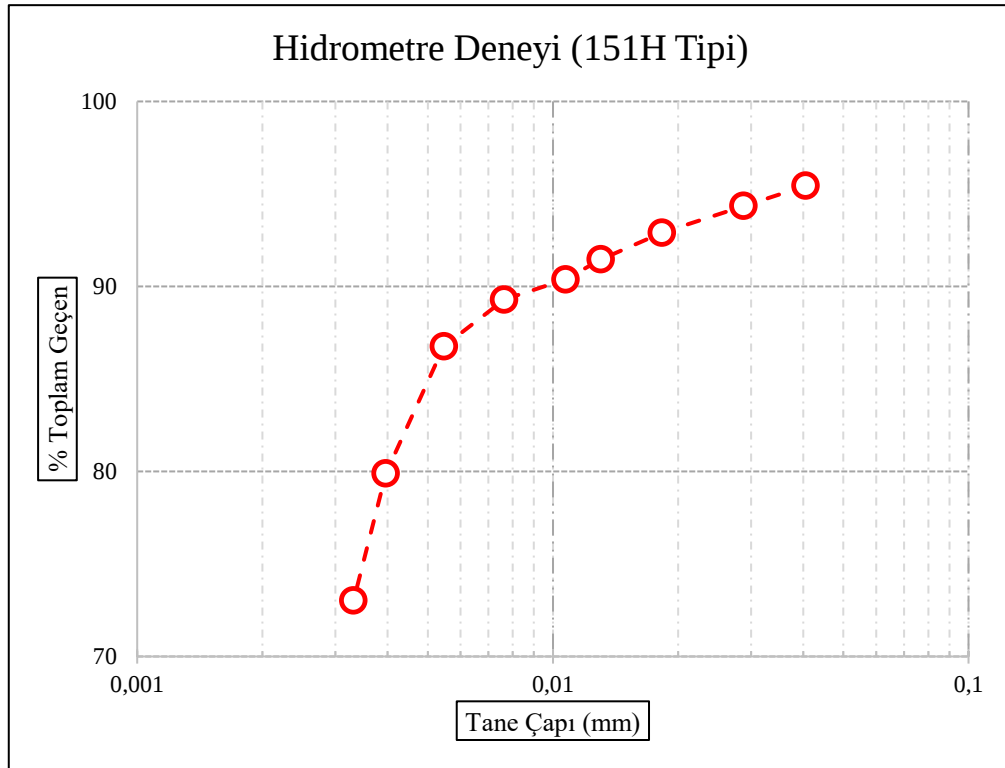
Bu çalışmada kullanılan kum numunesinin elek analizi, Şekil 3.1’de verilmiştir. Şekil incelendiğinde bu tez çalışmasında kullanılan kumlu zeminin elek analizi sonucunda tamamının 2 mm’nin altında olduğu görülmektedir.



Şekil 3.1. Kum numunesinin granülometrisi.

3.1.2. Hidrometre Deneyi Sonuçları

Hidrometre deneyi, bu çalışmada kullanılan kilin tane boyutu dağılımının belirlenebilmesi amacıyla yapılmıştır. Hidrometre deneyinin sonuçları Şekil 3.2’de gösterilmiştir ve bu tez çalışmasında kullanılan killi zeminin hidrometre deneyi sonucunda %90’ından fazlasının 2 mikronun altında olduğu görülmektedir.



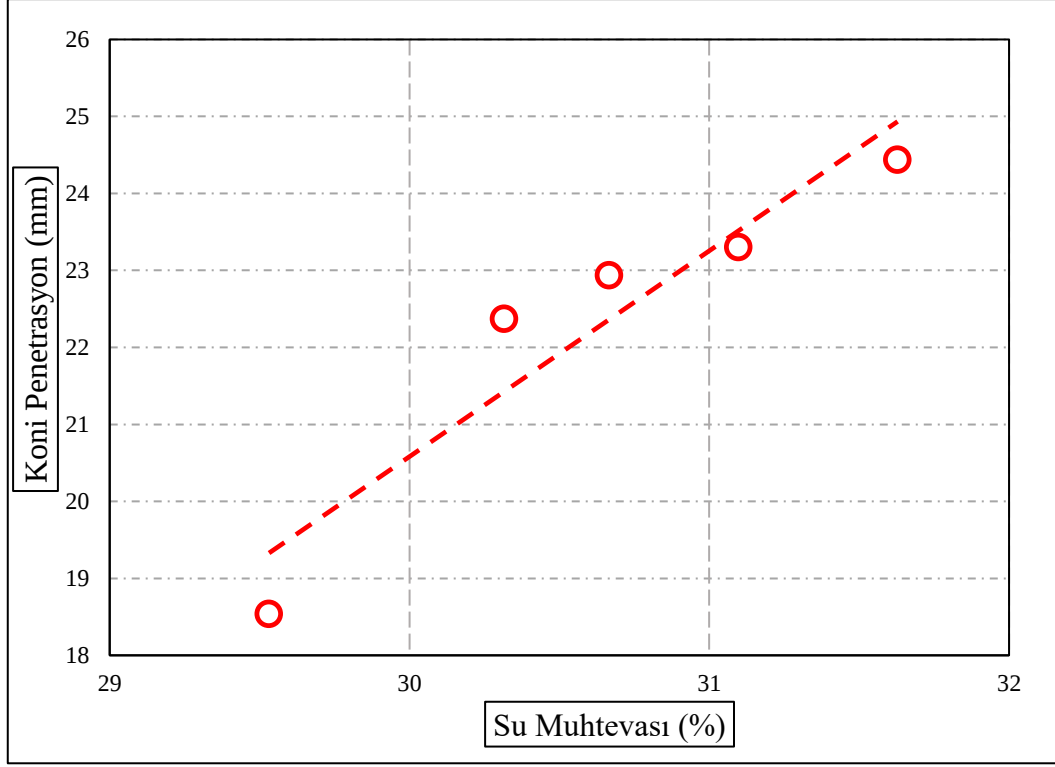
Şekil 3.2. Hidrometre deneyi sonuçları.

3.1.3. Atterberg Limit Deneyi Sonuçları

Bu bölümde, kil numunesine uygulanan Atterberg limit deneylerinin sonuçları verilmiştir.

3.1.3.1. Koni Penetrasyon Deneyi Sonuçları

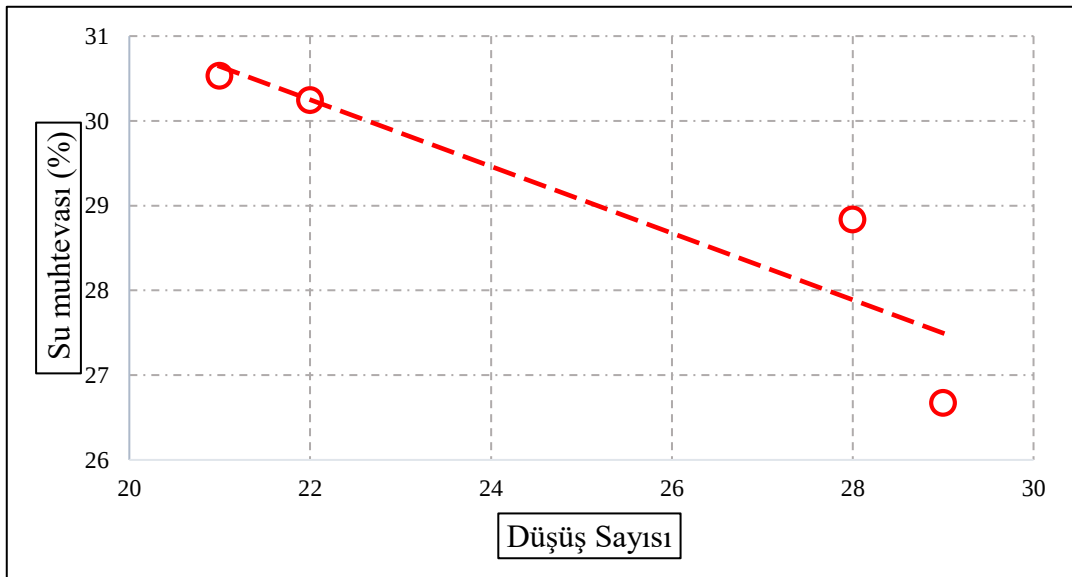
Koni penetrasyon deneyinin sonuçları, Şekil 3.3’te verilmiştir. Grafikten, 20 mm batmaya karşılık gelen kilin su muhtevası %29,78 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Koni penetrasyon deneyinin sonuçları.

3.1.3.2. Casagrande Yöntemi ile Likit Limit Deneyi Sonuçları

Casagrande yöntemi ile likit limit deneyinin sonuçları, Şekil 3.4'te verilmiştir. Grafikten elde edilen 25 düşüş sayısına denk gelen su içeriği, likit limit değeri olarak belirlenmiştir. Bu değer %29,07 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.4. Çarpmalı cihaz ile likit limit deneyi sonuçları.

3.1.3.3. Plastik Limit Deneyi Sonuçları

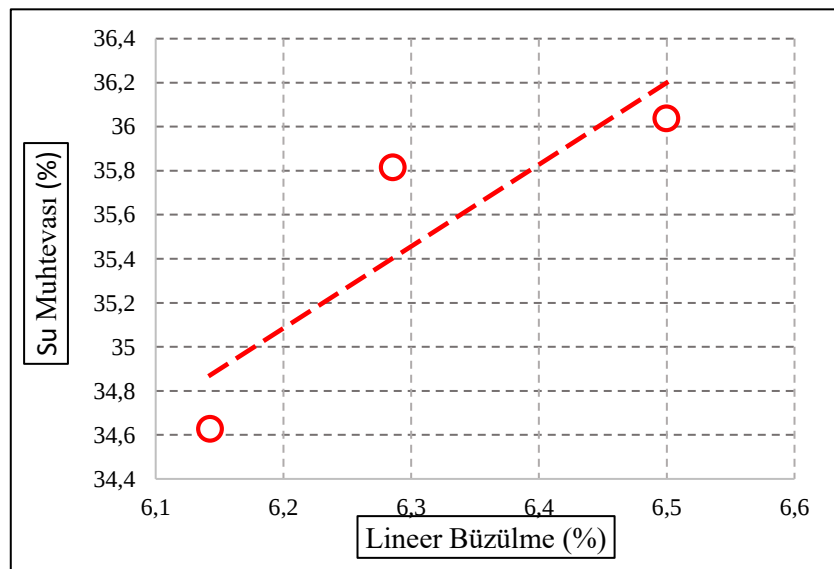
Plastik limit deneyinden elde edilen sonuçlar, Çizelge 3.1’de verilmiştir. Bu deneyden elde edilen sonuçlara göre kilin plastik limiti %21,65 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.1. Plastik limit deneyi sonuçları.

Deney Numarası	1	2
Kap numarası	1	2
Kap (m_1) (g)	9,92	9,72
Kap + yaş zemin (m_2) (g)	10,75	10,69
Kap + kuru zemin (m_3) (g)	10,6	10,52
Su ($m_2 - m_3$) (g)	0,15	0,17
Kuru zemin ($m_3 - m_1$) (g)	0,68	0,8
Su muhtevası, W (%) = $(m_2 - m_3) / (m_3 - m_1) \times 100$	22,06	21,25
Plastik Limit Değeri (%)	21,65	

3.1.4. Lineer Büzülme Deneyi Sonuçları

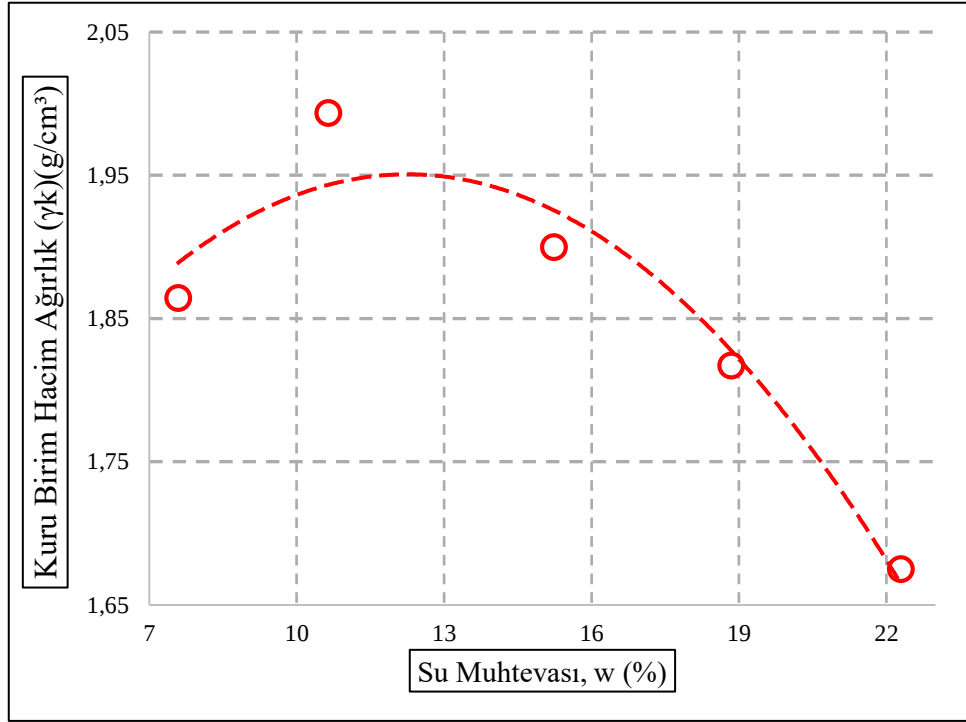
Lineer büzülme deneyi ile ilgili sonuçlar, değişen su muhtevası oranlarına karşılık kilin yaptığı büzülme oranları olarak Şekil 3.5’te verilmiştir. En yüksek büzülme oranı, %36,03 su muhtevasına sahip numunede yaklaşık %6,5 gözlenmiştir. En düşük büzülme oranı %34,62 su muhtevasına sahip numunede yaklaşık %6,14 gözlenmiştir.



Şekil 3.5. Lineer büzülme deneyine ait sonuçlar.

3.1.5. Proktor Deneyi Sonuçları

Şekil 3.6’da gösterilen proktor deneyi sonucunda optimum su muhtevası %12,42 ve en büyük kuru birim hacim ağırlık ise 1,956 g/cm³ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.6. Proktor deneyine ait sonuçlar.

3.1.6. Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları

3.1.6.1. Kil Numunesinin Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları

Kil numunesine uygulanan özgül ağırlık deneyi sonuçları, Çizelge 3.2’de gösterilmiştir. Deneylerin ortalaması alındığında kullanılan kilin özgül ağırlığı 2,60 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.2. Kilin özgül ağırlık deneyi sonuçları.

Piknometre Numarası	1	2	3
Piknometre + su (Mpw) g	91,59	92,49	88,81
Piknometre + numune + su (Mpws) g	105,54	105,68	102,29
Numune etüv kuru su (Ms) g	22,57	21,35	22,08
Özgül Ağırlık $G_s = [Ms / (Ms + Mpw - Mpws)]$	2,618	2,616	2,567
Zeminin Özgül Ağırlığı (Gs)	2,60		

3.1.6.2. Kum Numunesinin Özgül Ağırlık Deneyi Sonuçları

Kum numunesine uygulanan özgül ağırlık deneyi sonuçları, Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. Deneylerin ortalaması alındığında kumun özgül ağırlığı 2,65 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Kumun özgül ağırlık deneyi sonuçları.

Piknometre Numarası	1	2	3
Piknometre + su (Mp _w) g	151,77	155,27	194,74
Piknometre + numune + su (Mp _{ws}) g	182,06	184,68	194,74
Numune etüv kuru (M _s) g	48,78	47,18	64,41
Özgül Ağırlık $G_s = [M_s / (M_s + M_{pw} - M_{pws})]$	2,638	2,655	2,657
Zeminin Özgül Ağırlığı (G _s)	2,65		

3.2. SIVA DENEYLERİ

Bu bölümde, bu tez çalışması kapsamında üretilen sıva numunelerinin özelliklerinin daha iyi bir şekilde irdelenebilmesi için yapılan deneylerin sonuçlarına yer verilmiştir.

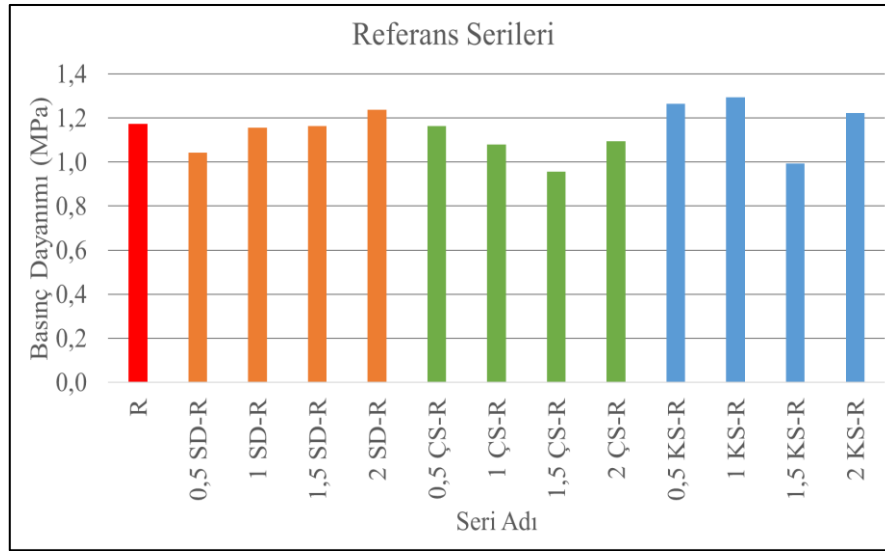
3.2.1. Kıvam Deneyi Sonuçları

Oluşturulan tüm numunelerin kıvam deneyi sonuçlarının önceden belirlenen 110 ± 5 mm sınırları içinde olması istenmiştir. Böylelikle oluşturulan 52 adet sıva karışımının kıvamlarının belirlenen değerde olması sağlanarak diğer sıva deneylerinin sonuçları üzerinde sıva kıvamının etkisi en aza indirgenmiştir.

3.2.2. Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

3.2.2.1. Referans Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları

Yalnızca kil ve kum bileşenleri ile hazırlanan referans serilerine ait (toplam 13 seri kil sıva numunesi) basınç dayanımı sonuçları Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Referans serileri basınç dayanımı sonuçları.

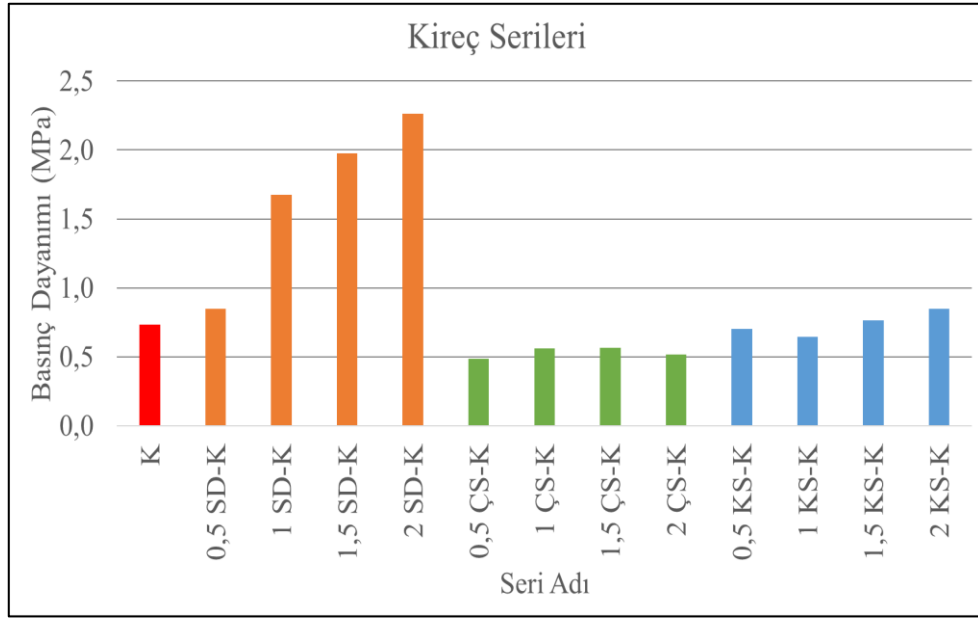
Yalnızca kil ve kum içeren referans serilerine ait basınç dayanımı sonuçlarına göre;

- Ağırlıkça %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranlarında silis dumanı eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %11.08, %1.42, %0.85 azalma ve %5.4 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %0.85, %7.95, %18.47 ve %6.82 azalmalar gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %7,67, %10.23 artma, %15.31 azalma ve %4.2 artma gözlenmiştir.

Şekil 3.7’den görüldüğü üzere en yüksek basınç dayanımı %1 kalsiyum stearat kullanılan numunede (1,293 MPa) ve en düşük basınç dayanımı %1,5 çinko stearat kullanılan numunede (0,96 MPa) elde edilmiştir.

3.2.2.2. Kireç Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları

Kil, kum ve kireç bileşenleri ile oluşturulan kireç serilerine ait basınç dayanımı sonuçları Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8. Kireç serilerinin basınç dayanımı sonuçları.

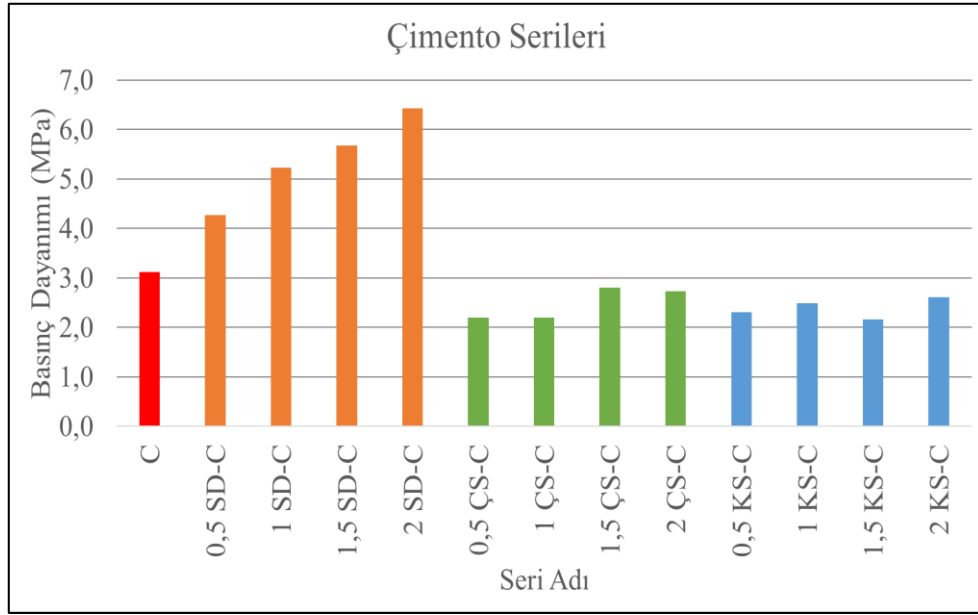
Kil, kum ve %5 kireç içeren serilere ait basınç dayanımı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %15.45, %128.64, %169.55 ve %208.64 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %33.64, %23.64, %23.18 ve %29.55 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %4.09, %11.86 azalma ve %3.9, %15.46 artma gözlenmiştir.

Şekil 3.8’den görüldüğü üzere en yüksek basınç dayanımı %2 silis dumanı kullanılan numunede (2,26 MPa) ve en düşük basınç dayanımı %0,5 çinko stearat kullanılan numunede (0,49 MPa) elde edilmiştir.

3.2.2.3. Çimento Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları

Kil, kum ve çimento bileşenleri içeren sıva numunelerine ait basınç dayanımı sonuçları Şekil 3.9’da belirtilmiştir.



Şekil 3.9. Çimento serilerinin basınç dayanımı sonuçları.

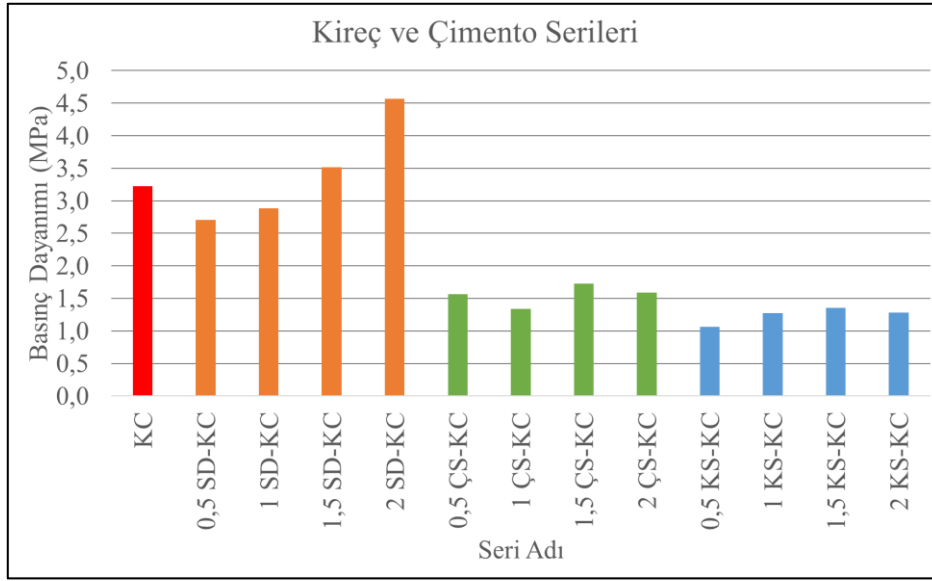
Kil kum ve %5 çimento içeren serilere ait basınç dayanımı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %36.86, %67.52, %81.84 ve %105.88 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %29.59, %29.7, %10.26 ve %12.39 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %25.96, %20.15, %30.79 ve %16.45 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.9’da görüldüğü üzere en yüksek basınç dayanımı %2 silis dumanı kullanılan numunede (6,42 MPa) ve en düşük basınç dayanımı %1,5 kalsiyum stearat kullanılan numunede (2,16 MPa) elde edilmiştir.

3.2.2.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Basınç Dayanımı Sonuçları

Kil, kum, çimento ve kireç bileşenleri içeren sıva numunelerine ait basınç dayanımı sonuçları Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Kireç ve çimento serilerinin basınç dayanımı sonuçları.

Kil, kum, %2,5 kireç ve %2,5 çimento içeren serilere ait basınç dayanımı sonuçlarına göre;

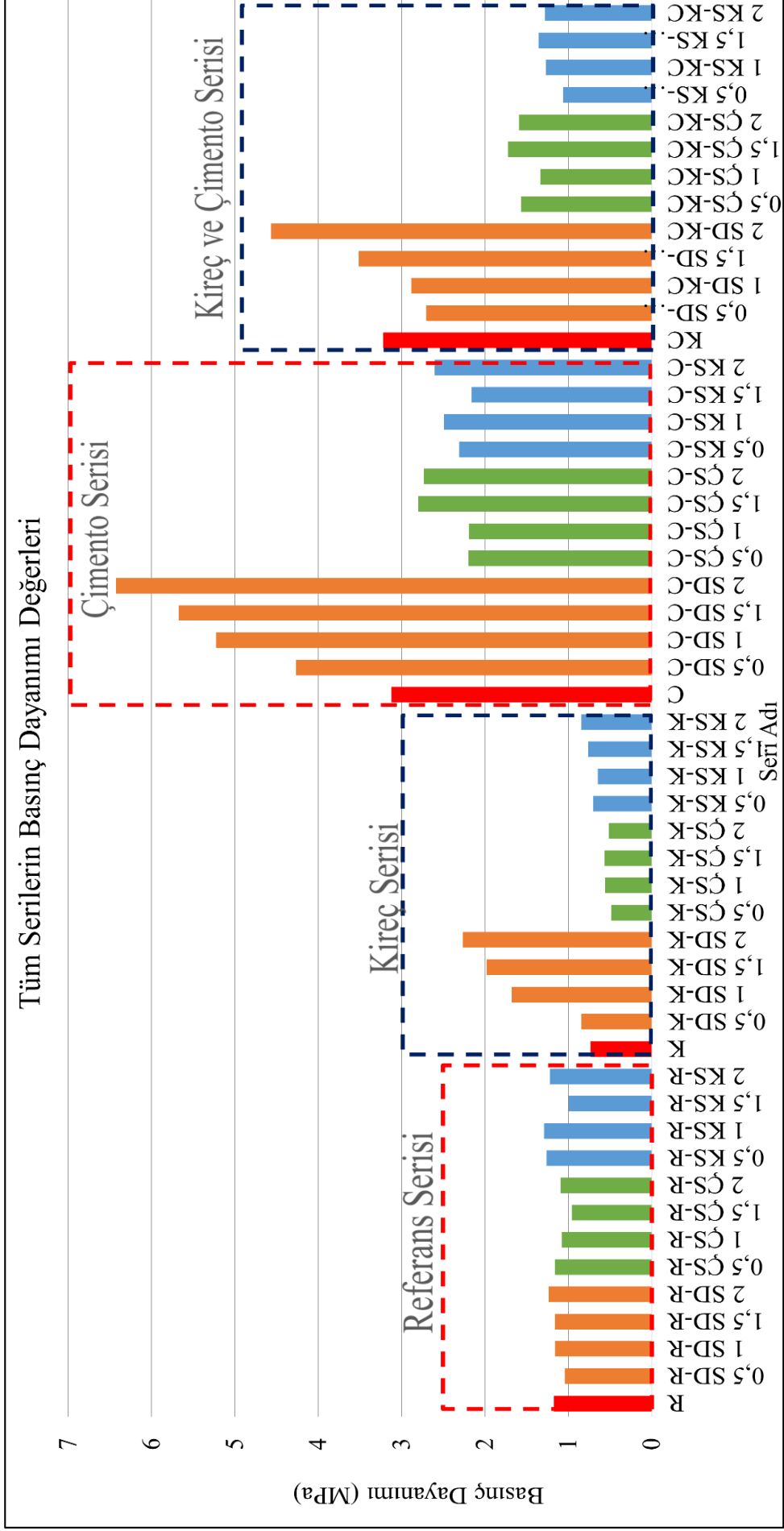
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %16.03, %10.55 azalma ve %9.1, %41.68 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %51.4, %58.53, %46.54 ve %50.57 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle basınç dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %67.11, %60.59, %57.91 ve %60.24 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.10'da görüldüğü üzere en yüksek basınç dayanımı %2 silis dumanı kullanılan numunede (4,57 MPa) ve en düşük basınç dayanımı %0,5 kalsiyum stearat kullanılan numunede (1,06 MPa) elde edilmiştir.

3.2.2.5. Basınç Dayanımı Açısından Tüm Serilerin Karşılaştırılması

Referans, kireç, çimento serileri ile kireç ve çimento içeren serilerin basınç dayanımı sonuçları Şekil 3.11’de verilmiştir. Tüm serilere ait basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde silis dumanının olumlu etkisinin olduğu gözlenmiştir. Silis dumanının ince yapısı nedeniyle numunelerin doluluğunu artırdığı, böylece basınç dayanımına da katkı sağladığı düşünülmektedir. Ayrıca silis dumanının puzolanik özelliği nedeniyle de referans numunelerin basınç dayanımlarındaki artışa neden olmaktadır. Özellikle kireç ve çimento içeren serilerde silis dumanının basınç dayanımına katkısı çok net olarak gözlenmektedir. Hidrofobik malzemelerin ise genel olarak basınç dayanımı değerlerine olumlu katkılarının olmadığı anlaşılmaktadır. Hidrofobik malzemelerin özellikle yalnızca kil ve kum içeren geleneksel kil sıvalar dışında çimento ve kireç içeren sıva numunelerinin basınç dayanımı değerlerini azalttığı anlaşılmaktadır.

Literatürde, silis dumanının %10-15 oranına kadar betonda kullanımının betonun basınç dayanımını arttırdığı bildirilmiştir [49]. Kalsiyum stearatın betonda kullanımının basınç dayanımını olumsuz etkilediği bildirilmiştir [50]. Çinko stearatın sıvalarda kullanımının sıvaların basınç dayanımını olumsuz etkilediği bildirilmiştir [62]. Kalsiyum stearat ve çinko stearatın betonda kullanımının %1,5-2 oranında en iyi basınç dayanımı sonucunu verdiği bildirilmiştir [51].

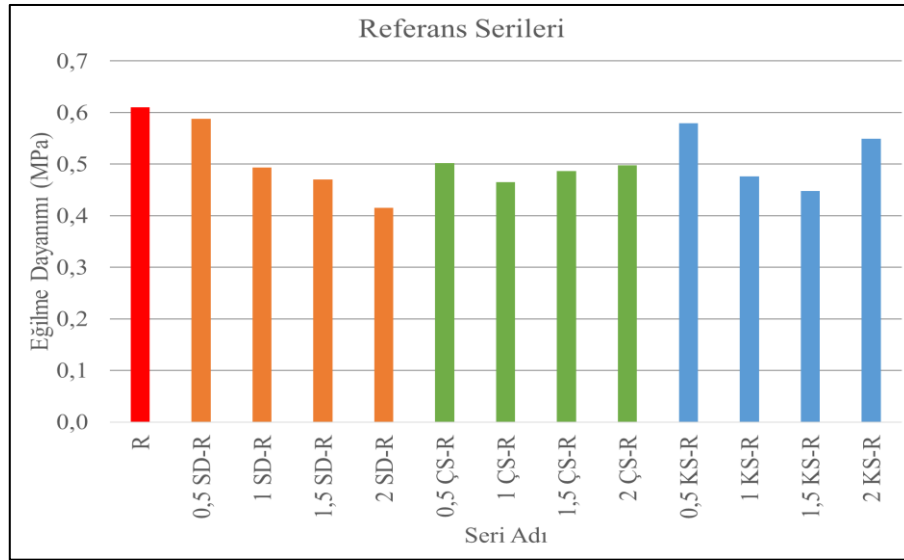


Şekil 3.11. Tüm serilerin basınç dayanımı sonuçları.

3.2.3. Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

3.2.3.1. Referans Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları

Yalnızca kil ve kum bileşenleri içeren sıva numunelerine hidrofobik malzemelerin ilavesi ile oluşan serilerin eğilme dayanımı sonuçları Şekil 3.12’de belirtilmiştir.



Şekil 3.12. Referans serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.

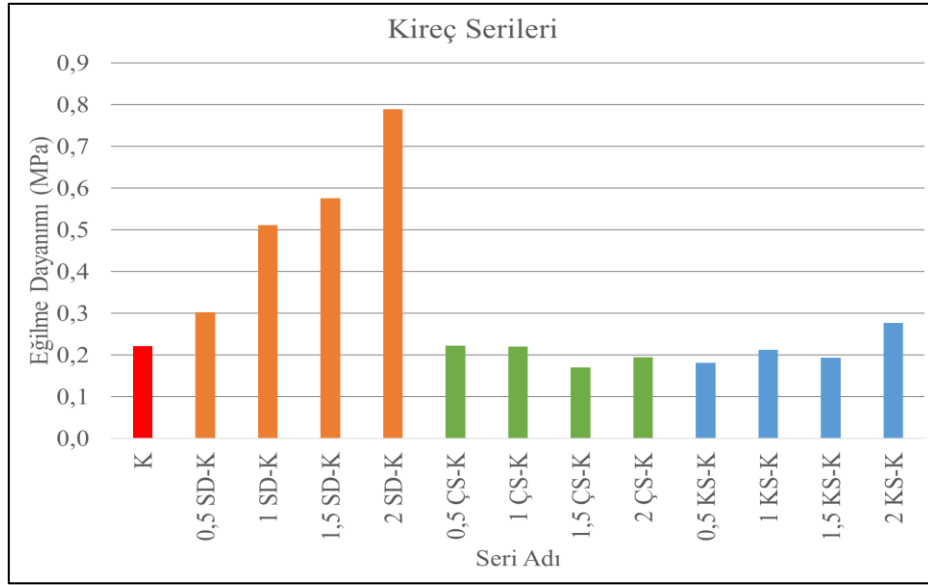
Yalnızca kil ve kum içeren referans serilerine ait eğilme dayanımı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %3.66, %19.07, %22.84 ve %31.96 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %17.76, %23.72, %20.22 ve %18.47 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %5.06, %21.93, %26.54 ve %9.94 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.12’den görüldüğü üzere en yüksek eğilme dayanımı değeri referans numunede (0,61 MPa) ve en düşük eğilme dayanımı değeri %2 silis dumanı kullanılan numunede (0,41 MPa) elde edilmiştir.

3.2.3.2. Kireç Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları

Kil, kum ve kireç bileşenleri içeren sıva numunelerine ait eğilme dayanımı sonuçları Şekil 3.13'te belirtilmiştir.



Şekil 3.13. Kireç serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.

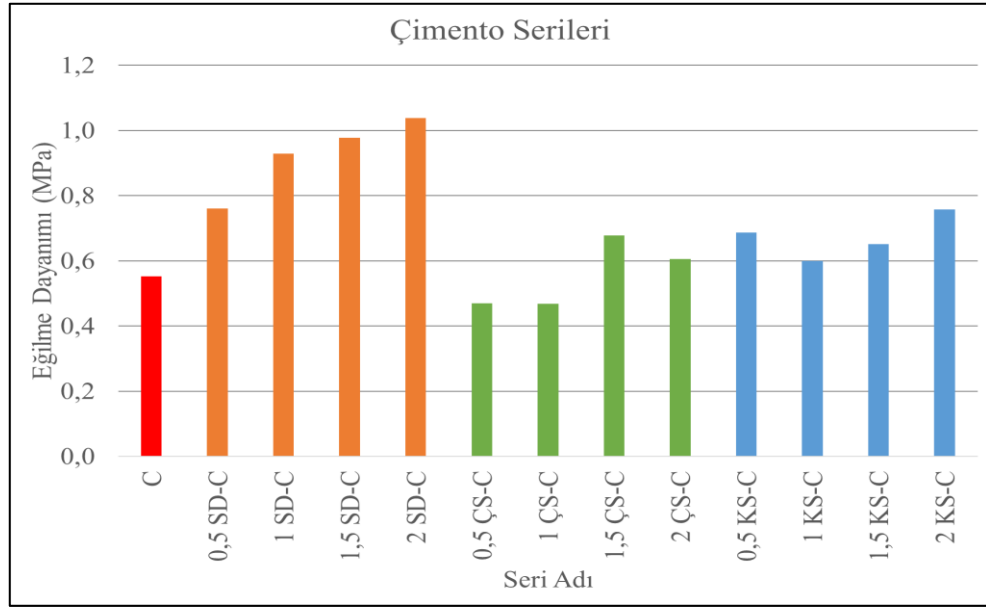
Kil, kum ve %5 kireç içeren serilere ait eğilme dayanımı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %37.01, %131.57, %160.73 ve %257.7 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %0.76 artma ve %0.15, %22.81, %11.63 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %18.11, %3.88, %12.48 azalma ve %25.33 artma gözlenmiştir.

Şekil 3.13'ten görüldüğü üzere en yüksek eğilme dayanımı değeri %2 silis dumanı kullanılan numunede (0,79 MPa) ve en düşük eğilme dayanımı değeri %1,5 çinko stearat kullanılan numunede (0,17 MPa) elde edilmiştir.

3.2.3.3. Çimento Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları

Kil, kum ve çimento bileşenleri ile oluşturulan sıva numunelerine ait eğilme dayanımı sonuçları Şekil 3.14'te belirtilmiştir.



Şekil 3.14. Çimento serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.

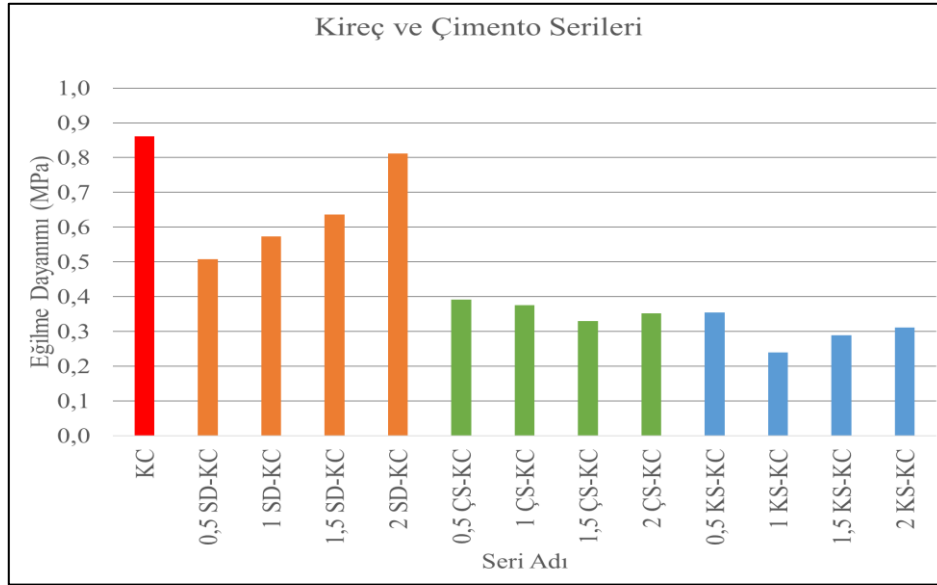
Kil kum ve %5 çimento içeren serilere ait eğilme dayanımı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %37.7, %67.91, %76.96 ve %87.7 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %15.08, %15.38 azalma ve %22.62, %9.47 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %24.26, %8.48, %17.94 ve %37.15 artma gözlenmiştir.

Şekil 3.14'ten görüldüğü üzere en yüksek eğilme dayanımı değeri %2 silis dumanı kullanılan numunede (1,04 MPa) ve en düşük eğilme dayanımı değeri %1 çinko stearat kullanılan numunede (0,47 MPa) elde edilmiştir.

3.2.3.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Eğilme Dayanımı Sonuçları

Kil, kum, kireç ve çimento bileşenleriyle oluşturulan sıva numunelerine ait eğilme dayanımı değerleri Şekil 3.15'te belirtilmiştir.



Şekil 3.15. Kireç ve çimento serilerinin eğilme dayanımı sonuçları.

Kil, kum, %2,5 kireç ve %2,5 çimento içeren serilere ait eğilme dayanımı sonuçlarına göre;

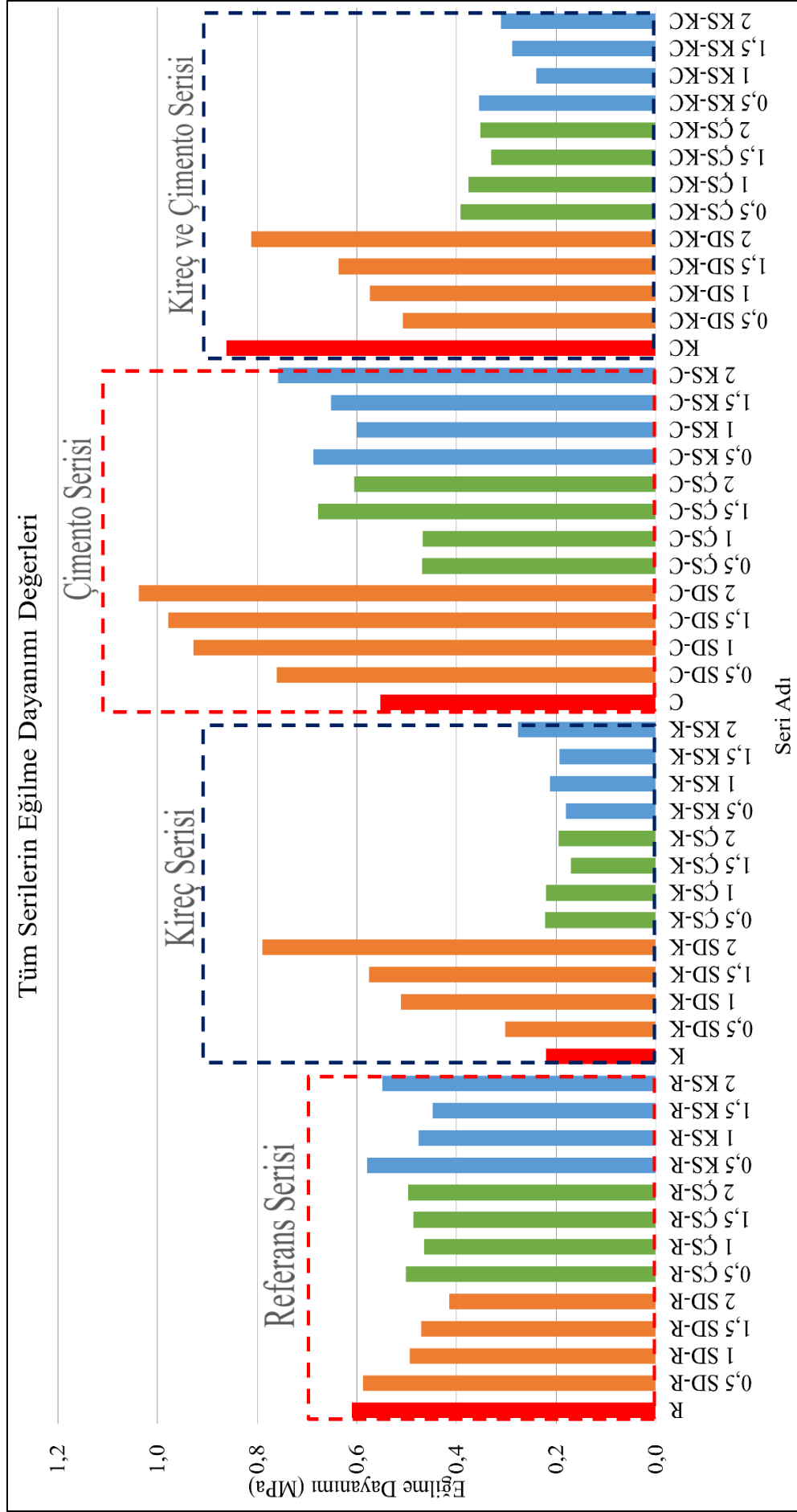
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %41.12, %33.42, %26.15 ve %5.8 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %54.58, %56.36, %61.66 ve %59.11 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle eğilme dayanımı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %58.82, %72.15, %66.52 ve %63.91 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.15'ten görüldüğü üzere en yüksek eğilme dayanımı değeri referans numunede (0,86 MPa) ve en düşük eğilme dayanımı değeri %1 kalsiyum stearat kullanılan numunede (0,24 MPa) elde edilmiştir.

3.2.3.5. Eğilme Dayanımı Açısından Tüm Serilerin Karşılaştırılması

Referans, kireç, çimento serileri ile kireç ve çimento içeren serilerin eğilme dayanımı sonuçları Şekil 3.16'da verilmiştir. Tüm serilere ait eğilme dayanımı sonuçları incelendiğinde silis dumanının, çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren sıva numunelerine oranla olumlu etkisinin olduğu gözlenmiştir. Özellikle kireç ile çimento içeren serilerde silis dumanının eğilme dayanımına katkısı çok net olarak gözlenmektedir. Çimento parçacıklarından 100 kat daha küçük dane boyutuna sahip olan silis dumanının bu yapısı nedeniyle numunelerin boşluklu yapısını doldurduğu ve puzolanik etki göstermesi nedeniyle de numunelerin eğilme dayanımlarında artış sağladığı söylenebilir. Çinko stearat ve kalsiyum stearatın yalnız çimento içeren serilerde daha yüksek dayanım değerleri verdiği, yalnız kireç içeren seriler ile daha düşük dayanımlar elde edildiği gözlenmiştir.

Literatürde, silis dumanının %20 oranına kadar betonda kullanımının betonun eğilme dayanımını arttırdığı bildirilmiştir [49]. Çinko stearatın sıvalarda kullanımının sıvaların eğilme dayanımlarını olumsuz etkilediği bildirilmiştir [62]. Kalsiyum stearatın betonda kullanımının betonun mekanik özelliklerini olumsuz etkilediği bildirilmiştir [50].

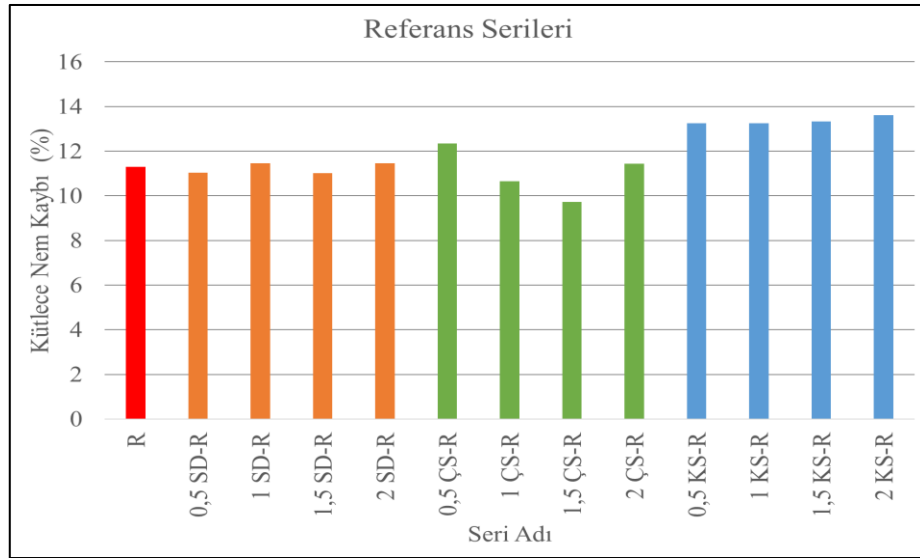


Şekil 3.16. Tüm serilerin eğilme dayanımı sonuçları.

3.2.4. Küttelece Nem Kaybı Deneyi Sonuçları

3.2.4.1. Referans Serilerinin Küttelece Nem Kaybı Sonuçları

Yalnızca kil ve kum bileşenleriyle oluşturulan serilere ait küttelece nem kaybı değerleri Şekil 3.17’de belirtilmiştir.



Şekil 3.17. Referans serilerinin küttelece nem kaybı sonuçları (%).

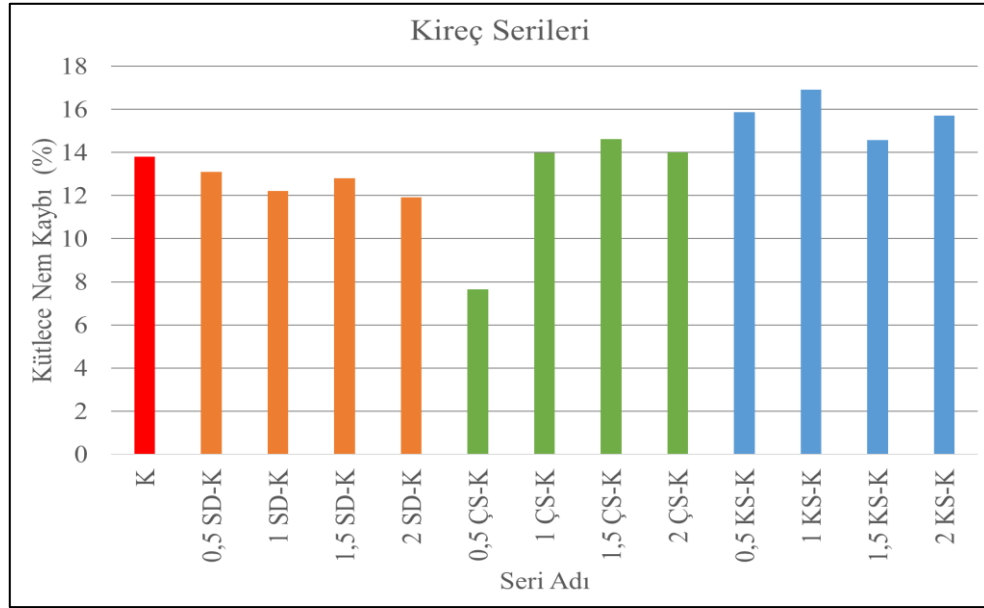
Yalnızca kil ve kum içeren referans serilerine ait küttelece nem kaybı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %2.2 azalma, %1.54 artma, %2.5 azalma ve %1.57 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %9.3 artma, %5.7, %13.93 azalma ve %1.31 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla iki kere %17.34 ve sonrasında %18.12 ile %20.53 artma gözlenmiştir.

Şekil 3.17’den görüldüğü üzere en yüksek nem kaybı değeri %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede (%13,61) ve en düşük nem kaybı değeri %1,5 çinko stearat kullanılan numunede (%9,72) elde edilmiştir.

3.2.4.2. Kireç Serilerinin Kütlece Nem Kaybı Sonuçları

Kil, kum ve kireç bileşenleriyle oluşturulan sıva numunelerine ait kütlece nem kaybı sonuçları Şekil 3.18’de belirtilmiştir.



Şekil 3.18. Kireç serilerinin kütlece nem kaybı sonuçları (%).

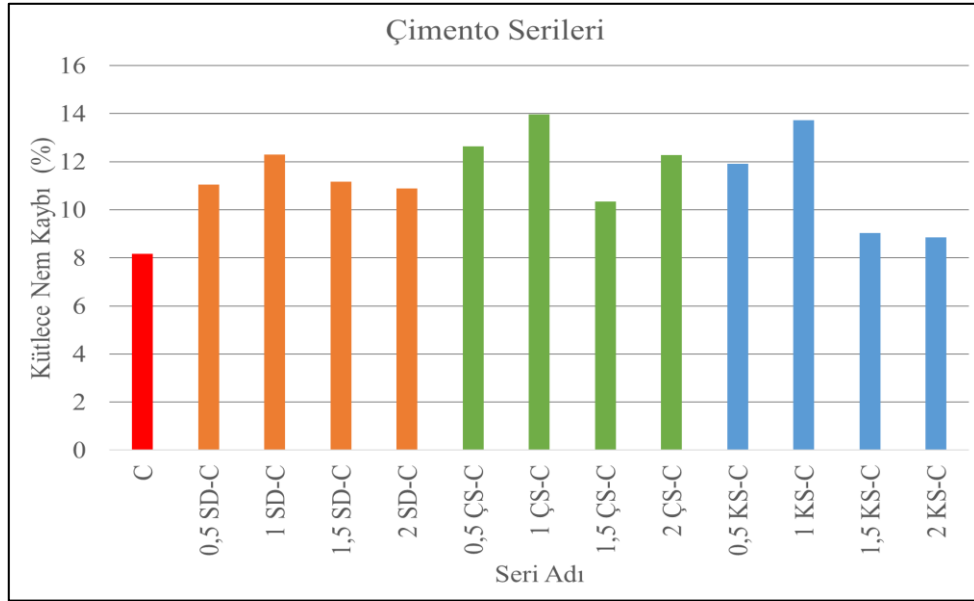
Kil, kum ve %5 kireç içeren serilere ait kütlece nem kaybı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %5.16, %11.58, %7.21 ve %13.78 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %44.53 azalma ve %1.32, %5.83, %1.35 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %14.86, %22.39, %5.5 ve %13.79 artma gözlenmiştir.

Şekil 3.18’den görüldüğü üzere en yüksek nem kaybı değeri %1 kalsiyum stearat kullanılan numunede (%16,9) ve en düşük nem kaybı değeri %0,5 çinko stearat kullanılan numunede (%7,66) elde edilmiştir.

3.2.4.3. Çimento Serilerinin Kütlece Nem Kaybı Sonuçları

Kil, kum ve çimento bileşenleriyle oluşturulan serilere ait kütlece nem kaybı sonuçları Şekil 3.19’da belirtilmiştir.



Şekil 3.19. Çimento serilerinin kütlece nem kaybı sonuçları (%).

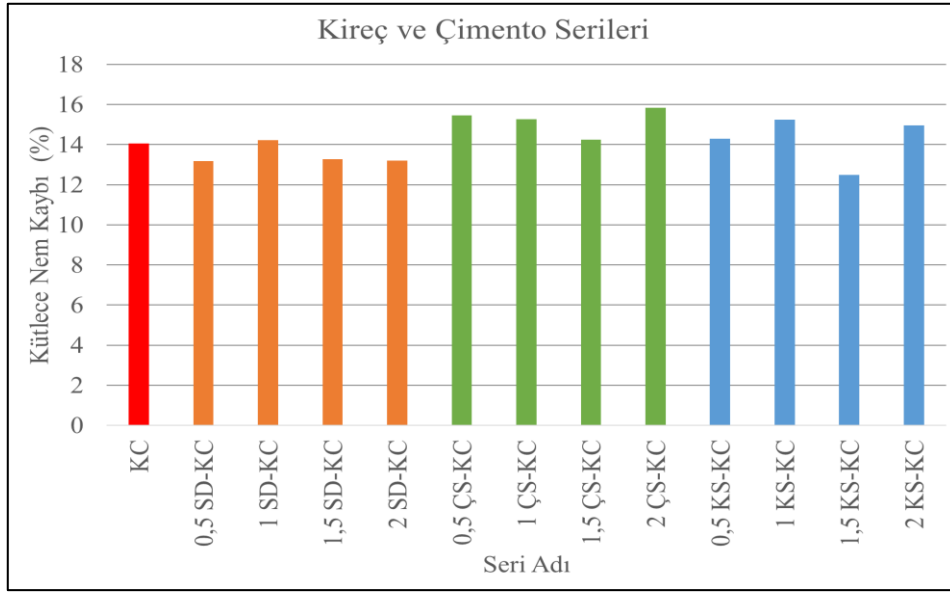
Kil kum ve %5 çimento içeren serilere ait kütlece nem kaybı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %35.32, %50.53, %36.8 ve %33.27 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %54.67, %71.04, %26.54 ve %50.38 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %45.94, %68.04, %10.52 ve %8.27 artma gözlenmiştir.

Şekil 3.19’den görüldüğü üzere en yüksek nem kaybı değeri %1 çinko stearat kullanılan numunede (%13,97) ve en düşük nem kaybı değeri referans numunede (%8,17) elde edilmiştir.

3.2.4.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Kütlece Nem Kaybı Sonuçları

Kil, kum, kireç ve çimento bileşenleri içeren sıva numunelerine ait kütlece nem kaybı sonuçları Şekil 3.20’de verilmiştir.



Şekil 3.20. Kireç ve çimento serilerinin kütlece nem kaybı sonuçları (%).

Kil, kum, %2,5 kireç ve %2,5 çimento içeren serilere ait kütlece nem kaybı sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %6.19 azalma, %1.33 artma ve %5.55, %6.05 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %10.06, %8.64, %1.35 ve %12.73 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle nem kaybı değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %1.7, %8.44 artma, %11.01 azalma ve %6.55 artma gözlenmiştir.

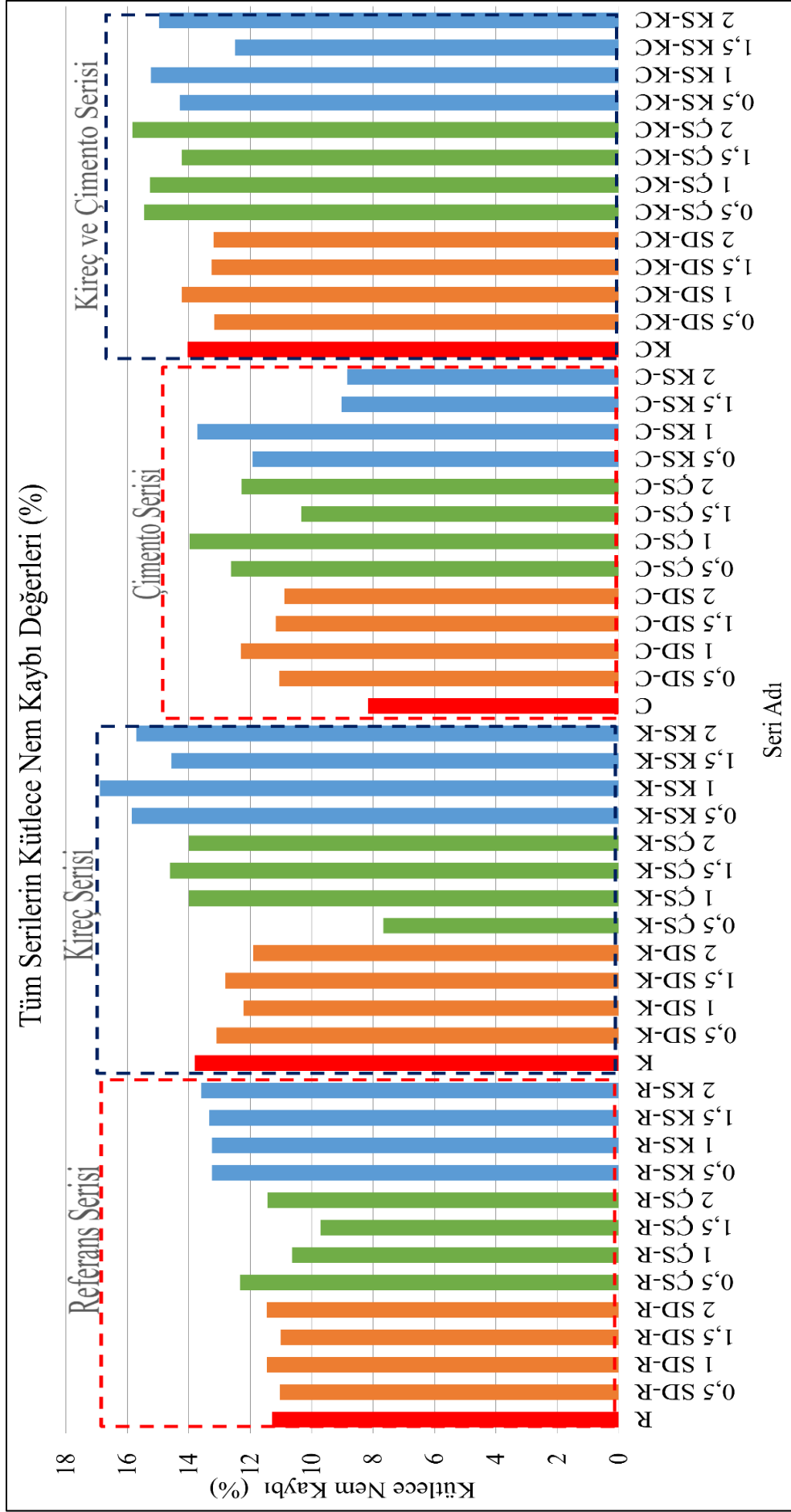
Şekil 3.20’den görüldüğü üzere en yüksek nem kaybı değeri %2 çinko stearat kullanılan numunede (%15,84) ve en düşük nem kaybı değeri %1,5 kalsiyum stearat kullanılan numunede (%12,5) elde edilmiştir.

3.2.4.5. Kütlece Nem Kaybı Deneyindeki Tüm Serilerin Karşılaştırılması

Referans, kireç, imento serileri ile kireç ve imento içeren serilerin kütlece nem kaybı sonuçları şekil 3.21’de verilmiştir. Tüm serilere ait kütlece nem kaybı sonuçları incelendiğinde çinko stearat ile kalsiyum stearat içeren sıva numunelerin referans numuneler ile silis dumanı içeren numunelere göre daha fazla nem kaybettiği gözlenmektedir. Bu sonucun çinko stearat ile kalsiyum stearatın daha yüksek hidrofobik özellik gösterdiğinden dolayı oluştuğu ve suyun, sıva numunelerinin yapısına geçememesinden dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir.

Literatürde, inko stearatın %2 oranına kadar kerpiç yapılarda kullanımının artan çinko stearat içeriğine bağlı olarak kerpiç yapılarda daha fazla b z lmeye neden olduğu bildirilmiştir [54]. Silis dumanı içeren çimentoda, referans çimentoya oranla daha fazla büzülme olduğu bildirilmiştir [79],[80].



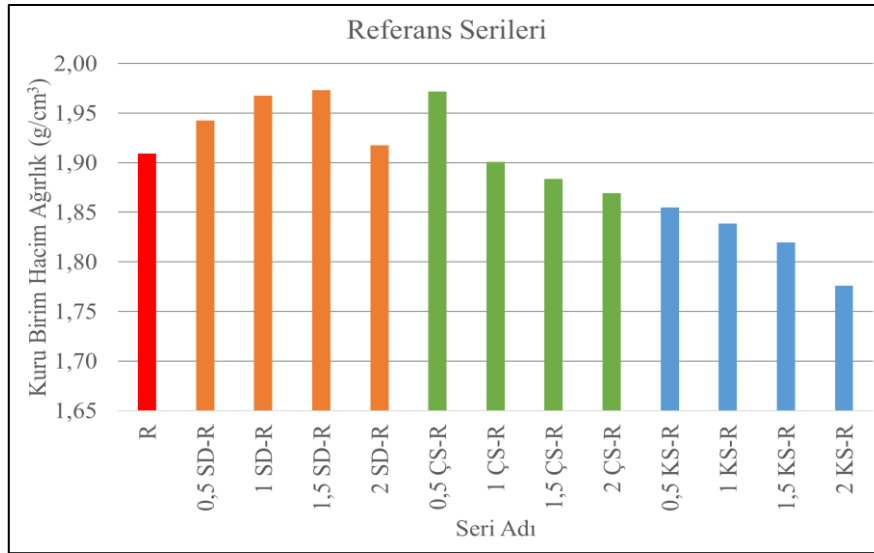


Şekil 3.21. Tüm serilerin kütlece nem kaybı deneyi sonuçları (%).

3.2.5. Kuru Birim Hacim Ağırlık Deneyi Sonuçları

3.2.5.1. Referans Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Yalnızca kil ve kum bileşenlerinden oluşan serilerin kuru birim hacim ağırlık sonuçları Şekil 3.22’de belirtilmiştir.



Şekil 3.22. Referans serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.

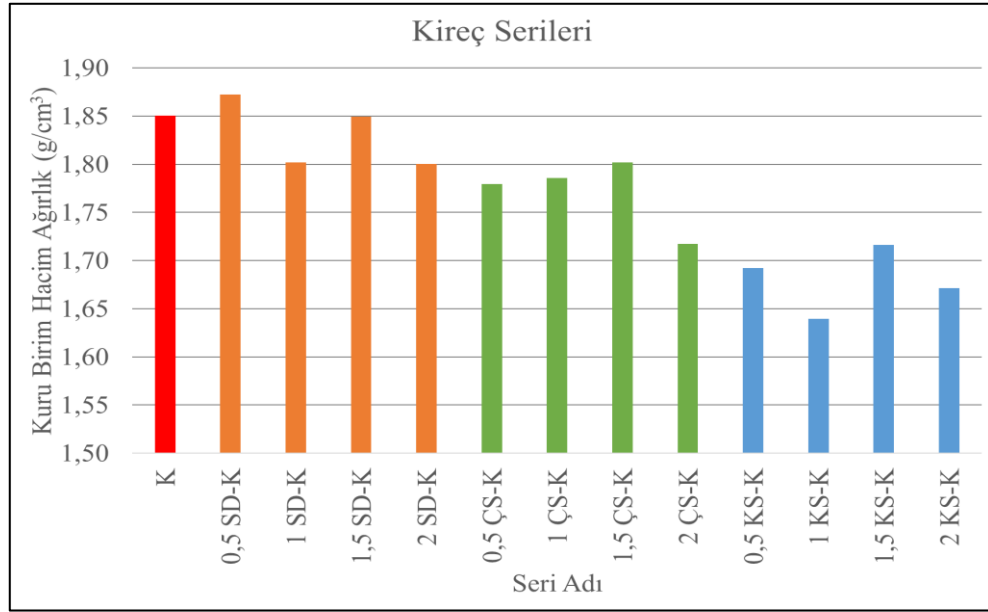
Yalnızca kil ve kum içeren referans serisine ait kuru birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %1.76, %3.08, %3.36 ve %0.45 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %3.28 artma ve %0.43, %1.32, %2.07 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %2.84, %3.68, %4.67 ve %6.96 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.22’den görüldüğü üzere en yüksek kuru birim hacim ağırlık değeri %1,5 silis dumanı kullanılan numunede ($1,973 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük kuru birim hacim ağırlık değeri %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede ($1,776 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.5.2. Kireç Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Kil, kum ve kireç bileşenleri içeren sıva numunelerine ait kuru birim hacim ağırlık sonuçları Şekil 3.23'te belirtilmiştir.



Şekil 3.23. Kireç serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.

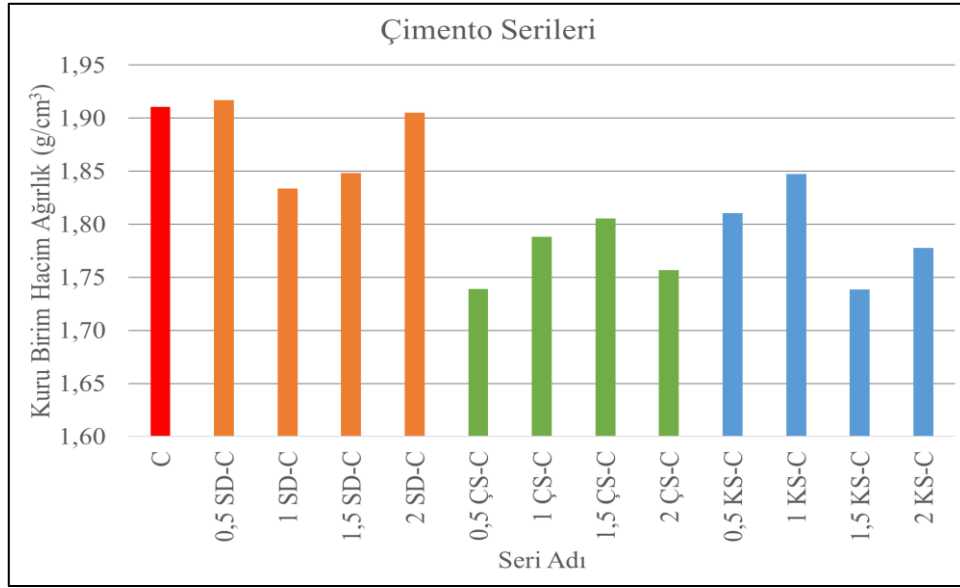
Kil, kum ve %5 kireç içeren serilere ait kuru birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %1.19 artma, %2.63, %0.05 ve %2.7 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %3.82, %3.5, %2.63 ve %7.2 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %8.54, %11.39, %7.26 ve %9.67 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.23'ten görüldüğü üzere en yüksek kuru birim hacim ağırlık değeri %0,5 silis dumanı kullanılan numunede ($1,872 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük kuru birim hacim ağırlık değeri %1 kalsiyum stearat kullanılan numunede ($1,640 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.5.3. Çimento Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Kil, kum ve çimento bileşenleri içeren sıva numunelerine ait kuru birim hacim ağırlık sonuçları Şekil 3.24'te belirtilmiştir.



Şekil 3.24. Çimento serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.

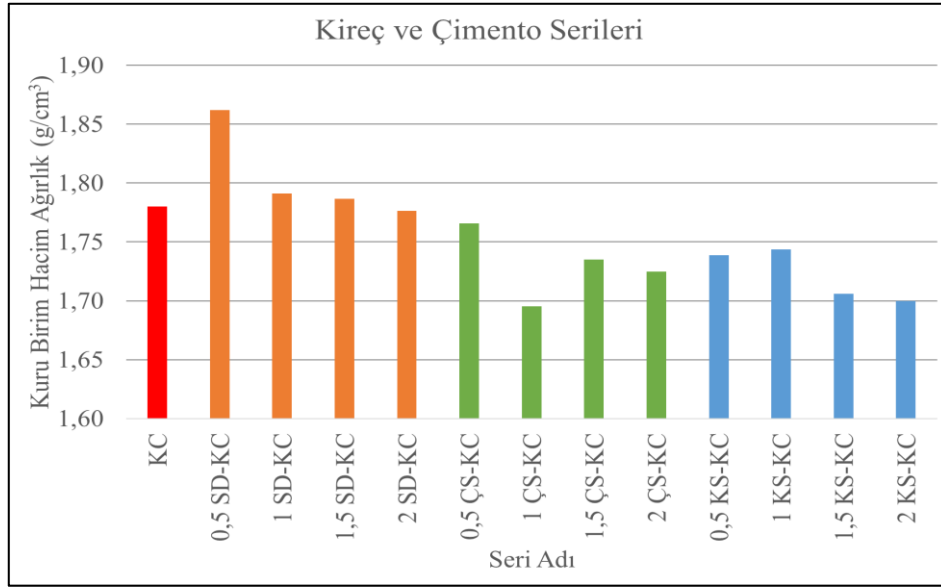
Kil kum ve %5 çimento içeren serilere ait kuru birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

- %0,5, %1,0, %1,5 ve %2,0 oranında silis dumanı eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %0,33 artma ve %4,03, %3,28, %0,28 azalma gözlenmiştir.
- %0,5, %1,0, %1,5 ve %2,0 oranında çinko stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %8,98, %6,43, %5,51 ve %8,06 azalma gözlenmiştir.
- %0,5, %1,0, %1,5 ve %2,0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %5,25, %3,31, %9 ve %6,95 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.24'ten görüldüğü üzere en yüksek kuru birim hacim ağırlık değeri %0,5 silis dumanı kullanılan numunede ($1,917 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük kuru birim hacim ağırlık değeri %1,5 kalsiyum stearat ve %0,5 çinko stearat kullanılan numunede ($1,739 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.5.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Kum, kil, çimento ve kireç bileşenlerinden oluşan serilere ait kuru birim hacim ağırlık sonuçları Şekil 3.25'te belirtilmiştir.



Şekil 3.25. Kireç ve çimento serilerinin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.

Kil, kum, %2,5 kireç ve %2,5 çimento içeren serilere ait kuru birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

- %0,5, %1,0, %1,5 ve %2,0 oranında silis dumanı eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %4,6, %0,61, %0,38 artma ve %0,2 azalma gözlenmiştir.
- %0,5, %1,0, %1,5 ve %2,0 oranında çinko stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %0,79, %4,77, %2,52 ve %3,11 azalma gözlenmiştir.
- %0,5, %1,0, %1,5 ve %2,0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle kuru birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %2,33, %2,05, %4,16 ve %4,5 azalma gözlenmiştir.

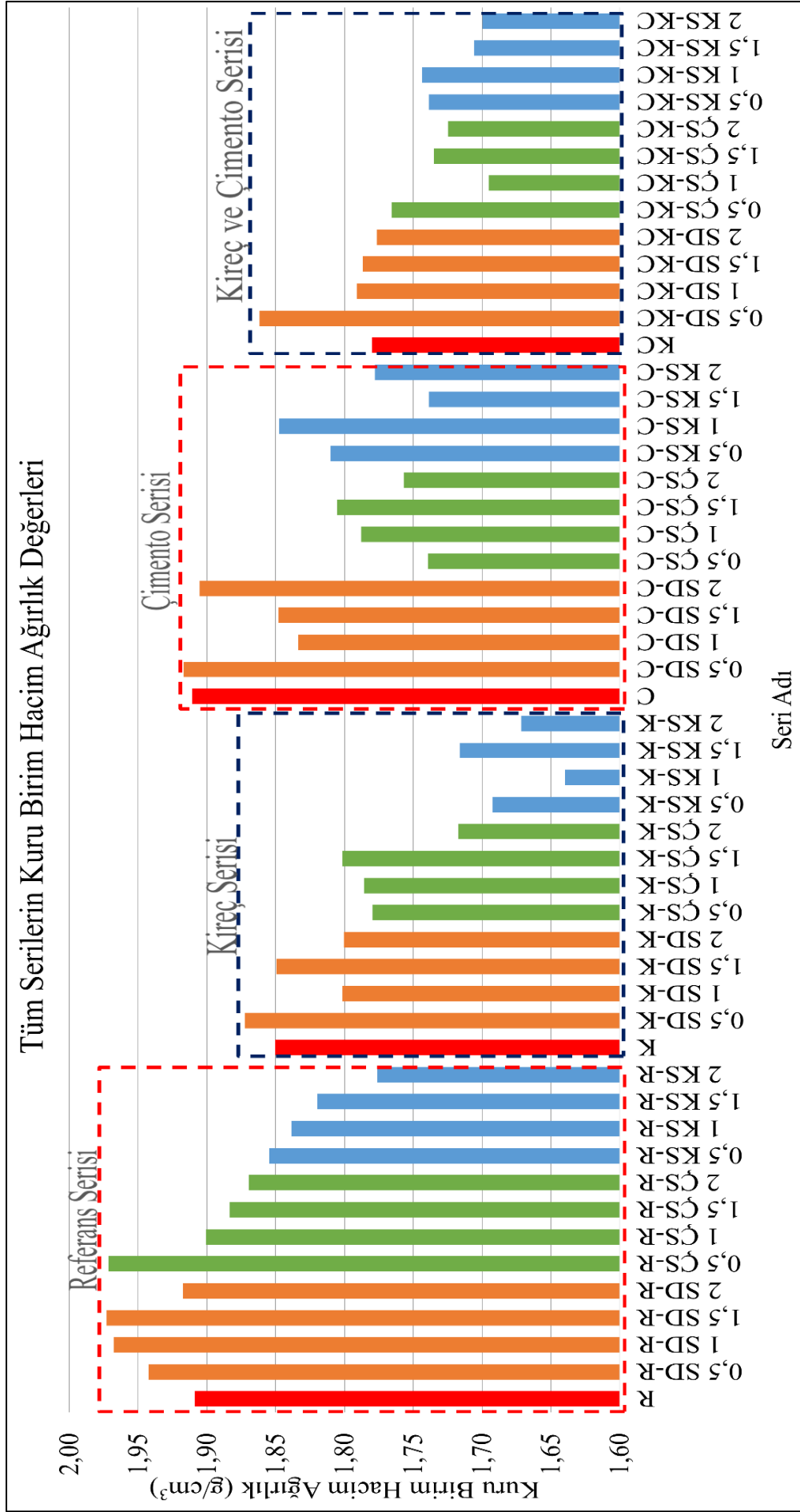
Şekil 3.25'ten görüldüğü üzere en yüksek kuru birim hacim ağırlık değeri %0,5 silis dumanı kullanılan numunede ($1,862 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük kuru birim hacim ağırlık değeri %1 çinko stearat kullanılan numunede ($1,695 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.5.5. *Tüm Serilerin Kuru Birim Hacim Ağırlık Sonuçları*

Referans, kireç, çimento serileri ile kireç ve çimento içeren serilerin kuru birim hacim ağırlık deneyi sonuçları Şekil 3.26’da verilmiştir. Tüm serilere ait kuru birim hacim ağırlık sonuçları incelendiğinde referans numuneler ile silis dumanı içeren numunelerin, çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren numunelere oranla daha yüksek değerlere sahip oldukları gözlenmiştir. Bu sonucun kalsiyum stearat ile çinko stearatın birim hacim ağırlığının silis dumanı, kil ve kumun birim hacim ağırlığına oranla daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle referans serisinde kalsiyum stearat ve çinko stearat içeriğindeki artışa bağlı olarak azalan kuru birim hacim ağırlık değerleri gözlenmektedir.

Literatürde; çinko stearat ve kalsiyum stearatın, betonlarda ve sıvalarda kullanımının karışımın birim hacim ağırlığını azalttığı bildirilmiştir [50], [54], [62]. Silis dumanının betonda kullanımının betonun kuru birim hacim ağırlığında artışa neden olduğu bildirilmiştir [81].



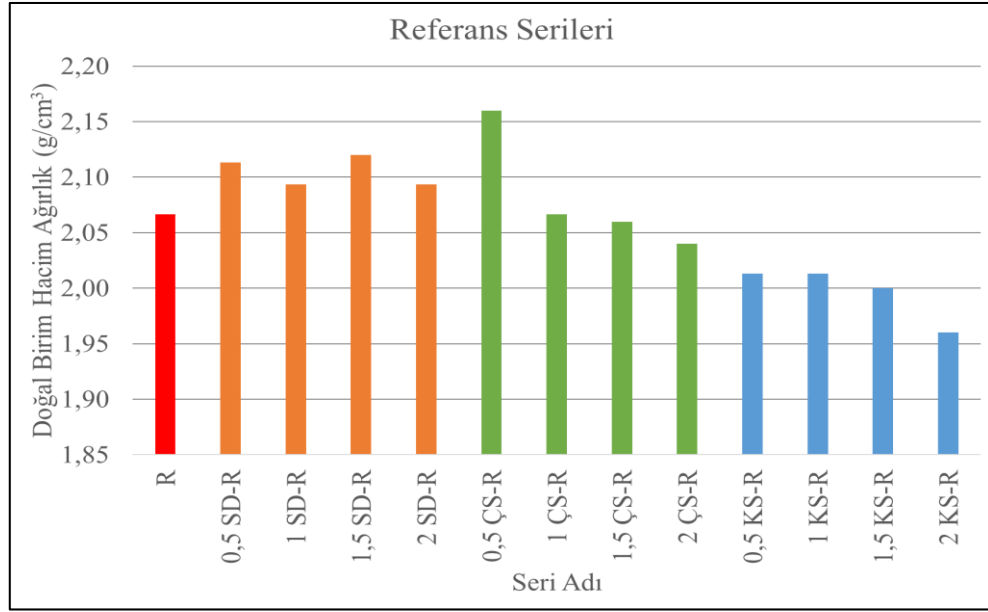


Şekil 3.26. Tüm serilerin kuru birim hacim ağırlık sonuçları.

3.2.6. Doğal Birim Hacim Ağırlık Deneyi Sonuçları

3.2.6.1. Referans Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Yalnızca kil ve kum bileşenleri içeren serilere ait doğal birim hacim ağırlık değerleri Şekil 3.27’de belirtilmiştir.



Şekil 3.27. Referans serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.

Yalnızca kil ve kum içeren referans serisine ait doğal birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

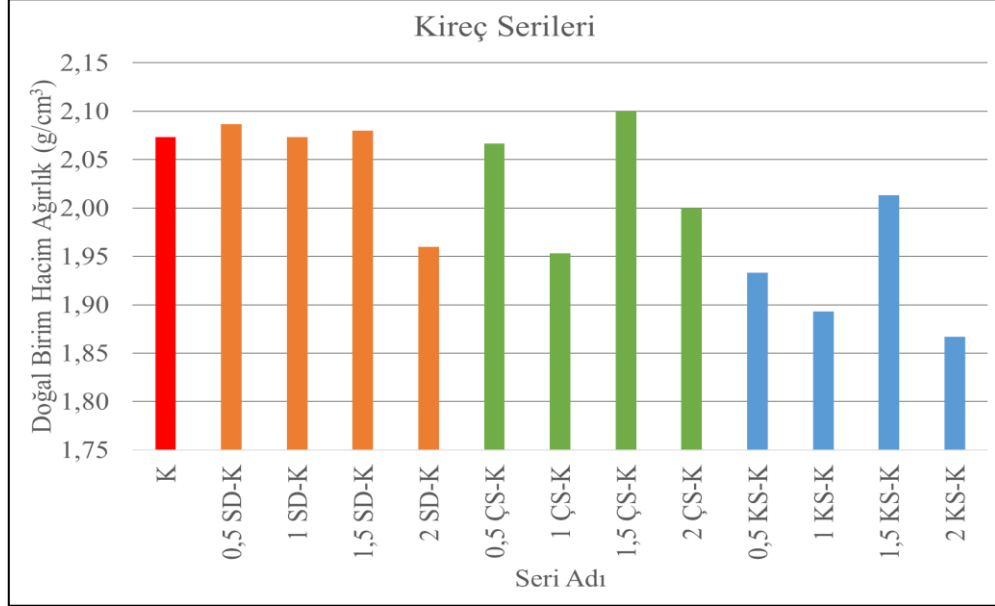
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %2.26, %1.29, %2.58 ve %1,29 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %4.52 artma, sabit değer ve %0.32, %1.29 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla iki kere %2.58 ve sonrasında %3.23 ile %5.16 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.27’den görüldüğü üzere en yüksek doğal birim hacim ağırlık değeri %0,5 çinko

stearat kullanılan numunede ($2,160 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük doğal birim hacim ağırlık değeri %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede ($1,960 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.6.2. Kireç Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Kil, kum ve kireç bileşenlerinden oluşan serilere ait doğal birim hacim ağırlık deneyi sonuçları Şekil 3.28’de belirtilmiştir.



Şekil 3.28. Kireç serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.

Kil, kum ve %5 kireç içeren serilere ait doğal birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

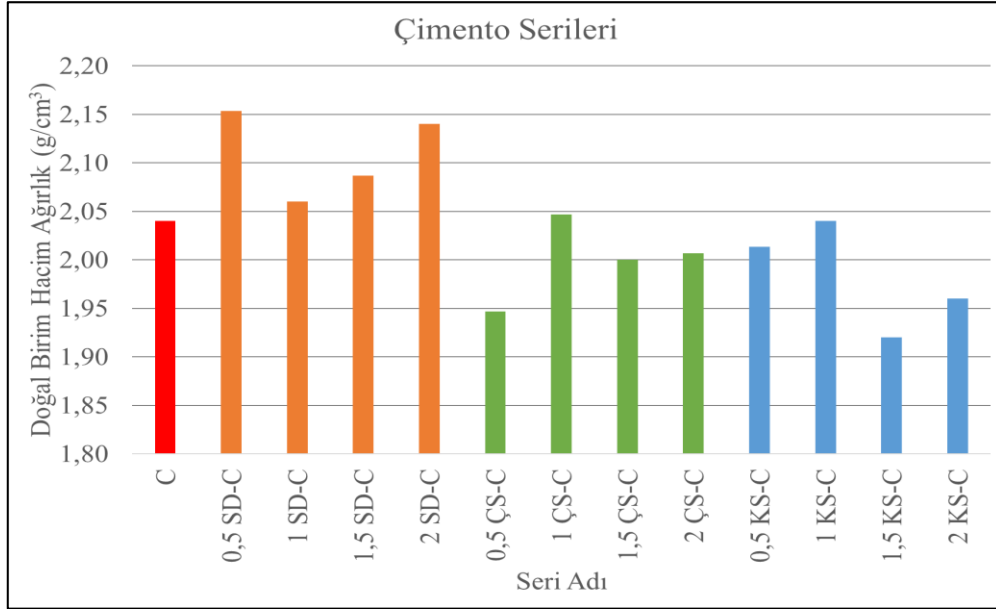
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %0.64 artma, sabit değer, %0.32 artma ve %5.47 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %0.32, %5.79 azalma, %1.29 artma ve %3.54 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %6.75, %8.68, %2.89 ve %9.97 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.28’den görüldüğü üzere en yüksek doğal birim hacim ağırlık değeri %1,5 çinko

stearat kullanılan numunede ($2,1 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük doğal birim hacim ağırlık değeri %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede ($1,867 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.6.3. Çimento Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Kil, kum ve çimento bileşenlerinden oluşan serilere ait doğal birim hacim ağırlık değerleri Şekil 3.29’da belirtilmiştir.



Şekil 3.29. Çimento serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.

Kil, kum ve %5 çimento içeren serilere ait doğal birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

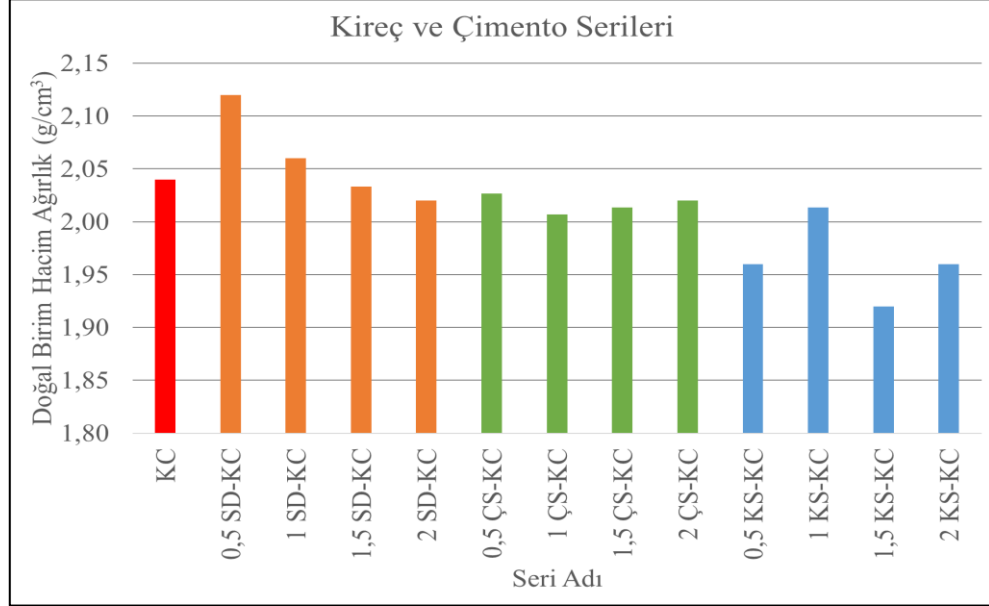
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %5.56, %0.98, %2.29 ve %4.9 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %4.58 azalma, %0.33 artma ve %1.96, %1.63 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %1.31 azalma, sabit değer ve %5.88, %3.92 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.29’dan görüldüğü üzere en yüksek doğal birim hacim ağırlık değeri %0,5 silis

dumanı kullanılan numunede ($2,153 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük doğal birim hacim ağırlık değeri %1,5 kalsiyum stearat kullanılan numunede ($1,920 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.6.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Kil, kum, kireç ve çimento bileşenlerinden oluşan serilere ait doğal birim hacim ağırlık değerleri Şekil 3.30'da belirtilmiştir.



Şekil 3.30. Kireç ve çimento serilerinin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.

Kil, kum, %2,5 kireç ve %2,5 çimento içeren serilere ait doğal birim hacim ağırlık sonuçlarına göre;

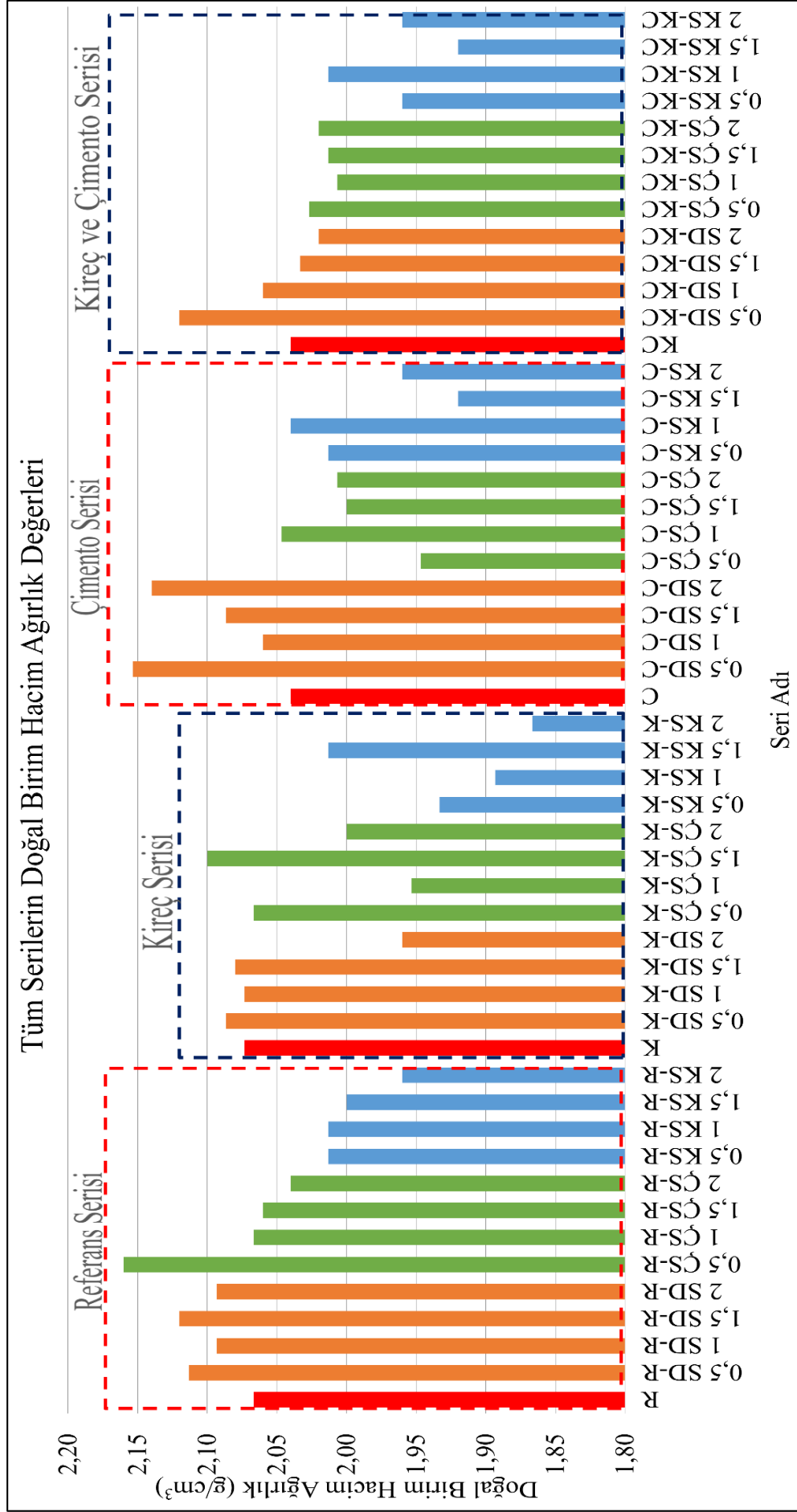
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %3.92, %0.98 artma ve %0.33, %0.98 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %0.65, %1.63, %1.31 ve %0.98 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle doğal birim hacim ağırlık değerlerinde referans numuneye oranla sırasıyla %3.92, %1.31, %5.88 ve %3.92 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.30'dan görüldüğü üzere en yüksek doğal birim hacim ağırlık değeri %0,5 silis dumanı kullanılan numunede ($2,12 \text{ gr/cm}^3$) ve en düşük doğal birim hacim ağırlık değeri %1,5 kalsiyum stearat kullanılan numunede ($1,92 \text{ gr/cm}^3$) elde edilmiştir.

3.2.6.5. Tüm Serilerin Doğal Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

Referans, kireç, çimento serileri ile kireç ve çimento içeren serilerin doğal birim hacim ağırlık deneyi sonuçları Şekil 3.31'de verilmiştir. Tüm serilere ait doğal birim hacim ağırlık sonuçları incelendiğinde referans numuneler ve silis dumanı içeren numunelerin diğer numunelere oranla daha yüksek değerlere sahip oldukları gözlenmiştir. Çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren numunelerin ise doğal birim hacim ağırlık değerleri daha düşük çıkmıştır. Bu malzemelerin daha düşük birim hacim ağırlığa sahip olduklarından dolayı doğal birim hacim ağırlık değerlerinin daha düşük çıktığı düşünülmektedir.

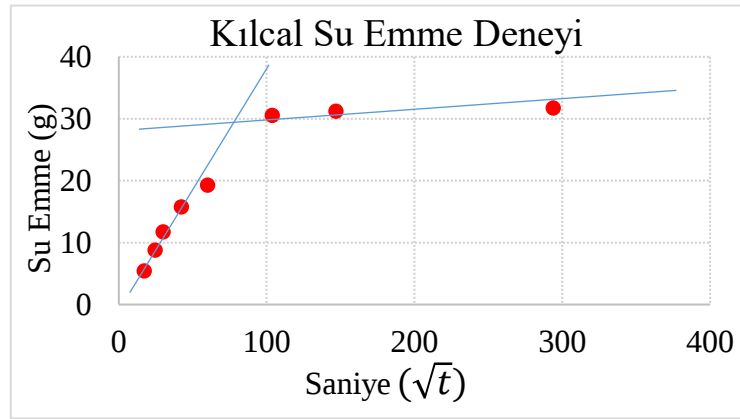
Literatürde kalsiyum stearatın taze betonun betonun birim hacim ağırlığını azalttığı bildirilmiştir [50]. Çinko stearatın kerpiç yapılarda kullanımının karışım birim hacim ağırlığını azalttığı bildirilmiştir [54]. Betonda silis dumanı kullanımıyla betonun taze birim hacim ağırlığının arttığı bildirilmiştir [81].



Şekil 3.31. Tüm serilerin doğal birim hacim ağırlık sonuçları.

3.2.7. Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

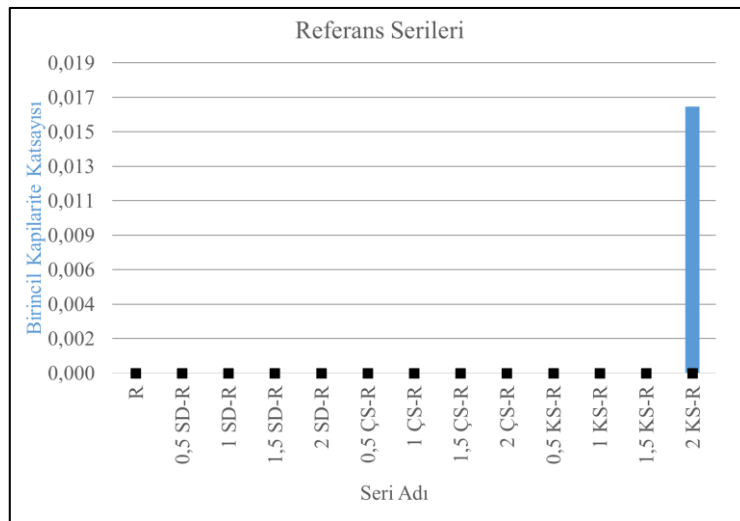
Kılcal su emme (kapilarite) deneyi sıva numuneleri üzerinde bölüm 2.2.3.6’da belirtildiği gibi uygulanmıştır. Şekil 3.32’de örnek olarak gösterilen deney sonucunda olduğu gibi diğer deney sonuçlarında da iki farklı eğim görüldüğü için kapilarite katsayılarının iki farklı şekilde verilmesi uygun görülmüştür. 5, 10, 15, 30 ve 60. dakikalardaki kapilarite katsayısı şekillerde birincil kapilarite katsayısı olarak adlandırılırken 3, 6 ve 24. saatlerdeki kapilarite katsayısı şekillerde ikincil kapilarite katsayısı olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.32. Kılcal su emme deneyinde kapilarite katsayılarının açıklanması.

3.2.7.1. Referans Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

Yalnızca kil ve kum bileşenleri içeren sıva numunelerine ait kılcal su emme deneyi Şekil 3.33’te belirtilmiştir.

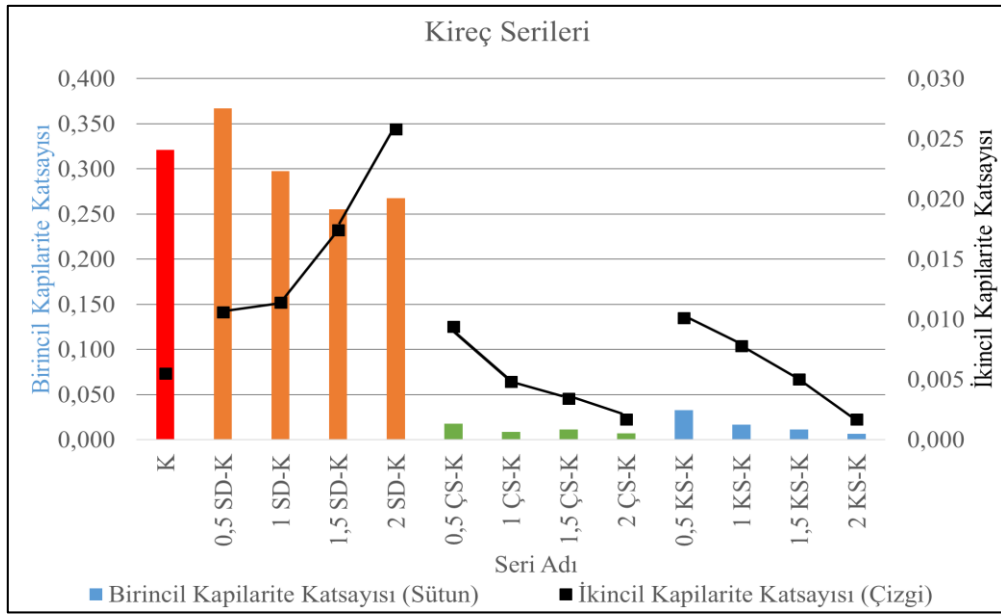


Şekil 3.33. Referans serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.

Yalnızca kil ve kum bileşenleri içeren referans serilerinde, %2 kalsiyum stearat içeren numunenin birincil kapilarite katsayısı 0,0165 olarak bulunmuş ve 60. dakikadan sonra numune formunu kaybettiği için ikincil kapilarite katsayısı bulunamamıştır. Şekil 3.33'ten görüldüğü üzere diğer numuneler su içerisinde yapısal formlarını kaybettikleri için birincil ve ikincil kapilarite katsayıları bulunamamıştır.

3.2.7.2. Kireç Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

Kil, kum ve kireç bileşenleri içeren serilere ait kılcal su emme deneyi sonuçları Şekil 3.34'te belirtilmiştir.



Şekil 3.34. Kireç serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.

Kil, kum ve %5 kireç içeren serilere ait kılcal su emme deneyi sonuçlarına göre;

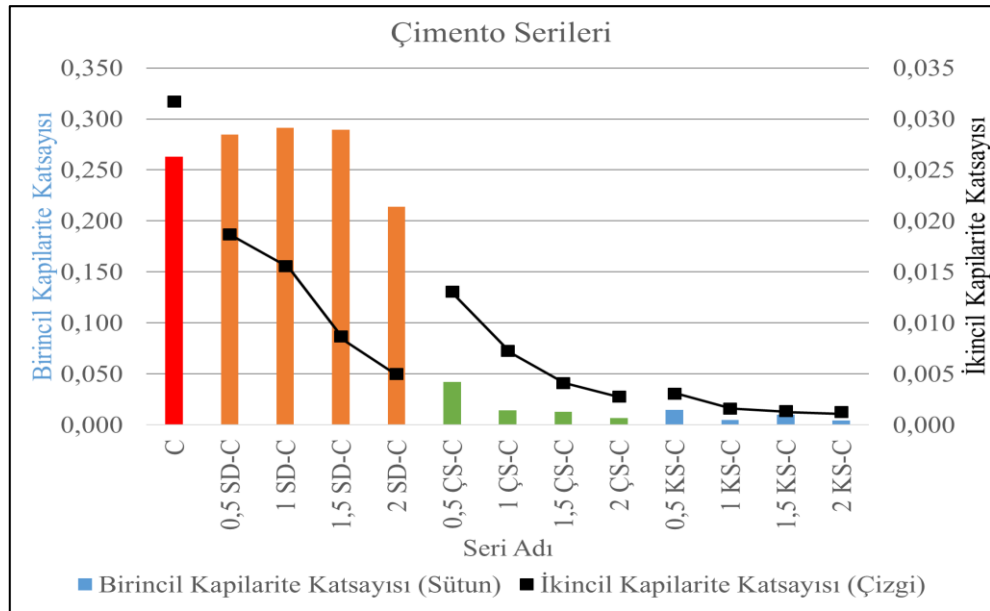
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %14.39 artma ve %7.38, %20.50, %16.60 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %92.72, %107.27, %216.36 ve %369.09 artma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %94.55, %97.35, %96.57 ve %97.85 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %70.91 artma ve %12.73, %38.18, %69.09 azalma gözlenmiştir.

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %89.78, %94.86, %96.42 ve %97.94 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %83,64, %41,81 artma ve %9.09, %69.09 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.34'ten görüldüğü üzere en yüksek birincil kapilarite katsayısı %0,5 silis dumanı kullanılan numunede (0,3671) ve en düşük birincil kapilarite katsayısı %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede (0,0066) elde edilmiştir. En yüksek ikincil kapilarite katsayısı %2 silis dumanı kullanılan numunede (0,0258) ve en düşük ikincil kapilarite katsayısı %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede (0,0017) elde edilmiştir.

3.2.7.3. Çimento Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

Kil, kum ve çimento bileşenleri içeren serilere ait kılcal su emme deneyi sonuçları Şekil 3.35'te belirtilmiştir.



Şekil 3.35. Çimento serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.

Kil, kum ve %5 çimento içeren serilere ait kılcal su emme deneyi sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %8.17, %10.80, %10.04 artma ve %18.67 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında referans numuneye

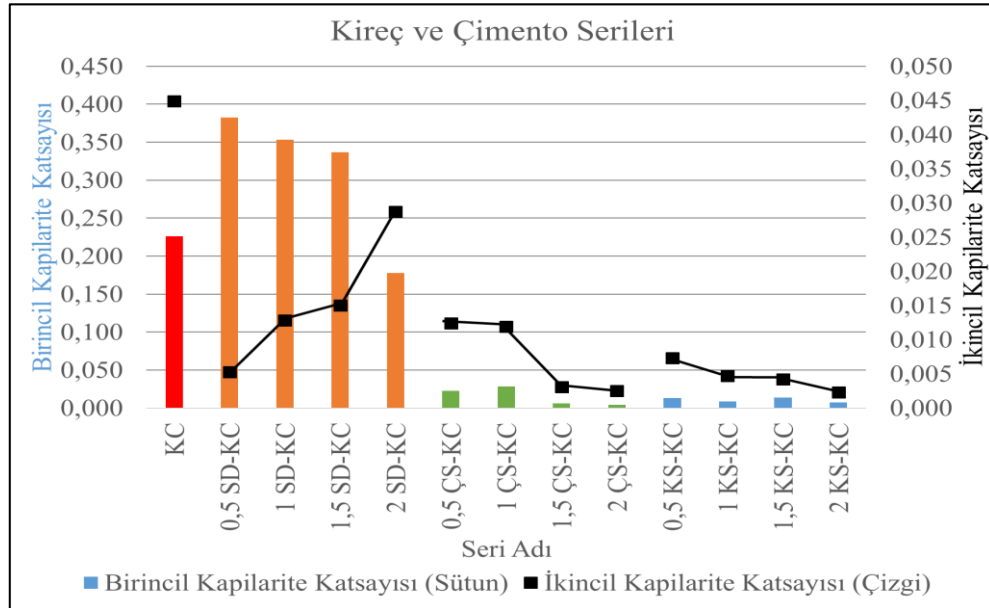
oranla sırasıyla %41.01, %50.79, %72.56 ve %84 azalma gözlenmiştir.

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %83.95, %94.52, %95.17 ve %97.53 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında sırasıyla %58.68, %76.97, %87.07, %91.17 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %94.41, %98.17, %96.16 ve %98.40 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında sırasıyla %90.22, %94.95, %95.58 ve %95.90 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.35'ten görüldüğü üzere en yüksek birincil kapilarite katsayısı %1 silis dumanı kullanılan numunede (0,2914) ve en düşük birincil kapilarite katsayısı %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede (0,0042) elde edilmiştir. En yüksek ikincil kapilarite katsayısı referans numunede (0,0317) ve en düşük ikincil kapilarite katsayısı %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede (0,0013) elde edilmiştir.

3.2.7.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

Kil, kum, kireç ve çimento bileşenleri içeren sıva numunelerine ait kılcal su emme deneyi sonuçları Şekil 3.36'da belirtilmiştir.



Şekil 3.36. Kireç ve çimento serilerinin kılcal su emme deneyi sonuçları.

Kil, kum, %2,5 kireç ve %2,5 çimento içeren serilere ait kılcal su emme deneyi sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %68.89, %55.99, %48.70 artma ve %21.39 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %88.20, %71.49, %66.59 ve %36.08 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %90.06, %87.36, %97.22 ve %98.14 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %72.38, %73.50, %93.10, %94.43 azalma gözlenmiştir.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle birincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %94.30, %96.07, %93.86 ve %96.82 azalma gözlenmiştir. İkincil kapilarite katsayısında referans numuneye oranla sırasıyla %83.74, %89.53, %90.64 ve %94.87 azalma gözlenmiştir.

Şekil 3.36'dan görüldüğü üzere en yüksek birincil kapilarite katsayısı %0,5 silis dumanı kullanılan numunede (0,3822) ve en düşük birincil kapilarite katsayısı %2 çinko stearat kullanılan numunede (0,0042) elde edilmiştir. En yüksek ikincil kapilarite katsayısı referans numunede (0,0449) ve en düşük ikincil kapilarite katsayısı %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede (0,0023) elde edilmiştir.

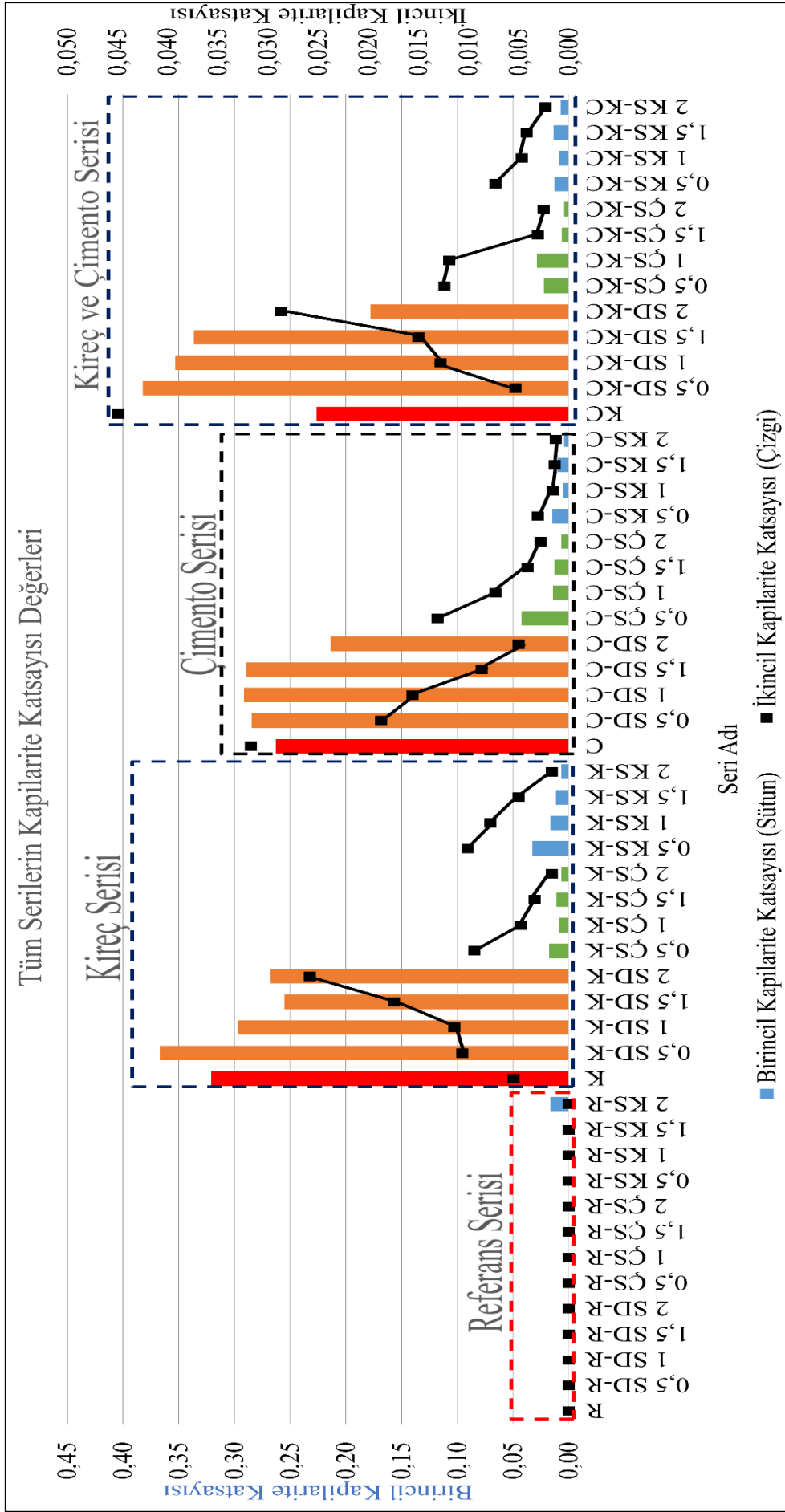
3.2.7.5. Tüm Serilerin Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

Referans, kireç, çimento serileri ile kireç ve çimento içeren serilerin kılcal su emme deneyi sonuçları Şekil 3.37'de verilmiştir. Şekil 3.37 incelendiğinde tüm serilerde ilk 60 dakikada elde edilen kapilarite katsayılarının 60 dakika ile 24 saat arasında elde edilen ikincil kapilarite katsayılarından daha yüksek çıktığı anlaşılmaktadır. Bu nedenle sıva numunelerinin ilk 60 dakikada kapiler yolla emdikleri su miktarlarının çok daha fazla olduğu görülmektedir. Tüm serilere ait kılcal su emme deneyi sonuçları incelendiğinde çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren numunelerin hidrofobik özellikleri nedeniyle diğer serilere oranla daha düşük birincil ve ikincil kapilarite katsayılarına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Silis dumanı içeren seriler incelendiğinde birincil kapilarite katsayıları

açısından, düşük silis dumanı oranlarında ($\leq 0,5$) daha yüksek ve yüksek silis dumanı oranlarında ise daha düşük kapilarite katsayılarının elde edildiği anlaşılmaktadır. İkincil kapilarite katsayıları ise, yalnızca kireç ve kireç+çimento kullanılan serilerde silis dumanı içeriğindeki artışa bağlı olarak artış göstermiştir. Yalnızca çimento kullanılan serilerde ise silis dumanı oranındaki artışa bağlı olarak numunelerin ikincil kapilarite katsayıları azalmıştır. Kireç ile silis dumanının birlikte kullanıldığı serilerde (Kireç+silis dumanı ve kireç+çimento+silis dumanı) puzolanik reaksiyonun daha hızlı gelişmesi nedeniyle numunelerin birincil kapilarite değerlerinin silis dumanı oranına bağlı olarak azaldığı düşünülmektedir. Ancak bu serilerde ikincil kapilarite katsayıları artış göstermiştir. Yalnızca çimento ve silis dumanı içeren serilerde ise birincil ve ikincil kapilarite katsayıları silis dumanı içeriğindeki artışa bağlı olarak azalma göstermiştir.

Literatürde; betonlarda ve sıvalarda, kalsiyum stearat ve çinko stearat kullanımının, karışımın su emme oranını azalttığı bildirilmiştir [50],[51],[54],[58]. Betonda silis dumanının kullanımıyla betonun su emme oranının azaldığı bildirilmiştir [82].





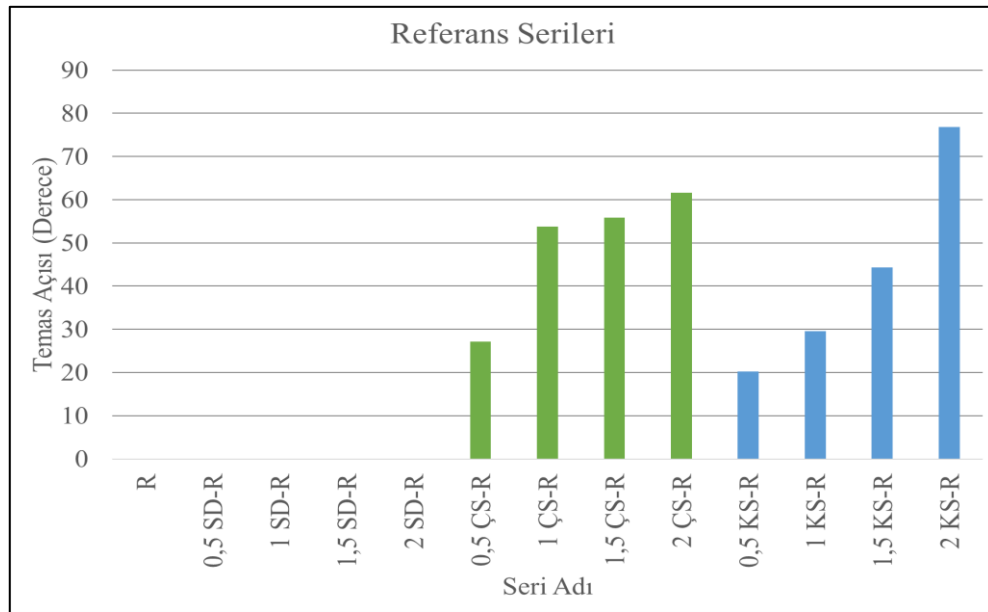
Şekil 3.37. Tüm serilerin kılcal su emme deneyi sonuçları.

3.2.8. Temas Açısı Deneyi Sonuçları

Temas açısı deneyi, üretilen sıva serilerine Bölüm 2.2.3.7’de belirtilen şekilde uygulanmıştır. Hidrofobik malzeme katkısız numuneler ile silis dumanı ilaveli numunelerde damla oluşması sağlanamamış olup çinko stearat ve kalsiyum stearat ilaveli numuneler üzerinde uygulanan deney sonuçları gösterilmiştir.

3.2.8.1. Referans Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları

Yalnızca kil ve kum bileşenleri içeren serilere ait temas açısı deneyi sonuçları Şekil 3.38’de belirtilmiştir.



Şekil 3.38. Referans serilerinin temas açısı deneyi sonuçları.

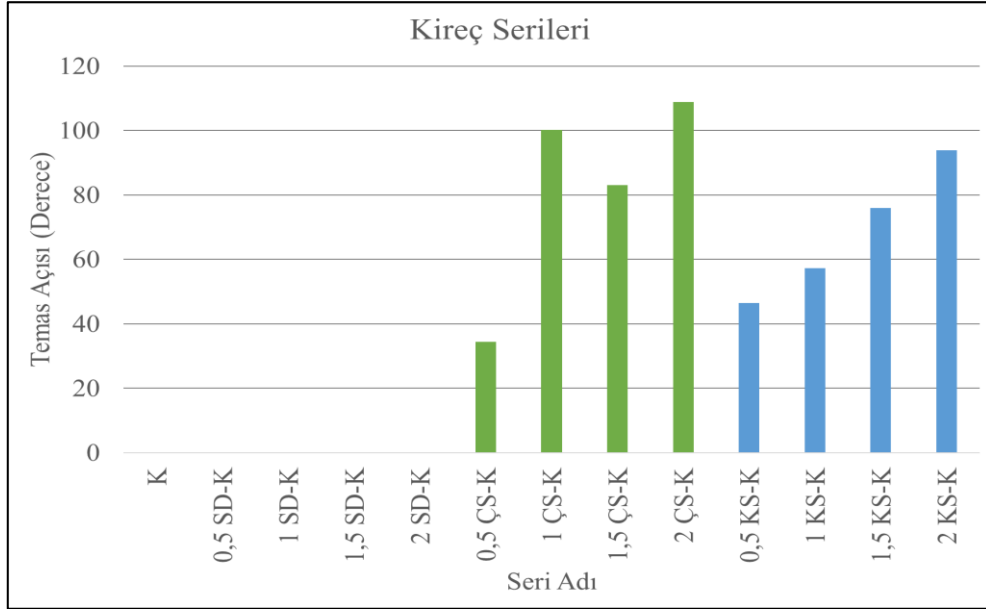
Yalnızca kil ve kum içeren referans serilerine ait temas açısı deneyi sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle temas açısı oluşmamıştır.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 27.20, 53.73, 55.90 ve 61.67 derece bulunmuştur.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 20.20, 29.53, 44.33 ve 76.83 derece bulunmuştur.

Şekil 3.38’den görüldüğü üzere referans serilerinde en yüksek temas açısı %2 kalsiyum stearat kullanılan numunede (76,83) gözlenmiştir.

3.2.8.2. Kireç Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları

Kil, kum ve kireç bileşenleri içeren serilere ait temas açısı deneyi sonuçları Şekil 3.39’da belirtilmiştir.



Şekil 3.39. Kireç serisi temas açısı deneyi sonuçları.

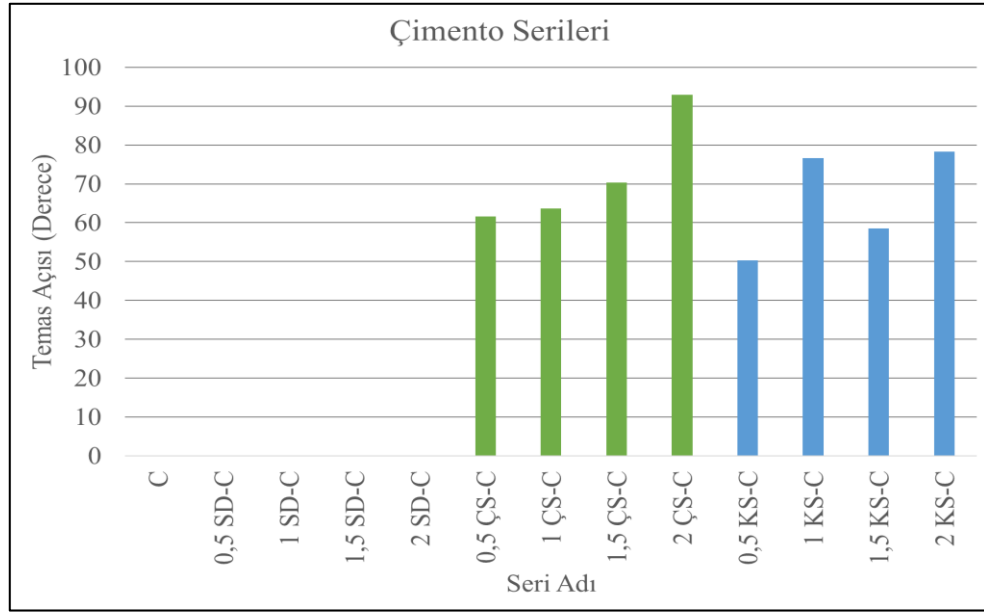
Kil, kum ve %5 kireç içeren serilere ait temas açısı deneyi sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle temas açısı oluşmamıştır.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 34.37, 100.17, 83.07 ve 108.8 derece bulunmuştur.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 46.50, 57.33, 75.93 ve 93.93 derece bulunmuştur.

Şekil 3.39’dan görüldüğü üzere kireç serilerinde en yüksek temas açısı %2 çinko stearat kullanılan numunede (108,8) gözlenmiştir.

3.2.8.3. Çimento Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları

Kil, kum, kireç ve çimento içeren serilere ait temas açısı deneyi sonuçları Şekil 3.40'ta belirtilmiştir.



Şekil 3.40. Çimento serilerinin temas açısı deneyi sonuçları.

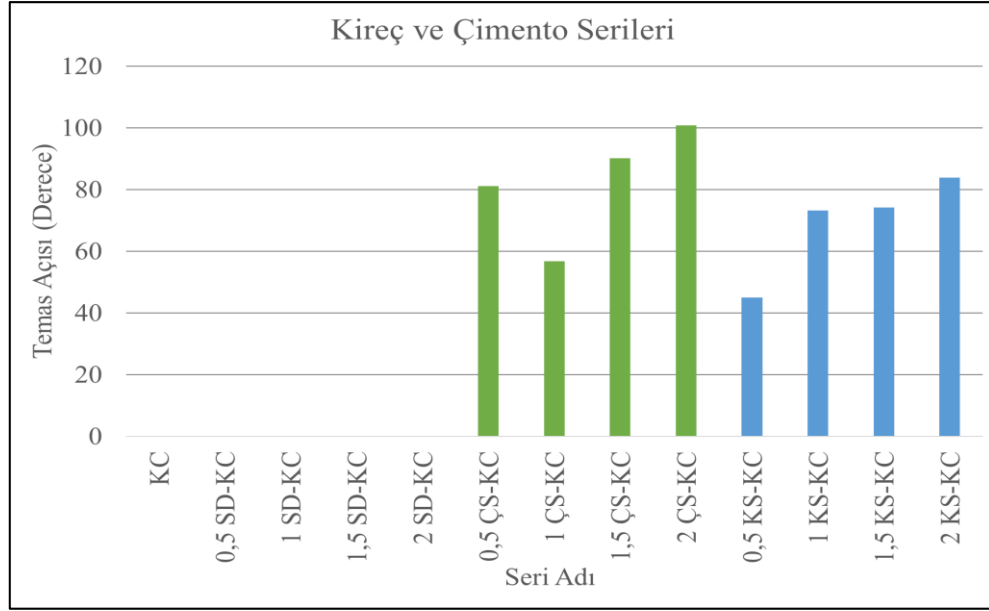
Kil, kum ve %5 çimento içeren serilere ait temas açısı deneyi sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle temas açısı oluşmamıştır.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 61.60, 63.63, 70.33 ve 92.87 derece bulunmuştur.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 50.30, 76.60, 58.53 ve 78.35 derece bulunmuştur.

Şekil 3.40'tan görüldüğü üzere çimento serilerinde en yüksek temas açısı %2 çinko stearat kullanılan numunede (92,87) gözlenmiştir.

3.2.8.4. Kireç ve Çimento Serilerinin Temas Açısı Deneyi Sonuçları

Kil, kum, kireç ve çimento bileşenlerinden oluşan serilerin temas açısı deneyi sonuçları Şekil 3.41'de belirtilmiştir.



Şekil 3.41. Kireç ve çimento serilerinin temas açısı deneyi sonuçları.

Kil, kum, %2,5 kireç ve % 2,5 çimento içeren serilere ait temas açısı deneyi sonuçlarına göre;

- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında silis dumanı eklenmesiyle temas açısı oluşmamıştır.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında çinko stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 81.03, 56.70, 90.10 ve 100.80 derece bulunmuştur.
- %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranında kalsiyum stearat eklenmesiyle temas açısı deneyi sonuçları sırasıyla 45, 73.15, 74.17 ve 83.78 derece bulunmuştur.

Şekil 3.41'den görüldüğü üzere kireç ve çimento serilerinde en yüksek temas açısı deneyi sonucu %2 çinko stearat kullanılan numunede (100.80) gözlenmiştir.

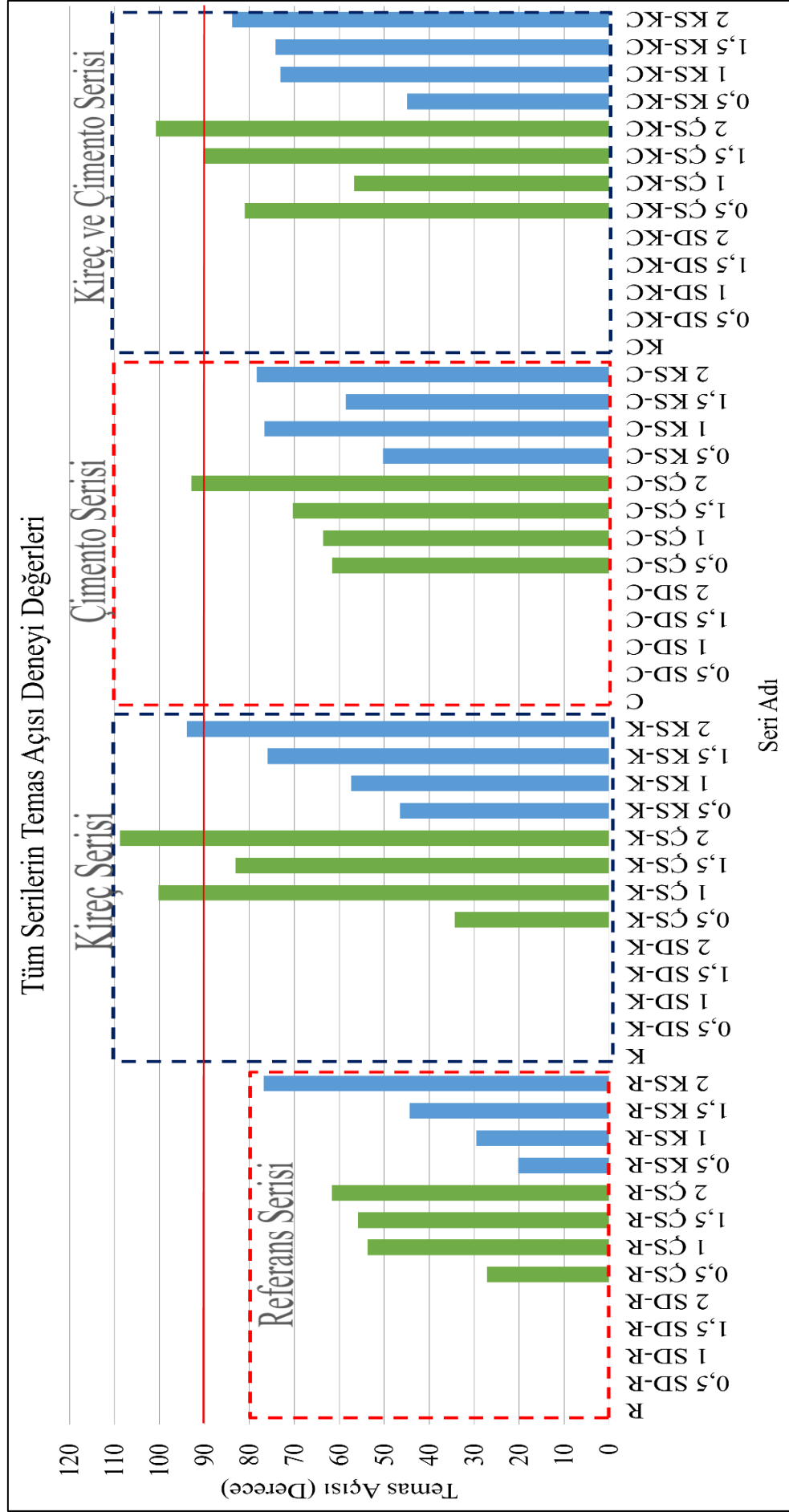
3.2.8.5. Tüm Serilerin Temas Açısı Deneyi Sonuçları

Referans, kireç, çimento serileri ile kireç ve çimento içeren serilerin temas açısı deneyi sonuçları Şekil 3.42'de verilmiştir. Tüm serilerin temas açısı deneyi sonuçları incelendiğinde çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren sıva numunelerinin referans numuneler ile silis dumanı içeren numunelere oranla daha yüksek hidrofobik özellik gösterdikleri gözlenmiştir. Çinko stearat ve kalsiyum stearatın içeriklerindeki artış genel

olarak su itici özelliği arttırmıştır. Hidrofobik malzeme katkısız referans numuneler ve silis dumanı içeren numuneler üzerinde hidrofobik bir yüzey oluşmadığı için damla oluşumu ve bu nedenle hidrofobik özellik tespiti sağlanmamıştır.

Literatürde temas açısının 90 derecenin üstünde olduğu yüzeylerin hidrofobik sayıldığı belirtilmektedir [77],[83]. Yapılan analizlerde çinko stearat ve kalsiyum stearat içermeyen tüm serilerde 90 derecenin üzerinde bir temas açısı gözlenmediğinden (bu serilerde damlatılan su numuneler tarafından hızlıca emilmiştir) hidrofobik özellik taşımadıkları tespit edilmiştir. Yalnızca kireç kullanılan serilerde hidrofobik özellik, %1 ve %2 çinko stearat ile %2 kalsiyum stearat içeren numunelerde elde edilmiştir. Yalnızca çimento kullanılan serilerde hidrofobik özelliğin %2 çinko stearat kullanımı ile sağlandığı anlaşılmaktadır. Kireç ve çimentonun birlikte kullanıldığı serilerde ise %1,5 ve %2 çinko stearat içeren numunelerde hidrofobik yüzey elde edilmiştir.





Şekil 3.42. Tüm serilerin temas açısı deneyi sonuçları.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kil sıvaların durabilite özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla hidrofobik malzemelerin kil sıva karışımlarıyla birlikte kullanıldığı bu tez çalışmasında yapılan hammadde ve sıva deneylerinde elde edilen bulgular ışığında aşağıdaki değerlendirmeler sıralanmıştır.

- Tüm sıva karışımlarının TS EN 1015-3 standardına uygun olarak 110 ± 5 mm yayılma sağlayacak şekilde su miktarları düzenlenmiştir.
- Kullanılan kilin hidrometre deneyi sonucunda %90'ından fazlasının 2 mikronun altında olduğu tespit edilmiştir.
- Koni penetrasyon deneyi sonucunda 20 mm batmaya karşılık gelen su muhtevası değeri %29,78 ve likit limit deneyi sonucunda 25 düşüş sayısına denk gelen su muhtevasının ise %29,07 olduğu tespit edilmiştir.
- Kil üzerinde yapılan plastik limit deneyi sonucunda kil numunesinin plastik limit değeri %21,65 olduğu tespit edilmiştir.
- Kil üzerinde uygulanan lineer büzülme deneyi sonucunda ortalama büzülme değerinin %6,30 olduğu tespit edilmiştir.
- Kil numunesi üzerinde yapılan proktor deneyi sonucunda kil zeminin optimum su muhtevasının %12,42 ve maksimum kuru birim hacim ağırlığının ise $1,956 \text{ g/cm}^3$ olduğu bulunmuştur.
- Kum ve kil zeminler için ayrı ayrı yapılan özgül ağırlık deneyleri sonucunda kil için özgül ağırlık değeri 2,60 ve kum için özgül ağırlık değeri 2,65 olarak bulunmuştur.
- Basınç dayanımı testi sonucunda, silis dumanının puzolanik özelliği sayesinde özellikle kireç ile çimento bileşenleri içeren sıva numunelerinin mekanik özelliklerini arttırdığı, çinko stearat ve kalsiyum stearatın ise genel olarak sıvaların mekanik özelliklerini azalttığı gözlenmiştir.

- Silis dumanının ince yapısı ve puzolanik özelliğinden dolayı numunelerin doluluğunu arttırması nedeniyle eğilme dayanımı testi sonucunda, en yüksek eğilme dayanımı silis dumanının çimento serisinde kullanıldığı sıva numunelerinde gözlenmiştir.
- Kütlece nem kaybı deneyinde, yapısında çinko stearat ve kalsiyum stearat bulunan serilerin hidrofobik özelliklerinden dolayı suyun yapılarına geçememesinden dolayı genel olarak referans seriler ile silis dumanı içeren serilere göre daha fazla nem kaybettiği gözlenmiştir.
- Kuru birim hacim ağırlık ve doğal birim hacim ağırlık deneylerinde, silis dumanı içeren serilerin referans serisine oranla daha yüksek olduğu, çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren serilerin ise birim hacim ağırlıklarının kil, kum ve silis dumanına oranla daha düşük olmasından dolayı daha düşük birim hacim ağırlık değerlerine sahip olduğu gözlenmiştir.
- Kılcal su emme deneyi sonuçlarına göre, yalnızca kil ve kum içeren referans numunelerin %2 kalsiyum stearat içeren numune hariç ilk 1 saat içinde yapısal formlarının bozulduğu gözlenmiştir ve birincil kapilarite katsayıları elde edilememiştir. %2 kalsiyum stearat içeren referans numunenin ise 1 saatten sonra yapısal formunun bozulduğu gözlenmiş ve bu nedenle ikincil kapilarite katsayısı bulunamamıştır. Silis dumanı kullanılan serilerin referans numunelere oranla kılcallık etkisiyle daha fazla su emdiği, çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren serilerin ise referans numunelere ve silis dumanı içeren serilere oranla düşük kılcallık değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Temas açısı deneyi sonuçlarına göre, hidrofobik katkısız numuneler ile silis dumanı içeren numuneler üzerinde damla oluşması sağlanamamıştır. Oluşturulan damla çok hızlı bir şekilde yüzey tarafından emilmiştir. Çinko stearat ve kalsiyum stearat içeren sıva numunelerinin diğer numunelere oranla daha iyi bir hidrofobik özellik gösterdikleri gözlenmiştir. Çinko stearat ve kalsiyum stearatın içeriklerindeki artış genel olarak hidrofobik özelliği arttırmıştır.

Bu tez çalışmasının, literatüre katkı sağlaması ve bundan sonra kil sıvalar ile yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından aşağıda verilen öneriler değerlendirilebilir.

- Kil sıva numuneleri, deneylerden önce farklı iklim koşullarında, örneğin farklı nem içeriklerinin bulunduğu ortamlarda bekletilebilir.
- Bu tez çalışmasında puzolan olarak kullanılan silis dumanının yerine puzolanik özellik gösteren diğer malzemeler tercih edilebilir.
- Bu tez çalışmasında kullanılan çinko stearat ve kalsiyum stearatın yerine diğer stearatlar ya da diğer doğal ya da yapay hidrofobik malzemeler tercih edilebilir.



5. KAYNAKLAR

- [1] G. Minke, *Building With Earth Design and Technology Of A Sustainable Architecture*, Basel, Switzerland: Birkhäuser, 2006.
- [2] M. Emiroğlu, Y. Erdoğan, and A. Yalama, “Investigation of the effects of clay/sand ratio on the performance of earth plasters via simple field tests,” in *Kerpic’13 – New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage International Conference*, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [3] S. T. Erdoğan ve T. Y. Erdoğan, *Bağlayıcı Malzemelerin ve Betonun Onbin Yıllık Tarihi*, 1. Basım, Ankara, Türkiye: ODTÜ Yayıncılık, 2007.
- [4] M. R. Hall, R. Lindsay, and M. Krayenhoff, *Modern Earth Buildings*, Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, 2012.
- [5] B. Baradan, *İnşaat Mühendisleri için Malzeme Bilgisi*, 5. Baskı, İzmir, Türkiye: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, 2014.
- [6] A. Yalama, “Farklı stabilizasyon malzemelerinin sıkıştırılmış kil duvarların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi,” Yüksek Lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2015.
- [7] İ. B. Topçu, *İnşaat Mühendisliğinde Malzeme Bilgisi*, Eskişehir, 2007.
- [8] U. Malayoğlu ve A. Akar, “Killerin sınıflandırmasında ve kullanım alanlarının saptanmasında aranan kriterlerin irdelenmesi,” *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, ss. 125–132, 1995.
- [9] Ş. E. Oruç, “Kerpiç duvarlara uygulanan kil bağlayıcılı dış sıva hasarlarının irdelenmesi,” Yüksek Lisans tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, Türkiye, 2004.
- [10] H. H. Murray and S. C. Lyons, “Further correlations of kaolinite crystallinity with

- chemical and physical properties,” *Clays and Clay Minerals*, c. 8, sayı 1, ss. 11–17, 1959.
- [11] R. Kafescioğlu, *Çağdaş Yapı Malzemesi Toprak ve Alker*, İstanbul, Türkiye: İTÜ Vakfı Yayınları, 2017.
- [12] H. Sazcı, “Seramikte kullanılan killerin tanımı,” *4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, Türkiye, ss. 28–42, 2001.
- [13] E. C. Jonas and G. L. Thomas, “Hydration properties of potassium deficient clay micas,” *Clays and Clay Minerals*, c. 8, sayı. 1, ss. 183–192, 1960.
- [14] N. Toydemir, E. Gürdal, ve L. Tanaçan, *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*, 3. Basım, İstanbul, Türkiye: Literatür Yayınları, 2011.
- [15] V. Maniatids and P. Walker, A review of rammed earth construction, Lecture Notes, Bath, 2003.
- [16] H.M. Thao, “Characterization of clays and clay minerals for industrial applications: substitution non-natural additives by clays in UV protection,” Ph. D. dissertation, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University Greifswald, Greifswald, Germany, 2006.
- [17] G. S. Olivares, F. Calderas, L. M. Torres, A. S. Solis, A. R. Gonzaga and O. Manero, “Clay minerals and clay mineral water dispersions-properties and applications,” *Clay Minerals and Ceramic Materials Based on Clay Minerals*. Rijeka, Croatia: InTech, 2016, ch. 2, ss. 25-50.
- [18] C. E. Ekinci, *Bordo Kitap-Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı*, Genişletilmiş 3.Baskı, Elazığ, Türkiye: Üniversite Kitabevi, 2004.
- [19] S. Oymael, *Yapı Bilgisi Ders Kitabı*, Cilt 1, Ankara, Türkiye: M.E.B Yayınları, 2000.
- [20] A. Weismann and K. Bryce, *Using Natural Finishes*, Totnes, England: Green Books Ltd, 2008.
- [21] Ş. E. Oruç, “Investigation of clay bound exterior plaster properties on mud-walls

in Diyarbakir Region,” *A+Arch Design International Journal of Architecture and Design*, c. 2, sayı 3, 2016.

- [22] M. Şentürk, “Yatay çevrimsel yükler etkisinde farklı sıva kalınlıklarına sahip dolgu duvarların davranışlarının deneysel olarak incelenmesi,” Yüksek Lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2018.
- [23] M. Özer, *Yapılarda Isı-Su Yalıtımları*, İstanbul, Türkiye: Özer Yayınları, 1982.
- [24] B. Çorakçı, “Hazır sıvaların farklı yüzeyler üzerindeki performansının deneysel olarak incelenmesi,” Yüksek Lisans tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2007.
- [25] Y. Babadağ, “Kimyasal katkıların sıva harçları üzerindeki etkileri,” Yüksek Lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2009.
- [26] O. Y. Bayraktar, “Alternatif sıva harçlarının yüksek sıcaklık etkisine dayanıklılığı,” Yüksek Lisans tezi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2012.
- [27] G. Tuna, “Yapı dış yüzey sıvalarında oluşan sorunların belirlenmesi ve çözüm önerileri,” Yüksek Lisans tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 1998.
- [28] S. K. Duggal, *Building Materials*, 3rd ed., New Delhi, India: New Age International Ltd., 2008.
- [29] E. Caner, “Archaeometrical investigation of some seljuk plasters,” M.S. thesis, The Department Of Archaeometry, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2003.
- [30] C. R. Guelberth and D. Chiras, *The Natural Plaster Book Earth*, Gabriola, Canada: New Society Publishers, 2003.
- [31] Y. Erdoğan, “Dolomit ikamesinin kil sıvaların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisi,” Yüksek Lisans tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2015.

- [32] M. Dereli, “Konutlarda dış sıva hasarlarının çözüm yolları ve alternatif sıva denemeleri (Konya örneği),” Yüksek Lisans tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, 2004.
- [33] N. May. (2019, Aug 20). *Clay plasters* [Online]. Available: <https://www.natural-building.co.uk>
- [34] Clayworks. (2019, Aug 20). *Clay plasters* [Online]. Available: <http://www.clay-works.com>
- [35] The Brick Industry Association. (2019, Aug 21) *Technical notes on brick construction* [Online]. Available: <http://www.gobrick.com>
- [36] D. D. L. Chung, “Review improving cement-based materials by using silica fume,” *Journal of Materials Science*, c. 37, sayı 4, ss. 673–682, 2002.
- [37] S. Shakouri, “Production of silica fume-based geopolymeric foam,” M.S. thesis, Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2017.
- [38] M. Panjehpour, A. A. Abang Ali, and R. Demirboğa, “A review for characterization of silica fume and its effects on concrete properties,” *The International Journal of Sustainable Construction Engineering Technology*, c. 2, sayı 2, 2011.
- [39] T. C. Holland, “*Silica Fume User’s Manual*,” Silica Fume Association, Washington, D.C, USA, 2005.
- [40] Silver Fen Chemical Inc. (2019, Aug 22). *Zinc Stearate* [Online]. Available: <http://www.silverferchemical.com>
- [41] Baerlocher. (2019 Aug 24). *Metallic Stearates* [Online]. Available: <https://www.baerlocher.com>
- [42] Acar Chemicals. (2019 Aug 26). *Calcium Stearate* [Online]. Available: <http://www.acarchemicals.com>
- [43] H. Zhang, S. Ma, and Y. Wu, *Building Materials in Civil Engineering*, Cambridge,

UK: Woodhead Publishing Limited and Science Press, 2011.

- [44] O. Labahn and B. Kohlhaas, *Cement Engineers Handbook*, 4th ed., Berlin, Germany: Bauverlag, 1983.
- [45] Y. Li and S. Ren, *Building Decorative Materials*, Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited and Science Press, 2011.
- [46] H. F. W. Taylor, *Cement Chemistry*, London, England: Academic Press, 1990.
- [47] *Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri*, Türk Standartlar Enstitüsü TS EN 197-1, 2012.
- [48] A. Doğançün, *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*, 11. Baskı, İstanbul, Türkiye: Birsan Yayınevi, 2014.
- [49] A. Mehta and D. K. Ashish, “Silica fume and waste glass in cement concrete production: A review,” *Journal of Building Engineering*, ss. 100888, 2019.
- [50] R. Naseroleslami and M. Nemati Chari, “The effects of calcium stearate on mechanical and durability aspects of self-consolidating concretes incorporating silica fume/natural zeolite,” *Construction and Building Materials*, c. 225, ss. 384–400, 2019.
- [51] C. Liu *et al.*, “Water-resistance properties of high-belite sulphoaluminate cement-based ultra-light foamed concrete treated with different water repellents,” *Construction and Building Materials*, c. 228, ss. 116798, 2019.
- [52] Q. Li *et al.*, “The role of calcium stearate on regulating activation to form stable, uniform and flawless reaction products in alkali-activated slag cement,” *Cement and Concrete Composites*, c. 103, ss. 242–251, 2019.
- [53] B. A. Akinyemi, A. Bamidele, and A. Oluwanifemi, “Influence of water repellent chemical additive and different curing regimes on dimensional stability and strength of earth bricks from termite mound-clay,” *Heliyon*, c. 5, sayı 1, ss. e01182, 2019.
- [54] M. Lanzón, E. Martínez, M. Mestre, and J. A. Madrid, “Use of zinc stearate to

- produce highly-hydrophobic adobe materials with extended durability to water and acid-rain,” *Construction and Building Materials*, c. 139, ss. 114–122, 2017.
- [55] J. Liblik and A. Just, “Performance of Constructions with Clay Plaster and Timber at Elevated Temperatures,” *Energy Procedia*, c. 96, ss. 717–728, 2016.
 - [56] L. Randazzo, G. Montana, A. Hein, A. Castiglia, G. Rodonò, and D. I. Donato, “Moisture absorption, thermal conductivity and noise mitigation of clay based plasters: The influence of mineralogical and textural characteristics,” *Applied Clay Science*, c. 132–133, ss. 498–507, 2016.
 - [57] M. Emiroğlu, A. Yalama, and Y. Erdoğan, “Performance of ready-mixed clay plasters produced with different clay/sand ratios,” *Applied Clay Science*, c. 115, ss. 221–229, 2015.
 - [58] L. Falchi, E. Zendri, U. Müller, and P. Fontana, “The influence of water-repellent admixtures on the behaviour and the effectiveness of Portland limestone cement mortars,” *Cement and Concrete Composites*, c. 59, ss. 107–118, 2015.
 - [59] R. Delinière, J. E. Aubert, F. Rojat, and M. Gasc-Barbier, “Physical, mineralogical and mechanical characterization of ready-mixed clay plaster,” *Building and Environment*, c. 80, ss. 11–17, 2014.
 - [60] G. Georgiev, W. Theuerkorn, M. Krus, R. Kilian, and T. Grosskinsky, “The potential role of cattail-reinforced clay plaster in sustainable building,” *Mires Peat*, c. 13, ss. Article 9, 2013.
 - [61] E. K. Darling, C. J. Cros, P. Wargocki, J. Kolarik, G. C. Morrison, and R. L. Corsi, “Impacts of a clay plaster on indoor air quality assessed using chemical and sensory measurements,” *Building and Environment*, c. 57, ss. 370–376, 2012.
 - [62] E. Vejmelková, D. Koňáková, M. Čáchová, M. Keppert, and R. Černý, “Effect of hydrophobization on the properties of lime–metakaolin plasters,” *Construction and Building Materials*, c. 37, ss. 556–561, 2012.
 - [63] T. Ashour and W. Wu, “An experimental study on shrinkage of earth plaster with natural fibres for straw bale buildings,” *International Journal of Sustainable*

Engineering, c. 3, ss. 299–304, 2010.

- [64] Ü. Yurt, “Kriyojenik sıcaklık etkisindeki kendiliğinden yerleşen betonlarda kırılma mekaniği performansının belirlenmesi,” Doktora tezi, Disiplinlerarası Kompozit Malzeme Teknolojileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, Türkiye, 2015.
- [65] *Yapı kireci - Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 459-1, 2015.
- [66] K. Akçaözoğlu, “Silis dumanı içeren yüksek dayanımlı harçlarda numune boy değişiminin basınç dayanımı ve birim kısalma üzerindeki etkisi,” Doktora tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2007.
- [67] American Elements. (2019 Aug 27). *Zinc Stearate* [Online]. Available: <https://www.americanelements.com/zinc-stearate-557-05-1>
- [68] *Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini- Eleme metodu*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 933-1, 2012.
- [69] *İnşaat Mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri-Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS 1900-1, 2006.
- [70] *Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Mercury Method*, ASTM Standard D427-04, 2008.
- [71] *Kagir harcı- Deney metotları- Bölüm 3: Taze harç kıvamının tayini (yayılma tablası ile)*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 1015-3, 2000.
- [72] *Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 196-1, 2016.
- [73] *Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-5, 2019.
- [74] *Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12350-6, 2019.

- [75] *Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 12390-7, 2019.
- [76] *Doğal taşlar- Deney metotları- Kılcal etkiye bağlı su emme katsayısının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü TS EN 1925, 2000.
- [77] O. Cengiz, “Temas açısı ölçüm cihazı,” Yüksek Lisans tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [78] *Standard Test Method for Hydrophobic Contamination on Glass by Contact Angle Measurement*, ASTM Standard C813 - 90, 2014.
- [79] O. S. B. Al-Amoudi, M. Maslehuddin, M. Shameem, and M. Ibrahim, “Shrinkage of plain and silica fume cement concrete under hot weather,” *Cement and Concrete Composites*, c. 29, sayı 9, ss. 690–699, 2007.
- [80] O. S. Baghabra Al-Amoudi, T. O. Abiola, and M. Maslehuddin, “Effect of superplasticizer on plastic shrinkage of plain and silica fume cement concretes,” *Construction and Building Materials*, c. 20, sayı 9, ss. 642–647, 2006.
- [81] X. Wang, J. Huang, S. Dai, B. Ma, and Q. Jiang, “Investigation of silica fume as foam cell stabilizer for foamed concrete,” *Construction and Building Materials*, c. 237, ss. 117514, 2020.
- [82] H. Sasanipour, F. Aslani, and J. Taherinezhad, “Effect of silica fume on durability of self-compacting concrete made with waste recycled concrete aggregates,” *Construction and Building Materials*, c. 227, ss. 116598, 2019.
- [83] S. M. Beatty and J. E. Smith, “Fractional wettability and contact angle dynamics in burned water repellent soils,” *Journal of Hydrology*, c. 391, sayı 1–2, ss. 97–108, 2010.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tarkan VERGÜL
Doğum Tarihi ve Yeri : 20.02.1995 / Kars
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : vergultarkan@outlook.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	İnşaat Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi	2017
Lise		Vali Muammer Güler Anadolu Öğretmen Lisesi	2013