

**T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞAL PUZOLAN KATKILI KİREÇ HARCİ İLE TOPRAK KARIŞIMININ
KERPİÇ YAPILARDA DIŞ SIVA OLARAK KULLANILABİLMESİ
ÜZERİNE DENEYSEL BİR ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Kaan ÇAKIR

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği ve Malzeme Programı

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

ŞUBAT 2010

Kaan ÇAKIR tarafından hazırlanan DOĞAL PUZOLAN KATKILI KIREÇ HARCİ İLE TOPRAK KARIŞIMININ KERPIÇ YAPILARDADA DIŞ SIVA OLARAK KULLANILABİLMESİ ÜZERİNE DENEYSEL BİR ARAŞTIRMA adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylıyorum.

Yrd. Doç. Dr. Mustafa Özgünler
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Mustafa Özgünler

Üye : Prof. Dr. Kemal Çorapçıoğlu

Üye : Prof. Dr. Leyla Tanaçan

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

DOĞAL KATKILI PUZOLAN HARCİ İLE TOPRAK KARIŞIMININ KERPİÇ YAPILARDA DIŞ SIVA OLARAK KULLANILABİLMESİ ÜZERİNE DENEYSEL BİR ARAŞTIRMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Kaan ÇAKIR

**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2010

ÖZET

Bu çalışma, günümüzde önemi daha da fazla algılanan kerpiç yapıların, mekanik ve fiziksel özelliklerine uyumlu, yapı yüzeyini dış etkilere karşı koruyan, kireç bağlayıcılı sıva malzemesi araştırmasıdır. Kireç harcının özelliklerini iyileştirmek amacıyla harç bünyesine katılan doğal puzolanla oluşturulan karışım, bağlayıcı olarak belirlenmiştir. Bu bağlayıcıya katılan standard orandaki kumun yerine, gittikçe artan oranlarda toprak eklenerek kerpiç duvar dış yüzeyine uygun sıva üretimi planlanmıştır.

Giriş bölümünde, kerpiç yapının günümüzdeki önemi ve avantajlarının yanı sıra koruyucu sıva araştırmasının da amacı, kapsamı ve yöntemi anlatılmıştır.

İkinci bölümde, konuyla ilgili genel bir literatür araştırması yapılmıştır. Bu araştırma kerpiç, kerpiç sıvaları ve bu konuda daha önce yapılan deneysel çalışmaların sonuçlarının da yer aldığı konuları kapsamaktadır.

Üçüncü bölümde, yapılan fiziksel ve mekanik özellik deneylerinin yöntemleri, süreçleri, konuyla ilgili tüm formüller, kullanılan standartlar ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Dördüncü bölüm, kullanılan malzemelerin kimyasal ve fiziksel özellikleri belirleyen analiz sonuçlarını, karışım sonucu ortaya çıkan taze harcın kıvamını belirleyen ön deney sonuçlarını ve dökülen numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirleyen deney sonuçlarını kapsamaktadır.

Beşinci bölümde, kerpiç sıvası için üretilen numunelerin deney sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmış, daha önce yapılan benzer malzeme numunelerine göre avantajları ve dezavantajları belirlenmeye çalışılmıştır. Numunelerin kerpiç duvar ile uyumu araştırılarak sıva harcında kullanılacak en uygun karışım belirlenmiştir.

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler : Kireç, Kireç Harcı, Kerpiç Sıvası, Doğal Puzolan, Toprak

Sayfa Adedi :

Tez Yöneticisi : Yard. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

**AN EXPERIMENTAL STUDY ON NATURAL POZZOLAN BLENDED
LIME MORTAR WITH SOIL MIXTURE IN THE ADOBE STRUCTURES
USED AS BE EXTERNAL PLASTER**

(M.Sc. Thesis)

Kaan ÇAKIR

**MIMAR SINAN FINE ARTS UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECNOLOGY**

Feb. 2010

SUMMARY

This study, even more today's perceived importance of adobe structure, mechanical and physical properties compatible, the structure that protects the surface against external influences, lime plaster binding material research. Participating in the fees structure, to improve the properties of lime mortar, created by the mixture of natural pozzolan, been identified as binding. With the addition of increasing proportions of soil instead of the standard proportions of sand in this binding, appropriate to the exterior wall of adobe plaster production is planned.

In the introduction, today of the importance and advantages of adobe structures as well as.

In the second section, a literature survey on the subject was made in general. This research adobe, adobe plaster and the results of experimental studies on this issue before, where also covers topics.

In the third section, the physical and mechanical properties of experimental methods, processes, all relevant formulas, standards used are described in detail.

The fourth section, determine the chemical and physical properties of materials used in the analysis results, the resulting mixture as a result of fresh mortar consistency in determining the preliminary test results and determine the physical and mechanical properties of spilled samples include the experimental results.

In the fifth section, experimental results of samples produced for adobe plaster made of the assessment, according to the previously made similar material samples were studied to determine the advantages and disadvantages. Investigate compliance with adobe walls of the sample to be used in the most appropriate mixture of plaster mortars were determined.

Science Code:

Key Words: Lime, Lime Mortar, Adobe Plaster, Naturel Pozzolan, Soil

Page Number:

Supervisor: Mustafa ÖZGÜNLER

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TEŞEKKÜR	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi

1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	1
1.2. Çalışmanın Yöntemi	4
2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1. KERPİÇ	5
2.1.1. Tanımı	5
2.1.2. Tarihçesi	5
2.1.3. Birleşenlerinin Özellikleri	7
2.1.3.1. Toprağın Özellikleri	7
2.1.3.2. Saman ve Diğer Bitkisel Lif Özellikleri.....	10
2.1.3.3. Karışımda Kullanılan Suyun Özellikleri.....	11
2.1.4. Kerpicing Üretim Aşamaları	11
2.1.4.1. Kerpiç Karışımının Hazırlanması	11
2.1.4.2. Kerpicing Kesilmesi.....	11
2.1.4.3. Kerpicing Kurutulması ve Korunması	12
2.1.5. Kerpicing Yapı Malzemesi Olarak Özellikleri	12
2.1.5.1. Mekanik Özellikleri	14
2.1.5.2. Fiziksel Özellikleri.....	14
2.1.6. Kerpiç Niteliklerinin İyileştirilmesi	15
2.1.6.1. Toprağın Granülometrisinin İyileştirilmesi	16
2.1.6.2. Toprağın Dinlendirilmesi	17
2.1.6.3. Karışım Su Oranının Ayarlanması	17
2.1.6.4. Yoğurulma ve Sıkıştırma	17
2.1.6.5. İyileştirici Maddeler Katılması	18
2.1.7. Kerpiç Duvar Yapım Şekilleri	22
2.1.8. Kerpiç Yapıya Uygun Planlama ve Uygulama Koşulları	26

2.2. SIVALAR	28
2.2.1. Sıvanın Yapısı ve Özellikleri	30
2.2.2. Yapı Fiziği Açısından Duvar Sıva İlişkisi	34
2.2.3. Genel Sıva Uygulama Esasları.....	39
2.2.4. Bağlayıcı Özelliklerine Göre Sıva Çeşitleri.....	40
2.2.5. Kerpiç Sıvası	40
2.2.6. Kerpiç Duvarda Sıva Uygulama Genel Kuralları	41
2.2.7. Kerpiç Sıva Bakım Ve Onarımı	46
2.2.8. Kerpiç Sıva Bağlayıcıları	47
2.2.8.1. Alçı.....	47
2.2.8.2. Kireç.....	51
2.2.8.3. Çimento	56
2.2.8.4. Puzolanlar.....	58
2.2.9. Bağlayıcılarına Göre Kerpiç Dış Sıva Çeşitleri	65
2.2.9.1. Kil Bağlayıcılı Sıvalar.....	65
2.2.9.2. Kil + Alçı Bağlayıcı Sıvalar.....	67
2.2.9.3. Kil + Kireç Bağlayıcı Sıvalar.....	68
2.2.9.4. Kil + Çimento Bağlayıcı Sıvalar	68
2.2.9.5. Kireç Bağlayıcı Sıvalar	69
2.2.9.6. Melez Bağlayıcı Sıvalar	71
2.3. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	73
2.3.1. Kerpiç Harcı İlgili Çalışmalar	73
2.3.2. Kireç Harcı ile İlgili Çalışmalar	74
3. DENEY YÖNTEMLERİ	78
3.1. Fiziksel Özellik Belirleme Deneyleri	79
3.1.1. Nem Oranı.....	79
3.1.2. Elek Analizi.....	80
3.1.3. Birim Hacim Kütlesi	82
3.1.4. Özgül Kütlesi	83
3.1.5. Boşluk ve Doluluk Oranları (Porozite ve Kompasite).....	85
3.1.6. Kılcal Su Emme	85
3.1.7. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme	87
3.1.8. Buhar Geçirgenliği	88
3.2. Mekanik Özellikleri Belirleme Deneyleri.....	89
3.2.1. Eğilme Dayanımı	91
3.2.2. Basınç Dayanımı	92
3.2.3. Ultra Ses Hızı	93
3.2.4. Sertleşmiş Harcın Alt Tabakaya Yapışma Dayanımı.....	95
3.3. Taze Harç Kıvam Belirleme Deneyi	96

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI	100
4.1. Karışımda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri	100
4.1.1. Kireç	100
4.1.2. Doğal Puzolan	101
4.1.3. Kum	103
4.1.4. Toprak	103
4.2. Karışımda Kullanılan Malzemelerle İlgili Ön Deneyler	104
4.2.1. Nem Oranı Belirleme Sonuçları	104
4.2.2. Elek Analizi Sonuçları	104
4.2.3. Birim Hacim Kütle Belirleme Sonuçları	105
4.2.4. Özgül Kütle Belirleme Sonuçları	105
4.3. Numunelerin Hazırlanması ve Ön Deneyler	107
4.3.1. Taze Harç Kıvamı Belirleme	108
4.3.2. Taze Harç Birim Hacim Kütlesi	110
4.4. Numunelerin Fiziksel Özellik Deneyi Sonuçları	110
4.4.1. Birim Hacim Kütlesi Belirleme Sonuçları	111
4.4.2. Özgül Kütle Belirleme Sonuçları	111
4.4.3. Doluluk ve Boşluk Oranları Belirleme Sonuçları	112
4.4.4. Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları	113
4.4.5. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Deneyi Sonuçları	115
4.4.6. Buhar Geçirgenliği Deneyi Sonuçları	116
4.5. Numunelerin Mekanik Özellik Deney Sonuçları	119
4.5.1. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi Sonuçları	119
4.5.2. Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları	120
4.5.3. Ultra Ses Hızı Deney Sonuçları	123
4.5.4. Sertleşmiş Harcın Alt Tabakaya Yapışma Deneyi Sonuçları	124
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	125
5.1. Sonuçların İrdelenmesi	125
5.2. Öneriler	128
KAYNAKLAR	130
EKLER	136
ÖZGEÇMİŞ	137

TEŞEKKÜR

Çalıőmamın başında konu seèimimde, beni yönlendiren Sn. Prof. Dr. Kemal Çorapçioğlu'na tezimin her aşamasında bilgi, destek ve yakın ilgisini esirgemiyen danıőmanım Sn. Yrd. Doç. Dr Mustafa Özgünler'e deney çalıőmalarımnda kıymetli tecrübelerinden yararlandığım Sn. Dr. Seden Acun Özgünler'e, tüm hayatım boyunca desteğini esirgemiyen aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Kaan ÇAKIR

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 2.1. Yemen, İran ve Meksika kerpiç mimarisinden çeşitli örnekler	6
Şekil 2.2. Dünyada kerpicin yaygın olarak kullanıldığı bölgeler	6
Şekil 2.3. Gümüşhane Kelkit ve İznik Sarsarak köyündeki geleneksel kerpiç mimari örnekleri.....	7
Şekil 2.4. Kerpiç kesilmesi	12
Şekil 2.5. Kerpiç blok örgü sistemleri	23
Şekil 2.6. Safranbolu’da ahşap konstrüksiyon içine kerpiç blokların yerleştirildiği geleneksel mimarimizden örnekler.....	24
Şekil 2.7. Dövme kerpiç duvar kalıbı	25
Şekil 2.8. Temel, kerpiç duvar birleşim detayları.....	27
Şekil 2.9. Buhar geçirgenliği	37
Şekil 2.10. Buhar geçirgenliği düşük dış sıva ile kaplı duvarda ısı yalıtım katmanının yerinin yanlış seçimi sonucu yoğuşma oluşumu ve dış cephe kaplama hasarı.....	38
Şekil 2.11. Blok kerpiç duvar sıva yüzeyi	43
Şekil 2.12. W. Fauth sistemi sıva alt tabakası	44
Şekil 2.13. Dövme kerpiç duvar yüzey hazırlığı.....	45
Şekil 3.1. Etüv sonrası desikatörde bekletilen malzemenin hassas terazide tartılması	79
Şekil 3.2. Taze harcın boşluklu birim hacim kütlesi.....	81
Şekil 3.3. Özgül kütle deneyi.....	83
Şekil 3.4. Elek analizi deneyi.....	84
Şekil 3.5. Kılcal su emme deneyi düzeneği	86
Şekil 3.6. Atmosfer basıncı altında su emme deneyi	87
Şekil 3.7. Su buharı geçirgenlik deneyi düzeneği.....	89
Şekil 3.8. Çekme dayanımı presi	91

ŞEKİL LİSTESİ (Devamı)

Sayfa No:

Şekil 3.9. Basınç dayanımı presi.....	92
Şekil 3.10. Ultra ses deneyi.....	94
Şekil 3.11. Sertleşmiş harcın yapışma dayanımı	96
Şekil 3.12. Kireç hamuru ve doğal puzolan karışımı.....	98
Şekil 4.1. Kaytazdere’de bulunan doğal puzolan kaynaklarının fotoğrafları	101
Şekil 4.2. Kullanılan doğal puzolanın XRD grafiği.....	102
Şekil 4.3. Kumun granülometri eğrisi.....	106
Şekil 4.4. Toprak granülometri eğrisi	107
Şekil 4.5. Kalıba dökülmüş taze harç örneği	108
Şekil 4.6. Taze harç kıvam belirleme deneyi.....	110
Şekil 4.7. Harç karışım oranlarının, birim hacim kütle değerleri grafği	111
Şekil 4.8. Harç karışım oranlarının, özgül kütle değerleri grafiği	112
Şekil 4.9. Kılcal su emme deneyi.....	114
Şekil 4.10. Harç karışım oranlarının, kılcal su emme değerleri grafiği	115
Şekil 4.11. Su emme deneyinden çıkan doygun numunelerin durumu	115
Şekil 4.12. Buhar geçirgenliği deney numunelerinin (0,00001g) hassas terazide tartılması.....	116
Şekil 4.13. Eğilmede çekme dayanımı deneyinde numunenin Kırılması.....	119
Şekil 4.14. Deney numunelerinin boyutlarının ölçülmesi	122

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa No:

Çizelge 2.1. A.B.D. Arizona Üniversitesi kerpiç granülometri değerleri	10
Çizelge 2.2. TS 2514'e göre geleneksel yöntemle üretilen kerpiç blokların boyutlarının sınıflandırılması	13
Çizelge 2.3. Kerpicin çeşitli kagir malzemelerle fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması	15
Çizelge 2.3. Alçılı kepicin (alker) fiziksel ve mekanik özellikleri	20
Çizelge 2.5. Dozajına göre harç sınıfları.....	31
Çizelge 2.6. Çeşitli harçların karışım oranları	32
Çizelge 2.7. Harç karışım oranları	32
Çizelge 2.8. Kirecin fiziksel ve mekanik özellikleri.....	55
Çizelge 2.9. Toprak Oranı %25 olan numunenin karışım miktarları.....	73
Çizelge 2.10. Toprak Oranı %25 olan numunenin mekanik özellikleri	73
Çizelge 2.11. Toprak Oranı %25 olan numunenin kılcal su emme değerleri.....	73
Çizelge 2.12. (1983-1991) Yılları arasında sıva hasar durumu	74
Çizelge 2.13. Bizans yapıları için üretilen harçların karışım oranları	75
Çizelge 2.14. Hazırlanan numunelerin deney sonuçları	75
Çizelge 2.15. Selanik'te ki 400 yıllık Osmanlı minaresinin harç mukavemetleri ve elastisite modülü	76
Çizelge 2.16. Harç numunenin karışım oranları	76
Çizelge 2.17. 40x40x160mm Boyutundaki numunelerin mukavemet ve elastisite modülleri	76
Çizelge 2.18. Numunenin kodlanması ve malzeme karışım oranları	77
Çizelge 2.19. Ortalama eğilme mukavemeti değerleri.....	77
Çizelge 2.20. Ortalama basınç mukavemeti değerleri	77
Çizelge 3.1. Numunelerin hazırlanma muhafaza (kür) şartları	90
Çizelge 3.2. Malzeme karışım oranları	98
Çizelge 4.1. Sönmemiş kirecin kimyasal özellikleri.....	100
Çizelge 4.2. Puzolanik malzemenin kimyasal analiz sonucu.....	101

ÇİZELGE LİSTESİ (Devamı)

Sayfa No:

Çizelge 4.3. Puzolanik malzemenin kızdırma kaybı analizi	102
Çizelge 4.4. Puzolan karışımlı numunelerin eğilme ve basınç deneyi sonuçları	103
Çizelge 4.5. Topraktaki tekstürel parça büyüklükleri	104
Çizelge 4.6. Kaytazdere puzolanı elek analizi sonuçları	105
Çizelge 4.7. Kumun elek analizi	105
Çizelge 4.8. Toprak elek analizi.....	107
Çizelge 4.9. Malzeme su miktarları ve yayılma oranları	109
Çizelge 4.10. Taze harç birim hacim kütlesi.....	110
Çizelge 4.11. Sertleşmiş harç birim hacim kütle değerleri	111
Çizelge 4.12. Sertleşmiş harç özgül kütle değerleri	112
Çizelge 4.13. Sertleşmiş harcın doluluk ve boşluk oranları.....	113
Çizelge 4.14. Numunelerin ortalama boyut, kütle, kılcal su emme değerleri ve katsayısı.....	114
Çizelge 4.15. Atmosfer basıncı altında ortalama su emme değerleri.....	116
Çizelge 4.16. Buhar geçirgenlik deney akışı ve sonuçları	117
Çizelge 4.17. Su buharı geçirgenlik direnç katsayısı değerleri.....	118
Çizelge 4.18. Numunelerin ortalama eğilmede çekme dayanımı değerleri.....	120
Çizelge 4.19. Numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri	121
Çizelge 4.20. 46 Günlük numunelerin çekme ve basınç dayanımları.....	122
Çizelge 4.21. Numunelerin ortalama ultra ses hızı ve dinamik elastisite modülleri	123
Çizelge 4.22. Sertleşmiş harcın alt tabakaya yapışma değerleri	124

SEMBOL LİSTESİ

μs	: Mikro Saniye
μm	: Mikro metre
SiO_2	: Silisyum dioksit
$2(\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2)$: Dikalsiyum silikat
Al_2O_3	: Alüminyum oksit
Fe_2O_3	: Hematit
Fe_3O_4	: Magnetit
CaO	: Sönmemiş Kireç
$\text{Ca}(\text{OH})_2$: Sönmüş Kireç
$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$: Alçı
MgO	: Magnezyum Oksit
SO_3	: Kükürt trioksit
CaCl_2	: Kalsiyum Klorür (nem çekici)
FeSi	: Ferro Silisyum
SiFeCr	: Silikoferrokrom
MgCO_3	: Magnezyumlu Kireç Taşı
CaCO_3	: Kirç taşı
XRD	: X-ray Difraksiyon
C	: Kılcallık Katsayısı ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{dak}^{0.5}$)
Δ	: Birim Hacim Kütle (g/cm^3)
δ	: Özgül Kütle (g/cm^3)
E_d	: Dinamik Elastisite Modülü (N/mm^2)
K	: Komposite (doluluk oranı) %
P	: Porozite (boşluk oranı) %
Sh	: Hacimce Su Emme %
Sk	: Kütlece Su Emme %
μ	: Buhar Geçirimsizlik Direnç Katsayısı
V	: Hacim (cm^3)

1. GİRİŞ

1.1. ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bilindiği gibi toprak, çok eski dönemlerden beri insanların barınmak için yararlandıkları geleneksel malzemelerdendir. Bu gün de yer yüzünde yaşayan insanların büyük bir bölümü, topraktan yapılmış evlerde yaşamaktadırlar. Bu bir yönden toprağın yapı malzemesi olarak hemen hemen her yerde kolay ve bol elde edilebilmesi nedeniyle diğer yönden ise topraktan oluşturulan yapının diğer malzemelerle yapılanlara nazaran bir çok yönden daha yararlı olmasından kaynaklanır. Toprak yapı, başka olanak bulunmadığı dönem ve yörelerde, zorunluluk nedeniyle kullanılan, toplumun refah düzeyinin yükselmesi olanaklar elverdiği an terkedilmesi gereken bir malzeme olarak görülmeğe başlanmıştır. Oysa, günümüzdeki sosyal ve ekonomik koşullar, toprağın yapı için yararlı yönlerini tekrar ön plana çıkarmıştır. Bu gün toprak yapı, en az gelişmiş ülkelerden en gelişmiş ileri endüstri ülkelerine kadar, dünyanın her yerinde, üzerinde en çok çalışma ve araştırma yapılan konuların başında yer almaktadır.

Toprak yapı ülkede bol bulunan kaynaklardan en kolay ve en ileri düzeyde yararlanmayı ve yöre halkının gelenek, görenek ve tarım dışı emeklerini değerlendirme olanağı sağlar. Ayrıca etkin ölçüde enerji tasarrufu, kalkınma için gerekli kaynakların, yapı sektöründeki kullanımını en az seviyeye indirmeyi, her mevsimde bina içinde insana en uygun yaşam koşullarını, güneş enerjisinden en kolay yöntemlerle en üst düzeyde yararlanmayı, günümüzde uygarlığın gereği olan her türlü donatımın yapıda uygulanması olanağını sağlar. Bu nedenle toprak yapı, günümüzde “Çağdaş Yapı” niteliğini kazanmıştır. Elbette ki toprak yapının da, diğer yapı türlerinde olduğu gibi, bazı sakıncalı yönleri vardır. Bunlar gerekli önlemler alınarak ve ön görülen koşullara uyularak, ya tamamen giderilebilir, ya da en aza indirilebilir. [1]

Son yıllarda dünya ülkelerini etkisi altına alan teknolojik gelişmeler tüm sektörleri etkilerken yüksek teknolojinin bedeli olarak doğanın artık temizleyemediği çevre kirliliğini de beraberinde getirmiştir. Bunun sonucunda da çevre korunumunu ön plana alan uygulayıcılar ve planlamacılar, üretiminde enerji kullanılmayan veya çok az enerjiye gereksinim duyan, kullanımı sırasında en az enerji ile konfor koşullarını sağlayan ekolojik malzemelere yönelmişlerdir.

Tüm bunların ışığı altında inşaat sektöründeki malzeme seçiminde birbirinden farklı iki eğilimin yaygınlaştığını görmekteyiz. Bunlardan biri, yüksek teknoloji ürünü olan, üretiminde ve kullanımında fazla enerji tüketilen çağdaş malzemelerin tercihi, diğer taraftan üretimi ve kullanımında az enerji tüketen geçmişte de kullandığımız geleneksel malzemeler dediğimiz malzemelerin kullanımının yaygınlaştırılması üzerine çeşitli görüşler oluşmaktadır.

Teknolojinin gelişmesi yapı malzemesi pazarında olumlu etkiler yaratırken yaşadığımız çevrenin de kirlenmesine neden olmaktadır. Yüksek teknoloji ürünü olan çağdaş yapı malzemelerinden bazılarının üretiminin, çevre sorunlarının ortaya çıkmasında büyük rolü vardır. Bu tip malzemeler sadece üretim aşamasında değil yapılarda kullanımı ve tüketimi sırasında da yani yaşam döngüsünün her aşamasında çevre üzerinde olumsuz bir etki yaratırlar. Bu durumda, gelecek nesillere yaşanabilir çevreler bırakmak için çevre kirlenmesini önleyecek tedbirlerin alınması kaçınılmaz bir gerekliliktir.

Geleneksel malzemelerin terkedilip modern malzemelerin kullanımı yaygınlaşırken bunların çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri de göz ardı edilmemelidir. Geleneksel bir malzeme olan kerpiç, üretim aşamasından kullanım ve tüketim aşamasına kadar çok az enerji ihtiyacıyla çevreye duyarlı ekolojik bir yapı malzemesidir. Bağlayıcısı doğadan elde edilen killi toprak olan gerek taşıyıcı malzeme, gerekse sıvama malzemesi olarak kullanılabilen ekonomik bir malzemedir. Kullanımı en eski çağlardan günümüze kadar gelebilen özellikle kırsal bölgeler için vazgeçilmez, maliyeti en az, üretimi tesis kurulmasını gerektirmeyen bununla birlikte ısı yalıtım değeri yüksek, nemi dengeleyen yapısıyla konforlu bir malzemedir. Her mevsimde bina içindeki kullanıcıya uygun yaşam koşullarını sağlar. Bu yönüyle ayrı

bir ısı yalıtım malzemesine ihtiyaç bırakmayarak ömür boyu ekonomi sağlamaktadır. Görüldüğü gibi yapı malzemesi olarak toprağın kullanılması enerji tasarrufunu sağlayarak çevre kirlenmesinin önlenmesinde yararlı olacak ve ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır.

Toprak yapı sistemi sadece kırsal bölgeler için ve çağdaş malzemeler bulunmadığında kullanılan ilkel bir sistem olarak görülmemelidir. Aksine en ileri düzeydeki konfor şartlarını, önemli ölçüde enerji ve maliyet indirimi sağlayarak yerine getiren bir yapı türüdür. Gelişmiş ülkelerde enerji darlığı ve çevre kirliliği gibi ağırlık kazanan nedenlerle, gelişmekte olan ülkelerde ise yerleşme sorununa ancak bu yolla çözüm getirilebileceği görülerek, tüm dünyada toprak yapıya yönelme görülmektedir. [2]

Tüm bu avantajlarının yanında diğer kagir yapı malzemelerine kıyasla kerpiç malzemenin, basınç ve eğilme mukavemetlerinin düşüklüğü ve kil bağlayıcısının su etkisi altında çözülmesi gibi olumsuz sayılan özellikleri de vardır. Bu dezavantajları bir takım planlama önlemleri olarak, uygulama kurallarına ve yerine dikkat ederek önlemeye çalışmakta, esas amaç malzemenin sorun taşıyan bu tür özelliklerinin günümüz imkanları kullanılarak, standardının yükseltilmesini sağlamaktır. Yaygın kullanımının devamlılığını sağlayacak öneriler getirerek ülke ekonomisine ve çevre kirliliğine katkıda bulunmaktır. Malzemenin standardını yükseltmeye çalışırken yapım sisteminin ekonomikliğini etkileyecek veya üretiminde fazla enerji gerektiren, makine ve taşıma giderleri oluşturacak ilave malzemeler kullanmak yerine yöre halkının bulmakta zorluk çekmeyeceği el emeğiyle işleyebileceği kerpiç yapım sistemine uygun malzemeler kullanmak ekonomik çözümler geliştirmek gerekmektedir. Kerpicing kalitesinin yükseltilerek yaygın kullanımı sağlandığında ekonomik ve çevresel katkılarının yanında yüzyıllardan beri süregelen kerpiç yapı kültürümüz canlanacak gittikçe yok olmaya yüz tutan bu kültür mirasımızda yok olmaktan kurtulacaktır.

Yapı malzemesi ne olursa olsun birçok çevresel yıpratıcı etkiler ile karşılaşmaktadırlar. Bu etkiler yapının genelde dış yüzeyinde veya dış yüzeye bağlı olarak, içinde de bir takım hasarlar meydana getirmektedirler. Dış yüzeylerdeki bu hasarlara özellikle atmosfer koşulları, sıcaklık etkileri, ısı akımları, buhar hareketleri ve genleşmeler sebep olmaktadır. Özellikle suya karşı hassas olan kerpiç malzemenin dış yüzeyinin korunması büyük önem taşımaktadır. Yüzey koruma malzemesi

uygulandığı yüzeyin özelliklerine, koruyucudan beklenen fonksiyonlara, estetik kaygılara yanıt verebilir özellikte olmalıdır. Kerpiç malzemeyle iyi aderans sağlamalı, kerpice yakın buhar geçirgenliğine sahip ama su geçirmeyen, esnek ve mukavemetli, ekonomik, kolay uygulanan ve her yerde rahatça bulunabilen malzemelerden oluşmalıdır.

Kerpiç yapıların dış yüzeylerini özellikle hassas olduğu suya karşı koruyan uygun özellikte sıva araştırması bu tezin konusunu oluşturmaktadır. Bunun için kireç bağlayıcıya puzolan ilavesi yapılarak suyun olumsuz etkilerine karşı daha dayanıklı ve mukavemeti artmış olan hidrolik kireç elde edilmiştir. Kireç sıvası bilindiği gibi aderansı yüksek, çatlamalara karşı dayanıklı (esnek), buhar geçirgenliği iyi bir malzemedir. Ayrıca her yerde kolayca elde edilebilmesi ekonomik olması da ilave avantajlar sağlamaktadır. Hidrolik kireç sıvasının belirli oranlarda toprakla karıştırılarak kerpiç malzemeyle uyumunun artırılması sağlanmaya çalışılarak, kerpiç yapılara uygun ekonomik sıva elde edilmeye çalışılmıştır.

1.2. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Kerpiç yapılara uygun kireç sıvasının araştırılması amacıyla konu ile ilgili diğer tezler, araştırmalar, bildiriler, makaleler, kitaplar ve standartların incelenmesini kapsayan ayrıntılı bir literatür taraması yapılmıştır. Araştırmalar sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda nitelikleri doğal puzolanla güçlendirilen kireç harcına giderek artan oranlarda toprak malzeme katılarak kerpiç yapı dış yüzeyinde uygulanacak uygun mukavemetli, suya karşı dayanıklı, aderansı yüksek, elastik özellikli bir sıva elde edilmesi planlanmıştır.

Deneylerde kullanılacak malzemeler seçilirken daha önce incelenen standartlar doğrultusunda malzemeler temin edilmiş ve bu malzemelerin analizleri ayrıca laboratuvar ortamında yapılmıştır. Daha sonra laboratuvar ortamında sıva harcının üretimi ve üretilen bu harcın fiziksel ve mekanik özelliklerinin bulunmasını kapsayan Türk Standardlarına uygun bir takım deneyler yapılmıştır. Deney sonuçları tablolar ve grafikler haline getirilerek ayrıntılı bir biçimde sunulmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. KERPIÇ

Yapı malzemesi olarak kerpiç, balçık veya en basit ifadesi ile çamurun insan tarafından kullanımı, kendi varoluşu kadar eskidir. Toprak çok eski dönemlerden beri insanların yapı malzemesi olarak yararlandıkları malzemelerin başında gelir. [3]

2.1.1. Tanımı

Kerpiç killi ve uygun nitelikte toprağın içine saman veya diğer bitkisel lifler (saz türünden bitkiler, kaba ot, kenevir lifleri, kuru funda, çam iğneleri, ağaç dalları, testere ve rende talaşları) karıştırılarak yeterli su ile yoğurulup kalıplara dökülmesi ve şekillendirilmesi sonucu açık havada kurutularak elde edilen bir malzemedir. [4]

Yapı malzemesi olarak kullanılan toprak, değişik özelliklerdeki unsurlardan oluşan bir bileşiktir. Kum iç iskelet rolünü oynarken, yapışkanlığı sayesinde kil bağlayıcı rolü oynamaktadır. Kil yapıştırıcılık özelliği nedeniyle kerpiç içinde maksimum oranda gerekli ise de su tutuculuğu yüzünden hacim değiştirecek olan kil oranı, arttıkça malzeme içinde önemli bozukluklar yaratmaya meyillidir. [2]

Killi kerpiç toprağın kimyasal bileşimi alüminyum silikattır. Ayrıca bünyesinde demir, magnezyum, titanoksit gibi çeşitli metal oksitler de bulunabilmektedir. [5]

Dikkatlice hazırlanan ve kurutulan kerpiç homojen ve kompakt olmasından dolayı taşıyıcıdır. Bu nedenle taşıyıcı duvar malzemesi olarak kullanılabilir. Islanınca taşıyıcılık özelliği azalır. Plastik kıvama yaklaşırsa yapı yıkılır. İçine katılan katkı maddelerinin türüne ve miktarına bağlı olarak malzemenin dayanımları değişir. [6]

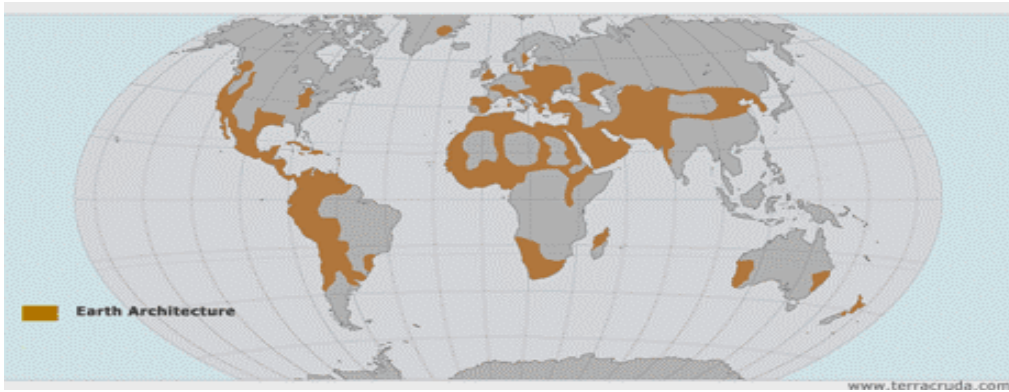
2.1.2. Tarihçesi

İçinde bulunduğumuz çağda insanlığın 1/3'üne yakını topraktan üretilmiş bir kerpiç yapıda yaşadığı düşünülürse, hemen hemen her kıta ve ülke kerpiç yapı mirasına sahiptir. Şekil 2.1 de Yemen İran ve Meksika'da ki çeşitli kerpiç mimari yapılara örnekler verilmiştir.



Şekil 2.1. Yemen, İran ve Meksika Kerpiç Mimarısından Çeşitli Örnekler

Türkiye eski eserler ve tarihi değerler açısından zengin bir ülkedir. Çeşitli medeniyetlerin izlerini taşıyan Anadolu'da coğrafi özelliklere, mimari eserlerin niteliklerine ve yerel malzeme kullanımına göre taş, ahşap, toprak malzemelerin tek tek veya karma şekilde kullanılarak oluşturulmuş çeşitli niteliklerdeki eski eserlere rastlamak mümkündür. [5]



Şekil 2.2. Dünyada Kerpicin Yaygın Olarak Kullanıldığı Bölgeler [7]

Bu süreç içinde toprak malzeme, ekonomikliği, elde etme ve işlenebilme kolaylığı gibi nedenlerle önemini yitirmeden günümüze kadar gelebilmiştir. Orta ve Ön Asya da yapılan kazılarda çeşitli kerpiç yapı temelleri bulunmuş, Anadolu'da yapılan kazılarda ise Van yöresinde Urartular'dan kalan son derece gelişmiş kerpiç yapı örneklerine rastlanmıştır. Bu yapılarda dış duvarlar 2 m, iç duvarlar ise 1-1,5 m

arasındadır. Ayrıca dış duvarlarda 2,5-3 cm kalınlığında saman katkılı bir sıva tabakasının uygulandığı görülmüştür. Anadolu'da yaşamış olan Etilerinde kerpiç malzeme teknolojisini günümüz kırsal yapılarında kullanılan düzeyde geliştirdikleri bilinmektedir. [4] Aksaray ilinin 25 km güney doğusunda Ihlara Vadisinin yakınında Aşıklıhöyük'te son yıllarda yapılan kazılarda mimarlık tarihi açısından ilk planlı yerleşimlere model olmuş, kerpiç duvarlı yapılardan oluşan, büyük bir yerleşim merkezi gün ışığına çıkarılmıştır. [8]

Verilen bu eserlerin yanı sıra özellikle Karaman, Harput, Balaban, Urfa ve Van yörelerinde geçmişleri 200 seneyi bulmayan ancak halk mimarisinin bütün özelliklerini sergileyen kerpiç ve hımış evlerde de korunmaları gereken tarihi dokulardır. Tarihteki kilometre taşları mimari ve anonim mimari eserlerdir. Bu eserler dönemlerine ait gelişmeleri açık kütüphaneler gibi topluma aktarırlar. Bölgesel özellikleri ile bölgenin kişiliğini yansıtır. Bölgelerin yapısal özelliklerini korumak, kültür mirasının, bölge kimliğinin korunması demektir. [6]



Şekil 2.3. Gümüşhane Kelkit ve İznik Sarsarak Köyündeki Geleneksel Kerpiç Yapı Örnekleri

2.1.3. Kerpiç Bileşenlerinin Nitelikleri

Standartlara uygun kerpiç içinde bulunan toprağın, saman ve bitkisel lifler ve suyun bulundurması gereken nitelikler incelenmiştir.

2.1.3.1. Kerpiç Toprağının Nitelikleri

Kerpicin ana maddesi olan toprak, bağlayıcı özellikteki kil ve kolloidlerden oluşan bir ince kısım ile bu bağlayıcılar arasında dolgu maddesi olarak bulunan kum, çakıl gibi kaba kısımlardan oluşur. Kerpiç killeri çeşitli metal oksitler yanında kalsit, jips gibi toprak alkalilerden oluşmuş, alüminyum silikat sistemlerdir. Doğal taşların

içindeki kuvars, feldspat ve mikanın içinde bulunan doğal alüminyum silikatlar çeşitli kimyasal, hidrotermal ve atmosfer etkileri ile ayrışarak tortullaşmış ve kil tabakalarını oluşturmuştur. Kil su ile yoğurulduğunda istenilen şekli alır ve suyun bünyeyi terk etmesi sonucu kohezyon özelliği sebebi ile kazanmış olduğu şekli aynen korur. [4] Kohezyon bağ kuvvetidir. Atom ve molekül üzerindeki uzaklıkları korumak isteyen kuvvetler kohezyon kuvvetleridir. [9] Su kaybı sonucu kilde oluşan rötre kil tanecikleri hareket edemez hale geldiğinde durur ve bu arada kilin plastikliği de kaybolur.

Toprak içindeki kil parçacıklarının hacmi bünyesine aldığı su derecesine bağlı olarak büyür. Topraktaki killi malzemenin türü ve bulunma oranı, özelliklerinin büyük bir ölçüde değişmesine neden olur. Özellikler aynı zamanda farklı yapıdaki kil zerrelere karışmış veya tabakalar halinde olmasıyla da değişiklikler gösterirler. Killer genel yapılarına göre kaolinit, montmorillonit ve illit olmak üzere üç grupta toplanırlar. Kil miktarının fazla olduğu topraklarda kuruma sırasında çatlama daha fazla görülür. [4]

Killerin başlıca dört özelliği vardır. Bunlar plastisite, kohezyon, renk ve rötre Özellikleridir ;

Plastisite Özelliği: ufalanmış kile uygun ölçüde su katıldığı zaman işlenebilir ve şekillendirme özelliği verir. Böylece kil kolayca şekil alır.

Kohezyon Özelliği: kil hamuru kuruduğu zaman kendisine verilmiş olan şekli korur. Kilin kohezyona sahip olabilmesi için su ile yoğurulması gereklidir.

Renk Özelliği: killer metaloksitlerle karışık bir şekilde bulduklarından doğal olarak renklenmiş durumdadır. Kilin saf olması durumunda rengi beyaz olur.

Rötre Özelliği: su ile yoğurulup şekillendirildikten sonra kurutulur ve mevcut ölçülerinde küçülme görülür. Yani hacminde küçülme meydana gelir. Bu olaya kilin rötre yapması denir. Rötre, kilin plastisiteden sonra en önemli özelliğidir. [10]

Kerpiç yapılacak killi toprağın içinde 3cm den büyük taşlar bulunmamalıdır. İyi bir kerpiç toprağının yaklaşık % 40'ı 0,063 mm lik elekten geçmelidir. Kerpiç toprakları içindeki kil oranı %20-70 arasında olabileceği kabul edilmekle birlikte en uygun oran %30-40 arasındaki değerdir. Fazla killi topraklarda işlemeyi kolaylaştırmak ve rötreyi önlemek için kerpiç hamuruna kum ve benzeri taş kırıkları, tuğla kırıntıları ve

cüruf eklenmektedir. Kerpiç yapılacak toprak en az 50 cm derinlikten alınmalı içinde organik maddeler bulunmamasına dikkat edilmelidir. [11]

İyi bir kerpiç üretmek için kullanılacak toprağın cinsi çok önemlidir. İyi bir toprak, yarı nemli durumda avuç içinde sıkıldığında ele yapışmalı, top haline gelmeli, yere bırakılınca dağılmadan yere yapışmalı bir bütün halinde kalmalıdır

Bu duruma uymayan toprak;

- Kil miktarı az olan toprak yağsız topraktır. Yere bırakılınca parçalanır. Kuruyunca çatlar ve dağılır. Bu tür topraklara kil katılarak, uygun hale getirilebilir.

- Kil miktarı çok olan toprak ise ele yapışır. Kuruyunca da çatlama yapar. Bu tür topraklara da kum katılarak uygun duruma getirilebilir.

Uygun toprağın seçimi arazide başlar. Arazide uygun toprağın seçimi amacıyla ilk anda yapılabilecek tespitler görme, dokunma, parlaklık daha sonra ise küre ve basit mukavemet deneylerinden oluşur. Bu aşamalardan geçen toprak laboratuvar deneylerine alınır.

Görme Yoluyla Tespit : Gözümüz ince kumu tespit edebilecek kadar hassastır. Gözle yapılan tespit, toprak içindeki kaba sayılabilecek malzemelerin yani çakıl, kaba ve ince kum partiküllerinin oranı konusunda bize fikir verebilir.

Dokunma Yoluyla Tespit : Dokunma yoluyla elde edilen his, toprağın temel bileşimlerini yeterli doğrulukta tespit etmemizi sağlar. Kaba partiküllerinden arındırılmış toprak numunesi iki parmak arasında yada avuç içinde ovalanır. Çakıl ve kum taneleri kuru olduklarında genellikle pürüzlü ve kaba bir his edinmemizi sağlarlar. Kil en ince tane boyutuna sahip olduğundan sürtünmeyi azaltır. Sürtünmenin azalması yağlanan maddelerde görüldüğünden killi toprağa yağlı toprakta denir. Silt ve kil hem kuru hemde nemli halleriyle ovalanmalıdır. Kuru silt aynı ince kumlarda olduğu gibi pürüzlü bir his, nemli silt hafif plastik kıvam hissini uyandırır. Kuru kil genellikle kaba taneler halindedir ve ezilmeye direnç gösterir. Nemli kil ise çok yapışkan ve plastik bir kıvamdadır. [12]

Parlaklık tespiti : Kil varlığının tespiti amacıyla yapılan kısa bir testtir. Oluşturulan nemli toprak kütlesi bıçakla kesilir. Kesilen yüzün parlak olması yüksek miktarda

kilin varlığını, mat olması ise toprağın siltli ve kumlu kilden meydana geldiğinin göstergesidir. [3]

Küre Denemesi : Toprak içindeki kil miktarı konusunda bilgi edinmemize yarar. Bunun için 5cm çapında doğal nemliliğe sahip topraktan bir küre yapılır. Topun elimize yapışması ve şekil almaması topraktaki kil miktarının yüksekliğini, çatlaması, ufalanması ve dağılması ise toprak kil miktarının düşük olduğunu gösterir.

Mukavemet Tespiti : Kerpiç toprağının dayanıklılığını belirlemek için şöyle bir deney yapılabilir; Avuç içinde yuvarlatılmış çeşitli kerpiç topları kurduktan sonra bir masa yüksekliğinden (yaklaşık 70 cm) bırakılarak sert bir zemine düşürülür. Tamamen dağılan örneklerin toprağı uygun değildir. Parçalanmayan veya küçük parçalar kopan örneğin toprağı uygun bir topraktır. [2]

Kerpiç için çeşitli araştırmacıların önerdikleri karışımlar şu şekildedir: [13]

- Hamady: Kerpiç içinde %75 kum, %25 kil-silt bulunmalıdır.
- Prof. B. Postacioğlu: Kerpiçteki kil oram %30' u aşmamalıdır.
- Fransız Ordu İnşaat Dairesi: Kerpiç içinde %40 kil, %30 çakıl, %30 kum önermektedir.
- TS 2514: Kerpiç toprağın %40'ı 0.063 mm elekten geçmeli ve toprağın içinde 3 cm'den iri taşlar bulunmamalıdır.
- A.B.D.'de Arizona Üniversitesi Kerpiç araştırma Enstitüsü'nün kerpiç yapımı için uygun zemin granülometri eğrisi için değerler Çizelge 2.1' de verilmiştir.

Çizelge 2.1. A.B.D. Arizona Üniversitesi Kerpiç Granülometri Değerleri [14]

Elek Çap: mm.	Elekten geçen %		
	Alt Sınır	İdeal Sınır	Üst Sınır
0.005	9	15	28
0.35	42	53	97
5.00	81	93	100
20.00	96	100	100

2.1.3.2. Saman ve Diğer Bitkisel Liflerin Nitelikleri

Organik lifsel bitki artıklarının katılması ile dengeli, homojen kuruma sağlanır. Büzülme ve çatlama azalır. Anadolu da eskiden beri kerpicingin sağlığını arttırmak ve çatlama önleyebilmek için saman kullanılmaktadır. [2]

Kerpiçte kullanılacak saman ve bitkisel malzemeler kuru, çürümemiş, harmanın işlenebilme özelliğini bozacak kadar iri ve kalın olmamalıdır. Uzun bitkisel maddeler 10-12 cm boyunda biçilmelidir. Ortalama 1 m³ çamura yaklaşık 8-12 kg saman katılmaktadır. [11]

2.1.3.3. Kerpiç Karışımında Kullanılan Suyun Nitelikleri

Kullanılacak suda yağ, çürümüş organik maddeler, tuz bulunmamalıdır. Ayrıca fabrika artığı ve içerisinde insan sağlığına zararlı maddeler bulunan ve kilin kolloit haline gelmesine neden olacak maddeler bulunmamalıdır. [11] Karma suyunun özelliği ve miktarının mukavemete etkisi çok büyüktür. İşlenebilmenin sağlanması için gerekli olan su miktarından daha fazla su katılması durumunda mukavemet de o nispette azalma görülür.

2.1.4. Kerpiç Üretim Aşamaları

Kerpiç üretiminin belli bir standardı yakalayabilmesi için malzeme kadar işçilikte önem taşımaktadır. Bu bölümde kerpicin üretim evreleri ve dikkat edilmesi gereken konular incelenecektir.

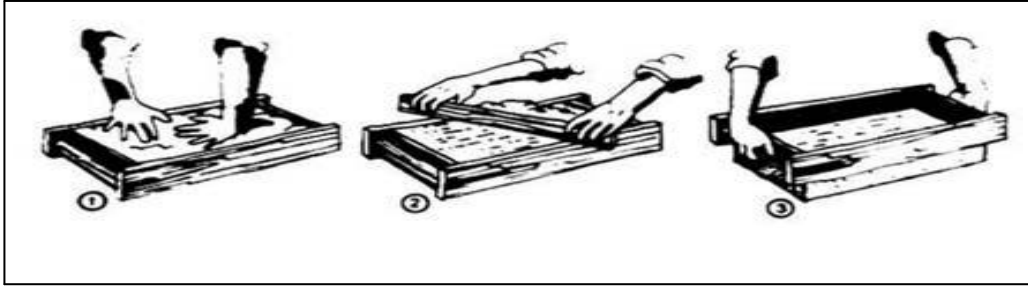
2.1.4.1. Kerpiç Karışımının Hazırlanması

Daha önce özelliklerini belirlediğimiz kerpiç toprağı 3-5m çapındaki bir alanda ve 1m kadar derinlikte hazırlanmış bir çukura konulmalıdır. İçinde bulunacak büyük boyutlu taşlar ve çakıllar ayıklanmalıdır. İkisi taşıyıcı birisi kalıpcı olmak üzere üç kişiden oluşan ekibin, bir günde dökecekleri miktar kadar (yaklaşık 10cm) tabakalar halinde toprak hazırlandıktan sonra çukura 1m³ toprak için toprağın niteliğine göre 500litre su akıtılmalıdır. Toprağın iyice ıslanıp homojen bir karışım haline gelmesi için kürek veya gelberi ile iyice karıştırılmalıdır. Bu karışım en az bir gece (12 saat) dinlendirilmelidir. [11]

2.1.4.2. Kerpicin Kesilmesi

Kerpiç kesilecek yer hazırlanırken mümkün olduğu kadar düzgün yatay ve sert olmasına dikkat edilmelidir. Gerektiğinde bu alanlar kürekle düzeltilmeli, sulanıp tokmaklanmalıdır. Alan genişliği yapıya gerekli kerpiçlerin 1/3'ünü alabilecek

büyükükte olmalıdır. Kerpiç kesilmesinde kalıp, tahta mala, kova veya teneke, el arabası ve testere gibi aletler kullanılır. Bir gece bekletilmiş olan çamur tekrar iyice karıştırılır ve kerpiç kesme alanına taşınır. Taşıma, çamurun el arabasına yapışmaması için zemine ince saman tabakası serpilerek yapılır. Usta iyice ıslattığı kalıp tahtalarının tabanına ve kenarlarına yapışmayı önlemek için ince saman serper. İşçilerin getirdiği çamur doğruca kalıp üzerine dökülür. Usta elindeki mala ile çamuru kalıbın içersine iyice yerleştirir. Mala kalıpların üst yüzeyinde gezdirilerek kerpiç yüzeyinin düz çıkması sağlanır. Kalıplar sıkıca doldurulduktan sonra kenarlarında bulunan tutamaklardan tutularak eğilmeden düşey olarak yukarıya kaldırılır. Kalıp eğilirse kerpiçlerde eğik ve bozuk çıkar. Kerpiçler döküldükten sonra ikinci sıra ile arada 10-15 cm boşluk bırakılır. Bu işleme kerpiç kesilmesi denir. Genellikle mayıs-eylül ayları arasında yapılmalıdır. Uygun iklimlerde nisan-ekim arasındada yapılabilir. Kerpiçler mümkün oldukça gölgede kesilmelidir. [11]



Şekil 2.4. Kerpiç Kesilmesi

2.1.4.3. Kerpicin Kurutulması ve Korunması

Kuruma süresince kerpiçlerin üzerlerini ot, saz, saman ile örtmekte yarar vardır. Dökülen kerpiçler iki gün ara ile çevrilmeli, dar ve uzun yüzleri üzerine gelmek suretiyle her yanının kuruması sağlanmalıdır. Bir hafta sonra dikine istif edilerek piramite benzer bir şekil verilmelidir. Fazla bekleme ihtimali varsa yağmura karşı üzeri örtülmeli ve zeminde de yağmur hendeği açılmalıdır. Kuruma süresi blok büyüklüğüne ve hava durumuna göre 1 ile 8 haftadır. [11]

2.1.5. Kerpicin Yapı Malzemesi Olarak Özellikleri

Yapı malzemesi olarak kerpiç, kilin bağlayıcı özelliğinden yararlanılarak şekillendirilen, havada kurutulması sonucu sınırlı bir basınç dayanımı kazanan ve suya karşı her zaman duyarlı bir malzeme olarak tanımlanabilir.

Yapı malzemesi olarak kerpiçin tercih edilme nedenleri şöyle sıralanabilir;

- Maliyeti en az, üretimi tesis ve enerji gerektirmeyen tek malzemedir.
- Malzemenin üretiminde, taşıma işinde enerjiden, binanın tüm kullanım süresince yakıttan tasarruf sağlar.
- Kırsal yörelerde bilinen yapı mirasından yararlanma ve onu geliştirme olanağı verir.
- Atölye, kümes, besi ahırları gibi binalar yapılabilir.
- Hem üretimde hemde malzeme ömrünü tamamladığında çevreye zarar vermez.
- Isı ve rutubet geçirimine karşı gösterdiği dengeli direnç ve ısı depolama kapasitesinin ve ses yutuculuğunun yüksek olmasından dolayı inşa edilen binaların yaşam konfor düzeyi yüksektir.
- Her mevsimde iyi bir bioklimatik konfor sağlar.
- Yanmaz, alev almaz, duman ve koku çıkarmaz

Katkı maddesi kullanılmayan kerpiç malzemeden inşa edilen yapıların dezavantajları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yapının inşası iklimsel koşullara bağlıdır.
- Suya karşı oldukça hassastırlar. Bu nedenle suyla teması engelleyecek tedbirler alınmalıdır.
- Eğilme, darbe ve aşınmaya karşı dayanıksızdır.
- Devamlı bakım ve onarım gerektirirler.

Kerpiçler dikdörtgen prizma şeklinde olmalıdır. Bloklarda çatlak ve kırık bulunmamalıdır. Boyutlar \pm %5 toleransları içinde Çizelge 2.2.de verilen ölçülere uygun olmalıdır. [2]

Çizelge 2.2. TS 2514'e Göre Geleneksel Yöntemle Üretilen Kerpiç Blokların Boyutlarına Göre Sınıflandırılması.

Sınıflar	Boyutlar (cm)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	
1	Kuzu	12x19x40	9,12	10 -12
2	Ana	12x30x40	14,40	15 - 25
3	Kuzu	12x18x30	6,48	7 - 11
4	Ana	12x25x30	9,00	10 - 15

2.1.5.1. Mekanik Özellikleri

Kerpiç malzemenin yatay ve düşey yükler altında göstermiş olduğu davranışlara "kerpiçin mekanik özellikleri" denir. Kerpiç malzemesinin mekanik özelliğinin önemli göstergesi basınç mukavemetidir.

Kerpiçin Basınç Mukavemeti:

TS 2514'te katkısız kerpiçin en küçük basınç dayanımı 8 kgf/cm²'den az, ölçülen numunelerin ortalama basınç dayanımı 10 kgf/cm² den az olmamalıdır. TS 537'de çimento katkılı kerpiçin basınç dayanımı ise 10-21 kgf/cm² olması gerektiği belirlenmiştir. İ.T.Ü.'de yapılan alçılı kerpiçte ise 30-50 kgf/cm² 'lik basınç dayanımı elde edilmiştir.

Genelde kerpiçin basınç mukavemetini değiştiren etkenler;

- Kerpiç toprağın cinsi
- Su miktarı
- Bitkisel katkı oranları
- Kalıplama yöntemleri (normal, sıkıştırma)
- Kurutma süresi ve yöntemi
- Stabilize kerpiçte kullanılan bağlayıcı madde cinsi ve miktarı olarak belirlenir. [14]

2.1.5.2. Fiziksel Özellikleri

Kerpiçin ana malzemesi olan kil, en ufak kum danelerinden büyük taş kırıntlarına kadar ufalanmış sert maddeleri, bir hamur halinde birbirine bağlar. İyi hazırlanıp kurutulmuş kerpiç, oldukça homojen ve kompakt olduğundan taşıyıcı duvar malzemesi olarak yapılarda kullanılmaktadır. Bünye yapısı gözenekli olduğu için rutubet alır. İyi bir ısı tutucu malzemedir. Yaz-kış dönemlerinde iç mekanda iyi bir bio-klimatik konfor sağlar. Ağır kitleli ve gözenekli bünyeli olması nedeni ile ses tutuculuk yönünden de yeterlidir. Nemlendiği zaman ısı tutuculuğu azalır, ses tutuculuğu ise bir miktar artar. Islanınca, taşıyıcılık özelliği azalır. Eğer plastik kıvama yaklaşırsa, yapı yıkılır. Birim ağırlıkları 1,60 g/cm³ civarındadır. [20]. Geleneksel kerpiç malzemenin plastisite-rötre özellikleri de fiziksel özellik olup aşağıda açıklanmıştır.

Kerpiç Malzemenin Plastisite- Rötre Özellikleri:

Bir malzemenin elastik geri dönüş olmadan ve çatlayıp kırılmadan deformasyon yapma özelliğine "plastisite" denir. Kilin, akışkan halden plastik hale geçtiği su muhtevasına plastik limit, yani katı halden tam katı hale geçtiği andaki su muhtevasına ise "rötre limiti" adı verilir.

Plastik durumda kalıplanmış olan kerpicin mukavemet kazanması, içindeki suyun buharlaşması ile meydana gelir. Karıştırma suyu azaltılırsa, kuruma sırasında meydana gelebilecek hacim değişimi daha da azaltılabilir. İyi bir kerpiç karışımında diğer özellikler aynı kalmak şartıyla, kuruma sırasındaki hacim değişimi az olmalıdır.

Kerpicin çeşitli kagir malzemelere kıyasla fiziksel özelliklerini belirleyecek olursak, ısı yalıtımı ve hafiflik açısından olumlu, su etkisi altında çözülme bakımından olumsuz sonuçların elde edildiği görülür. TS 2514'te suda çözülme için 45 dakikalık bir süre yeterli görülmektedir.

Çizelge 2.3. Kerpicin Çeşitli Kagir Malzemelerle Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Kıyaslanması [2]

MALZEMELER		Mekanik ve Fiziksel Özellikler			
		Birim Hacim Kütlesi (g/cm ³)	Isı İletkenlik Katsayısı (kcal/mhC ⁰)	Suda çözülme (dakika)	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)
DOĞAL TAŞ		2,5 - 3	2 - 2,5	Yok	300 - 3000
TUĞLA	DOLU	1,8	0,68	Yok	30 - 200
	DELİKLİ	1,2	0,45	Yok	50 - 200
BETON		2,4	1,1 - 1,4	Yok	120 - 300
BİRİKET		1,2 - 1,4	0,5 - 0,6	Yok	35 - 75
KERPİÇ	KATKISIZ	1,2	0,4	45	2 - 10
	ÇİMENTO KATKILI	1,7 - 1,95	0,8	120	10 - 21

2.1.6. Kerpiçin Niteliklerinin İyileştirilmesi

Toprak yapının, diğer yapı türlerinde olduğu gibi bazı sakıncalı yönleri vardır. Bunlar gerekli önlemler alınarak ve ön görülen koşullara uyularak ya tamamen giderilir ya da en aza indirilebilir. Her tür iyileştirme işlemi, uygun toprak ile daha iyi sonuç verir. Uygun olmayan toprağın çeşitli katkılarla iyileştirilmesi çok zordur. İyileştirme işlemi, normal bir kerpiçten daha üst kalitede kerpiç üretimi amaçlanıyorsa yapılmalıdır.

İyileştirilmiş kerpiğin sağladığı yararlar,

- Daha dayanıklı olur,
- Su ve rutubete karşı duyarlılığı azalır,
- Toz ve kir üretmez,
- Kalıplanması ve kurumması daha kolay olur,
- Kuruma sırasında çatlamalar olmaz veya çok az olur.
- Toprak malzemenin en belirgin iki sakıncalı yönü, basınç dayanımının az, rutubete karşı duyarlılığının fazla olmasıdır. Ülkemizde bir çok yörede, yeterli iyi kalitede toprak bulmak mümkündür. Daha iyi yani basınca daha dayanıklı, rutubete karşı duyarlılığı daha azaltılmış, suda dağılmayan, yüzeyleri düzgün ve toz üretmeyen kerpiç elde etmek amacıyla, toprağa çimento, kireç, alçı ve diğer bazı katkı maddeleri katılır. Ayrıca saman gibi bazı lifsel katkıların katılması ile de kerpiğin eğilme dayanımını arttırırken, hızlı kurumadan oluşabilecek rötne problemini azaltmak mümkündür.

Bu günün uygarlık düzeyinde her türlü konforu, en kolay, en ucuz ve en az enerji gereksinmesi ile sağlayabilecek; niteliği iyileştirilmiş kerpiç malzemesinin özellikle kırsal yörelerde yapılaşmaya önemli katkısı olacağı düşünülmektedir. [1]

2.1.6.1. Toprağın Granülometrisinin İyileştirilmesi

Kerpiç yapılarda iyi sonuç almak için toprağı oluşturan tanelerin büyüklüklerinin ayarlanması yani uygun granülometrinin sağlanması, plastisite ve rötne özelliklerinin istenilen nitelikte kerpiç elde etmede önemli rolü vardır. Plastik indeksi küçük olan toprakların bünyesindeki kum miktarı, büyük olan toprakların bünyesinde, kil silt miktarı fazladır. Gereğinden fazla ince malzeme büzülme ve çatlamalara neden olduğundan istenmez. Kerpiç toprağında kaba kumun yanında bir miktar ince kumda bulunması arzu edilir. İdeal kerpiç toprağı kum, silt ve kil karışımıdır. TS 537'ye göre çimentolu kerpiç yapımında kullanılan killi toprak %20-40 arasında kil ihtiva etmeli göz açıklığı 5mm olan kare gözlü elek üzerinde kalan miktar %3 ten fazla olmamalıdır. Kullanılacak toprağı, başka toprakların katılması veya toprağın granülometrisinde yapılabilecek değişiklikler, kerpicing porozitesini ve dayanımlarını etkilemektedir. Tane büyüklükleri ayarlanarak yoğurulmuş toprak içindeki boşluk oranları azaldığından basınç dayanımı, suyun olumsuz etkilerine karşı dayanımı artacaktır. [15]

Agreganın harç içindeki asıl görevi, rötne ve çatlak oluşumunu engellemektir. Agregalar genellikle taş ocaklarından, nehir kenarlarından elde edilir. Denizden getirilen agregalar mutlaka yıkanarak tuzdan arındırılmalıdır. Çünkü tuzun harç içerisinde olumsuz kimyasal etkileri vardır. [16]

2.1.6.2. Toprağın Dinlendirilmesi

Toprağın dinlendirilmesi ve kendi bünyesinde iyileştirilmesi ile daha iyi kalitede toprak elde etmek bazı hallerde mümkün olmaktadır. İçinde demir bileşikleri bulduran toprak organik toprakla karıştırılarak bir süre nemli ortamda bekletildiği zaman humus asidinin kimyasal reaksiyonu sonucu toprağın bağlayıcılık özelliği artmaktadır. [17]

2.1.6.3. Karışım ve Su Oranının Ayarlanması

Kerpiç toprağının iyi biçimlendirilmesi için, toprağın kıvamının iyi ayarlanması gerekir. Toprağın kıvamı, katılan su miktarı ile değişir. Toprak su karışımında su arttıkça, kerpiçin dayanımı azalır, zor kurur. Kuruma sırasında fazla büzülme ve çatlama yaptığı gibi, kerpiçin biçimi bozulabilir, çarpılabilir.

Karma suyunun mümkün olduğunca azaltılması bu sakıncaları önler, yani büzülmesi azalır, dayanıklılığı artar, biçimi bozulmaz. Bunlara karşılık, kalıplanması zorlaşır. Ayrıca katılan karma suyunun fazlalığı kerpiçin boşluk oranını arttırarak su emmesini arttıracak basınç değerlerini önemli ölçüde azaltacaktır. TS 2514'te her m³ toprak için toprağın niteliğine göre 500 lt su eklenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Çamuru kalıba iyi yerleştirmek için, sıkıştırma veya tokmaktama gereği ortaya çıkar. Bu işlemler, karşılığı degen bir zahmettir. Çamurun kıvamı, uygulanacak kalıplama ve sıkıştırma yöntemine göre önceden denenerek belirlenmelidir. Toprağın nemliliğinin değişmesinin, katılacak su miktarını etkileyeceği unutulmamalıdır.

2.1.6.4. Yoğrulma ve Sıkıştırma

Toprağın iyice ıslanıp homojen bir karışım haline gelmesi için kürek veya gelberi ile iyice karıştırılmalı, insan veya hayvan ayağı ile iyice çiğnenmelidir. Homojen hale getirilen bu karışım en az bir gece bekletilmelidir.

Toprak malzemenin sıkıştırılarak yoğunluğunun yükseltilmesinde toprak içinde bulunan su miktarının büyük etkisi vardır. Toprağa ilave edilen su, belirli bir katkı oranına kadar, sıkıştırılma sırasında toprak zerrecilerinin birbiri üzerinden kolayca kayarak, hava boşluklarının doldurulmasına ve böylece yoğunluğun artmasına yardım eder. Fakat belirli bir sınırdan sonra, katılmaya devam edilen fazla su, toprak zerrecikleri tarafından doldurulması arzu edilen boşluğu işgal eder. Böylece fazla su kerpiç yoğunluğunun azalmasına sebep olur. Sıkıştırmada tatbik edilen basıncın fazlalığı, sıkıştırılan harç kitlesinin yoğunluğunun artmasına yardım eder. [18]

Mekanik olarak kerpiç çamurunun kalıp içinde sıkıştırılması, içindeki havanın çıkmasını ve kerpicing doluluk oranının artmasını sağlar. Sıkıştırılarak elde edilen kerpiç malzemenin yoğunluğunun artması, bu kitlenin su geçirgenliğini ve su emme kapasitesini azaltır. [19]

2.1.6.5. İyileştirici Maddeler Katılması

Her tür iyileştirme işlemi, uygun toprak ile daha iyi sonuç verir. Uygun olmayan toprağın çeşitli katkılarla iyileştirilmesi çok zordur. İyileştirilme işlemi, normal bir kerpiçten daha üst kalitede kerpiç üretimi amaçlanıyorsa, yapılmalıdır. Kerpiç üretimi geleneksel ve ekolojik özellikleri nedeniyle değerlidir. Kerpiçe katılan büyük enerji, maliyet gerektiren doğal olmayan katkılar kerpicing özelliklerini iyileştirse de kerpiç yapının üretim felsefesine uymadığı için kullanım alanı bulamamaktadırlar. Kerpicing fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştiren bazı maddeler aşağıda incelenmiştir.

Çimento Katılması

Çimento temel olarak toprak içinde bir iskelet oluşturarak bağlayıcılık rolünü üstlenir. Hidratasyon sonucu oluşan bu iskelet karışımın dayanımını arttırırken boşluk oranını azaltmaktadır. Kil miktarı düşük ve yapışkan olmayan topraklarda kullanıldığında en iyi neticeyi verir. [20]

Dayanımı arttırmak için çimentoyu gereğinden fazla katarak maliyeti arttırmaktan kaçınılmalıdır. TS-537'ye göre çimentonun kütlece toprak oranı maksimum %10 olarak kabul edilmiştir. [21]

Çimentonun karışım içinde homojen şekilde dağılması sağlanmalıdır. Çimento toprak karışımı katılaşmadan kalıplama işleri bitirilmiş olmalıdır. Çimentolu kerpiç normal sertliğini alana kadar sarsılmadan, güneşten korunarak bekletilmeli bir hafta süreyle her gün çatlamaları önlemek için sulanmalıdır. [22]

Kireç Katılması

Kireç taşının ($\text{CaCO}_3\text{-CaMg}(\text{CO}_3)_2$) çeşitli derecelerde ($850\text{-}1400\text{ }^\circ\text{C}$) pişirilmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında tipine göre hava veya suda katılma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür. [22]

Kireç genellikle yüksek kil miktarına sahip plastik özellikli topraklarla kullanılır. Toprağa kireç katılması iki farklı davranışa neden olur. Birincisi, toprağın plastik ve likit limitlerini düşürerek kompaksiyon için daha uygun hale getirmesidir. Diğer etkisi ise uzun vadede kirecin bir takım kil mineralleriyle kimyasal reaksiyonlar sonucunda birleşerek silikatlar oluşturmasıdır. Bunun sonucunda toprağa çimento katıldığında olduğu gibi, dayanımlar yükselir, porozite düşer. Kireç toprak içine toz veya hamur halinde katılabilir de hamur halindeki karışımların kil ile kimyasal reaksiyona daha hızlı tepki verdiği bilinmektedir. [20]

Alçı Katılması

Alçı taşının (jips: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çeşitli derecelerde pişirilmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında kısa süre içinde katılma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür. Alçının hammaddesi jips, alçıtaşının sulu türüdür. Alçıtaşı bir kalsiyum sülfat mineralidir. Çift sulu bileşiğine jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), susuz türüne ise anhidrit (CaSO_4) adı verilir. [23] Alçı, jipsin yaklaşık olarak yarım molekül suyu kalacak şekilde kızdırılarak suyunun uçurulması ve öğütülmesi ile elde edilen ve su ile karıştırılınca tekrar katılarak, bağlayıcılık özelliği kazanan bir yapı malzemesidir. [24]

Alker, uygun kerpiç toprağına %10-20 arasında alçı katılmış bir kerpiç türüdür. Fizik ve mekanik nitelikleri, normal kerpiçe nazaran yapı için gerekli olan yönde, önemli ölçüde iyileştirilmiştir. Buna ilişkin değerler Çizelge 2.4'de verilmiştir. Alker'e katılan alçının çabuk priz yapması, kalıptan çıktığı sırada yeterli sağlamlık kazanmasını sağlar. Uygulamada, kurutma için işçilik ve zaman sarfina ve kurutma

alanı ayrılmasına gerek kalmadan kullanma olanağını kazandırır.

Çizelge 2.4. Alçılı Kerpicingin (Alker) Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Fiziksel Özellikler				Mekanik Özellikler	
Birim Hacim Kütlesi (g/cm ³)	Isı İletkenlik Katsayısı (kcal/mh ⁰ C)	Özgül Isı (kcal/kg ⁰ C)	Buhar Difüzyon Direnç Faktörü	Basınç Dayanımı (kgf/cm ²)	Çekme Dayanımı (kgf/cm ²)
1,55	0,4	0,3	13	35 – 50	0,14 - 0,16

Alçının çabuk priz yapması (katılaşması) kilin kuruma sırasında normal olarak yapacağı büzülme ve kurumunun dengeli sağlanamadığı zamanlarda bünyede oluşacak çatlama ve biçim değişmelerini önler. Bu olaylar, kerpicingin dayanımının artmasına ve suda dağılmamasına neden olurlar. [2]

Alçılı kerpicingin (Alker) çimentolu kerpice ve diğer katkılara göre maliyeti çok daha azdır. Hem maliyetinin düşük olması hem de alçı taşının bulunduğu her yerde kolaylıkla üretilebilmesinden dolayı kırsal yörelerde rahatlıkla kullanılabilir.

Yapılan deneylerde alçılı kerpicingin katkısız kerpice nazaran kururken büzülmesinin, suda çözülme ve dağılmasının daha az, taşıma gücünün daha fazla, yüzeylerinin çok daha düzgün olduğu ve toz üretmediği saptanmıştır. [1]

Bitüm Katılması

Kullanılacak toprağa çözelti halinde eklenir. Toprağa karıştırıldıktan sonra çözücü madde buharlaşır. Neticesinde bitüm damlaları, güçlü ve ince bir tabaka halinde toprağı kaplar ve yapışır. Kilin su emmesini azaltacak şekilde toprağın su geçirimsizlik özelliğini iyileştirir. Ayrıca yapışkan olmayan toprakla kullanıldığında bağlayıcı rolünü üstlenir. [25]

Su geçirimsizlik sağlayan maddelerin en tanınmış bitümdür. Bitüm, petrol, yağlar, katran gibi maddelerle stabilizasyonda iki ilke vardır. İç sürtünmeyi bozmayacak kalınlıkta bir bitümlü madde filmi ile taneleri sararak kohezyonu arttırmak ve kapiler boşlukları tıkayarak rutubete karşı korumak. Bitüm belirli düzeylerde katıldığında toprak daha mukavemetli olmaktadır. Ayrıca, toprağın suya karşı stabilizasyonunu arttırmaktadır. [2]

Puzolan Katılması

Puzolanlar, kendi başlarına bağlayıcılık değeri olmayan veya çok az bağlayıcılık gösterebilen, fakat ince taneli durumda olduklarında ve sulu ortamda kalsiyum hidroksit ile birleştirildiklerinde hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip olan silisli veya silisli ve alüminli malzemeler olarak tanımlanmaktadır. [26]

Puzolanlar kimyasal olarak SiO_2 ve az miktarda Al_2O_3 'den oluşan maddelerdir. Suyu karıştırıldıklarında çamur haline gelir, kuruduktan sonra tekrar eski hallerine dönerler. Puzolanlar, kendi başlarına bağlayıcı olmadıkları halde kireçle karıştırılırsa bağlayıcılık kazanır. Bu olay bağlayıcılar içerisindeki Ca(OH)_2 ile birleşmesiyle gerçekleşir ve suda erimeyen bir kalsiyum silikat tuzuna dönüşürler. Kireç harcı üzerinde iyi bir etki yaparak onları suya karşı dirençli hale gelmesine sebep olduğu için senelerce kullanılmıştır. SiO_2 içeren her toprağın puzolan olamayacağı açıktır. Hangi toprağın bu özelliğe sahip olduğu, testler yapılarak belirlenir. Puzolanlar kirece katıldıkları gibi çimentoya da üretim sırasında katılırlar. [27]

Puzolanlar doğal ve suni olmak üzere ikiye ayrılırlar. Doğal puzolanlar; temelde az çok değişikliklere uğramış, volkanik kaynaklı tortul kayalardan oluşmalarına rağmen, farklı kaynaklardan oluşmuş maddeler de içerirler.

Suni puzolanlar ise ya kil veya şist gibi doğal maddelerin ısıtılması ile elde edilebilirler ya da çeşitli sanayi ürünlerinin artıkları da olabilirler. Belli başlı suni puzolanlardan silis dumanı , metal silis ve silis temelli alaşımların üretiminden elde edilirken ; uçucu kül de , termik elektrik santrallerinde yakıt olarak kullanılmış olan linyit kömürünün artıklarından elde edilir.

Saman ve Benzeri Lifler Katılması

Organik lifsel bitki artıklarının katılması ile dengeli ve homojen kuruma sağlanır. Bununla birlikte büzülme ve çatlama azalır. Eskiden beri Anadolu'da kerpicingin sağlamlığını arttırmak ve çatlama önlemek için, içerisine saman katılmaktadır. Saman borucukları kerpicingin içindeki nemin kolayca dışarı çıkmasını sağlar ve bu da kerpicingin çatlama önler. Saman dışında her türlü ot saz kamış artığı bitki sapları ahşap elyafı, testere talaşı gibi katkılarda kullanılabilir. [2]

Çeşitli Endüstri Atıkları Katılması

Kimyasal bazı maddeler katarak kil tanelerinin suya karşı olan afinitelerini ortadan kaldırmak, onların flokülasyonunu sağlamak veya taneleri birbirine yapıştırmak işlemleri kimyasal stabilizasyondur. Reçineler, elektrolitler (kalsiyum klorür, sodyum klorür, sodyum silikat) organik katyonlar (selüloz) bu amaçlar için kullanılan kimyasal malzemeler olarak sayılabilirler. [5]

Geogrid Kullanılması

Geogrid malzeme esas olarak plastik kökenli bir malzeme olup, piyasada değişik kalınlıklarda ve değişik grid açıklıklarında bulunmaktadır. Geogridin sektörde esas kullanım alanları, yol yapım inşaatları ve toprak düzenlemeleridir. Toprağın çekme kuvvetlerine karşı uygun bir malzeme olmamasından dolayı, geogrid çekme kuvvetlerini karşılaması amacıyla değişik şekillerde kullanılmaktadır. Yol inşaatlarında geogrid, toprağın üzerine serilerek, inşa edilen yolun zaman ile kaymasını, üzerinden geçen yük sebebiyle dağılmasını engellemektedir. Ayrıca şevli toprak alanlarda, geogrid malzeme toprağı düşey olarak bohçalayacak şekilde kullanılır ki, çekme kuvvetlerini karşılasın.

Geogrid malzeme, daha önce yapılmış olan deneylerde yükü dağıtması ve malzemeyi bütün olarak tutması özelliklerinden faydalanılarak, alker numunelerinin içine donatı olarak kullanılmıştır. Yol inşaatlarında kullanıldığı gibi duvar numunelerinin içine yatay olarak serilmiştir. [28]

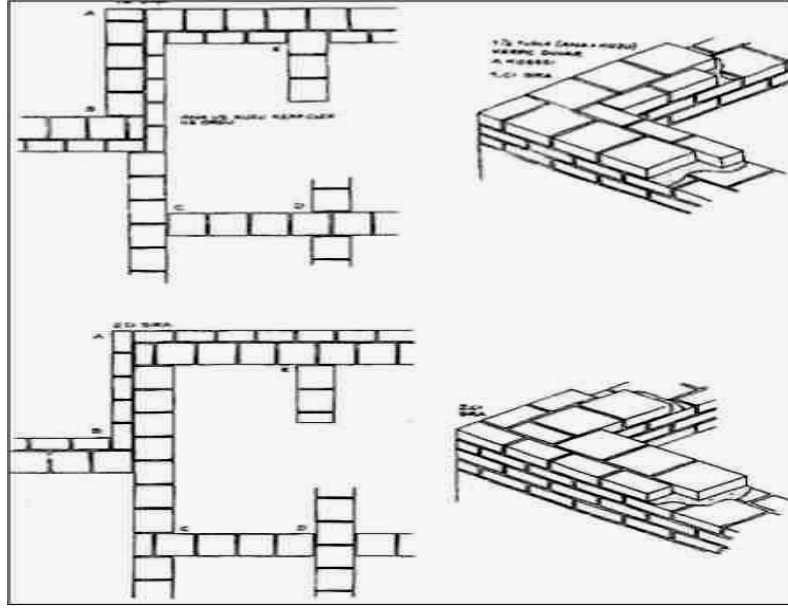
2.1.7. Kerpiç Duvar Yapım Şekilleri

Coğrafi bölgelerin özellikleri, iklim koşulları, teknoloji ve zamanla ilişkili olarak çeşitli kerpiç yapı çeşitleri mevcuttur. Kerpicing üretim ve kullanım biçimlerini, kerpiç tuğla veya blok, dövme kerpiç, omurgalı kerpiç ve yığma kerpiç olarak dört grupta sınıflandırabiliriz.

Kerpiç Blok Duvar

Bu sistemde ana prensip kerpicing duvar örgüsü yapabilecek boyutlarda üretilmesine dayanır. Hazırlanan kerpiç çamuru ahşap kalıplara dökülür. Daha sonra kalıplardan çıkarılan kerpiç bloklar kurutulur. Duvarlar, kurutulan kerpiç bloklar ve benzeri

karakterdeki harçla inşa edilir. Çizelge 2.2’de Kerpiç blokların Türk standartlarına göre belirlenen boyutları verilmiştir. Kerpiç blokların üretimi esnasında kalıplar içindeki kerpicingin mekanik bir şekilde sıkıştırılması daha nitelikli blokların elde edilmesini sağlar. Bu sistemle inşa edilen duvarlarda kurumadan dolayı rötre çatlağı oluşmaz. Çünkü çamur rötresini üretim aşamasında tamamlamıştır. Üretim aşamasında kalite kontrolü yapılması mümkündür. Türkiye’de en yaygın olarak kullanılan sistemdir. [27]



Şekil 2.5. Kerpiç Blok Örgü Sistemleri

Parça düzeyinde üretilen kerpiç blokların duvar oluşturulmasında örgü sistemi çok önemlidir. Taşıyıcı duvarlar 1 tuğla ana, 1 tuğla kuzu veya 1,5 tuğla ana-kuzu olarak örülmelidir. Diğer duvarlarda 1 tuğla kalınlığındaki örgüde bir sıra dizi tuğlası olursa 1 sıra bağ tuğlası olarak örülmelidir. 1 tuğla kalınlığındaki örgüde dizi tuğlaları $\frac{3}{4}$ tuğla boyu ile başlamalıdır. (Şekil 2.5) Köşe saplama ve çapraz geçme duvarlarda bağlantıların usulüne uygun olmalarına dikkat edilmelidir. [2]

Yapıdaki kullanımı iki şekildedir. Birincisinde tüm duvarlar bloklarla örülmüş, yer yer ahşap hatıllar konulmuş ve duvarlar tamamen taşıyıcı nitelik kazanmıştır. İkincisinde ise düşey ve yataylardan kurulmuş bir ahşap konstrüksiyon içine kerpiç bloklar yerleştirilmiş ve kerpiç dolgu niteliği kazanmıştır. (Şekil 2.6.) Hımış olarak bilinen, ağaç, saz, ot, saman gibi organik malzemelerin bol olduğu bölgeler için rasyonel bir sistem olan, ikinci kullanım biçiminde, taşıyıcı ahşap sistemin aralıklarında kimi zaman ince dal ve çalı kullanımına da rastlanır. [22]



Şekil 2.6. Safranbolu’da Ahşap Konstrüksiyon İçine Kerpiç Blokların Yerleştirildiği Geleneksel Mimarimizden Örnekler.

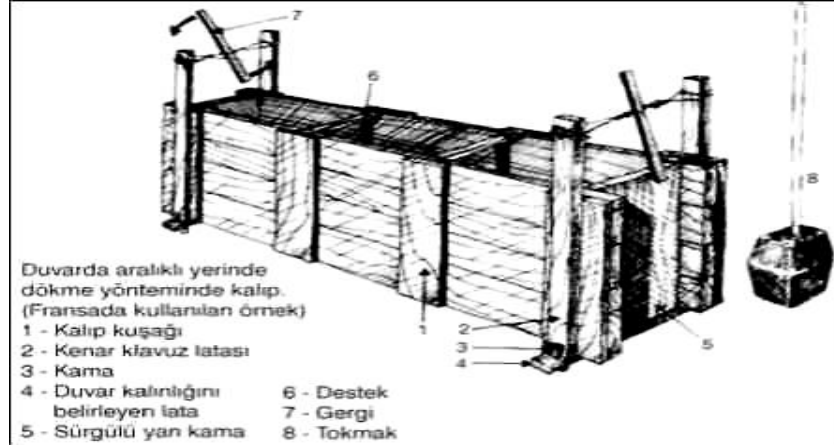
Ağaç konstrüksiyon kerpiçle tamamen kapatılmış halde bulunabilir. Ahşap iskeletin kerpiç içine tamamen gömülü olması yapı ömrünü uzatmaktadır. Hımış yapılarda düzenli ve dikkatli bir şekilde oluşturulan ahşap sistemleri yanında ormandan getirilen her kalınlıkta yontulmamış dal ve ağaçlardan oluşturulan duvar sistemleride görülmektedir. [27]

Dövme Kerpiç Duvar

Dövme kerpiç sistemi kerpiç çamurunun beton gibi kalıplar içine dökülmesi ve daha sonra dövülerek sıkıştırılması esasına dayanır. (Şekil 2.6.)

Kerpiç ile örmeye göre çok daha çabuk duvar yapımına olanak verir. Buna karşılık bazı sakıncalı yönleri vardır. Bu sakıncalar giderildiğinde veya önemsiz kaldığı durumlarda hazır kerpice tercih edilir. Bu sistemde, kuruma sırasındaki büzülmeyi en aza indirebilmek için, toprak türünün seçimine veya iyileştirilmesine daha fazla özen gösterilmelidir. Kerpiç örme blok duvar Kerpiç çamurunun içine katkı maddeleri katılmadığı durumlarda blok ile inşa sisteminin aksine duvarda rötne çatlakları oluşabilir. Bu çatlakları en aza indirmek amacıyla kalıp içine konulan malzemeler ince tabakalar halinde dökülebilir. Kalıp içinde çamurun sıkıştırılması zordur. Büyük hacimde duvar kurduğu için büzülme fazla olacaktır. Bundan dolayı çatlaklar olabilir. Özellikle iki duvarın kesiştiği yerlerde çatlama beklenebilir. Karışımın iyi olup olmadığı iş bitince belli olur. Bu yüzden karışım baştan en az

büzülme yapacak şekilde denenerek bulunur. Aynı dönemde çok işçi çalıştırılmasını gerektirecek bir sistemdir.



Şekil 2.7. Dövme kerpiç duvar kalıbı

Dövme işleminden gelen kuvvetli basınca, duvar boyunca kalıbın dayanabilmesi için, belirli aralıklarla kuşak ve gergi ile iki kalıp kanadının bir birine bağlanmasına ihtiyaç vardır. Kalıpta önemli olan, duvarın kalınlığını muhafaza etmek yanında, bir döküm işleminden sonra kalıbın sökülmesi, temizlenmesi ve tekrar montajının kolay ve çabuk yapılabilmesidir. Kalıbın tespit elemanları şekildedekiler gibi olmalıdır. Döküm kesintili yapılabilir. Örne duvarda olduğu gibi belirli yerlerde ahşap veya betonarme hatılların oluşturulması gereklidir. Az sayıda kerpiç yapı inşa edilecekse bu sistem ekonomik olmayacaktır. Bunun nedeni yüksek maliyetteki kalıplar ve işçiliktir. Üretilen duvar yüzeyleri oldukça düzgündür. [27]

Yığma Kerpiç Duvar

Yığma kerpiç, bitkisel katkı miktarı fazlaca olan kerpiç hamurunun taş bir temel üzerine yığılması ve daha sonra bunun traşlanarak duvar şeklinde kesilmesiyle yapılır. Üretim için fazla bilgiye ve teknik malzemeye ihtiyaç yoktur. Tecrübesi olan insanlar tarafından basit el aletleriyle bu tip yapılar inşa edilmektedir. [27]

Omurgalı Kerpiç Duvar

Duvar eninden biraz daha kısa olan ahşap elemanların yanyana getirilip, dökülen kerpiç tabakalarının arasına konulmasıyla omurgalı kerpiç yapılar üretilir. Temel olarak ahşap donatılara sahip dövme kerpiç sistemidir. [27]

2.1.8. Kerpiç Yapıya Uygun Planlama ve Uygulama Koşulları

Doğal olarak üretilen kerpiç malzemesinin yapımda doğru kullanımı için bazı kurallara uyulması gereklidir. Öncelikle yapım için zamanlama iyi yapılmalıdır. Sudan etkilenebilen bir malzeme olduğundan iklim şartları göz önünde bulundurulmalıdır. Gerekli yerlerde rutubet yalıtımı yapılmalı, içerde ve dışarıda duvar yüzeyleri sıva ile kaplanmalıdır. Kerpiç yapı yapılacak yer, az yağışlı kurak ve deprem etkilerinin az olduğu bölgelerden seçilmelidir. Deprem bölgelerinde kerpicingin bir ahşap iskeletle takviyesi gereklidir. Ülkemiz koşullarında 1 veya 2 katlı olmak üzere her bina tipi için uygundur. Kerpiç yapım sisteminin seçilmesi ile yapının tasarım ve daha sonra uygulama aşamalarında uyulması gereken kriterler vardır. Bu kriterlere aşağıda kısaca değinilmektedir. [1]

Kerpiç yapım sistemi için tasarım aşamasında yapılması gerekenler :

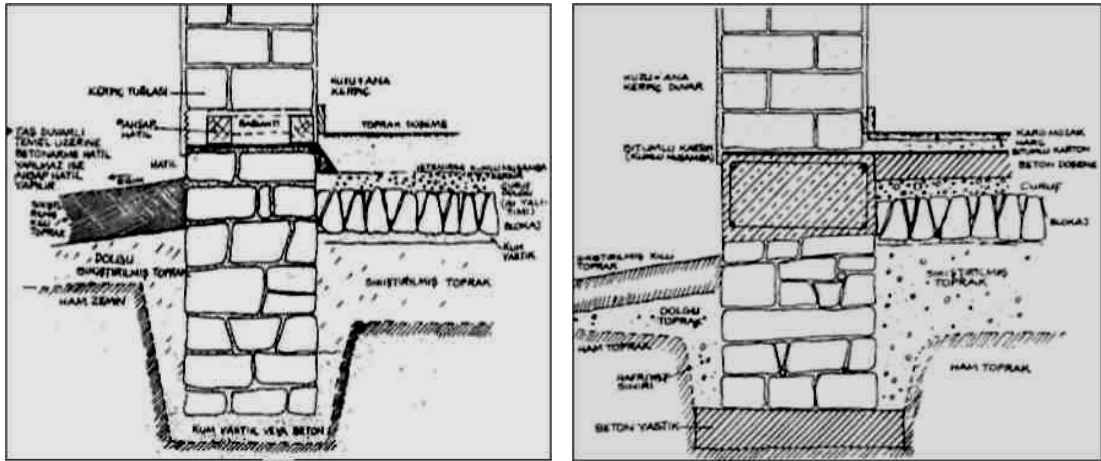
Hiç bir malzeme doğru kullanıldığı zaman kötü değildir. Kullanılacak malzemenin seçimi, malzemenin özelliklerinin iyi bilinmesi ve doğru detaylandırılmasıyla başarılı olacaktır. Kerpiç malzemesi de doğru kullanılmadığı zaman iyi bir performans gösteremeyecektir. Bunun içindir ki bu malzemenin doğru kullanılması için bazı tasarım kriterlerini göz önüne almak kaçınılmaz olmaktadır.

Kerpiç yapı sisteminin uygulanacak olan yapının yalın kare veya dikdörtgen olmasına çalışılmalı, fazla girinti ve çıkıntı olmaması sağlanmalıdır. Taşıyıcı dış duvarların en az 50 cm, taşıyıcı iç bölme duvarlar kalınlıklarının 30 cm, taşıyıcı olmayan bölme duvarları 15cm'den ince olmamalıdır. Planda enine ve boyuna taşıyıcı duvarların sürekli olması gereklidir. Tek açıklıkta taşıyıcı duvar uzunluğunun 5 m'yi aşmaması istenir. Dış duvarda yapılacak boşlukların yeri, köşeden itibaren 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde 150 cm, 3. ve 4. derece deprem bölgelerinde 100 cm'den başlamalıdır. Kapı ve pencere genişliği betonarme hatıl kullanılsa bile 100 cm'yi geçmemelidir. Lentoların duvara oturma payı en az 50 cm olmalıdır. Boşluklar arasındaki dolu kısımlar en az 60 cm olması gerekir. Geniş saçak yapılması, duvarların yağmurdan korunması bakımından yararlıdır. Düz çatı yapılacaksa, tavan kirişlerinin duvardan en az 40 cm taşırılması sağlanmalıdır. [1,29]

Kerpiç Yapım Sistemi Seçimi İçin Uygulama Aşamasında Yapılması Gerekenler :

Kerpiç yapım sisteminde yığma yapım yöntemi kuralları uygulanır. Yığma yapım yönteminde kerpiç malzemeyi ya da alkeri, duvarlarda taşıyıcı blok veya sıva olarak ve döşemelerde de kullanmak mümkündür. Ama başarılı bir uygulama için doğru kullanım bilgilerinin bilinmesi ve uyulması şarttır. Kerpiç suya ve neme karşı dayanıklı olmadığından temel malzemesi olarak taş duvar önerilmektedir. Zeminden en az 50 cm yüksekliğinde bir temelin üzerine yaklaşık 10 cm kalınlığında bir betonarme hatıl ile kerpiç bloklarla duvar örülmelidir. Özellikle deprem bölgelerinde subasman seviyesinde betonarme hatılın çepeçevre dolaşması ya da köşelerde ve duvarların birleşme yerlerinde çok iyi bağlantılı ahşap hatıl kullanılması duvarların stabilitesi açısından gereklidir.

Dış duvarda kullanılan kerpiğin neme karşı korunması en önemli esastır. Bu ilke ile duvarların mutlaka sıvanması sudan korunması için alınabilecek en temel önlemdir. Zeminden gelebilecek neme karşı ise, subasman seviyesindeki hatılla birlikte izolasyon uygulaması düşünülmelidir. Ayrıca, toprak seviyesinin suyu duvardan uzaklaştırabilecek şekilde ters yönde eğilendirilmesi kerpiğin kullanım ömrünü arttıracaktır. (Şekil 2.8)



Şekil 2.8. Temel, Kerpiç Duvar Birleşim Detayları.

Kerpiç duvar üzerine dış sıva için toprak sıva uygulanacaksa, uygunluğu denenmiş toprak türlerinden sıva yapılmalıdır ve daha sonra üzeri kireç ile kaplanarak suya karşı korunmalıdır. Duvara uygulanacak sıvanın tutunmasının yüksek olması toprak sıvanın içerdiği kil miktarına bağlıdır. Sıvanın duvara hem iyi adezyonu için hem de oluşabilecek kılcal çatlakları önlemek için toprağa ince saman, kireç, alçı, alçı-kireç veya çimento katılabilir. Ayrıca iç yüzeylere de, kireç, alçı-kireç karışımı sıva yapılabilir. [1]

2.2. SIVALAR

Bağlayıcı malzeme, kum, su ve gerektiğinde katkı maddelerinin karıştırılmasından meydana gelmiş, estetik görünümünün yanı sıra doluluk, mukavemet, geçirimsizlik, aderans ve dış etkilere dayanıklılık gibi özellikler gösteren inorganik hamurlara sıva denir. Sıvalar uygulandıkları yapı elemanlarının yüzeylerini örtmeleri ve düzgün göstermelerinin yanı sıra kaplamış buldukları kısımları, dolayısıyla yapının tümünü atmosfer koşullarından korumak ve ısı yalıtımı, ses yutuculuk gibi işlevlerde sahiptirler. Duvarları dış etkilere karşı korumak amacıyla kullanılan sıvalar dışta 2-3 cm içte 1,5-2 cm kalınlığında uygulanmaktadır. Dış sıvalarda çimento, melez, su kireci, iç sıvalarda kireç ve alçı harçları kullanılır. Ayrıca ülkemizin kırsal alanlarında yaygın olarak, az yağlı kil ile saman karışımı kerpiç sıva kullanılmaktadır.

Sıvalar uygulamada kaba sıva, ince sıva olmak üzere iki kademedede en az 24 saat ara ile farklı tabaka halinde uygulanır. Bu iki tabaka farklı dozajda ve farklı incelikte agrega kullanılarak yapılır. Kaba sıva yüzeyi aderansı arttırıcı şekilde hazırlanmalıdır Yapıdaki uygulaması da master ve mala kullanılarak yapılmaktadır. [23]

Sıva dış yüzeydeki yağmur suyunu kesite almamasının yanı sıra duvar kesitindeki su buharının dış ortama çıkışına yüksek direnç göstermeyecek asgari bir buhar geçirimsizlik direncine sahip olması gerekmektedir. Bu özellikleri tam olarak karşılayabilmede en önemli faktör sıva harcının doluluğudur. [30]

Kaba sıva, kaplanan yüzeye sıvanın yapışmasını sağlamak, yüzeydeki girinti ve çıkıntıları kabaca düzeltmek ve özellikle sıvanın aranan fiziksel özelliklerine bağlı olarak uygulanan, genellikle iri taneli kumdan oluşan ilk sıva tabakasıdır. İnce sıva, çok katlı uygulanabildiği gibi son kat sıvası olarakta uygulanabilen, estetik seçimi esas alan, bitiş sıva tabakasıdır. [31]

Mimarlık tarihi ile ilgili çeşitli kaynaklarda, tarih öncesi dönemlerdeki ilkel uygulamalarda, sıva harcı olarak çamur ve gübre gibi malzemelerin kullanılmış

olduğuna dair bulguların varlığından söz edilmektedir. Yapılan araştırmalar Anadolu'da M.Ö. 3000-2000 arasında da sıva yapıldığını, sıva harcının genellikle duvar örölürken kullanılan harç olduğunu göstermektedir. Bu uygulamalarda sıva harcına yer yer saman veya bitkisel elyaf katılarak, çatlama ların önüne geçilmeye çalışıldığı anlaşılmaktadır. Bazı uygulamalarda bu kalın sıvanın üzerine ince kilden bir son kat sıva çekildiği ve bunun zamanla çatlama sı nedeni ile zaman zaman yenilendiği ve sıva tabakalarının giderek kalınlaştığı dikkati çekmektedir. Sur duvarlarının dahi içten ve dıştan sıva yapılarak kaplanmış olduğu örnekler mevcuttur.

Güneydoğu Anadolu'da ve Kuzey Mezopotamya'da kil ve saman karışımı harcın yanı sıra, kireç hamuru katkılı kil harçlarının ve kireç sıvaların kullanıldığı görölmüştür. Eski Mısır'da alçı, kireç ve melez harçlarla, Fenikeliler ve Hititler'de de kireç harcı ile sıva yapıldığı görölmektedir.

Çatalhöyük kalıntıları içinde bulunan 8000 yıl öncesine ait harçlar ve Yunanistan'ın Rodos adasında bulunan Kameiros sarnıcının puzolonik malzemeden yapılan duvarları kireç – doğal puzolan karışımlarının binlerce yıl öncesinden bilindiğini vurgulamaktadır.

Anadolu'da kireç çoğunlukla döşemelerde ve duvarlarda kullanılmıştır. Kireç harcı; kırılmış kireçtaşı, kum ve külün açık ateşte pişirildikten sonra yeniden kırılıp elenmesi ile elde edilmiştir. Selçuklu ve Osmanlı yapılarında duvar harcı olarak horasan harcı adı verilen bir harç kullanıldığı görölmektedir. Bu harcın birleşiminde pişmiş toprak tozu, kuvarz kumu, kireç, kül hatta yumurta akı gibi organik malzemelerinde kullanıldığı bilinmektedir. Romalılar devrinde ise su kireci bulunmuş ve su içindeki inşaatlarda kullanılmıştır. [32]

Çimento nun üretiminin başlaması ve yapı alanına girmesi ile çimento bağlayıcı sıvalar yaygınlaşmıştır. Çimento bağlayıcı ile yapılan harçlar, daha yüksek mukavemet su etkilerine dayanım ve nispeten geçirimsiz özellikleri ile sıvalarda kullanılmıştır.

Günümüzde bilindiği gibi mineral bağlayıcılar ile üretilen sıvaların yanı sıra, bu bağlayıcıların bazı sentetik bağlayıcılar ile takviye edilmesi veya sadece sentetik reçinelerin bağlayıcı olarak kullanıldığı sıvalarda imal edilerek, uygulanmaktadır. [33]

2.2.1. Sıvanın Yapısı ve Özellikleri

Sıvaların duvarın oluşumunda öngörülen işlevlerini yerine getirebilmeleri, mekanik etkilere dayanımlarının yanı sıra, büyük ölçüde diğer fiziksel özelliklerine de bağlıdır. Bir harçta bulunması gereken özellikleri basınç mukavemeti, doluluk, geçirimsizlik, aderans, katılma sırasında hacim değişikliği göstermemesi, aşınmaya ve dış etkilere karşı direncinin yüksek olması şeklinde sayabiliriz.

Harcın Doluluğu : Doluluk harca mukavemet geçirimsizlik dış etkilere dayanım gibi bir çok özellikler kazandıran önemli bir faktördür. Doluluğun sağlanması için agrega konusu üzerinde önemle durulmalı, granülometri şartlarına kesinlikle uyulması gerekmektedir. Granülometri hesaplarında önce elek analizi yapılır. Bulunan değerlerin, elekten geçenlerin yüzdesine ve elek çaplarına göre bir koordinat sisteminde işaretlenmesi ile granülometri eğrisi çizilir. Bu eğri standart eğrilerle karşılaştırılarak karışımların gerekli düzeltmesi yapılır.

Harcın Geçirimsizliği : Granülometri şartlarının iyi düzenlenmemesi ve bünyesinde fazla su bulunması harcın geçirimsizliğinin artmasında rol oynar. Bu nedenle çimento harçlarında rötreyi arttırmayacak şekilde bağlayıcı miktarını yükseltmek veya kauçuk, balmumu, parafin, bitüm, sabun, tras, kalsiyum klorür, sika, silistozu gibi çeşitli katkı maddeleri kullanmak yoluyla geçirimsizliği sağlamak mümkündür. Harcın Türleri içinde çimento ve puzolan harçlarının geçirimsizliği yüksektir.

Harcın Aderansı : Bağlayıcının uygulandığı yüzeyin pürüzlülüğüne ve özelliğine bağlı olarak harcın yapışma gücüdür. Plastik kıvamdaki harç, kurumuş ve taze haldeki harçlara oranla daha yüksek aderansa sahiptir. Harcın türleri içinde yüksek aderansa sahip olarak kireç ve melez harçlar söylenebilir.

Harçta Hacim Değişikliği: Bağlayıcısının cinsine göre harçta meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucu hacim değişikliği görülür. Örneğin; Yağlı kireç harçları bünyesine CO₂ aldığından hacim artmasına, çimento harçları ise hidrasyon olayı sonucu hacim eksilmesine (rötre) uğrar. Rötre dolayısıyla meydana gelen çatlaklar geçirimsizliği artırıcı ve mukavemeti düşürücü niteliktedir.

Harçta Dış Etkilere Dayanıklılık : Sıcaklığın yükselmesi harçların katılmasını hızlandırmakta, Düşmesi ise geciktirmektedir. Güneş ve rüzgar etkisi kısa zamanda

harcın suyunu alarak hidrotasyonun tamamlanmasını engellemektedir. Bu etkiyi önlemek için yüzeyleri rutubetli ortamda tutmak faydalıdır. Alüminli çimento ile yapılan harçlar hariç don etkisi diğer harç türlerine zararlı etki yapar. Çimento harçlarında uygulama sıcaklığı minimum +6 °C ye kadardır. Soğuk ortamda çimento harçlarına % 2-3 oranında CaCl₂ katmak yararlıdır. [23]

Kullanılma yerine ve şekline göre bu özelliklerden bazıları diğerlerine oranla daha fazla önem kazanmaktadır. (Çizelge 2.5) Bu özellikleri gerçekleştirebilmek için gerekli faktörler ise bağlayıcı cinsi ve miktarının, kumun cinsinin seçilmesi ve granülometrisinin düzenlenmesi, yoğurma suyunun cins ve miktarının seçilmesi, iyi işçilik şartlarının sağlanması gerekmektedir. [23]

Çizelge 2.5. Dozajına Göre Harç Kullanım Yerleri [23]

Kum (m ³)	Çimento (kg)	Su (lt)	Kullanım Yeri
1	200-250	110-120	Önemli yüke maruz kalmayan kagir dolgular
1	300-350-400	130-140-150	Havaya ve tatlı suya maruz kagir inşaat, her çeşit taş, tuğla, beton, briket inşaat ve sıva
1	450-500	160-170	Cephe, kemer şiddetli dış etkilere maruz sıvalar, şap
1	600-1200	200-400	Renkli, renksiz mozaik suni taşlar.

Harç, yapıdaki kullanılma şekli ve yerine göre ağırlıkça veya hacimce önceden tespit edilen miktarda bağlayıcı malzeme ve kumun kuru olarak karıştırılması, bu karışıma hidrasyon ve işlenebilme özelliği sağlayıcı nitelikte gerekli miktarda suyun ilave edilmesi ve tekrar karıştırılması suretiyle elde edilir. Çeşitli harçların karışım oranları Çizelge 2.6 ve 2.7’de iki farklı kaynaktan verilmiştir. Harca gerekli hallerde mineral esaslı boya pigmenti ve katkı maddeleri ilave edilmesi mümkündür.

Dozaj 1m³ yerine yerleştirilmiş harçtaki ağırlıkça bağlayıcı miktarına denir. Dozajın artması agrega danelerinin etrafını saran çimento hacminin artmasını sağlayacak ve çimento hamurunun konsantrasyonunu arttıracaktır. Dolayısıyla aderans ve çimento harcı mukavemeti artacaktır. [23]

Çizelge 2.6. Çeşitli Harçların Karışım Oranları [23]

Harç Cinsi	Hacim Oranları					
	Kil	Tras	Kireç	Alçı	Çimento	Kum
Kil Harcı	1	-	-	-	-	-
Alçı Harcı	-	-	-	1	-	0-4
Kireç Harcı	-	-	1	-	-	3
Puzolanik Harç*	-	0,5-0,7	1	-	-	3-6
Çimento Harcı	-	-	-	-	1	(3)-4-(6)
Melez Harç	-	-	1,5-(2)	-	1	8

* Kireç / Kireç ,Tras / Kireç oranları normalleştirilmiştir.

Su = %60 x $\Delta_{\text{alçı}}$ veya %70 x $\Delta_{\text{kireç}}$ veya %30 x $\Delta_{\text{çimento}}$ ile hesaplanabilir.

Harç üretiminde kullanılacak malzeme oranları ağırlık esasına, hacim esasına veya bu ikisini birden dikkate alan sisteme göre belirlenir. Hacim esasına göre yapılan harçlarda bir hacim bağlayıcıya bir kaç hacim kum katılmak sureti ile harç karışımı elde edilir. Su istenen işlenebilmeyi sağlayacak miktarda konur.

Çizelge 2.7. Harç Karışım Oranları [34]

Harç adı	Kireç	Çimento	Alçı	Kum
Alçı	-	-	1	(0-4)
Kireç	1	-	-	3(2-6)
Alçı+Kireç	1	-	1	(3-4)
Çimento	-	1	-	4(3-6)
Melez	1,5	1	-	8(6-10)
Takviyeli	1	1,5	-	8(6-10)

Su bağlayıcının ağırlıkça %20-30'u yoğurma suyu kumun ağırlıkça %3-8'i kadar da ıslanma suyu olarak alınmalıdır. Agregası büyüdükçe ıslanma suyu azalır, ufaldıkça artar. Çünkü ıslanacak özgül yüzey artmaktadır. Nemli kumlardan nem kadar suyu azaltmak gerekir. [34]

Sıvaların Sahip Olması Gereken Temel Özellikler

Yapıda hasar ve bozulmaların çoğu sıvada başladığı gibi duvardan kaynaklanan hasarlarda sıvada kendini gösterir. Ancak kusur her zaman sıvada değil, büyük olasılıkla sistemin tümündedir. Daha planlama aşamasında konuya bilinçli yaklaşılması, detaylandırma ve malzeme seçimi üzerinde titizlikle durulması gerekmektedir.

Sıva yapımında prensip zayıf bir alt tabaka üzerine asla daha kuvvetli bir tabaka getirmemektir. Bu prensibe göre her sıva tabakası, duvar çekirdeğinden itibaren gittikçe daha zayıflayacak yani bağlayıcı dozajı azalacak şekilde planlanmalıdır. Bununla birlikte son kat sıva dış etkilere dayanacak nitelikte olmalıdır.

Sıva olarak kullanılacak malzeme karışımlarının, hemen uygulama anında taze halde ve prizini aldıktan sonra bazı özelliklere sahip olmaları gerekmektedir. Sıva harçlarından ilk beklenen özellik işlenebilirlik ve aderans özelliğidir. Uygulanan yüzeye tutunma ve ona bağlanma genellikle ara astar katlarının, mineral sıvalarda ise bir serpmeye tabakasının yapılması ile sağlanabilmektedir. Yapıdaki küçük deformasyonlar, boyutsal değişimler sonucunda çatlamaması bir sıvadan beklenen temel özelliklerdendir. Mineral bağlayıcılı sıvalar sentetik bağlayıcılı olanlara göre çok daha düşük bir elastikiyete sahiptirler. Mineral sıvalardan çimento sıvalar, özellikle yüksek dozajlı olanlar boyutsal değişikliklere, deformasyonlara en az ayak uydurabilen türlerdir. Buna karşın, karışıma kirecin girmesi ile oluşturulan melez harç ile yapılan sıvalar daha esnek bir yapıya sahiptirler. Doğrudan doğruya kireç ile üretilen sıvalar esnekliğin yanı sıra, iyi aderans özelliklerine de sahiptirler. Beton yüzeylere yapılacak uygulamalarda, DIN 53232 uyarınca bu değer yaklaşık 1 N/mm² merkezinde belirlenmektedir.

Dış mekanik etkiler karşısında aşınma dayanımı da sıvalarda, özellikle aşındırıcı etkilere maruz yüzey sıvalarında önemlidir. Kireç ve alçı bağlayıcı sıvalar nisbeten deformasyonlara daha dayanıklı olmalarına rağmen, aşınma dayanımları düşüktür. Ayrıca sıvaların uygulama sonrasında da priz süreleri de uygulama, açısından önemlidir. Sentetik bağlayıcılı sıvalar, bağlayıcı malzemenin türüne göre nisbeten daha çabuk kuruyan ve diğer işlemlere olanak sağlayan türlerdir. Buna karşın çimento ve alçı sıvalar, bağlayıcılarının priz süresine bağlı bir katılma süresine

sahiptirler. Ancak, kireç bağlayıcılı sıvalarda katılaşmanın CO₂ etkisi ile gerçekleşmesi nedeni ile, kirecin tam olarak katılaşması bir hayli zaman almaktadır. Geçirimsizlik ve geçirimsizlik konuları, özellikle dış cephelerde kullanılan sıvalar açısından çok önemlidir. Bilindiği gibi sıvalar dışardan gelen yağıştan etkilenmemeli, yağışı geçirmemeli, ancak, su buharının geçişine imkan verecek yapıda olmalıdır. Dış sıvaların buhar geçirgenliliğinin belirli bir alt sınırın üzerinde olması, özellikle yapı fiziği açısından önem taşımaktadır.

Dış cepheleri kaplayan mineral sıvaların su emiciliği yüzeylerinin bir son kat malzeme ile kaplanmasını veya bunların emprenye edilmelerini gerektirmektedir. Ayrıca bu tür sıvalar yapılırken de hidrofob katkıları kullanılarak malzemenin su emicilik özelliği ihmal edilebilir boyutlara indirgenebilmektedir. Ayrıca sıvanın uygulandığı yüzeyi oluşturan malzemelerin niteliği de, sıvanın nem durumunu etkilemektedir. Ayrıca yağış sularına karşı geçirimsizlikte, sıvanın sürekli kılcal kanalcıklarının olup olmamasıda önemli rol oynamaktadır. Çeşitli kaynaklarda kılcal su emme katsayısının $C \leq 0,5\text{kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ koşulunun sağlanması gerekliliği vurgulanmaktadır. [33]

2.2.2. Yapı Fiziği Açısından Duvar Sıva İlişkisi

Yapı dış kabuğunda etkili olan başlıca iki fiziksel olay, ısı ve su buharının geçişidir. Bilindiği gibi doğada denge hakimdir. Farklı sıcaklık ve nemliliği ile iç ve dış ortamlar bir duvarın iki tarafında yer alırlar. Bunun sonucu olarak da duvar ve bileşenlerinin bünyesinden ısı enerjisi ve su buharı sürekli geçiş halindedir. Çevresi duvarlarla çevrili bir hacimde sıcaklığın yükselmesi sonucunda, iki olay meydana gelir. Birincisi ısınan malzemenin boyutları büyür, sıcaklığa bağlı boyutsal deformasyonlar meydana gelir, ikincisi ise ısı, sıcaklığı düşük olan dış ortama doğru duvar bünyesinden geçer, sonuç ısı enerjisinin kaybı ve iç hacim sıcaklığının düşmesidir. Dolayısı ile iç sıcaklığın arzulanan seviyede tutulması ek enerjileri gerektirmektedir.

Doğal olarak duvarın ısı geçirgenliği, duvarı oluşturan malzemenin, duvar bileşenlerinin ısı iletkenlik özelliği ile doğrudan ilgili olmaktadır. Bilindiği gibi boşluksuz, dolu, yoğun cisimler ısıyı daha iyi iletmektedirler. Buna karşın iletkenlik özelliği az olan hafif, özellikle kapalı boşlukları olan malzemelerle oluşturulan

duvarların ısı direnci daha yüksek olmaktadır. Dolu gövdeli ve ısı iletkenliği yüksek malzeme ile üretilen duvarlarda, yönetmeliğin öngördüğü direncin sağlanması ancak üç şekilde olabilmektedir. Bunlardan, kalınlıkları arttırmak veya malzemeyi değiştirmek yerine en sık olarak uygulanan yol, duvara bir ek ısı yalıtım katmanının eklenmesi olmaktadır. Bu şekilde duvarın ısı geçirgenliği düşmekte, ısı enerjisi kaybı azalmakta ve iç mekan konfor koşullarının sağlanmasında önemli olan diğer bir konu, duvar iç yüzey sıcaklığıda nispeten yükselmektedir.

Öte yandan bilindiği gibi havada mutlaka ortam koşullarına bağlı olarak belirli bir miktarda su buharıda bulunmaktadır. Havanın sıcaklığı arttıka, bulundurabileceği su buharı sınırı da yükselir. Diğer bir ifade ile hava ancak belirli bir sınıra kadar su buharı taşıyabilir, bu üst sınır hava sıcaklığına bağlı olarak değişir. Sonuç olarak, sıcaklığı daha yüksek olan bir ortamda, daha fazla su buharı bulunabilme olanağı vardır. Her sıcaklık için taşınabilir bu üst sınırın aşılması halinde yoğunlaşma olayı meydana gelir ve buharın fazlası su halinde ortaya çıkar. Bir ortamda, belirli bir sıcaklıkta havada bulunan su buharı miktarının, aynı sıcaklıkta bulunabilecek en yüksek su buharı miktarına yüzde olarak oranı, bağıl nem oranı olarak ifade edilmektedir.

Su buharı da, ısı akımında olduğu gibi, malzemenin, bünyesinden geçerek, denge konumuna dek bir akış halindedir. Bu hareket, duvarın ayırdığı ortamlardan, bağıl nem oranına bağlı olarak kısmi buhar basıncı yüksek olandan, düşük olana doğrudur.

Her malzemenin, ısı iletkenliğine benzer biçimde, kendi özelliklerinden kaynaklanan buhar geçirgenliği veya tersi bir ifade ile buhar geçirgenlik direnci de vardır. Bu buhar geçirgenlik direncinin bununla aynı kalınlıktaki hava tabakasının su buharı geçirgenlik direncinin kaç katı olduğu da geçirgenlik direnç faktörü (μ) olarak ifade edilmektedir ve hesaplamalarda bu değerler kullanılmaktadır.

Yapı elemanlarının bünyesinden su buharının geçmesi olumsuz bir husus değildir. Aksine, iç ortam konfor koşullarının sağlanmasında iç hacim nem düzeyinin dengelenebilmesi yönünden olumlu etkileride vardır. Ayrıca bu geçişin buhar halinde kaldığı sürece yapı malzeme ve elemanlarına da herhangi olumsuz bir etkisi yoktur. Ancak ilke olarak duvara girmiş olan su buharının tamamının çıkması, yapı sağlığı açısından zorunludur. Bunun sağlanamaması halinde, duvar ve bileşenlerinde

sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların nedeni başlıca iki grupta toplanabilir. Bunlardan birincisi, hatalı malzeme seçimidir. Yukarıdaki ilke doğrultusunda iç sıvadan başlayarak dış sıvaya kadar bir kaç katmandan oluşan duvar kesitinde, katmanları oluşturan malzemelerin buhar difüzyon faktörlerinin su buharı akış yönünde giderek azalması en azından değişmemesi gerekmektedir. Bu girmiş olan buharın çıkabilmesine olanak sağlar. Aksi durum, akış yönünde bir veya bir kaç tabakanın yüksek direnci olması, nem akımının yavaşlaması, duvara giren nemin bir kısmının duvar kesitinde birikmesine neden olacaktır. Ancak bu durum bir yoğuşmaya neden olmuyor ise veya yoğuşma ihmal edilebilir düzeyde kalıyor ise çok önemli değildir. Yapı dış kabuğunda su buharı akımı yönündeki dış, soğuk yüzeye yakın elemanların buhar geçirgenlik dirençleri bu açıdan büyük önem taşımaktadır.

İkinci husus, su buharı akışı sırasında, duvar kesitinde bir miktar su buharının ısı olayların da etkisi ile yoğuşarak, su haline dönüşmesidir. Bu olay dış kabuğu oluşturan yapı elemanlarında büyük önem taşımaktadır.

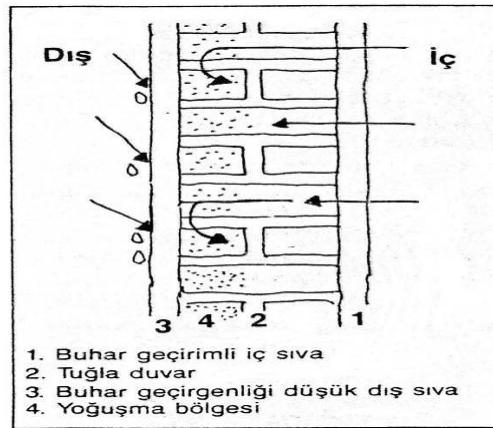
Duvar kesitine giren su buharı, dış yöne doğru akımı sırasında, duvarın ısı akımı ile ilgili koşullarının uygun olmaması halinde artık tamamının su buharı olarak taşınamayacağı düşük sıcaklıktaki ortamlarla karşılaşabilir. Diğer bir ifade ile, duvarın bir bölgesinde sıcaklığın düşük oluşu sonucu olarak, o ortamdaki doymuş nem miktarının üzerinde su buharı bulunuyor ise yoğuşma meydana gelecektir.

Bu olayın oluşacağı düşünülerek önlemler alınmış kesitler için, çözülebilir nitelikteki bu durum olayın değerlendirilmediği, gerekli önlemlerin alınmadığı kesitlerde de kısa sürelerde önemli sonuçlar doğurmaz. Ancak bu oluşumun bütün bir ısıtma devresince sürmesi duvardan buharlaşmanın yeterli düzeyde olamaması gibi hususlar, kesit içerisinde yoğuşmanın görüldüğü ısıtma dönemi sonunda, bir miktar su birikmesine neden olur. Genellikle yaz döneminde buharlaşan bir suyun, tamama yakın bir kısmının buharlaşmayıp bir miktar artık suyun kesitte kalması halinde, bu suyun miktarına bağlı olarak zaman içerisinde önemli yapı hasarları meydana çıkmaktadır. Olay bu duruma gelince kalıcı önlemler almak zor ve masraflı olmaktadır. Kesitte belirli bir miktar su oluşmasına çeşitli yönetmeliklerde farklı düzeylerde izin verilmektedir. Ancak bunların kesin üst sınırları vardır. Öte yandan kesitte oluşan suyun buharlaşması da bir dizi sorunu, buna bağlı olarak da hasarları

beraberinde getirmektedir. Kesitte buharlaşma sırasınada dışarıya veya içeriye doğru buharlaşan su bünyedeki çözülebilir maddeleri de çözerek sürüklediğinden, yüzeylerde buharlaşma sonucunda tuzların kristalize olmaları ile sonuçlanmaktadır. Bu kristalleşme sırasında tuzlar büyük hacim genleşmeleri gösterirler ve yüzeylerde boya kaplama ve sıvalarda, kesit içinde oluşmaları halinde ise duvarlarda önemli tahribatlara neden olurlar.

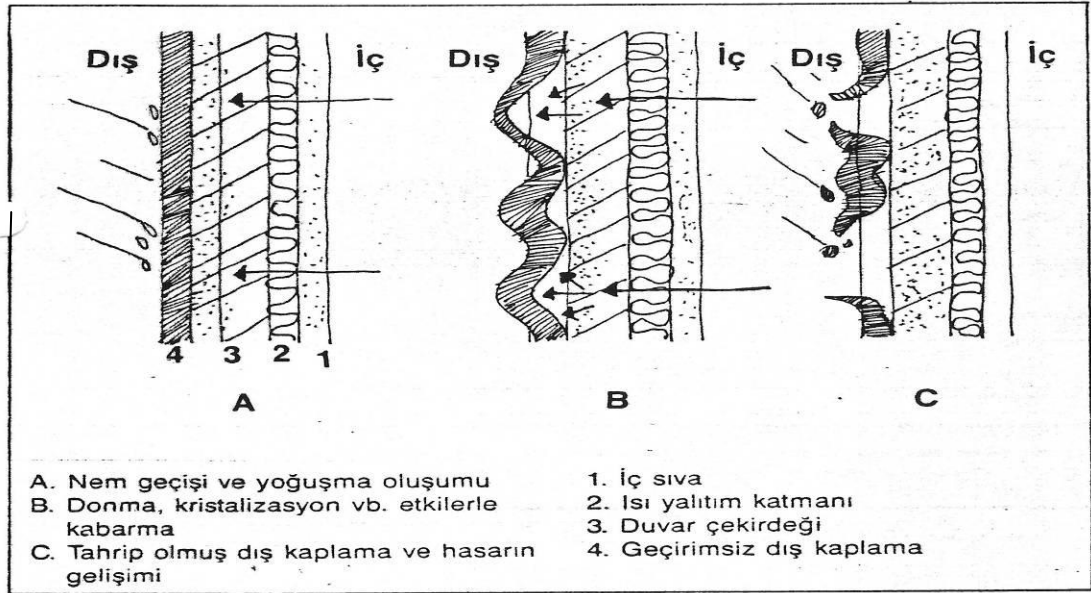
Benzer etkiler, özellikle duvar dış yüzeyine yakın bölgelerde, kışın kesitteki suyun donması sonucunda da görülebilmektedir. Donan suyun iç basınçlara neden olması bünyede çatlamlar, sıvalarda, dış kaplamalarda kabarma ve dökülmeler sonucunu doğurmaktadır. Gene bilinçsizce yapılan ısı yalıtımı uygulamalarında, bu yoğuşmanın ısı yalıtımı tabakası üzerinde veya yakınında oluşması halinde meydana gelen su, ısı yalıtım malzemesinin gözeneklerini doldurarak ısı iletkenliğinin artmasına, dolayısıyla duvarın toplam ısıl direncinin düşmesi ile noktalanacaktır.

Yüzeyin yeterince su geçirimsiz bir sıva ya da tabaka ile örtülmemiş olması ya da yüzeydeki kılcal çatlaklar, hatalı derzler özellikle hakim rüzgar yönüne bakan cephelerde yağış sonunda bir kısım suyun cepheden duvarın içine sızmasına neden olur. Yine kılcal boşluklara sahip sıvalar eğer özel bir işlem görmemişlerse, kılcallıkla suyu bünyelerine alırlar. Bu şekilde yağış halinde duvar bünyesi bir miktar ıslanır. Duvar bünyesinde su oluşmasının bir diğer nedeninin yoğuşma olduğu önceki bölümlerde belirtilmişti. Özellikle buhar akımı açısından uygun olmayan ısı akımına sahip ve su buharı geçirimsiz dış sıva ya da son kat malzeme ile kaplı dış duvarlarda yoğuşma miktarına bağlı olarak bir yada birkaç yoğuşma dönemi sonunda hasarlara neden olacak şekilde su birikir.(Şekil 2.9) [33]



Şekil 2.9. Buhar Geçirgenliği Düşük Dış Sıva ile Kaplı Duvarda Nemlenme [33]

Gerek yağışla dışarıdan sızan sular yada yoğuşma sonucu kesitte oluşan sular gerekse teraslardan parapetlerden sızan yada çeşitli tesisat kaçaklarından duvara giren sular sıcaklığın duvar bünyesindeki suyun donabileceği düzeyde düşmesi ile donarak hacim genişlemesine uğrarlar. Ayrıca, içerdikleri tuzlarla donan su ile birlikte çevreye osmotik basınç yaparak iç gerilmelere neden olmaktadır. Donma bölgesine göre, don sıva altında olduğunda sıva duvar yüzeyinden kabarmakta, sıva bünyesinde olması halindeki bu durum daha çok gözenekli yapıya sahip, su üzerinde bir dış boya yada ince sentetik bir sıva varsa kabarmakta, dökülmeler neden olmaktadır. (Şekil 2.10) Ayrıca, çiçeklenmelerin bünyedeki su hareketine bağlı çözünen maddelerin, tuz halinde kristalize olmasının da benzer etkileri olmaktadır. Tuzlar kristalize olurken önemli hacim artışı göstermektedirler. Bunun bir sonucu olarak kristalizasyonun gerçekleştiği yere göre sıva kabarmakta çatlamakta, yüzey tabakaları kabarmakta, yüzeysel bozulmalar, çiçeklenmeler görülmektedir.



Şekil 2.10. Buhar Geçirgenliği Düşük Dış Sıva ile Kaplı Duvarda Isı Yalıtım Katmanının Yanlış Seçimi Sonucu Yoğuşma Oluşumu ve Dış Cephe Kaplama Hasarı [33]

Görüldüğü gibi yapı fiziği ile ilgili olayların tahribat üzerinde önemli payı bulunmaktadır. Bu tür olayların bir kısmı duvarın yapısı ve dış koşullardan kaynaklanıyorsa da, bir kısmının ortaya çıkmasında iç ve dış sıva katmanlarının büyük rolü vardır. Ayrıca uygulama sonrasında, kullanım sırasında bir bozulmanın görülmemesi, alt yapıya olduğu kadar, kullanılan sıva türünün seçimindeki isabete ve uygulamadaki özene bağlıdır. [33]

2.2.3. Genel Sıva Uygulama Esasları

Mineral esaslı sıvaların üretiminde ve uygulamasında, belirlenmiş karışım oranlarına uygun yapılmasına titizlik gösterilmelidir. Sıvalarda gerilmelere ve çatlamalara meydan vermemek için önce de ifade edildiği gibi, duvarda yüzeylere doğru sıva tabakaları daha esnek nitelikte seçilmelidir.

Duvarların sıvanmasına önce içeriden başlanmalı, daha sonra dış sıvalara geçilmelidir. Sıvaların, uygulama sırasında yağmur, aşırı rüzgar, don ve özellikle yaz mevsiminde aşırı güneş etkisine maruz kalmaması gereklidir. Ayrıca, sıva yapımı üzerinden 24 saat geçmeden olası bir don olayı bekleniyor ise ya da sıcaklık artı 5 °C'den düşük ise, ya da donmuş yüzeylere sıva yapılmamalıdır.

Her uygulamada 15 mm'den daha kalın tabaka yapılmamalı, dış sıvalar en az iki tabakadan oluşmalı, 2 cm'den daha ince, ince sıvalar 1-1,5 cm'den daha kalın olmamalıdır. Sıva yapılan duvarlardaki şakül hatalarının sıva aşamasında giderilmeye çalışılması doğru değildir.

Binada çeşitli nedenlerle hareketlerin, deformasyonların beklendiği yerlerde veya özellikleri çok farklı malzemelerin birleşme yerlerinde olası çatlakların önlenmesi açısından sıva teli ya da herhangi bir sentetik donatı kullanılması uygundur.

Sıva suyunu çok hızlı olarak emme tehlikesi olan, kılcallığı yüksek gözenekli yüzeylere bir serpm tabakası yapılarak, bu sakınca önlenmelidir. Bu serpm tabakası, çok yağışlı bölgelerde yapılacak yapılardada, sıva tarafından alınacak olası suyun, duvara geçişini bir ölçüde de frenlediği için yararlıdır.

Sıva yapımında, eğer yapılabilecek ise, bir cepheye yetecek kadar harç aynı harmanda hazırlanmalıdır. Sıvanacak bir cephenin aynı gün bitirilmesi esastır. Eğer bitirilemiyor ise sıvanın, dilatasyon derzlerinde, köşelerde veya cephede bölünmenin çok olduğu, malzeme, doku değişikliğinin yapıldığı noktalarda kesilmesi gereklidir.

Duvar sıvasına, duvar işlendikten ve prizini aldıktan sonra başlanır. Sıvaya başlanmadan önce, sıvanacak yüzey, artıklardan, yabancı malzemelerden, taşmış

harçlardan, tozlardan temizlenmelidir. Duvar yüzü ve tavan ile birleşme yerleri su ile ıslatılır. Sıva yapımı açısından uygun olmayan, yani sıva suyunu çok az ya da çok fazla emecek yüzeylere önce bir serpme tabakası yapılır. Aynı serpme tabakası, duvar dışından gelecek suyun, duvar bünyesine geçişini de bir ölçüde engellediğinden yararlıdır. Serpme, el ile ya da serpme aleti ile en fazla 3 mm. kalınlıkta, duvarın tüm yüzeyini kaplayacak şekilde atılır. Serpme tabakasının atılmasından en az bir gün sonra kaba sıva yapımına geçilir. Sıvanacak yüzey mastarlanır ve mümkün mertebe kuru kıvamdaki sıva harcı yüzeye kuvvetle çarpılarak atılır. Her seferinde en çok 1,5 cm kalınlıkta sıva tabakası yapılabilir. Kaba sıva bitince, ince sıvanın iyice tutunabilmesi için mala kenarı ile çizilir. Kaba sıva prizini alıp, iyice sertleştikten sonra ince sıva uygulanmasına geçilir. ince sıva yüzeylerinin perdahlanmasında, yüzeyde bir bağlayıcı filminin oluşmamasına özen gösterilir. Gerek yeterli nitelikte kaba sıva gerekse ince sıva üzerine sentetik bağlayıcılı bir sıva, doğrudan, tekniğine uygun bir biçimde mala, rulo yada püskürtme şeklinde uygulanabilir. [33]

2.2.4. Bağlayıcı Özelliklerine Göre Sıva Çeşitleri

Mineral bağlayıcılar; çimento, alçı, kireç, çimento-kireç, alçı-kireçlerdir. Geleneksel sıvalar bu tip sıvalardır.

Sentetik bağlayıcılar; su ile inceltilebilir ve fabrikada üretimi yapılabilen sıva tipleridir. Polivinil asetat ve akrilik polimer veya kopolimer bağlayıcılıdır. Astar ile birlikte kullanılırlar. Buhar geçirmelerine rağmen suyu geçirmezler. Bunun sebebi dispersiyon olmalarıdır. [35]

2.2.5. Kerpiç Sıvası

Sıvalar yapıyı ortam şartlarından, darbe, aşınma, yangın gibi etkenlerden koruma veya ses yalıtımı gibi görevleri alabilirler. Ancak herhangi bir görevi yüklenmesi için sıvaların uygulandıkları yüzeye tutunabilmesi ve kendi niteliklerini sürdürebilmeleri gerekir.

Kerpiç duvar yapımı için toprak ve kireç harcı ile duvar örülmesi yığma yapı sürecinde uzun bir zaman ister. Bu uygulama ve hazırlık aşamalarında işçilik miktarı

ile birlikte toplam süreyi de artırmaktadır. Örülerek oluşturulan duvarın yüzeyi homojen olmamakta ve bu da farklı aşınma yüzeylerinin oluşmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak da sıva hasarlarıyla çok karşılaşılmaktadır. Ayrıca rasyonel kalıplar kullanılarak yerinde tokmaktama sistemi ile yapılan duvarlar, düzgün sıva yüzeyleri vermektedir. Bu da eşit kalınlıklarda sıva uygulanabilmesini ve böylece sıvanın uzun ömürlü olmasını sağlar. İyi bir sıva uygulaması için, sıvanın doğru bağlayıcılarla ve malzemeyle doğru hazırlanması, çok iyi bakımı, dikkatli çalışma, doğru sıva için detaylı kaynak araştırması, doğru sıva profilleri, nasıl uygulanacağını nasıl yüzey hazırlanması gerektiği astarlanması gibi konuların iyi bilinmesi gerekmektedir. [36]

Tek kat, koyu ve kalın sıvalardan kaçılmalıdır. Mineral bağlayıcı içermeli (kireç, çimento, kil, toprak) en az iki kat uygulanmalıdır. Kireç ve çimento esaslı sıvalar için üç kat en uygundur. İlk tabaka 2 veya 4 mm kalınlığında iyi hazırlanmış duvara mala ile uygulanır. Altlık olarak yapılan ikinci kat, birinci kattan 2-8 gün sonra iki kat olarak 8-20 mm kalınlıkta yapılır. [25]

Bitirme katı mala veya fırça ile iyi bir adezyon için düzeltilir. Çünkü bu son kat koruyucu ve dekoratif olan çok önemli bir kattır. Bitirme katı koruyucu sıva ile bitirilir ve ikinci kattaki çatlaklar tamponla kapatılmalıdır. Bu katta çatlaklar kesinlikle tolere edilmez. Nemden ötürü kılcal çatlaklar olabilir, bu nedenle zaman zaman yenilenmeli, onarılmalıdır. [36]

2.2.6. Kerpiç Duvarda Sıva Uygulama Genel Kuralları

Kerpiç Sıva Uygulanma Zamanı

Hava durumu ve iklim koşulları bu durumda oldukça önemlidir. Bunun yanında yapı oturmadan sıva işine başlanmamalıdır. Örne veya dökme yapılar için çok kurumadan en geç 2-3 ay içinde yani çekme payı, su emişi henüz durmuşken yapılmalıdır. Bu durum ancak kerpiç duvarın iç çekirdeğinin ağırlığının azami % 5 'i kadar su ihtiva ettiğinde ortaya çıkar. Bu miktar ne zaman sıvanacağına işaret edebilir. Kerpicin kıvamı ile ilgili çok basit deneylerin (masa yüksekliğinden yere atıp kırılmasını gözlemek gibi) yanında su emişinin henüz durduğunu anlamak için şöyle bir yol izlenir; bir miktar kerpiç çamuru alınıp tartılır, sonra bu parça 2 - 3 saat kadar 150 – 200 °C de iyice kurutulup tekrar tartılır. Yaş ve kuru durum arasındaki

su oranı böylece anlaşılmış olur. İstenen durum sağlanana kadar bu tekrarlanır. Ayrıca dış sıvaya başlamadan evvel içerdeki yapı sıvası bitmiş olmalıdır.

Duvar, yer veya çatı gibi sıvanacak yüzeyler tam olarak bitirilmeden sıva işine başlanmamalıdır. Duvarın yüzeyi yapım sistemi ile bağlantılıdır. Bu durum sıvanın uygulama zamanını da etkiler.

Kerpiç dövme (tokmaklama) duvar; bu sistem fark edilmeden hızlı bir şekilde oturma gösterir ve çoğunlukla kaba inşaat yapıldığı yıl içinde dış sıvası da yapılabilir. Böyle yapılmış ve mevsimi itibariyle erken bitirilmiş duvarlar yapının yapıldığı yıl sıvanabilir. Fakat geç bitirilmiş, saman gibi katkılarla zenginleştirilmiş kerpiç de bundan bahsetmek doğru olmaz. Sade ve katkısız topraktan yapılan bu tip yapılar en az oturmayı en kısa zamanda gösterirler. Yapım zamanındaki hava koşulları bunda büyük rol oynar. Su ile ilgili sorunlarla karşılaşmamak için köşe, çıkma gibi kritik noktalara özen gösterilmelidir.

Kerpiç blok örme duvarlar; tamamen kuru bloklardan yapılmış ve kireç çimento karışımından imal edilmiş olan bu tip yapım sisteminde iç yapılanmadan sonra aynı yıl içinde hava koşulları da göz önünde tutularak, tahminen eylül başına kadar, dış sıva işine girilebilir. Tam olarak emin olmak istenirse ikinci yıl içinde de dış sıva yapılabilir. Fakat bu zamana kadar dış koşullara maruz olan bu yüzeye 2 - 3 cm kalınlıkta püskürtme ile bir uygulama yapılarak koruma sağlanmalıdır. [37]

Kerpiç Sıva Uygulama Koşulları

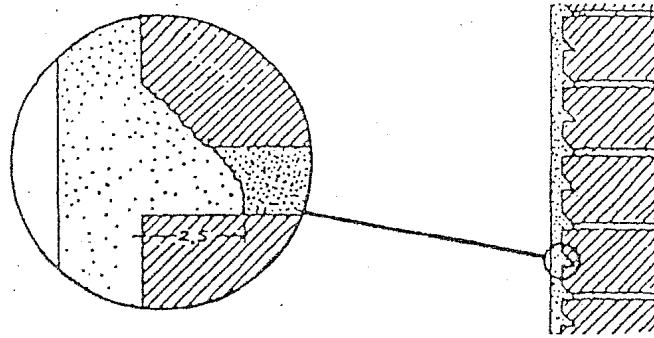
- Soğuk veya çok sıcak, çok kuru ya da nemli havada yapılmamalıdır. En iyi iklim orta ve hafif mevsimlerdir.
- Dikey ve yatay yönde birleşimler oluşturularak, bir kerede 10 veya 20 m² 'lik kaplama yüzeyleri şeklinde yapılmalıdır.
- Duvar başlanılan gün bitirilmelidir.
- Köşe ve çıkıntılara, kapı ve pencere boşluklarının köşelerinin özellikle pervazla bitirilmesine dikkat edilmeli, sade cepheler hareketlilere tercih edilmeli, cephelerde girinti ve çıkıntılardan kaçınılmalıdır.
- Sabah ve akşam ayrıca sıva yüzeyine su sıkarak kurumayı önlenmelidir.

- Sıvayı, yağmura ve ısıya karşı korumak için önüne koruyucu kumaş malzeme veya nemli çuval, torba gibi malzemeler de asılabilir. Sıcak iklimlerde sıvayı uyguladıktan üç hafta sonra yıkamak önerilir.
- Sıvanın bulunduğu ısının korunması gerekir.
- Bağlayıcıların iyi ve kaliteli karışımlarında iyi yapılması gerekir. Homojen bir yapı oluşturabilmek için birlikte, kullanılan yapı malzemelerinin de kerpiç gibi elastik ve yayılabilen, daha çok organik olanlar arasından seçilmesi gerekmektedir. [3,37]

Sıva Alt Zeminin Hazırlanması

Dış sıvanın sağlamlığı için gerekli bekleme süresinin yanı sıra iyi bir alt zemin hazırlığı esas olan gerekliliktir. Sadece hafifçe kabalaştırılmış kerpiç yüzeyine sıvanın, her zaman başarısızlıkları olmuştur. Dış sıvanın başlangıcından önce inşaat sorumlusu sıva yüzeyini yeterli ön hazırlıklar için kontrol etmiş olmalıdır. Özel bir itina gerekir. [3,37]

Kısmen dahi olsa kerpiç ile sıva karışımı arasında kimyasal bir bağ ortaya çıkmaz. Tam tersine toprak ve kireç birbirine düşman gibidirler. Bu yüzden sıvanacak zemin sıva ile mekanik bağ kurabilecek şekilde hazırlanmalıdır. Duvarın yapım şekli yüzeyini ve dolayısıyla sıva alt zemininin yapısını teşkil eder:

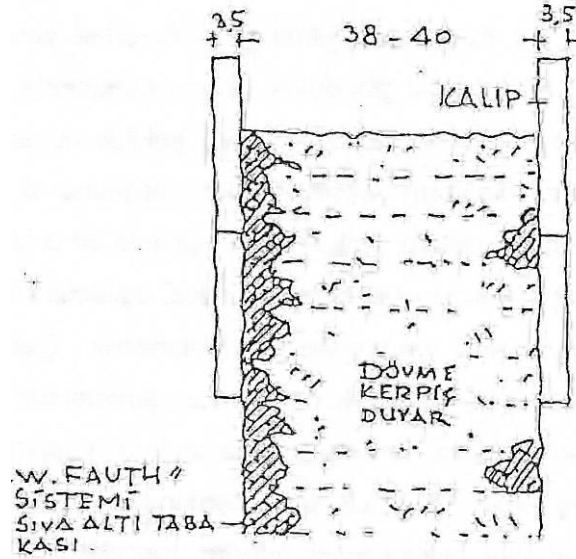


Şekil 2.11. Blok Kerpiç Duvar Sıva Yüzeyi [37]

a) Blok kerpiç duvarlar: Küçük elle silme blok duvarları yeterince yatay derze sahiptirler. Bunlar Şekil 2.11'deki gibi duvar yapımı esnasında zaten 2,5 cm kesit derinliğindedirler. Kerpiç taşı ve çamuru da aynı şekilde duvar yapımı esnasında hazırlanmalıdır. Ayrıca blokların yüksekliğinden yararlanarak Şekil 2.8' deki gibi yatay yivler açılmalıdır. Bu işlem çelik keskinleştirilmiş bir bıçakla veya taşlanmış araba makasıyla veya benzeri bir aletle kolayca açılabilir. Sert kerpiçlerde bu kesici

alet tahta bir çekiç yardımıyla da kullanılabilir. Çentiklerin doğrultusu mümkün olduğunca içeri doğru eğik ve çapraz yapılmalıdır. Bütün bu çalışma sadece yüzeysel ve yetersiz derinliğe sahip yivlerle yapılırsa sağlıklı bir sıva beklenmelidir. Kireç veya kireç çimento karışımları ile yapılmış kerpiç blok duvarları daha iyi bir sıva zemini teşkil ederler, topraklı sıvadan daha iyi sonuç verirler. [3,37]

b) Kerpiç dövme duvarlar: Uzun süreli hiçbir dış sıva applike edilemez. Bu tür kerpiçlerde Fauth türü ön tabakalar da atlanmıssa en iyisi en azından dış etkilere maruz tarafın tuğla gibi bir malzeme ile kaplanıp örtülmesi veya herhangi bir şekilde korunmasıdır. Bu sıvanmasından daha iyi olur. Tanınmış kerpiç mütehassısı W. Fauth 'un literatürlere geçmiş sıva altı tabakası konstrüksiyonu Şekil 2.12'de gösterilmiştir. Burada özellikle bu yapı sisteminde, kalıplar arasına kerpiç ile birlikte yerleştirilen sıva altı harcının duvarda nasıl yükseldiğini, oturmasını nasıl birlikte yaptığını ve nasıl homojen bir yüzey oluşturduğunu bir detay kesitle anlatmaktadır. Üzerine gelecek sıva kireç ise bu alt tabakada kireç, çimento ise çimento harçla yapılırsa mekanik yerleşmiş alt tabakaya kimyasal birleşimle bir bağlanma sağlanmış olur. [3,37]

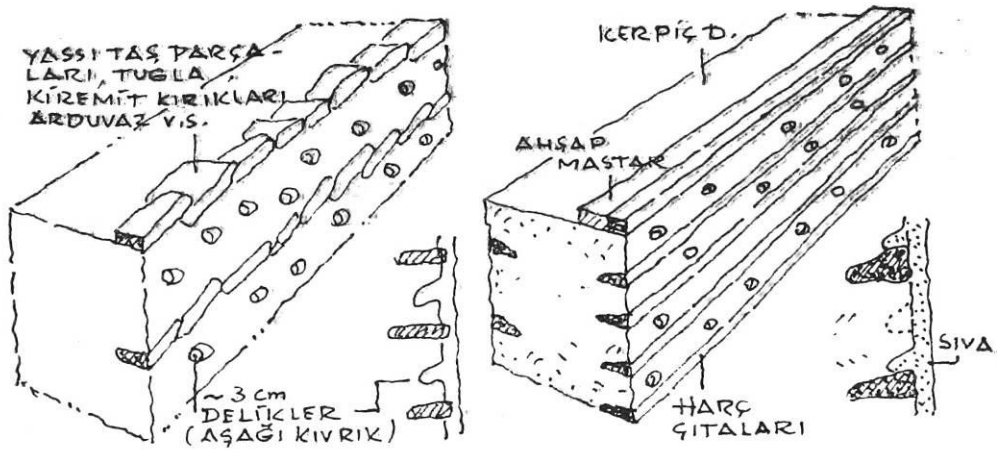


Şekil 2.12. W. Fauth Sistemi Sıva Altı Tabakası Konstrüksiyonu [3]

Fauth 'a göre ön tabakalar çimento ihtiva eden yüzeylerinden dolayı aslında iyi bir sıva yüzeyi oluştururlar. Ancak yüzeyler, özellikle düz ve parlak olanlar sivri keski

veya sivri çekiçle iyice kabalaştırılmalıdır. Yüzeylerin temizleme ve ıslatılması ardından da ilk uygulama olarak kaba kum-çimento karışımı mümkün olduğunca ince, kerpici örtmeyecek bir şekilde sıvanmalıdır. Çimento karışımı yaklaşık 1/2 olmalıdır. Bu serpmeye sıvanın çekmesinden sonra nihai sıva uygulanır ki burada en uygun kireç-çimento sıvasıdır. Sıva çıtaları iyi bir zemin oluşturur. Ancak burada, bahsedilen yivler de uygulanmalıdır. Zira çıtalar üzerindeki kimyasal bağlanma kesinlikle yeterli değildir.

Eğer yüzeyler Şekil 2.13' deki gibi yivli veya üzerindeki taşlar uygun bir aletle 2,5 cm kadar içeri girecek şekilde hazırlanırsa blok kerpiç her zaman daha iyi bir sıva zemini oluşturur. Bu durum yoğun karışimli kerpiçlerde kolay değildir. Ancak yumuşama için çok su kullanıldığı zaman başarılı olur. Keskin serpmeye de başvurulabilir. Bunlarla birlikte sıva çıtaları da uygulanmışsa sıvanın yapışması özellikle iyi bir hal alır. Çıkarılmış taşların delikleri sıvanın yapışmasını destekler.



Şekil 2.13. Dövme Kerpiç Duvar Yüzeyi Hazırlığı [3]

c) Kerpiç sıkıştırma duvarlar: Daha kaba yapı itibarıyla sıva zeminine sahiptirler. Ne var ki içine bastırılmış kiremit veya tuğla kırıkları gerekirse tekrar derince yüzeye çakılırlar. [37]

Yapım sistemi ne olursa olsun sıva alt yüzeyi hazırlanmasında kesinlikle dikkatli ve özenli olunmalıdır. Yapılacak sıvaya göre zemin hazırlığı veya zeminin gerektirdiği sıvanın yapılması uzun ömürlü, sağlıklı ve istenilen bir durumu hazırlamış olur. Yüzey kırıntı ve tozlardan arındırılmalıdır. Dikkatlice aşağı doğru temizlenmeli ve metal fırça ile fırçalanmalıdır. Sıvanacak yüzey nemlendirilmeli, ancak su yüzey

tarafından emilmemeli, sıvanın suyunu yüzeye almamalıdır. Aksi halde sıvanın tutunması engellenmiş olur. Nemlendirme sıvanın yapışma etkisini azaltmayacak şekilde olmalıdır: Sıva altlığı hazırlıkları duvarın yüzey özelliklerine göre hazırlanmalıdır. [37]

Kerpiç Sıva Uygulama Teknikleri

Genel anlamda toprak esaslı olan sıvalar için elle parçalar duvara atılıp yine elle düzeltmeler yapılabilir. Yalnız bunu yaparken parmak izlerinden kaçınmak gerekir. Alet basınçlarına dikkat etmek suretiyle geleneksel aletler (mala gibi) kullanılmaktadır. Fırça, süpürge (sıva kotu için) kullanıldığı gibi püskürtme ile de yapılabilir. Bu yöntem basıncın her yerde aynı olmasını sağladığı için ki bu da istenilen bir durumdur, tercih edilir.

Sıva malzemesi yüzeye kuvvetlice atılmalı, sürülmemelidir. Dış etkilere maruz olan dış yüzeylerde sıva kalınlığı en az 2 cm tutulmalıdır. İçeriye doğru kertilmiş veya kabalaştırılmış yüzeye sahip yerlerinde ise kalınlık ortalama 2,5 cm olacak şekilde yapılmalıdır. Buna göre, dış etkilere maruz tarafta toplam kalınlık 2 - 2,5 cm olacak şekilde üç katlı sıva yapılmalıdır. [36]

2.2.7. Kerpiç Sıva Bakım Ve Onarımı

Özellikleri dikkate alınacak olursa dış yüzeylerdeki kil veya mineral esaslı sıvaların, dışarıdan gelecek yağışa karşı korunması önem taşımaktadır. Özellikle kireç ve kil bağlayıcılı sıvalarda kılcallığın yüksek olduğunda göz önüne alınarak, bu tür sıvaların yüzeyi koruyucu ve geçirimsiz bir malzemeyle kaplanmalı veya sıvanın üretiminde su geçirimsiz katkıları kullanılmalıdır.

Su geçirimsizliğin sağlanabilmesi için dış cephe sıvasının çatlaksız olması, zamanla oluşacak çatlakların ve sıvadaki yıpranmaların büyümeden bir an önce onarılması gerekir. Sıva yüzeyi sürekli kireç badanalı tutulmalı veya hazır plastik esaslı, dış etkilere dayanıklı boyalarla boyanmalıdır.

Toprak sıva üzerine kireç badana yapılacaksa önce çok sulu badana ile astar yapılmalı daha sonra istenen renk verilmiş badanaya yağ, tuz, sirke, plastik tutkal,

katılarak duvara sürülmelidir. Çatı veya oluklardan gelen suların duvar yüzeyine temas ederek kerpice zarar vermesine engel olunmalıdır. [2,33]

2.2.8. Kerpiç Sıva Bağlayıcıları

Bağlayıcılar, kırma taş, tuğla kırıkları, çakıl, kum gibi dolgu maddelerini birbirine bağlayarak, bir anlamda yapıştırarak yapay taş oluşumuna imkan veren malzemelere verilen addır. [38]

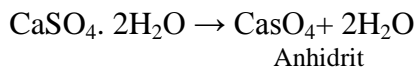
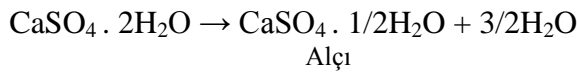
Sıvada oluşan kılcal çatlakları önlemek, sıvanın su geçirimsizliğini ve mukavemetini arttırmak amacı ile toprağa kireç, alçı, çimento yanında alçı-kireç, çimento-kireç gibi karışımlarda katılabilir. İç yüzeylerde olanaklar varsa kerpiç duvar üzerine kireç, alçı kireç karışımı sıvalar yapılabilir. Fayans ve benzeri kaplamalar yapılacak ise çimento katkılı bir toprak sıvadan yararlanılabilir. [2]

2.2.8.1. Alçı

Alçı taşının (jips: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) çeşitli derecelerde pişirilmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında kısa süre içinde katılaşma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür. [23]

Alçının hammaddesi jips, alçıtaşının sulu türüdür. Alçıtaşı bir kalsiyum sülfat mineralidir. Çift sulu bileşiğine jips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), susuz türüne ise anhidrit (CaSO_4) adı verilir.

Isıtılan jips yapısındaki kristal suyunun bir parçasını ya da tümünü yitirir.



İlk evrede oluşan ürün, kimyasal adıyla yarımhidrat, yaygın adıyla da alçıdır. Kristal suyunun tümünün uçurulduğu ikinci evre sonunda elde edilen ürün ise anhidrittir.

Alçılar, pişme ve öğütme şekillerine, üretimlerinde kullanılan maddelerin saflığına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılırlar.

- Kaba Alçı (Adi Alçı)

İçerisinde bulunan yabancı madde miktarı %40'a yaklaşır. Tavan ve duvar sıvalarında, onarım işlerinde kullanılır. Kaba olarak öğütülmüştür . [39]

- Birinci Alçı

İçerisindeki yabancı madde miktarı kaba alçıya oranla azdır. Kaba alçının kullanıldığı yerlerde kullanılırlar .

- Ekstra Alçı

İçerisinde yabancı madde miktarı %5-10'dur. Beyaz renkli, ince öğütülmüş alçıdır. Mermer kaplama, alçı perdahı kartonpiyer işlerinde kullanılır. İnce alçıda denilmektedir.

- Ekstra-Ekstra Alçı

İçerisindeki yabancı madde miktarı %5'ten azdır. İtinayla pişirilip, öğütülmüşlerdir. Kalıp alma, suni mermer ve süsleme işlerinde kullanılır.

- Şaplı Alçı

Alçı taşı önce adi alçı taşı üretiminde olduğu gibi pişirilip öğütülür, sonra içerisinde %10-12 oranında şap bulunan su ile yoğrulur. Hazırlanan hamur, biriketler halinde kalıplandıktan sonra 1100-1200 °C'de pişirilir (Güner, 2000). Biriketlerin öğütülüp elenmesiyle şaplı alçı elde edilir. Alçının şap ile karıştırılıp öğütüldükten ve yüksek hararete pişirildikten sonra öğütülüp elenmesiyle de elde edilir. Şaplı alçı ağırlığının %30-35'i kadar su ile yoğrulur. Hamuru geç donar. Fakat donduktan sonra adi alçıdan çok daha sert ve mukavim bir kütle meydana gelir. Rutubetten daha az müteessir olur. Katılaşıırken hacim değiştirmezler.

- Döşeme Alçısı

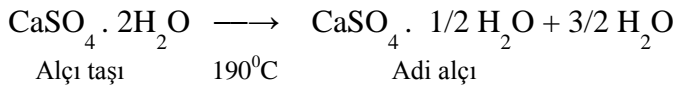
Alçı taşı 1100-1200 °C'de pişirildiğinde kükürt trioksit ve kalsiyum oksit ayrışır. Böylece bir miktar serbest kireç alçı içerisinde dağılır. Geç donan ve donduktan sonra alçıdan çok daha sert ve mukavim bir kütle meydana getiren bu maddeye döşeme alçısı denir. [39]

Alçı, M.Ö. 3000 yıllarında Ortadoğu ve Mısır'da, harç ve sıva olarak yoğun olarak kullanılmıştır. Alçının hammaddesini oluşturan alçıtaşı, kaya tabakaları şeklinde bulunur. Taş, ezilip öğütüldükten sonra, içerdiği suyun %75'ini kaybedene kadar ısıtılarak, harç ve sıva olarak kullanılan alçıya dönüşür. [40]

Bağlayıcı yapı malzemesi olarak alçının Mısır'da Gizza piramidinde ve Sakkura mezarında kullanıldığı, Yunan ve Roma yapıtlarında duvar sıvası, stük (mermer taklidi) olarak yer aldığı bilinmektedir. [3]

Üretimi

Alçının hammaddesi doğadaki alçıtaşı veya jips ile anhidrittir. Alçıtaşı $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 'dur, anhidrit ise CaSO_4 'ten ibarettir. 190°C civarında pişirilen jips, alçı dediğimiz toz halindeki beyaz renkli malzemeye dönüşür. [41]



Sıcaklık 200°C 'nin üstüne çıkarsa alçı taşı suyunun tümünü kaybeder, ancak elde edilen toz bağlayıcı değildir, yani priz yapmaz. Ancak 600°C 'yi aşarsa elde edilen alçı çok özel ve çok dayanıklı bir alçının üretiminde kullanılır. Bu kristal suyu içermeyen ve şapla ve jelatinle karıştırılmış alçılara döşeme alçısı, Keene Çimentosu denilir. [41]

Özellikleri

Doğal alçı olan jipsin saydam camsı yapıda, birbirine paralel düzgün lifsel dokuda olabileceği gibi, sıkı mikro kristal yapıda bulunması da mümkündür. Özgül ağırlığı ise $2,3 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Anhidrit alçı ise sıkı kristal yapıda olup, özgül ağırlığı $2,8-3,0 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Açık hava veya nemli ortamlarda bulunduğu zaman anhidrit, yapısına su alarak jipse dönüşürken, hacminde artış gösterir. [38]

Alçıtaşı, saf halde de bulunsa, genellikle kil, kireçtaşı, silis, demir vb. bileşimleri içerir. Saf halde beyaz renklidir. Eğer çeşitli bileşikler içeriyorsa gri, kahverengi veya kırmızımsı kahverengi olabilir.

Alçıdan elde edilen yapay alçı taşının içi boşlukludur. Porozitesi %25-60 arasında değişen bu malzeme, suya dayanıklı olmayıp, bina dış yüzeylerinde kullanıma uygun

değildir. Ayrıca alçının kumun ana maddesi olan silis ile (SiO₂) uyumu iyi olmadığından, harç yapımına elverişli sayılmaz. Ancak alçının saç veya bitkisel liflerle karıştırılması sonucu oluşturulmuş, dayanıklı saf alçı sıvalar üretilmiştir. [38]

Alçının diğer özellikleri şunlardır:

- Hacim : Alçılar imal edilirken düşük ısıda yandıklarından, katılaşma esnasında hacimce büyüme gösterirler (%1). Yalıtımda kullanılan alçılarda bu olay olmaz. Diğer alçıları yağmura karşı korumalı ya da korumak için parafin, vaks ve buna benzer maddeler kullanılmalıdır.
- Korozyon : Alçı, demir ve çeliğin korozyona sebebiyet verir ve alçı renklenir.
- Aderans : Alçının ahşaba ve parlak agregalara aderansı çok zayıftır.
- Yangın : Alçı yanmaz bu bakımdan yangına karşı ideal koruyucu bir malzemedir. Bu özelliğinden dolayı, bilhassa tavan sıvalarında bağlayıcı maddelerin içerisine ilâve edilmesi tavsiye edilir.
- Isı ve Gürültü : Alçı ısı ve ses yalıtımı bakımından gayet elverişli bir malzemedir.
- Maliyeti : Alçının maliyeti gayet ucuzdur. Bir ton alçı için 90 kg kömüre ihtiyaç vardır. [42]

Alçının Yapıda Kullanım Yeri ve Amaçları

Günümüzde alçıdan, bina içerisinde betonarme yüzeylerin kaplanmasında normal veya dekoratif amaçlı sıvanmasında, bölme pano, kartonpiyer, tavan ve duvarlarda kullanılacak akustik elemanların üretiminde ve hazır yapı elemanları arası birleşim detaylarının çözümünü sağlamada yararlanılır. [38]

Alçı sıva işlerinde, kumlu veya kumsuz olarak düz satıh elde etmede kullanıldığı gibi, donarken hacim genişmesi yaptığından ve de çabuk donduğundan takozlama işlerinde de kullanılır. Alçı daha çok kalıplara dökülerek süsleyici eleman olan kartonpiyer yapımında ve doğal mermerin yerine iç mekanlarda renk ve desen verilerek suni mermer yapımında kullanılır. Ayrıca dışçilikte, tıpta (kırık ve çıkıta) seramik kalıplar yapımında da kullanılır. Ancak suya dayanıklı olmadığından dış cephelerde (yani yağışa maruz yerlerde) kullanmayıp kapalı yerlerde kullanmak gerekir. [34]

Alçı çok iyi termik izolen ve bu sebeple de yangına karşı mükemmel bir koruyucudur. Alçı ve alçı karışımından meydana gelen malzemeler ısı izolasyon malzemesi olarak geniş ölçüde kullanılmaktadır. [39]

En eski bağlayıcı maddelerden olan alçı artık günümüzde bağlayıcı madde olarak pek kullanılmamaktadır. Alçı günümüzde içine başka malzeme katılmadan tek başına kullanılır. Alçı içine, ona çekme yönünden dayanım sağlamak üzere lifli malzemeler konulur. [38]

2.2.8.2. Kireç

Kireç taşının ($\text{CaCO}_3\text{-CaMg}(\text{CO}_3)_2$) çeşitli derecelerde ($850\text{-}1400\text{ }^\circ\text{C}$) pişirilmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında tipine göre hava veya suda katılma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür. [23]

Ana maddesi KALKER (Kalsiyum karbonat CaCO_3) olan, doğada kireç taşı adı verilen; bünyesinde başka maddeler de içerebilen taşların özel fırınlarda veya basit fırınlarda çalı+çırpı veya kömür ya da yanıcı bir gaz yakılmak suretiyle pişirilmesi sonucu elde edilen ürün KİREÇ (Kalsiyum Oksit CaO) olarak tanımlanır. 3, 4 yoğunlukta amorf beyaz ve katı bir maddedir. Sıcaklık etkisiyle ayrışmaz; $2580\text{ }^\circ\text{C}$ 'da erir.

Piyasada üretim yöntemine göre sınıflandırılmış çalı kireci, kömür kireci, mermer kireci ve esmer kireç olmak üzere 4 çeşidi mevcuttur.

1. Çalı kireci; alevli ateşle pişirilmiş ($1000\text{ }^\circ\text{C}$), söndürülmesi kolay,
2. Kömür kireci; kömürle pişirilmiş ($1400\text{ }^\circ\text{C}$) söndürülmesi zor kireçlerdir.
3. Mermer kireci; hammaddesi saf ve diğerlerine oranla daha fazla miktarda sönmüş kireç veren,
4. Esmer kireç; içinde %10 yabancı madde bulunan (dolomit kireci $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) kireç türleridir.

Kireci, içindeki kil miktarına bağlı olarak yalnız havada katılma özelliği gösteren hava kireci (yağlı kireç) ve hem de suda katılma özelliği gösteren su kireci (hidrolik kireç) olmak üzere iki tipe ayırmak mümkündür. [23]

Kirecin hammaddesi kireçtaşı (kalker), tebeşir vb. kalsiyum karbonat (CaCO₃) ve magnezyum karbonattan (MgCO₃) oluşan kütlelerdir. Eğer kireçtaşı, %90 CaCO₃ içerirse "yüksek kalsiyumlu kireçtaşı" adını alırken, %10'dan çok MgCO₃ içermesi halinde "magnezyumlu kireçtaşı" denir. Ancak taş %25'ten fazla magnezyum karbonat içerirse "dolomitik kireçtaşı" diye adlandırılır. [40]

Tarihte kireç sıvaya ilk olarak Miken ve Minion uygarlığında rastlanmıştır. (M.Ö. 1700) Kirecin Mısırlılar tarafından kullanımı ise çok daha geç dönemlerde (M.Ö.300) gerçekleşmiştir. [43]

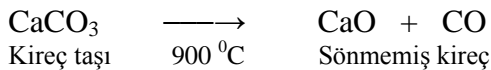
Kireç bilinen en eski bağlayıcılardan biridir. Eski Mısır, Babil, Finike, Hitit ve Persler tarafından hava kireci yapıda bağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır. Romalılar devrinde su kireci bulunmuş ve su içi inşaatlarında kullanılmıştır. Bu arada, Türk'ler tarafından tuğla kırıkları öğütülüp kireçle karıştırılarak ve Horosan adı altında kullanılmıştır. Ayrıca bu tür bağlayıcı Mısır'da Homra, Hindistan'da Surkhi adı altında bilinmektedir. Bizans'ta ise kireç sıva kullanılmıştır. Orta çağda bu sanayide daha fazla bir ilerleme görülmez. [23]

Smeaton 1756 yılında bir deniz feneri yaparken killi kireci pişirerek su kireci ve hidrolik bağlayıcı fikri üzerinde önemli adımlar atmıştır. Bu başlangıç sonradan çimentonun gelişmesi içinde önemli rol oynamıştır. Günümüzde kireç sıva, bağlayıcı boya malzemesi, gaz beton ve bilhassa plastik endüstrisinde hammadde olarak önemini korumaktadır. [23]

Üretim Yöntemi

Kirecin üretiminde iki aşama vardır.

1. Kireçtaşının yakılması işlemi (kalsinasyon)

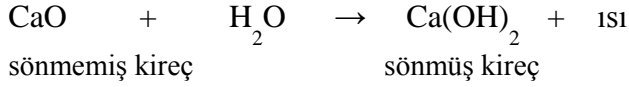


Kalsinasyon işlemi kireç ocaklarında odun veya kömür kullanılarak (çalı kireci), veya fabrikalarda sıvı yakıt kullanılarak gerçekleştirilir. Kireçtaşının 900 °C üstünde yakılmasıyla elde edilmiş sönmemiş kireç (CaO), beyaz, amorf ve kolayca ufalanabilen bir malzeme olup yoğunluğu 3,08-3,30 g/cm³ arasındadır. [38-46]

Kireç taşının yakılması, farklı sıcaklıklarda mümkün olmakla beraber, 1000-1100 °C civarında elde edilen çalı kireci kolayca söndürülürken, 1400 °C civarında üretilen kömür kirecinin söndürülmesi son derece güç olup, uzun zaman alır.

2. Söndürme İşlemi

Kaliteli ürün elde edebilmek için, kirecin dikkatle hazırlanarak söndürülmesi gerekir. Bu da, sönmemiş kirece ağırlığının 1/3'ü kadar su eklenmesiyle olur.



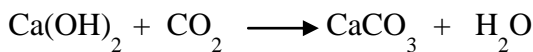
Söndürme esnasında kireç hacminde büyük bir artış olur. Kireç tamamen söndürülmeden yapıda kullanılırsa hacim artışına bağlı olarak, kullanıldığı yerde hasara yol açar. Bu yüzden kireç taşları en az iki hafta su içerisinde bekletilerek söndürülür.

Söndürmenin diğer bir özelliği ise, reaksiyon esnasında büyük ısı çıkışının olması ve sıcaklığın 300-400 °C'ye ulaşmasıdır. Magnezyumlu kireçtaşından elde edilen kireç söndürülürken açığa çıkan ısı, kalsiyumlu kireç taşından açığa çıkan ısıdan azdır.

Söndürme işlemi teknelerde, kireç kuyularında veya fabrikalarda su püskürtülerek yapılır. Kireç söndürülürken, üzerine azar azar su döküp, soğuyup kabarmasını bekledikten sonra yavaş yavaş su eklemeye devam edilir. İlkel bir yöntem olan kireç kuyularında kireç fazla su ile söndürüldüğünden, ürün $\text{Ca(OH)}_2 + n\text{H}_2\text{O}$ şeklindedir ve yağlı kireç olarak adlandırılır. Fabrikalarda ise sönmüş kireç sadece Ca(OH)_2 'dir, ince toz halindedir. Buna hidrate kireç de denir. [38-46]

Kirecin Sertleşmesi

Elde edilmiş olan kireç, açık hava ile temas halinde bırakıldığı zaman sertleşmeye başlar. Bu, kirecin havanın karbondioksidini alarak tekrar kalker şeklinde kristalleşmesi ve kuruma sonucu suyunu kaybetmesiyle olur. Pürüzlü yüzeylerde su buharlaşması kolay olduğundan kuruma ve sertleşme düzgün yüzeylerden hızlı olur.



Sertleşme yüzeyden içeri doğru meydana geldiği için dışı kuru gibi gözükken duvarların iç kısımlar tam kuruyamadığından uzun süre rutubetli kalır. Dolayısıyla kireç harçları, iç kısımlarının plastikliğini uzun süre devam ettirmesi sebebiyle fazla kalınlıkta kullanılmamalıdır. [38-46]

Kirecin Özellikleri

Kirecin fiziksel özellikleri şunlardır:

- Verimlilik

Hava kireçleri : 10 kg sönmemiş hava kirecinden minimum 20 lt. kaymak kireç elde edilmelidir.

- Hacim Sabitliği

Hacim sabitliği deneyi yapıldığında radyal ve ağ şeklinde çatlamlar yoksa, kireç sabit hacimli olarak kabul edilir. [39]

- İncelik

Toz halinde satılan kireç cm^2 'sinde 4900 göz bulunan elekten %15'ten fazla kalıntı bırakmayacak şekilde öğütülmüş olmalıdır.

- Renk

Yapıda kullanılacak kireç yağlı, taze ve tam kıvamında pişmiş olacak toz, toprak, kum, çakıl vb. yabancı maddelerle fazla pişmiş parçaları içinde bulundurmamalıdır. Rengi yeknesak beyaz olmalıdır.

Kirecin diğer özellikleri ve dikkat edilmesi gereken konular aşağıda ele alınmıştır.

Uygun bulunan kireç topları yapı yerinde bekletilmeyecek, derhal söndürülecektir ve süzülüp akıtılacaktır.

Söndürülmüş kireçte %3'ten fazla yabancı madde bulunmayacaktır. Uygun şekilde söndürülen kireç süzüldükten sonra harç işlerinde kullanılacaksa en az 10 gün, sıva işlerinde kullanılacaksa en az 1 ay çukurda bekletilmelidir. Çukurda kirecin sönme işi tamamlanıp, kireç koyu hamur kıvamını almadıkça ve çatlamadıkça kullanılmayacaktır. [39]

Hava kireçlerinin bünyesinde reaksiyon kabiliyeti olan CaO + MgO miktarı %80'den fazla (beyaz kireçte MgO %6) olmalıdır. Ancak dolomitli kireçte MgO miktarı

%4'ten büyük olabilir. Su kirecinde ise reaksiyona giren CaO + MgO miktarı %45-60 oranındadır. [23]

İncelik kirecin su ile hidratasyona girmesinde önemli rol oynayan bir husustur. Hava kireçlerinin katılaşma özelliği göstermesi, bünyesine CO₂ olarak kalsiyum hidroksit haline dönüşme olayıdır. Bu olay hava ile temas eden yüzey şekli ve kalınlık önem kazanır. Hava kireçlerinin diğer bir özelliği ise suda erimesidir.

Kil içinde bulunan silisin kireç ile birleşmesi neticesinde kalsiyum silikat meydana gelir ve bu ürüne su kireci denir. Su kireçleri sudan etkilenmeyen ve su içinde katılaşma özelliği gösteren bir kireç türüdür. Su kireci içinde %10 - %25 kil bulunan kalkerin pişirilmesi ile elde edilir. Bu pişirme esnasında oluşan sönmemiş kireç silis ve alüminle birleşir. Bu şekilde elde edilen kireç ufak parçalar halinde olup dikalsiyum silikat (2CaO.SiO₂)'tan ibarettir. Toz haline getirme işi, su ile işleme tabii tutularak yapılır. Yani kireç öğütülmez, suda söndürülür. Bu şekilde elde edilen kireç su içinde erimez, tam tersine katılışıp sertleşebilir. Bu nedenle su içindeki yapılarda kullanılabilir. Su kirecinin, hava kirecinden suya dayanıklı olması dışındaki avantajı mekanik dayanımının hava kirecine oranla oldukça yüksek olmasıdır.

(28 gündeki basınç dayanımı 6MPa, çekme dayanımı 0,9MPa)

Hava ve su kireçlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.8' de verilmiştir.

[23]

Çizelge 2.8. Kirecin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. [23]

Kireç Çeşidi		Bileşim içindeki kil oranı %	Fiziksel Özellik (g/cm ³)			Mekanik Özellikler	
			Birim Ağırlık	Özgül Ağırlık	Katılaşma Süresi	Basınç N/mm ²	Çekme N/mm ²
Hava Kireci	Yağlı Beyaz	0	0.6	2.2	Değişken	7	-
	Gri Zayıf	0-2	0.75	2.4	Değişken	-	-
Su Kireci	Kuvvetli	15-19	0.7	2.7	2-7 gün	15	3
	Normal	19-22	0.8	2.8	24-48 saat	60-80	9

Genellikle kireçlerin diğer bir özelliği de kagir malzeme ile yüksek aderans göstermesi ve deformasyon kabiliyetlerinin üstünlüğüdür. Bu nedenle kireç harçları plastik bir bünyeye sahip olduklarından işlenebilme ve yerleşme özellikleri yüksek

değerdedir. Kireç harcı yapımında beyaz kireç ağırlığının %75'i, dolomitli kireç %65'i, su kireci %50'si oranında suya ihtiyaç gösterir. [23]

Kirecin Yapıda Kullanım Yeri ve Amaçları

Pişmiş haldeki hava kireci (CaO) söndürülmeden kullanılmaz. Söndürüldükten sonra yalnız başına su ile veya istenirse renk ve plastik maddeler katıldıktan sonra üzerine süsleyici malzeme olarak badana şeklinde sürülerek kullanılır. [34]

Kireç sıvalar düşük mukavemetli ancak yüksek aderanslı elastik bir yapıya sahip olduğundan özellikle tavan ve iç duvar yüzeyleri için uygun bir sıva malzemesidir.

Kireç badana yapımında aderans artırıcı özellik sağlamak amacıyla bazı katkı maddeleri (tutkal, zeytinyağı, tuz vs.) ilave etmek mümkündür. Kireç badanalar, eski önemini kaybetmekle birlikte hijyenikliği, teneffüs ettirme kabiliyeti, ucuzluğu ve uygulama kolaylığı açısından günümüzde de yaygındır. [23]

Havada sertleşmesi sebebiyle hava bağlayıcıları sınıfında olan kireç, suya direnci olamayışı ve düşük mukavemeti dolayısıyla tek başına kullanılmaz. Kum ve suyla karıştırılarak yapıda sıva ve duvar harcı yapımında, badana işlerinde kullanılır. Tarım ve ziraat işleri, hava kirliliği olan bölgelerde kirliliği azaltmak amacıyla yakıtlara karıştırılması diğer kullanım alanlarından. Kireç harçlarının tuğla, taş, beton gibi yüzeylere kolay yapışarak işçilikten tasarruf sağlaması, sertleşme sonrası binada oluşacak deformasyonlara uyum sağlayacak şekil değiştirme yeteneğine sahip olması ise kullanım avantajlarını oluşturur. [38-46]

2.2.8.3. Çimento

Belli oranlarda karıştırılan kil ve kalker karışımının çeşitli sıcaklık derecelerinde (1200-1450 °C) pişirilmesi sonucu elde edilen havada ve suda katılma özelliği gösteren gri veya beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür. [23]

Çimentolar, daneli malzemenin boşluğunda yer alan ve su ile birleştiğinde evvela bir hamur meydana getiren, sonra da sertleşerek dayanım kazanan ve böylece bir kütle meydana gelmesini sağlayan ve genel bileşenleri itibariyle, kil ve kireç bünyeli bağlayıcı malzemedir. [44]

Günümüzde en yaygın kullanılan çimento türü Portland çimentosudur. Normal Portland çimentosuna üretimin öğütme aşamasında puzolan katılması ile katkıli portland çimentosu elde edilmektedir. Puzolanlar, Portland çimentosunun hidrotasyonu sırasında açığa çıkan Ca(OH)_2 ile birleşerek mukavemeti ve özellikle kimyasal dayanıklılığı arttırlar. [45]

Günümüzde kullandığımız çimentonun üretimine ilişkin bilinen ilk uygulamalar, 1756 yılında J. Smeaton'un bir deniz feneri inşa ederken pişirerek elde ettiği su kireci hakkında "en iyi portland taşına denk" (İngiltere'ye bağlı portland adasındaki tabii bir taş) ifadesini kullanması ve 1796 yılında J. Parker'ın bir killi kalker taşını pişirerek elde ettiği bağlayıcıdan çok iyi sonuç alması ve buna da Romalılar'ın kullandığı su kirecine izafeten Romen Çimentosu adını vermesi ile çimento üretiminde ilk adımlar atılmıştır. [23]

1824'te Joseph Aspdin'in bulmuş olduğu çimento, kalker ve kilin kalsinasyonu sonucu elde edilmiştir. Daha sonra 1838'lerde İsaac Johnson tarafından pişirme sıcaklığı yükseltilerek ve öğütmeye önem verilerek üretilen çimento, daha yavaş sertleşmekteydi ve daha üstün niteliklere sahipti. Modern çimento üretim yöntemlerine en yakın yöntemler ise 1850'lerin sonlarında uygulandı. [23]

Çimentonun Üretimi

Çimento üretiminde, belirli oranlarda kalker, kil karışımının içine ergimeyi kolaylaştırmak için demir filizi içeren toprak katılır. Karışım, döner fırında 1400°C ye kadar ısıtılır. Isıtılan maddenin ani soğutulması sonucu meydana gelen ceviz büyüklüğündeki granüle malzemeye klinker denir. Klinkerin dört ana bileşeni olan karma oksitler, bikalsiyum silikat ($\text{C}_2\text{S} = 2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), trikalsiyum silikat ($\text{C}_3\text{S} = 3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), trikalsiyum alüminat ($\text{C}_3\text{A} = 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) ve tetra kalsiyum alümino ferrit ($\text{C}_4\text{AF} = 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) dir. Klinkerin çimentoya dönüşmesi yani bağlayıcı özellik kazanması için, alçı taşı katılıp çok ince öğütülmesi gerekir.

Alçı taşının görevi çimentonun priz süresini ayarlamaktır. Karma oksitler suyla karıştırıldıklarında derhal hidrate olmaya ve kristal yapıya dönmeye hazırdırlar, hidrate ürünler ve hidratasyon hızları her karma oksitte farklıdır. Çimentoların hidratlaşması ekzotermik bir olaydır. [38]

Özellikleri

Alüminli çimentolar, hammaddesi boksit ($Al_2O_3+nH_2O$) olan farklı bir çimento türüdür. Portland çimentolarının aksine asit ortamlara ve sülfatlara dayanıklılık sağlarlar ve bir iki gün içinde son mukavemetlerine ulaşırlar, ancak ilk günlerdeki hidrasyon ısı portland çimentolarının 3-4 katıdır. Bu nedenle, büyük kütleler halinde dökülmezler ve üretiminde sıcaklık yükselmesi kontrol altında tutulur. [45]

Betonun sürekli fazını oluşturan çimento, mineral kökenli, hidrolik bağlayıcıdır. Mineral kökenli bağlayıcılar genel olarak toz haldedir. Suyla karıştırılan toz bağlayıcılar önce viskoz sıvı veya hamur haldedir, daha sonra katılaşıp ve zaman içinde sertleşerek dayanım kazanırlar. Bağlayıcı maddelerin sıvı halden katı hale geçmesi olayına "priz" denir, bu hal değişimi fiziko-kimyasal bir olaydır. Priz olayı, bağlayıcı ile suyun karşılaştığı anda başlar, ancak belirgin değildir. Pratik yönden katılaşmanın belirgin bir düzeye varması durumuna "priz başlangıcı" denir. Priz olayını sadece havada yapabilen bağlayıcılara "hava bağlayıcıları", hem havada, hem de su içinde katılaşabilen bağlayıcılara ise "hidrolik bağlayıcılar" denir. [38]

2.2.8.4. Puzolan

Puzolanlar kendi başlarına bağlayıcı olmadıkları halde, kireç veya çimento gibi diğer bağlayıcılarla karıştırılınca bağlayıcılık özelliği kazanan maddelerdir. [46]

Tras, çimento ve hidrolik kireç üretiminde kullanılmaya elverişli Traki-Andezitik bir tüftür. Almanya, Avusturya, Hollanda gibi Germen dilini konuşanlar, bu tüfü, tras diye adlandırmışlardır. Türkiye'nin çimento sektörüne adımı Almanya ile işbirliği suretiyle gerçekleştirmiştir. Bu nedenle dilimize de bu yolla geçmiştir. Germen dilindeki kökü çimentonun keşfinden (1824), Türkiye'deki kökü ise ilk çimento fabrikamızın kuruluşundan sonra geçmiştir. (1930)

Aslında Puzolan veya Puzolanik madde gerçeği çok daha eski olup çimentonun keşfinden binlerce yıl öncesine isabet eder. Esas orijini Napoli'ye çok yakın, onun hemen batısındaki Puzzuoli adlı yerleşim yeridir. Genç volkanizma yönünden Türkiye gibi zengin olan batı İtalya Ponzia adalarında yüzeyi kaplayan taş Ponzia adını vermişlerdir. Puzzuoli yöresinde görülen bu volkanik tüflere de puzolan veya puzolanik madde adını vermişlerdir.

Teknik bir maddeye verilmiş ticari bir terimdir. Tras puzolanın bir içeriğidir. Ama her puzolanik madde tras değildir. Tras puzolanik özellik gösteren volkanik tüfler için kullanılan bir jeolojik terimdir. Puzolanlar, "kendi başlarına bağlayıcılık değeri olmayan veya çok az bağlayıcılık gösterebilen, fakat ince taneli durumda olduklarında ve sulu ortamda kalsiyum hidroksit ile birleştirildiklerinde hidrolik bağlayıcılık özelliğine sahip olan silisli veya silisli ve alüminli malzemeler" olarak tanımlanmaktadır. [47]

Puzolanlar, bileşimlerinde çok miktarda silis ve daha az alüminyum içeren maddeler olup, doğal ve yapay puzolanlar olarak iki grupta isimlendirilir.[41]

- Doğal puzolanlar

- 1) Volkanik Puzonlar

İtalya (Napoli vs.), Santorini (Yunan ada grubu) ve Asorlarda bulunur. İsimlerini Vezüv'ün eteğinde bulunan Puzol şehrinden almışlardır, çünkü ilk kullanılan puzolanlar bu volkanın külleri idi. [48]

- 2) Tras

Doğal puzolanların en önemlisi Almanya'da Ren vadisinden çıkarılan ve tras adı verilen puzonlardır. Bu puzolan üstün özelliklere sahip olduğundan birçok ülkede ve ülkemizde tras, puzolan sözcüğünün yerini almıştır. İkinci önemli puzolan yatağı İtalya'da Roma ve Napoli arasındaki bölgede yer almaktadır. Yüksek nitelikli puzolanların bulunduğu bir diğer bölge de Ege Denizi'nde Yunanistan'a bağlı Santorini adalarıdır. Ülkemizde, Çorum civarında Mecitözü'nde geniş puzolan yatakları bulunmaktadır. [46]

Çok su ihtiva eden sert bir kayadır, öğütülmeden evvel havada kurutulmalıdır. [48] Sünger taşının bulunduğu yataklardaki ocaklardan elde edilir. Ocaklarda çıkarılarak tuffstein olarak adlandırılan malzeme, ince bir şekilde öğütülünce "tras" adını alır. Son derece sert bir kaya olan tras, öğütülmeden önce iyice kurutulmalıdır. [30] Pişmiş ve öğütülmüş kil yapay bir tras, doğal volkanik camlar ise doğal bir tras türü olmaktadır. [38]

3. Gaize

Gri veya sarımsı-gri renklerde olabilen yumuşak bir kayadır. Yapısının %80'ini silis oluşturur. Bu silisin büyük bir kısmı suda çözünür. [48]

4. Toz haline getirilmiş bazı lavlar ve volkanik kökenli kumlar (arenler)

• Yapay puzolanlar

Yapay puzolanlar arasında öğütülmüş tuğla dışında, termik santral baca külleri (uçucu kül), silis dumanı, yüksek fırın cürufları da sayılabilir. Bu sonuncular puzolan tanımına tam uymazlar, zira kendileri de zayıf bağlayıcıdırlar. [38]

1. Pişmiş Kil

Kilin 600-800 °C'de pişirilmesi sonucu kaolinit kristal suyunu kaybederek silis ve alümine ayrışır. Sonuçta elde edilen ürün kireç ile reaksiyona girer. Saf killer 600-700 °C 'de, marnlı killer ise 800 °C 'de pişirilip, öğütülerek puzolan olarak kullanılabilir hale gelir. En iyi puzolan killeri, pipo toprakları olarak bilinen refrakter killer olurken, marnlı killer orta kaliteye sahiptirler. [46]

2. Tuğlalar ve Toz Haline Getirilmiş Kiremitler

Horasan adlı bağlayıcı, tuğla ve kiremit tozlarının kireçle karıştırılması sonucu üretilmiştir. Kireç harçlarından üstün olan bu harç, özellikle suya karşı son derece dirençlidir. [46]

Bunlara, umumiyetle tüilo çimentosu derler. Kaliteleri çok değişkendir. Tuğlalar çok az pişmiş oldukları vakit dehidrate kile benzeyen bir malzeme elde edilmektedir. Fakat, bu tüilo çimentoları arasında çok iyi puzolanlara da rastlanmaktadır. [48]

3. Yüksek Fırın Cürufu

Hematit (Fe_2O_3), magnetit (Fe_3O_4) gibi demir cevherleri, doğada, demir oksit olarak bulunmaktadır. Demir cevherlerinde çok az miktarda silis, alümin, kükürt, fosfor, mangan gibi bazı yabancı maddeler de yer almaktadır. [47]

Demir elde edebilmek için, demir cevherlerinin, "yüksek fırın" olarak adlandırılan fırınlarda çok yüksek sıcaklıklara kadar (yaklaşık 1600°C sıcaklığa kadar) ısıtılarak, oksitli bileşiklerden ve yabancı maddelerden arındırılmaları gerekmektedir. Kok kömürünün (karbon'un) yakıt olarak kullanıldığı bu fırınlarda ayrıca, arıtma işlemine yardımcı olabilmesi için kalkertaşı da cevherle birlikte ısıtılmaktadır. Yüksek sıcaklığın etkisiyle, kok kömürünün karbonu ile demir oksitteki oksijen birleşerek karbon monoksit ve karbon dioksit gazları oluşturarak fırını terketmektedir. Geride, eriyik durumda demir ve eriyik durumda olan CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, MnO, S gibi yabancı maddeler kalmaktadır. Demirin yoğunluğu, yabancı maddelerden daha yüksek olduğu için, eriyik durumdaki demir, fırının en alt bölümünde ve eriyik durumdaki diğer malzemeler ise, demirin hemen üzerinde yer almaktadır. Demir ve diğer malzeme topluluğu ayrı ayrı çıkışlardan dışarı çıkartılmaktadır. Elde edilen yabancı maddeler topluluğu "yüksek fırın cürufu" olarak adlandırılmaktadır. [47]

Cürufun içinde bulunan maddeler, kireç, silis ve alümin dir. Cüruf içindeki bu maddelerin miktarı, demir üretiminde kullanılan cevherin birleşimine ve uygulanan üretim sistemine bağlı olarak oldukça geniş bir aralık içinde değişmektedir. Bu konuda yapılan çalışmalara göre; cürufun bileşiminde, %42-48 oranında CaO (kireç), %26-34 oranında SiO₂ (silis), %12-20 oranında Al₂O₃ (alümin), ve bu üç esas elemandan başka % 5 oranında MgO, % 1 oranında alkali maddeler bulunur.[46]

Bileşiminden kolaylıkla görüldüğü gibi, bu maddeler çimento yu da oluşturan maddelerdir, bu nedenle cürufu, çimento üretiminin ilkel maddesi olarak kullanmak mümkündür, bu durumda cüruf, kilin yerini tutmaktadır. Cüruf ayrıca beton üretiminde agrega olarak da kullanılabilir, özellikle yol yapımında çok iyi sonuçlar elde edilmektedir. Bu maddenin üçüncü bir kullanma şekli ise bir bağlayıcı madde ile karıştırılarak hidrolik bağlayıcı gibi kullanılmasıdır. Cürufun kirece ve daha çok da portland çimentosuna karıştırılmasıyla "cüruf çimentoları" denilen geniş bir bağlayıcı madde grubu elde edilir. Cürufun çimentoya karıştırılması ilk defa 1863'de Almanya'da Langen tarafından gerçekleştirilmiştir. Cürufun kullanılması ancak 1934 senesinde Fransa'da resmen kabul edilmiştir. Bu tür çimentoların tüketimi devamlı bir artış göstermiş. Örneğin, 1973 senesinde, Rusya'da üretilen 110

milyon ton çimentoda cüruf çimentosunun miktarı 30 milyon ton gibi yüksek orana ulaşmıştır. [46]

4. Uçucu Kül

Elektrik enerjisi üretimi için, termik santrallerin çoğunda yakıt olarak pulverize kömür kullanılmaktadır. Kömür, %80'inin 75µm elekten geçebilecek inceliğe sahip olacak tarzda öğütülmekte ve havayla birlikte, buhar üretici kazanları ısıtmak amacıyla, yakıt olarak püskürtülmektedir.

Pulverize kömürün yanmasıyla büyük bir miktarı çok ince olan, bir miktarı da nispeten biraz daha iri boyutlara sahip kül tanecikleri ortaya çıkmaktadır. Çok ince tanelere sahip olan küller, yakıt gazlarıyla beraber "uçarak" bacadan dışarı çıkmak üzere hareket etmektedirler. Nispeten ağır olan iri kül tanecikleri taban külü olarak ocağın tabanına düşmektedirler.

Atık malzeme olarak ortaya çıkan küllerin yaklaşık %75-80' i, gazlarla birlikte bacadan çıkma eğilimi gösteren çok ince taneli küllerdir. Bu küllere "uçucu kül" denilmektedir. [47]

Uçucu küllerin yüzey alanları, 2000'den 5000 cm²/g'a (Blaine'in permeabilimeter metodu) kadar değişir. Kömür ya da linyitin artıklarının doğasıyla sıkı sıkıya ilişkili olduğundan, uçucu küllerin kimyasal bileşimi önemli ölçüde değişir, bu arada özellikleri yanma işlemine de bağlıdır. CaO miktarının yüksek veya düşük olmasına göre de puzolanik özellik değişir. [48]

5. Silis Dumanı

Silikon metalinin veya silikonlu metal alaşımların üretiminde, yüksek saflıktaki kuvars, elektrik fırınlarda yaklaşık 2000⁰C sıcaklıkta kömür yardımıyla indirgenmeye tabi tutulmaktadır. Üretim işleminde çok büyük miktarı SiO'dan oluşan gazlar çıkmaktadır. Gaz halindeki SiO'nun, fırının soğuk bölgelerinde havayla temas etmesiyle ve çok çabuk yoğunlaştırılmasıyla, gazın içerisindeki SiO, amorf yapıya sahip SiO₂ durumuna dönüşmektedir.

Silikon metalinin veya silikonlu metal alaşımların üretimi esnasında ortaya çıkan gazın hızlı soğutulmasıyla yoğunlaştırılması sonucunda elde edilen ve %85-98 kadar

silis içeren amorf yapıya sahip çok ince katı parçacıklardan oluşan malzemeye "yoğunlaştırılmış silis dumanı" veya kısaca "silis dumanı" adı verilmektedir.

Silis dumanı, amorf yapıya sahip olduğundan, çok ince taneli malzeme olduğundan ve yüksek miktarda SiO₂ içerdiğinden, mükemmel bir puzolanik malzemedir. Diğer puzolanik malzemeler gibi, kalsiyum hidroksitle sulu ortamda birleştirildiği takdirde, hidrolik bağlayıcılık göstermektedir. [49]

Dünya çapında 900,000 ton silis dumanı üretildiği halde, yapı üretiminde kullanılabilen miktar yaklaşık 400,000 ton'dur. Silis dumanı dünyada, sıkıştırılmamış kuru şekli ile paket içinde, kuru-sıkıştırılmış şekliyle, çimentoya veya klinkere karıştırılmak suretiyle silis dumanı katkılı çimento olarak ve katı kısmı %45-50 olan su ile karıştırılmış bulamaç halinde olmak üzere dört farklı şekilde pazarlanmakta ve kullanılmaktadır. [50]

Ülkemizde silis dumanı, Etibank Elektrometalurji Sanayi İşletmesinin Antalya'daki tesislerinde elde edilmektedir. Fabrikanın ferrosilisyum (FeSi), silikofrokrom (SiFeCr) fırınlarının baca tozları özel filtrelili toz tutucularında tutulmaktadır. Bunlardan SiO₂ oranı % 94-95 olan ferrosilisyum ve % 85-90 olan silikofrokrom fırınları baca tozu, silis dumanı olarak kullanılabilir. Toplam baca tozu miktarı yıllık 1100 ton'a ulaşmaktadır. İşletme, baca tozlarını 80x80x140 cm boyutlarında torbalar ile pazarlamaktadır. [51]

Silis dumanı, yüksek silika miktarı, çok ince boyutlu partikülleri ve çok yüksek olan özgül yüzeyi nedeniyle, yüksek puzolanik aktiviteye sahip çok etkin bir malzemedir. Betona katkı malzemesi olarak kullanıldığında, çimentonun hidratasyonu sırasında çıkan serbest kireci bağlayarak kalsiyum silikat hidrateyi (CSH) oluşturur. Serbest kirecin bağlanması sonucu çimento hamuru daha büyük kimyasal dirence, daha yoğun mikro boşluk yapısına ve daha yüksek dayanıma sahip geçirimsiz bir beton oluşturur.

Son derece düşük Cl⁻ geçirimsizliğine ve çok yüksek elektriksel dirence sahip olan silis dumanı katkılı betonlar, betonarme yapılarda donatıda makro ve/veya mikro korozyon hücrelerinin önlenmesinde çok önemli rol oynar. [50]

Puzolanların İnşaat Malzemesi Olarak Özellikleri

Puzolanların yapısında büyük miktarda yer alan silisin ve alüminin yanısıra, bir miktar da demir oksit, kalsiyum oksit, alkaliler ve karbon bulunabilmektedir. [47] Hidratasyon ürünlerinden olan serbest kireci bağlaması ve ince boşlukları doldurması nedeni ile betonun zararlı ortama karşı dayanıklılığını arttırmak için betona üretim aşamasında puzolan malzeme katılır. [52]

Asit karaktere sahip olan puzolanların başka bir deyişle $Al_2O_3 + SiO_2$ toplamının kuvvetli bir baz olan $Ca(OH)_2$ ile ilişkisinin fazla olduğunu göstermektedir. Bir puzolanın reaksiyon sonunda tespit ettiği kireç miktarı ne kadar fazla ise reaktivitesi o kadar büyüktür veya puzolanik özelliği o kadar yüksektir, bu özellik, en çok puzolanın inceliğine bağlıdır. Şu halde puzolanik özelliğin artırılması için maddenin çok ince bir şekilde öğütülmesi gerekmektedir. Puzolanik özelliği etkileyen diğer bir faktör puzolanın içerdiği Al_2O_3 ve SiO_2 gibi reaktif maddelerin amorf veya camsı yapıda olmasıdır. Çünkü kristal yapıdaki alümin ve silisin reaktif özellikleri yoktur. Diğer taraftan puzolanik özellik, Al_2O_3 ile SiO_2 'in kireçle yaptığı reaksiyon sonunda meydana geldiğinden bir puzolanda CaO'in az miktarda bulunması gerekmektedir. Bu açıklamalara göre puzolan maddelerde fazla miktarda SiO_2 , Al_2O_3 ve Fe_2O_3 amorf halde bulunmalı, CaO az miktarda yer almalıdır. Reaktif maddelerin oranı, A.S.T.M.'nin (C618-72) nolu standardına göre;

$$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \geq 0.70$$

Koşulu gerçekleşmeli, CaO miktarı da % 4'ü geçmemelidir. Ancak hemen belirtilmelidir ki yukarıdaki koşulun sağlanması o maddenin puzolan olduğunu göstermez çünkü puzolanın içerdiği SiO_2 ve Al_2O_3 amorf yapıya sahip değilse o maddenin puzolanik özellik göstermesi beklenemez. Kimyasal analiz sonuçlarının miktar bakımından olumlu olması halinde maddenin puzolanik özelliğe sahip olup olmadığı kanıtlanmalıdır. [46]

Yapıda Kullanım Yeri ve Amaçları

Puzolanlar kireç harçlarında kullanıldıklarında harç üzerinde iyi bir etki yaparak, onları suya dirençli hale getirmesi mekanik özelliklerini iyileştirmesi sebebiyle,

senelerce kullanılmışlardır. Çimentonun bulunmasıyla yerlerini bu yeni malzemeye bırakmış olan puzolanlar, günümüzde çimentonun korozyona karşı mukavemetini yükseltmek, priz esnasında oluşacak ısı miktarını azaltmak, deformasyon yapma kabiliyetini arttırmak, betonun işlenebilme özelliğini arttırmak, su geçirimsizliği daha az olan harç ve beton üretmek için çimentoya katılarak kullanılır. [53]

2.2.9. Bağlayıcılarına Göre Kerpiç Dış Sıva Çeşitleri

Binalar özellikle dış yüzeylerinde bir çok çevresel yıpratıcı etkiler ile karşı karşıyadır. Dış yüzeydeki bu etkilerin oluşturduğu hasarlara özellikle atmosfer koşulları, doğal afetler, yapım, planlama hataları sayılabilir. Suya karşı özellikle hassas olan kerpiç malzemenin kendi özelliklerine uygun su geçirimsizliği az, mekanik ve atmosferik etkilere dayanıklı, buhar geçirgenliği ve yüzey gerilimi kerpiçe yakın, kolay işlenebilen, ekonomik bir sıvaya ihtiyaç göstermektedir. Daha iyi, yani, basınca daha dayanıklı, rutubete karşı duyarlılığı daha azaltılmış, suda dağılmayan, yüzeyleri düzgün ve toz üretmeyen kerpiç sıva elde etmek maksadıyla, toprağa bazı katkı maddeleri katılır. Bağlayıcısı kil olan sıvanın su etkileri karşısında hemen çözüldüğü bilinmektedir. Bu sıvanın mekanik ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek için toprağın içine çeşitli oranlarda alçı, kireç ve çimento, puzolan gibi bağlayıcı maddelerin birinin veya bir kaçının katılmasıyla farklı özelliklerde sıvalar elde edilmiştir.

2.2.9.1. Kil Bağlayıcılı Sıvalar

Binaların dış yüzeyinde kullanılmalarına rağmen uzun ömürlü değildir. Çünkü su etkilerine maruz kaldığında kolayca çözülebilen bir malzeme olduğundan dış yüzü kireç sıvayla devamlı korunmalıdır. Ayrıca toprak (kerpiç) sıvası diğer sıva türlerine göre daha elastiktir. Tam kurumamış duvarlarda oturma işlemleriyle beraber hareket eder. Çamur sıvası içinde yüzey daha önce bahsedildiği gibi hazırlanmalıdır. Aksi takdirde sıva düşecektir. [37]

Genleşme etkisinde; don, değişen ıslaklık yada kuruluk gibi durumlar kilin parçalanması ve dolayısıyla sıva iç yüzeyinde genleşmeye neden olabilmektedir. Eğer sıva çok rijit ise, önce çatlaklar daha sonra ufak parçalara ayrılmalar oluşur. Benzer olarak heterojen duvarlarda (taş-toprak karışımı) topraktaki ve taştaki ısı genleşmelerindeki fark yer yer

bozulmalara neden olabilir. Büzülme etkisinde, sıva ilk kurduğunda büzülür ve içerdiği maddeleri gergin hale getirir. Duvarın yapısı çok rijit ve pürüzsüz ise sıvada gevşeme oluşur. Duvar çok pürüzlü ise sıvada çatlama olur. Sıvadaki bağlayıcılık özelliğine göre çatlamlar az yada çok olabilir. Sıva kalın ise çatlaklar geniş olur. Güneş ve rüzgara maruz kalma sonucu sıvanın dış yüzeyinde görülen çatlaklar, az su içeren kuru duvarlarda içten başlar ve dış yüzeye doğru ilerlerler. En hassas noktalar, niş köşeleri ve çıkıntındaki köşelerdir. Buhar basıncında; su buharı duvar iç yapısında genişlemeyi arttırabilir. Kabarmalar görülebilir. İç buhar basıncının dış basınçtan fazla olduğu yerlerde daha fazla görülmektedir. [37]

Kil alt sıvası; daha yoğun olarak kerpiçten oluşur ki bunu kaba kumla kurumadan sonra çatlak oluşturmayacak şekilde yoğunluğu azaltılmalıdır. Fakat ince kum uygun değildir. Ayrıca 2-3 cm uzunluğunda parçalanmış kaba saman veya ince saman eklenmelidir. Özen gösterilmemiş karıştırma işlemi iyi bir sıva oluşturmaz. Hazır karışım yaklaşık 1,5 cm kalınlıkta kuvvetlice atılmalıdır. Mala veya sürme tahtası ile sürülmüş alt sıva dayanıklı olmaz, tutmaz. Biraz çektikten sonra sıva fırça ile derin çizgilerle uygulanmalıdır. İç sıvada çoğunlukla uygulanan yüzey taramaları, düşey dalgalı çizgiler, dış sıvada etkisizdir. Bu tür kerpiç alt sıvası özellikle tam oturmamış yapılarda herhangi bir üst sıva için uygundur. [17]

Toprak üst sıvası; kil alt sıvada olduğu gibi uygun hale getirilmiş ancak kaba saman yerine daha ince olan doku (kıl, kenevir, elyaf vb.) çok gerekli olursa ince saman eklenmelidir. Kaba karışımlar elenmemelidir. Bu sıva da kuvvetlice atılmalı sürülmemelidir. Ama henüz taze iken ince bir tabaka doku içermeyen kerpiç sıvası ile sıvanmalıdır. Bu son tabaka sürme tahtasıyla sürülmelidir ki yüzey yoğunluk kazansin. Burada özellikle tavsiye edilen 1:1 beyaz kireç ve kumdan oluşan karışımın uygulanmasıdır. Çünkü bu tür sade çamura oranla dış yüzeye sürmeler daha iyi tutunur. Ne var ki, kireç sıva kabuğu oluşmamalı içinden kerpiç görülebilmelidir. Bu arada güneş ışınlarına karşı yüzeyler çabuk kurumadan korunmalıdırlar. [37]

Kil bağlayıcılı sıvalar, sudan etkilenirler. Suya maruz kalan kısımlarda dağılma olabilir. Bu da sıvanın yenilenmesi ile giderilebilir. Bu sıva türünün içerisine katılan saman, sıva çatlamlarına engel olmaktadır. Bu sıvaların üzerine badana yapılmak koşulu ile ömürlerini uzatmak mümkündür. [17]

2.2.9.2. Kil + Alçı Bağlayıcı Sıvalar

Kil-alçı karışimli sıva türünde, alçı oranı arttıkça sıvanın prizi hızlanır. Sıvanın prizini aldıktan sonra rutubetli ortam oluşmaması, çatlama önler. Bu sıva türleri düşük mukavemetli ve esnek yapıya sahiptirler. Isı ve rutubet geçirimine karşı dengeli direnç göstererek ortam nemini dengeler. Tamamı kil bağlayıcı sıvalara göre suda çözülme ve dağılması daha az olmasından dolayı yıpranması güçtür. Yüzey özellikleri daha düzgün bir yapıya sahip olup toz üretmeyen türdendir.

Alçının çabuk priz yapması kilin kuruma sırasında normal olarak yapacağı büzülme ve kurumunun dengeli sağlanamadığı zamanlarda bünyede oluşacak çatlama ve biçim değişikliklerini önler. Bu olaylar sıvanın mukavemet değerlerinin artmasına ve suda dağılmamasına neden olurlar. [2]

Alçı, suyla yoğrulduğu zaman hacmi değişmektedir. Katılaşma gösterdikten 24 saat sonra da tane halindeki hacmine göre %1 oranında hacim artışı gösterir. Alçı, katılaşma sırasında bir miktar ısı verir. Ancak rötresi yoktur ve çatlama göstermez. Kireç ilavesi ile aderansı arttırılabilen alçı sıvanın, çok yüksek olmayan mukavemetine karşın çatlamalara daha dayanıklıdır. Ancak alçının su etkisine yeterince dayanımı olmaması, suda bir ölçüde çözünebilmesi nedeni ile ıslak hacimlerde kullanılmaları önerilmemektedir. [17]

Alçının gözenekli yapısının olması nedeniyle bünyesine nem alabilme özelliği olan, bir anlamda iç mekan nemliliğini dengeleyen bir niteliği bulunmaktadır. Alçı sıva, kolay işlenebilirliği, çabuk çözünürlüğü ve kolay şekillendirildiği için elverişli bir iç sıva olarak kullanılabilir. [2]

Alker duvarlar üzerine uygulanan alçı katkılı sıvalar yüzeye uyum sağlayıp duvarla iyi bir aderans sağlarlar. Düzgün ve sağlam yüzeyli alker duvarlarda çok daha ince bir tabaka ile sıva yapma imkanı elde edilir. Bu da normal kerpiç duvarlardaki genellikle duvara iyi tutunmayan kalın kil esaslı sıvaların, ufak bir sarsıntıda dökülerek verdiği büyük zararın önüne geçer. Alçı katkılı sıva düzgün ve toz üretmeyen yüzeyler, basit bir kireç badana ile temiz bir yüzey oluşturur.

Alçı, alçıtaşı bulunan her yerde kolaylıkla üretilebilir. Bu yüzden diğer katkılara göre maliyeti uygundur. Su ile karıştırılarak akışkan hale getirilmiş alçı daha önce ıslatılarak dinlendirilmiş toprağa katılır. Çabuk katılaştığı için az miktarlarda

yapılmalı priz başlamadan bitirilmelidir. Alçının çabuk katılaşmasını önlemek için bir miktar kireç veya katkı maddeleri kullanılabilir. [2]

2.2.9.3. Kil + Kireç Bağlayıcı Sıvalar

Kireç harcı ile plastikliği yüksek ayrıca iyi işlenebilir bir harç elde edilebilir. Plastik özelliği nedeniyle daha az çatlak ve çalşıabilir. Ayrıca kireç harçlarının oldukça yüksek yapışma (aderans) kabiliyetleri vardır. Bunun yanında dezavantajları uzun kuruma süresi mekanik mukavemetlerinin az oluşu ve suya hassas olmalarıdır. Su kireci (hidrolik) kireçlerde ise mekanik mukavemet ve suya dayanıklılık önemli oranlarda artmıştır. Bir miktar çimento katılması kireç harcının mukavemetini arttırdığı gibi priz süresine de olumlu katkıda bulunabilecektir, ayrıca priz süresini hızlandırmak için karışıma bir miktar alçıda eklenebilir. [37]

Düşük mukavemetli hafif duvar malzemesi üzerinde ve yapının hareket beklenen bölümlerinde tercih edilmelidir. Aşınma direnci düşük bir sıvadır. Bu tür sıvalar iki tabaka halinde yapılmalıdır. Birinci tabaka kaba sıvada kalın agrega, ikinci tabaka sıvada ince agrega kullanılmalıdır. Bu tür sıvaların sertleşmesi uzun sürdüğü için sıva iyice sertleşmeden ve ıslatılmadan yeni sıva katı uygulanmamalıdır. [56]

2.2.9.4. Kil + Çimento Bağlayıcı Sıvalar

Kil - çimento bağlayıcı sıvaların mukavemeti yüksek ve elastisitesi düşüktür. Yapının ısı ve mekanik hareketlerine karşı hassas, kolay çatlama gösterebilen sıvalardır. Bu nedenle düşük mukavemetli hafif duvar malzemesi üzerine (duvar malzemesi birim hacim ağırlığı 1000 kg/m³'den az) ve yapının hareket beklenen bölümlerinde veya hareketli yapı sistemlerinde iç ve dış sıva olarak kullanılmamalıdır. Bu özelliklerinden dolayı yapıda sınırlı olarak uygulanır. Zemin ve zemin seviyesi altındaki bodrumların dış duvarlarının dış sıvası olarak, dış şartlara açık betonarme döşemelerin tavan sıvası olarak kullanımı tercih edilir. [56]

Yapıda ortam neminin sürekli olarak yüksek olduğu bölümlerde iç sıva olarak ya da yüksek aşınma direnci aranan yapı elemanlarında kullanılırlar. Bu tür sıvaların harcının prizini tamamlaması için rutubete ihtiyacı vardır. Çimento kerpiç yüzeye monte edilen çita ve taşlarla kimyasal bağlantıyı çok iyi kurar. Genellikle mala ile perdahlanan ince sıva tabakalarında kurumadan dolayı kılcal yüzey çatlakları oluşturma eğilimi ortaya çıkarması

nedeniyle kullanılmamalıdır. Bu karışımlar, yalnızca tahta mala ile perdahlanan son tabakada kullanılabilirler.

Kuruma esnasında oluşan rötrenin, yeni uygulanan tabaka ile alt tabaka veya sıvanan yüzey arasındaki aderansı azaltarak, ince sıvanın çatlamasına yol açmasını önlemek amacıyla, sıva katının iyice kurumadan yenisinin yapılmasından kaçınılmalıdır. Sıvanın kuruma süresi açıklık, rutubet ve hava esintisi ile yakından ilişkilidir. Bu etkenler göz önünde tutularak kılcal çatlaklar veya çiçeklenmeye yol açabilecek tuzların yüzeye sızması ihtimali azaltılmalıdır. Kaba sıvada az çimento oranı olan zayıf karışımlar, kuvvetli harçla yapılmış bir ince sıva ile birlikte kullanılmamalıdır. [56]

Dış cephenin su geçirimsizlik kazandırılmış olması önemlidir. Çünkü uzun süreli çarpma yağmurla sıvada içeri nem alınması durumunda kabarmalar görülür. Böylece sert sıva kabuğu belirsiz bir şekilde ileri itilir. Duvar kuruyunca kerpiç dış yüzeyi tekrar kendini biraz çeker yani geri gelir. Zamanla bu değişimle çamur ve sıva kabuğu arasında gevşemeler oluşur ve sıva boşluk sesi verir. Kışın uzun süreli ıslanmalarda duvar içine işleyen buz kristalleri, yağmur ve güneş ısısı don ve erime süreçleriyle üst yüzeyindeki sıvayı daha fazla dışarı iterler, sıva ve kerpiç de nihayet birbirlerinden ayrılırlar. Bu durumu deliklerde yivlerde çentiklerde engelleyemez, sıva çatlayıp düşer. [37]

2.2.9.5. Kireç Bağlayıcı Sıvalar

Kireç harcı eski Yunan, Roma ve onu izleyen dönemlerden, çimentonun bulunmasına kadar geçen sürede yapıların inşasında kullanılmıştır. Kireç harcı, bağlayıcı olarak kireç, su ve dolgu malzemesinin karıştırılması ile elde edilir. Yapı üretiminde kullanılan bilinen en eski bağlayıcılar alçı ve kireçtir. Romalılar, kirece puzolan denilen maddeyi katarak elde ettikleri bağlayıcı ile zamanımıza kadar dayanan yapılar üretmişlerdir. Roma'daki Coliseum harabeleri ve Fransa'nın güneyindeki Nimes şehrine yakın Gard köprüsü bu yapılara birer örnektir. Kireç ve puzolan karışımı harçlar ile Roma'da üç ve hatta dört katlı evlerin açıklığı 30 m aşan köprülerin ve önemli deniz yapılarının yapıldığı bilinmektedir. Fransız mühendis Vicat 1818 yılında bir miktar kil içeren, saf olmayan kalkerini pişirmek suretiyle su kireci denilen bağlayıcı malzemeyi bulmuş, ilk kez çimento ilkesini içeren bir bağlayıcı malzeme üretilmiştir. [46]

Kireç harçlarının hazırlanmasında kirecin veya harcın fiziksel özelliklerini geliştirmek, karbonatlaşmayı hızlandırmak amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin katıldığı bilinmektedir. Bunlardan bazıları; kan, yumurta, peynir, gübre, arap zankı, hayvan tutkalı, bitki suları, kazein gibi malzemelerdir.

Katkı malzemelerinden arap zankı, hayvan tutkalı ve incirin sütlü suyu yapışkan olarak kullanılmıştır. Çavdar hamuru, domuz yağı, kesik süt, kan ve yumurta beyazı kirecin daha çabuk sertleşmesini sağlamaktadır. Arpa, idrar ve hayvan tüyleri dayanıklılığı arttırmaktadır. Şeker, suyun donma erime periyodlarında meydana getirdiği bozulmaları yavaşlatmaktadır. Balmumu harçtaki büzülmeyi önlemektedir. Yumurta akı, hayvan tutkalı, şeker, süt ve keten tohumu gibi yağlar ise kirecin plastik özelliğini artırıp kırılabilirliğini azaltarak, harcın çalışabilirliğini arttırmaktadır. Günümüz malzemelerinden polyaminophenoller de kirecin karbonatlaşmasını hızlandırarak daha çabuk sertleşmesini sağlamaktadır. [58]

Kireç harcı ile plastikliği yüksek ayrıca iyi işlenebilir bir harç elde edilebilir. Plastik özelliği nedeniyle daha az çatlak ve çalışabilir. Ayrıca kireç harçlarının oldukça yüksek yapışma (aderans) kabiliyetleri vardır. Bunun yanında dezavantajları uzun kuruma süresi mekanik mukavemetlerinin az oluşu ve suya hassas olmalarıdır. Su kireci (hidrolik) kireçlerde ise mekanik mukavemet ve suya dayanıklılık önemli oranlarda artmıştır. Osmanlı döneminde kullanılan horasan harçları da su kirecine örnek harçlardandır. Su içinde priz alabilmeleri suya dayanıklılıklarıyla özellikle sarnıç hamam gibi binaların sıvanmasında özellikle kullanılan başarılı bir harçtır. Kirecin puzolonik özellik gösteren malzemelerle kimyasal reaksiyonu sonucu oluşan su kirecinin oluşumunda çeşitli doğal ve yapay puzolanlar kullanılabilir. Kireç ve puzolanlar yurdumuzun birçok yerinde çok uygun fiyatlara bulunabilmesi kerpiç yapıda kullanılabilir ekonomikte olmasını sağlamaktadır. [56]

Sıva karışımında olması gereken ön şartlar; eski sönmüş kireç ve çeşitli kalınlıkta kumdur. İçindeki boşluklar minimuma inecek şekilde karıştırılmış olmalıdır. Yeni sönmüş beyaz kireç ve dişli kum ihtiva eden karışımlardan dayanıklı dış sıva yapılamaz. Çukur kumu veya depolardan alınmış kum olmalıdır. Çoğunlukla dökümhane taş curufu veya özellikle bazalt curufu en iyi olanlardır. Çünkü açık silikatlar ihtiva ederler. Yoğun olmayan beyaz kireç veya karpit çamuru

kullanıldığında alt sıvaya biraz çimento katkısı bir avantajdır. Aslında karpit çamuru yoğun beyaz kireçten başka bir şey değildir. [37]

Alt sıva kireç sıvasından oluşabilir. Kireç sıvası 1:2,5 dan 1:3 arası iyi bir şekilde karıştırılıp kuvvetlice atılmalıdır. Oturmasının bittiğinden emin olunmayan yapılarda kireç karışımı alt sıvasındansa kerpiç alt sıvası oturma gerilimlerini dengelemesi açısından daha uygun olur. Üst sıva 1:2,5 ile 1:3 arası saf (katıksız) kireç karışımından oluşur. Bu tabakada atılmalı sürülmemelidir. Alt sıva kireç karışımından oluşuyorsa donmuş olmamalıdır. Daha çok ıslağa ıslak çalışmaya gidilmelidir. Dış etkilere maruz tarafta yağsız süt katkısı veya peynir suyu ilavesi bağlamak için tavsiye edilir.

Kerpiç sıvasının tam tersine kireç yalnızca hafifçe silinebilir. Her sürüş yoğun sıva cildini tahrip eder. Özellikle tüm çizme tekniklerinden kaçınılmalıdır. Becerikli sıvacılar sıva atımının hemen ardından hafif düz sürme ile çok yoğun bir yüzey elde ederler. Düzleme sürüşleri aşağıdan yukarı doğru olmalı ve çok hafif yapılmalıdır. Serpme de son tabaka olarak uygun olur. Bu durumda da yoğun sıva yüzeyi muhafaza edilmiş olur. Fakat daha sonraki sürüşlerde fırça aşınmasına yol açar.

Kireç sıvası yalnızca karbondioksit alarak ve aynı zamanda su vererek sertleşir: Karışımın suyu çabuk uçarsa kimyasal değişim oluşmaz ve sıva yanmış olur. Böylece sıva kuru ve delikli kalır. Sıva bu yüzden önüne asılmış nemli torba veya kumaş gibi malzemelerle korunmalı veya kuru havalarda sıva yapılmamalıdır. [37]

2.2.9.5. Melez Bağlayıcı Sıvalar

Bu gruptaki sıvalar, alçı ile kireç ve kireç ile çimento karışımları şeklinde, melez sıva olarak üretilmektedir. Alçı ve kireç bağlayıcı sıvalar, hazırlanmış olan kireç harcına uygulamadan uygun bir süre önce suyla karıştırılmış, alçı katılan, düşük mukavemetli ancak esnek ve yüzeye iyi bağlanan sıvalardır. Alçı-kireç karışımı sıvalar bu özellikleri dolayısıyla iç sıva olarak kullanılırlar. Çimento ve kireç bağlayıcının birlikte kullanıldığı sıvalar ise, bağlayıcılarının özellikleri ve karışım oranlarında çok değişik özellikler gösterebilen, daha çok dış yüzeyde kullanılabilecek sıva türleridir. [57]

Kireç – Çimento Sıvası

Burada çimento katkısının amacı kireç karışımını sağlamlaştırmak değildir. Zaten buna gerek yoktur, esas amaç karışımı yoğunlaştırmaktır. Bu sıva şeklinde alt sıva toprak alt sıvasından oluşabilir. Elastisitesinden dolayı yeni toprak yapılarda gerilimleri dengelemesi açısından avantaja sahiptir. Ön tabakalarda 1 çimentoya 2 beyaz kireç 6 kum dan oluşan alt sıva uygulanmalı. Çimento yüzeye bastırılan çita veya taşlarla kimyasal bağlantıyı iyi kılar. İnce sıva katmanları 1:2:8 çimento - kireç - kum karışımı oranlarında olmalı üst sıva alt sıvadan yoğun olmamalıdır.

Esas olarak dikkat edilmesi gereken erken yapılmaması ve alt zeminin iyi hazırlanmış olmasıdır. Dış cephenin su geçirimsizliğinin kazandırılmış olması önemlidir. Çünkü uzun süreli çarpma yağmurla sıvada içeri nem alınması durumunda kabarmalar görülür. Böylece üzerindeki sıva yüzeyden ayrılarak dökülür. [37]

2.3. KONU İLE İLGİLİ YAPILMIŞ BENZER ÇALIŞMALAR

2.3.1. Kerpiç Harcı ile İlgili Çalışmalar

Almaç'ın hasarlı kerpiç yapılarda onarım harcı konulu yüksek lisans tezinde, hazır makina alçısı karışımı içine kütlece %25, %40 ve %60 oranlarında toprak katarak kerpiç yüzeyler için farklı özelliklerde onarım harcı elde etmiştir. Karışım içindeki toprak miktarı arttıkça fiziksel ve mekanik özelliklerinde gerileme görülen harcın en iyi özellikleri gösteren en az toprak karışımlı (%25) numunesi, onarım harcı olarak seçilmiştir.

Hazır makina alçısı karışımının içine kütlece %25 oranında katılan ve onarım harcı olarak seçilen numunenin karışım oranları ve fiziksel, mekanik özellikleri aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. [27]

Çizelge 2.9. Toprak Oranı %25 Olan Numunenin Karışım Değerleri [27]

Karışıma Giren Malzemeler	Toprak	Alçımatik	Su	Toplam
Miktar (g)	1125	3375	2000	6500

Çizelge 2.10. Toprak Oranı %25 Olan Numunenin Mekanik Özellikleri [27]

28 Günlük Ortalama Mekanik Özellikler	Çekme Dayanımı	Basınç Dayanımı	Yapışma Dayanımı
%25 Toprak Karışımlı Alçımatik N/mm ²	0,73	1,96	0,45

Çizelge 2.11. Toprak Oranı %25 Olan Numunenin Kılcal Su Emme Değerleri [27]

Numune Tipi	28 Günlük Numunelerde Kılcal Su Emme			
	0 dk.	10 dk	100 dk	1440 dk
%25 Toprak Oranlı Karışım - 1	122,20	174,20	182,50	Eridi
%25 Toprak Oranlı Karışım - 2	125,70	177,30	186,10	Eridi

Gündüz, “Kerpiç yapılarda sıva ile dış yüzey koruması” adlı yüksek lisans tezinde İ.T.Ü. kampüsü içinde yapılan alker duvarlı deneme amaçlı yapıda alçılı kerpiç duvar üzerine uygulanan çeşitli karışımdaki sıvaların dayanımları ile ilgili gözlemsel bir

çalışma yanında, buhar geçirgenliği ile ilgilide bir takım deneyler yapmıştır. 1983 yılında, örnek alçılı kerpiç yapı üzerine uygulanan kil ve mineral bağlayıcılı sıva karışımlarının özellikleri ve dayanımlarına aşağıda değinilmiştir.

1-) 83 – AKT : Kuru toprak hacmine göre, %20 Alçı, %40 Kum, %15 Kireç ve %40 Su katılarak yapılan sıva karışımı, beş sene içerisinde hafif bir hasar görmesine rağmen kullanılabilir niteliğini koruduğu görülmüştür. Beş sene sonunda kılcal çatlaklardan sıva arkasına su girme miktarı çoğaldıktan sonra 8. Sene içinde hasar çoğalmış ve sıva duvar üzerinden kaldırılmıştır.

2-) 83 – ÇT : Kuru toprak hacmine göre, %15 Çimento, %20 Kum, ve %30 Su katılarak yapılan sıva karışımı, ilk sene sıvanın durumu iyi olmakla beraber, geçen her sene artan hasarlar görülmüş ve 5 sene içinde kullanılamaz duruma gelen sıva cepheden kaldırılmıştır.

3-) 83 – ÇKT : Kuru toprak hacmine göre, %15 Çimento, %20 Kum, %20 Kireç ve %30 Su katılarak yapılan sıva karışımı, çimento katkılı sıvalar, alçı katkılı sıvalardan daha geç priz yaptıklarından, çok daha kolay uygulanmışlardır. Beş sene boyunca özelliklerini en iyi koruyan sıva olmuştur. Beş seneden sonra ince çatlaklar ve badana kabarması dışında başka hasar görülmemiştir Sekiz sene sonunda da kullanılabilir halde kalmıştır. [36]

Çizelge 2.12. (1983 – 1991) Yılları Arasında Sıva Hasar Durumu [36]

Sıva Tipi	Yön	İlk İki Ay	İlk Sene	1988 5 Sene Sonra	1991
83- AT	Kuzey	Çok İyi	Çok İyi	İyi	Ağır Hasar
83 - ÇT	Batı	Çok İyi	Çok İyi	Ağır Hasar	
83 - ÇKT	Güney	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi
	Doğu	Çok İyi	Çok İyi	Çok İyi	Badana Kabarması

2.3.2. Kireç Harcı ile İlgili Çalışmalar

Penelis'in Selanik'teki Bizans yapıları için, Pella bölgesinin puzolanik tüflerinden ürettiği Skydra puzolanı ve Santorini toprağı ile yaptığı çalışmada, Çizelge 2.13'de verilen malzeme oranları kullanılmıştır. Bu malzeme oranlarıyla 28. gün sonunda

yaptığı deney sonuçları da Çizelge 2.14'de verilmiştir. [59]

Çizelge 2.13. Selanik'te ki Bizans Yapıları İçin Üretilen Harçların Karışım Oranları (Penelis, 1995)

Puzolanın menşei	Harç No	Ağırlığa göre karışım oranları						Yoğunluk g/cm ³	
		puzolan	kireç	Kum		Tuğla Kırıntısı			Su
				max boyut		max boyut			
				2 mm	6 mm	2 mm	6 mm		
Santorin	K1	1	1	6		-	-	2,24	1,86
	K2	1	1	3		3	-	2,7	1,88
	K3	1	1	3		-	3	2,42	1,87
	K4	1	1		6	-	-	1,92	1,94
	K5	1	1		6	-	-	1,86	1,93
	K6	1	1	3		-	3	2,2	1,84
	K7	1	1		5	-	1	1,97	1,9
	K8	1	1		3	-	3	2,24	1,86
Skydra	K18	1	1	6		-	-	2,17	1,94
	K19	1	1		6	-	-	1,67	2,02

Çizelge 2.14. Hazırlanan Numunelerin Deney Sonuçları (Penelis, 1995)

Harç No	Yoğunluk (g/cm ³)	Eğilme mukavemeti (N/mm ²)	Basınç mukavemeti (N/mm ²)	Dinamik elastisite modülü (N/mm ²)
K1	1,59	0,166	0,410	1118
K2	1,47	0,234	0,859	1244
K3	1,51	0,261	1,318	1807
K4	1,68	0,421	0,697	1505
K5	1,59	0,258	0,928	2390
K6	1,54	0,214	0,770	1900
K7	1,63	0,194	0,784	1820
K8	1,51	0,269	1,249	2446
K18	1,60	0,193	0,336	1541
K19	1,74	0,142	0,652	1640

Penelis, Selanik'teki 400 yıllık bir Osmanlı minaresi üzerinde yaptığı tahribatlı ve tahribatsız deneyler sonucunda harç için Çizelge 2.15'te ki mukavemet değerlerine ulaşmıştır. [59]

Çizelge 2.15 Selanik'teki 400 yıllık Osmanlı minaresinin harç mukavemetleri (Penelis, 1995)

Eğilme mukavemeti MPa	Basınç mukavemeti MPa
0,36	1,28

Karaveziroğlu ise restorasyonda kullanılan harçların davranışlarını incelediği çalışmasında puzolan ve çimento katkılı harçlar üretmiş ve bunların eğilme, basınç mukavemetlerini ve elastisite modülünü hesaplamıştır. Çizelge 2.16'da çimento kullanılmamış numunenin karışım oranları, Çizelge 2.17 mukavemet ve elastisite modülü değerleri verilmiştir. [60]

Çizelge 2.16. Harç Numunenin Karışım Oranları (Karaveziroğlu,1995)

Kireç	Puzolan	Tuğla Kırıntısı	Kum	Su
1	1	3	3	1,87

Çizelge 2.17. 40x40x160 mm. Boyutlarındaki Numunelerin Mukavemeti ve Elastisite Modülleri (Karaveziroğlu, 1995)

Eğilme Mukavemeti (N/mm ²)			Basınç Mukavemeti (N/mm ²)			Elastisite Modülü (N/mm ²)		
7 gün	15 gün	28 gün	7 gün	15 gün	28 gün	7 gün	15 gün	28 gün
-	0,127	0,309	-	0,735	1,104	-	1140	1849

Pusat S. tarafından 2002 yapılan Yüksek Lisans tezi kapsamındaki deneysel çalışmada, kireç harcını iyileştirmek için Çizelge 2.18'de verilen oranlarda kireç, kum, cüruf, pişmiş toprak kırıntısı ve pişmiş toprak tozu kullanılarak farklı karışımda numuneler üretilmiştir. Bu numunelerde 14, 28, 56, ve 90. günlerde mekanik özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili deneyler yapılmış, yapılan deneysel çalışma sonuçlarından elde edilen basınç ve çekme dayanımları, Çizelge 2.19 ve 2.20'de verilmiştir. [61]

Çizelge 2.18. Numunelerin Kodlanması ve Malzeme Karışım Oranları (Pusat, 2002)

Numune kodu	Açıklama	Su	Kireç	Rilem kumu	Pişmiş toprak kırıntısı	Cüruf	Pişmiş toprak tozu
A	Kireç+Rilem kumu	0,76	1,00	3,00	-	-	-
B	Kireç+Pişmiş toprak kırıntısı	1,4	1,00	-	3,00	-	-
C10	Kireç+Cüruf+Rilem kumu	0,76	0,90	3,00	-	0,10	-
C20	Kireç+Cüruf+Rilem kumu	0,76	0,80	3,00	-	0,20	-
C30	Kireç+Cüruf+Rilem kumu	0,76	0,70	3,00	-	0,30	-
C40	Kireç+Cüruf+Rilem kumu	0,76	0,60	3,00	-	0,40	-
D10	Kireç+Pişmiş toprak tozu+Rilem kumu	0,76	0,90	3,00	-	-	0,10
D20	Kireç+Pişmiş toprak tozu+Rilem kumu	0,76	0,80	3,00	-	-	0,20
D30	Kireç+Pişmiş toprak tozu+Rilem kumu	0,76	0,70	3,00	-	-	0,30
D40	Kireç+Pişmiş toprak tozu+Rilem kumu	0,76	0,60	3,00	-	-	0,40

Çizelge 2.19. Ortalama Eğilme Mukavemeti Değerleri (MPa) (Pusat, 2002)

numune kodu zaman	A	B	C10	C20	C30	C40	D10	D20	D30	D40
14. gün	0.171	0.323	0.123	0.192	0.236	0.277	0.123	0.095	0.123	0.154
28. gün	0.167	0.254	0.174	0.291	0.387	0.419	0.187	0.151	0.138	0.182
56. gün	0.245	0.385	0.253	0.267	0.381	0.396	0.165	0.199	0.154	0.182
90.gün	0.295	0.449	0.262	0.292	0.385	0.356	0.226	0.162	0.144	0.221

Çizelge 2.20. Ortalama Basınç Mukavemeti Değerleri (MPa) (Pusat, 2002)

numune kodu zaman	A	B	C10	C20	C30	C40	D10	D20	D30	D40
14. gün	0,979	1,208	1,167	1,583	1,708	1,667	1,333	1,125	1,042	0,792
28. gün	1,104	1,188	1,500	1,729	2,396	1,865	1,708	1,250	1,021	0,813
56. gün	1,688	1,521	1,917	2,333	3,000	2,958	1,292	1,625	1,042	1,250
90.gün	2,271	2,156	1,979	2,583	3,042	3,083	1,563	0,917	1,208	1,167

3. DENEY YÖNTEMLERİ

Yapılan deneysel çalışmalar, doğal puzolan katkılı kireç harcının içine belli oranlarda toprak ekleyerek, kerpiç yapıların dış yüzeylerinde kullanılacak uygun özelliklerdeki dış sıvanın elde edilebilmesi amacıyla, üretilen sıva karışımlarının mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılmasını kapsamaktadır.

Deneysel çalışmalar İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi bünyesindeki Yapı Malzemesi Laboratuvarında yapılmıştır. Deney çalışmalarında Türk Standardlarına uygun deney metodları ve aletleri kullanılmıştır.

Deneysel çalışmalarda kullanılan cihazlar;

MEMMERT marka havalandırılmalı etüv

RETSCH marka titreşimli öğütücü

SHINKO VİBRA marka terazi Max.3000 / 0,01g.

METTLER H20 marka hassas terazi

METTLER P11N Arşimet terazisi

PRUF UND MESS-MFL SYSTEME marka pres

THIES HYGROMETER nem ölçer

ALSA marka mekanik kıvam tayini tablası

Sıva üretiminde maksimum dane çapı 2,00 mm olan kum ve toprak malzeme, doğal puzolan olarak maksimum dane çapı 0.25 mm olan Kaytazdere puzolanı, bağlayıcı olarak laboratuvar ortamında söndürülmüş hava kireci kullanılmıştır. Kireç harcındaki, kireç agrega oranı 1:3 olarak kabul edilmiştir. Karışımlardaki kum oranı azaltılarak yerine artan oranlarda toprak malzeme ilave edilmiştir. Bu malzemelerle farklı özelliklerde 5 seri sıva numunesi üretilmiştir. Her birinden 9'ar adet olmak üzere, 40x40x160 mm boyutunda toplam 45 adet numune dökülmüştür. Bunun yanında yapışma dayanımı deneyi için tuğlalar üzerine kalınlığı yaklaşık 1,00-1,50 cm olan sıva tabakası uygulanmıştır.

3.1. FİZİKSEL ÖZELLİK BELİRLEME DENEYLERİ

3.1.1. Nem Oranı

Malzemenin nem oranını belirlemek amacıyla numune TS EN 1936'ya göre, (70± 5)°C'ye ayarlanmış bir etüvde sabit kütleye erişinceye kadar kurutulur. Kurutulmuş numune vakit geçirilmeksizin içerisinde nem çekici madde (CaCl₂) bulunan desikatöre konur. Soğuduktan sonra numune kütlesindeki azalma tayin edilir. (Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Etüv sonrası desikatörde bekletilen malzemenin hassas terazide tartılması.

Standard'ta belirtildiği gibi karışıma girecek malzemenin ilk kütlesi (m_1) ve etüv sonrası kütlesi (m_2) ölçülmüş ve nem oranını bulmak amacıyla aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Nem} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 (\%)$$

Burada ;

m_1 : Kurutulmadan önceki kütle (g),

m_2 : Kurutulup soğutulduktan kütle (g) dir.

3.1.2. Birim Hacim Kütlesi

Bir cismin kütlesinin, boşluklar dahil doğal haldeki hacmine oranına o cismin birim hacim kütlesi denir. Bu değer küçüldükçe o cismin gözenekli ve boşluklu bir yapıya sahip olduğu anlaşılır. Birim hacim kütlesi numunenin durumuna göre farklı şekillerde belirlenir. Agregaların birim hacim kütlesinin belirlenebilmesi için TS EN 1936'ya göre malzeme $(70 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'ye ayarlanmış bir etüvde sabit kütleye gelene kadar kurutulur. Desikatörde bekletilerek ortam sıcaklığına gelen malzemenin birim hacim kütlesi, (Δ)

$$\Delta = \frac{m}{V} \text{ formülü ile hesaplanır. (g/cm}^3\text{)}$$

Burada;

Δ : Birim Hacim Kütlesi (g/cm^3),

m : Kütle (g),

V : Hacim (cm^3) dir.

Hacim, laboratuarda hacmi belirlenmiş ölçü kabı ile bulunmuştur. [62]

Taze (yaş) Harcın Boşluklu Birim Hacim Kütlesinin Tayini (TS EN 1015-6):

Bu standard mineral bağlayıcı ve yoğun veya hafif agrega bulunduran harcın boşluklu birim hacim kütlesinin tayini metodunu kapsar. Taze harcın boşluklu birim hacim kütlesi, belirli bir hacme sahip ölçü kabına belirlenmiş metotla doldurulmuş veya sıkıştırılarak yerleştirilmiş harç kütlesinin, işgal ettiği hacme bölünmesiyle bulunur.

$$\Delta = \frac{m_2 - m_1}{V} \text{ formülü ile boşluklu birim hacim kütlesi hesaplanır. (g/cm}^3\text{)}$$

Burada;

Δ : Taze harcın boşluklu birim hacim kütlesi (g/cm^3),

m_1 : Boş kabın kütlesi (g),

m_2 : Harç ile doldurulmuş kabın kütlesi (g),

V : Ölçü kabının hacmi (cm^3) dir.

Ölçü kabı üst yüzeyinden taşacak şekilde harç ile doldurulur. Dolu kap, titreşim masası üzerine yerleştirilerek harçta daha fazla yerleşme (çökme) olmayıncaya kadar titreştirilir. Titreşim esnasında, ölçü kabı üzerine, harç seviyesi kap üst sınırını geçecek şekilde harç ilave edilir. Fazla harç, tesviye bıçağı kullanılarak, harç yüzeyi düzgün ve ölçü kabı üst yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde sıyrılarak alınır, ölçü kabı yüzeyindeki harç kalıntıları nemli bezle silinmek suretiyle temizlenir. Harçla doldurulmuş ölçü kabı toplam kütlesi, 0,1 g doğrulukla tartılır. [63]



Şekil 3.2. Taze Harcın Boşluklu Birim Hacim Kütlesi

Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini TS EN 1015-10

Bu standard, sertleşmiş harçların boşluklu kuru birim hacim kütlesinin belirlenmesi için deney metodunu kapsar. Deney metodu, hafif harçlar, genel amaçlı harçlar ve ince tabaka harçlarından meydana getirilen düzgün şekilli numunelere uygulanmaya elverişlidir.

Verilen numunenin boşluklu kuru birim hacim kütlesi, etüv kurusu durumdaki numune kütlesinin, aynı numunenin doygun durumda, su içerisinde batırıldığında işgal ettiği hacme bölünmesiyle belirlenir.

$$V = \frac{m_{s,doy} - m_{s,i}}{\delta_w} \text{ formülü ile hacim hesaplanır. (cm}^3\text{)}$$

$$\Delta = \frac{m_{s,kuru}}{V} \text{ formülü ile boşluklu kuru birim hacim hesaplanır. (g/cm}^3\text{)}$$

Burada;

$m_{s,kuru}$: Etüv kurusu sertleşmiş harç numunenin kütlesi (g),

$m_{s,doy}$: Suya doymuş sertleşmiş harç numunenin kütlesi (g),

$m_{s,i}$: Sertleşmiş doymuş harç numunenin su içindeki kütlesi (g),

δ_w : Suyun yoğunluğu (g/cm^3),

V : Sertleşmiş harç numunenin hacmi (cm^3) dir.

Numune, $(70 \pm 5)^\circ C$ sıcaklığa ayarlı etüvde sabit kütleye ulaşmaya kadar kurutulur. Numune kütlesi, $m_{s,kuru}$, en yakın 0,1 hanesine yuvarlatılarak gram olarak kaydedilir. Numune, görünür kütlede daha fazla artış gözlenmeyinceye (tamamen doymuş hale gelinceye) kadar $(20 \pm 2)^\circ C$ sıcaklıktaki su içerisine daldırılır. Yüzeydeki fazla su, nemli bezle alındıktan sonra numune tartılır ve kütlesi, $m_{s,doy}$, en yakın 0,1 hanesine yuvarlatılarak gram olarak kaydedilir. Bu durumdaki numunenin hacmi, su içerisinde tartma yoluyla tayin edilir. Tartım cihazı, numunenin konulacağı kefesini boş ve su kabı içerisine tamamen batmış durumda dengeye getirilir. Kefe boş iken ve içerisine numune konulmuş durumdaki tartım esnasında aynı derinlikte bulunmalıdır. Islak numune, su içerisindeki kefeye konur. Numune yüzeylerinde askıda hava kabarcıkları bulunmaması temin edilir ve numunenin bu konumda su içerisindeki kütlesi, $m_{s,i}$, belirlenerek kaydedilir. [64]

3.1.3. Özgül Kütle

Özgül kütle, bilinen ve referans olarak alınan bir maddeyle olan yoğunluk oranıdır. Referans madde, gazlar için hava, katı ve sıvılar için ise sudur. Bu yöntemde özgül kütle bulunacak olan numunenin bir kısmı alınır. Numune önce havada, sonra da su ile dolu bir kap içine daldırılarak tartılır. İki tartım arasındaki fark suyun kaldırma gücüne, bu da taşınan suyun hacmine eşit olur. Numunenin havadaki ağırlığı m_{ha} , sudaki ağırlığı ise m_{su} ile gösterilirse, $m_{ha} - m_{su}$ değeri numunenin hacmini verir.

Özgül kütle bulmak amacıyla numuneden alınan parça öğütülerek, 0.125 mm'lik elekten geçirilmiş ve 0,01g hassasiyetle tartılmıştır. Deneyin yapılacağı kavanozun tamamı su doldurularak kapağı hava boşluğu kalmayacak şekilde sürülerek kapatılmış 0,01g hassasiyetle tartılarak kütlesi not edilmiştir. Son olarak içi su dolu

kavonozda daha önce tartılan numune örneği eklenerek su tamamen berraklaşana kadar bekleyip tekrar hava boşluğu kalmayacak şekilde sürülerek kapatılan cam kapakla 0,01 g hassasiyetle tartılarak not edilmiştir. (Şekil 3.3) Bulunan bu kütleler aşağıdaki formülde yerine konularak hacim ve özgül kütle değerleri bulunmuştur.



Şekil 3.3. Özgül Kütle Deneyi

Hacim (V) = Su ve malzeme dolu kavonoz kütlesi – (su dolu kavonoz kütlesi + malzeme kütlesi) ile hesaplanır.

$$\delta = \frac{m}{V} \quad \text{formülü ile özgül kütle hesaplanır. (g/cm}^3\text{)}$$

Burada;

δ : Özgül Kütle (g/cm³)

m : Kütle (g)

V : Hacim (cm³) dir.

3.1.4. Elek Analizi

Sıva içine giren malzemelerin dane boyutları dağılımının belirlendiği deneydir. Kuru ve yaş eleme olmak üzere iki yöntemi vardır. Taze harçlarda yaş eleme yöntemi, kuru eleme yöntemi ise hafif agrega ihtiva eden kuru karışımlarda uygulanır. Numune tavalar içerisine ince bir tabaka halinde serilir ve (100 ± 5)°C sıcaklığa ayarlı etüvde kurutulur. Kurutma işlemine 2 saat ara ile yapılan tartımda, numune kütlesinde 0,2 g'dan fazla sapma meydana gelmeyinceye kadar devam edilir. En altta toplama kabı (pan) bulunmak üzere, göz açıklığı alttan yukarı doğru artar şekilde eleklerin birbiri üzerine yerleştirilmesiyle elek takımı oluşturulur. Numunenin en üstteki elek üzerine dökülerek elenmeye başlanır, eleme işlemine, herhangi bir elek

üzerinde kalan numune kısmında, elle bir dakika süreyle yapılan eleme esnasında üzerinde kaldığı elekten, toplam malzeme kütlelerine oranla %0,2'den daha az geçme meydana gelinceye kadar devam edilir. Malzemenin elekten geçmesi için herhangi bir zorlama yapılmaz.



Şekil 3.4. Elek Analizi Deneyi

TS EN 1015-1 de belirlendiği üzere elek açıklıkları 4,00 mm, 2,00 mm, 1,00 mm, 0,50 mm, 0,25 mm, 0,125 mm 0.063 mm olan elekler arka arkaya dizilerek elek takımı oluşturulmuş ve en altta, üstteki eleklerle geçen toplama kabı eklenmiştir. [65]

Deney numunelerinin en az kuru kütlesi, en büyük dane büyüklüğü 4,00 mm ve altında kalan numuneler için 200g, 4 mm'in üzerinde olanlar içinse 600g dır.

Bu çalışmadaki deneyler mekanik olarak elle yapılmıştır. Elek üstünde kalan malzemeler 0.01g hassasiyette terazide tartılıp, elde edilen sonuçlar her elek için ayrı ayrı not alınmıştır. Belirlenen bu numune kütleleri toplanarak, toplam numune kütlesi bulunur.

Elek analizi karışım içine girecek agreganın granülometrisini, karışımın dayanımını, doluluk oranları, karışımın su miktarının tahmini konularında bilgi vermesi nedeniyle önem taşımaktadır.

3.1.5. Doluluk ve Boşluk Oranları (Kompasite ve Porozite)

Doluluk oranı, değişmez kütleye kadar kurutulmuş numunenin boşlukları hariç hacminin (dolu hacim), boşlukları dahil hacmine (bütün hacim) oranıdır.

$$K = \frac{\Delta}{\delta} \times 100 \quad \text{formülü ile doluluk oranı hesaplanır. (\%)}$$

Burada;

K = Numunenin Doluluk Oranı (m/m, %),

Δ = Numunenin Birim Kütle (g/cm³),

δ = Numunenin Özgül Kütle (g/cm³) dir.

Porozite, değişmez kütleye kadar kurutulmuş taşın, boşluk hacminin, boşlukları dahil hacmine oranıdır. [66]

$$P = 1 - \left(\frac{d}{\delta} \right) \times 100 \quad \text{formülü ile boşluk oranı hesaplanır. (\%)}$$

Burada;

P = Numunenin Porozitesi (v/v, %),

Δ = Numunenin Birim Ağırlığı (g/cm³),

δ = Numunenin Özgül Ağırlığı (g/cm³),

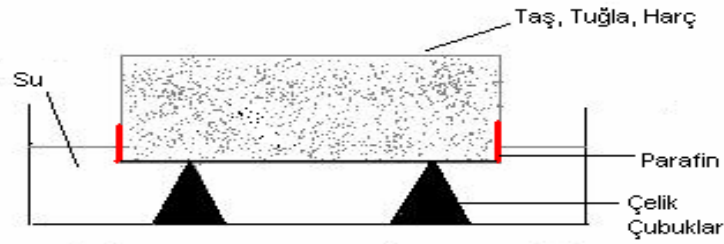
K = Numunenin Doluluk Oranı (m/m, %) dır.

Kompasite (K) + Porozite (P) = 1'dir.

3.1.6. Kılcal Su Emme

TS EN 1925'e göre deney numuneleri, (70°C ± 5)°C sıcaklıkta, havalandırılmalı bir etüvde sabit kütleye ulaşıncaya kadar kurutulur. Birbirini izleyen (24 ± 2) saat fasıllı iki tartım arasındaki fark numune kütlelerinin % 0,1'inden az ise, numunenin sabit kütleye ulaştığı kabul edilir. Numuneler, (20 ± 5)°C oda sıcaklığına erişinceye kadar bir desikatörde tutulur. Numunenin sadece tabandan su emmesi için kenarlarına yaklaşık 10 mm yüksekliğinde parafin sürülür. (Şekil 3.5)

Kurutma sonrası numuneler 0,1g yaklaşımla tartılır. 0,1 mm yaklaşımla suya değecek olan yüzeyin alanı hesaplanır. Deney numuneleri yalnızca altlarında kısmen mesnet vazifesi görecek olan metal dayanakların üzerine yerleştirilir. Numunelerin tabanı (3 ± 1) mm derinliğe daldırılır ve kronometre çalıştırılır. Deney boyunca su eklenerek tanktaki su oranı sabit tutulmaya çalışılır ve numunenin nemini buharlaşma yoluyla kaybetmemesi amacıyla tankın kapağı kapatılır. Belirlenen zaman aralıklarında her bir numune sudan çıkarılır, kuru bölümünden tutularak nemli bir bez yardımıyla bütün su damlacıkları yüzey üzerinden uzaklaştırılır. Olabildiğince çabuk bir şekilde 0,01g yaklaşımla tartılır. Sonra yeniden tanka yerleştirilir. Numunenin su emiş özelliğine göre gittikçe artan zamanlarla yapılan deney süreleri % 5 yaklaşımla ölçülür. En az 7 ölçüm gereklidir. Ardışık iki tartım arasındaki fark numunenin emdiği su kütlesinin % 1'inden az ise deneyin sona erdiği kabul edilir. [67]



Şekil 3.5. Kılcal Su Emme Deneyi Düzenegi

$$C = \frac{m_d - m_i}{A \sqrt{t}} \quad \text{formülü ile kılcallık katsayısı hesaplanır. (g/m}^2 \text{ dak}^{0,5})$$

Burada;

C = Kılcal su emme katsayısı ($\text{g/m}^2 \text{ dak}^{0,5}$),

m_i = Numunenin kuru kütlesi (g),

m_d = Belirtilen zamanda numunenin doygün kütlesi (g),

A = Su emme yüzeyinin alanı, (m^2),

t = Zaman, (dak) dır.

Kireç harcı numuneleri için seçilen süreler; (1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144, 169, 196, 225) dakika olarak kabul edilmiştir.

3.1.7. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme

TSE 699'a göre deney numuneleri yüzeyleri temizlendikten sonra, içinde $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ oda sıcaklığında su bulunan uygun büyüklükte ve derinlikte bir kap içerisine, yüksekliklerinin yaklaşık $\frac{1}{4}$ 'üne kadar suya daldırılırlar. Bu durumda 1 saat bekletildikten sonra $\frac{1}{2}$ 'sine kadar suya batacak şekilde su ilave edilir, bu durumda 1 saat kadar daha bekletilir. Aynı şekilde $\frac{3}{4}$ 'üne kadar suya batacak şekilde aynı sıcaklık aralığında bulunan su ilave edilerek 1 saat bekletildikten sonra deney numuneleri suyun içine tamamen batacak şekilde su ilave edilir. Bu durumda 45 saat süre ile bekletilir. Bu süre zarfında kaptaki su yüksekliğinin deney numunelerinin üzerini yaklaşık 1,5-2 cm örtecek seviyede olması sağlanmalı, deney numuneleri üzerinde oluşacak hava kabarcıkları uygun bir yöntemle giderilmelidir. (Şekil 3.6.) Deneyin başlangıcından itibaren 48 saat sonunda sudan çıkarılan deney numuneleri, ıslatılarak sıkılmış bir bez ile silinerek üzerindeki su damlaları alındıktan sonra bekletilmeksizin 0,1 g hassasiyetle tartılır. Deney numuneleri tekrar suya daldırılır. Bu tartma işlemi 24 saat aralıklarla deney numuneleri değişmez kütleye gelinceye kadar tekrarlanır. 24'er saatlik ara ile bulunan kütleleri arasında % 0,1'den fazla fark bulunmazsa bu kütlenin değişmez kütle olduğu kabul olunur. (G_d)

Doygun haldeki deney numuneleri arşimet terazisinde 0,1g hassasiyetle tartılarak su içindeki kütleleri bulunur. (G_{ds})



Şekil 3.6. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Deneyi.

Daha sonra deney numuneleri değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulur. Desikatör içinde oda sıcaklığına geldikten sonra 0,1g hassasiyetle tartılarak kuru kütlesi bulunur. (G_k) [66]

$$S_k = \frac{G_d - G_k}{G_k} \times 100 \text{ formülü ile kütlece su emme oranı hesaplanır. (m/m, \%)}$$

$$S_h = \frac{G_d - G_k}{G_d - G_{ds}} \times 100 \text{ formülü ile hacimce su emme oranı hesaplanır. (V/V, \%)}$$

Burada;

S_k = Numunenin kütlece su emme oranı (m/m, %),

S_h = Numunenin hacimce su emme oranı (v/v, %),

G_k = Değişmez kütleye kadar kurutulmuş deney numunesinin kütlesi (g),

G_d = Doygun haldeki deney numunesinin havadaki kütlesi (g),

G_{ds} = Doygun haldeki deney numunesinin su içindeki kütlesi (g) dir.

3.1.8. Buhar Geçirgenliği

Bir polistiren köpük levha üzerine daire şeklindeki bir kalıp konarak içine sıva tabakası dökülür. Metal mala ile üstü iyice düzeltilir. Sıvanın kalıptan taşmamasına dikkat edilir. Beş gün sonra köpük levha kesilerek sıva filmi kalıptan çıkarılır. Sıva tabakasından polistren köpük çıkarıldıktan sonra sıvada çatlak kontrolü yapılır, varsa bir daha dökülür.

Sıva tabakası en az 28 gün $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ ve % (50 ± 5) nispi nem ortamında bekletildikten sonra buhar geçirgenlik deneyine başlanır. Çelik kabın içine bir miktar CaCl_2 koyulduktan sonra içine sıva tabakası oturtulur. Çelik kap ile sıva yüzeyinin birleştiği kısma hava geçirimsizliği sağlayacak ince bir tabaka parafinle kaplanılır, düzenek hassas terazide tartılır. (Şekil 3.7)

Hazırlanan bu düzenek, içinde nem ve sıcaklık ölçülerinin okunabildiği bir desikatörde bekletilerek her 24 saate bir (en az 5 gün) tartılarak ağırlık artış değerleri kaydedilir. Ağırlık artış farkları ortalaması alınarak sıvadan geçen su buharı miktarı ortalaması (I) hesaplanır ve aşağıda belirtilen formülde yerine konularak buhar geçirgenlik katsayısı (μ) elde edilir. [68]



Şekil 3.7. Su Buharı Geçirgenlik Deney Düzeneği

Buhar geçirgenlik direnci katsayısının (μ) tespiti için kullanılan formül şöyledir.

$$\mu = \frac{1}{d} \left(\int_H \times A \frac{P_1 - P_2}{I} - d_H \right)$$

Burada;

μ : Buhar geçirgenlik direnç katsayısı,

d : Sıvanın kalınlığı (m),

\int_H : Havanın su buharı iletkenliği ($6,89 \cdot 10^{-6}$) 1030mbar atmosferik basıçta,

A : Sıva tabakasının üst yüzey alanı (m^2),

P_1 : Sıvanın dış yüzeyinde oluşan ortalama basınç (kg/m^2),

P_2 : Sıvanın iç yüzeyinde oluşan ortalama basınç (kg/m^2),

I : Geçen su buharı miktarı (kg/h),

d_H : Numune altında kalan havanın kalınlığı (m) dir.

3.2. MEKANİK ÖZELLİKLERİ BELİRLEME DENEYLERİ

Hazırlama

TS EN 1015-11 Standardı kalıba dökülerek hazırlanmış, sertleşmiş harç numunelerin basınç ve eğilme dayanımının tayini metodunu kapsar. Deney numuneleri, 40x40 x160 mm ebatlarında prizma şekilli olmalıdır. En az üç numune hazırlanmalıdır.

Basınç dayanımı deneyinde, prizmaların ortadan ikiye bölünmesiyle oluşan altı adet yarım prizma numune kullanılır. Aksi belirtilmedikçe, 28 günlük olarak deneye tâbi tutulmak üzere üç adet numune veya harçta geciktirici katkı kullanılmışsa daha fazla sayıda numune hazırlanır. Kalıplar temizlenir ve kullanım için hazırlanmış kalıpların iç yüzleri, harç yapışmasını önlemek üzere madeni bir yağla ince bir tabaka halinde yağlanır.

Hidrolik bağlayıcılı harçlar ve hava kireci kütlelerinin toplam bağlayıcı kütlelerine oranının %50'yi geçmediği hava kireci+çimento harçları için döküm yapılırken kalıp, yaklaşık eşit kalınlıkta iki tabaka halinde, her tabaka 25 defa tokmaklanıp sıkıştırılarak harçla doldurulur.

Muhafaza (kür) Şartları

Kalıplar, rutubetli oda veya yalıtılmış polietilen torbalar içerisine konur. Çizelge 3.1'de verilen sürenin ardından numuneler kalıptan çıkarılır ve vakit kaybedilmeden üçgen çıkıntılar ihtiva eden ızgaralar üzerine yerleştirilerek Çizelge 3.1'de tarif edilen şartlar ve sürelerle muhafaza edilir. [69]

Çizelge 3.1. Numunelerin Hazırlanma Muhafaza (kür) Şartları. [69]

Harç Tipi	20 °C ± 2 °C sıcaklıkta muhafaza süresi		
	Bağıl Nem		
	%95 nem veya polietilen torba içerisinde		%65 nem
	Kalıp İçerisinde	Kalıpsız	Kalıpsız
Hava Kireci Harçları	5 gün	2gün	21 gün
Çimento kütlelerinin toplam bağlayıcı kütlelerine oranının % 50 yi geçmediği hava kireci+çimento harçları	5 gün	2 gün	21 gün
Çimento harçları ve hava kireci kütlelerinin, toplam bağlayıcı kütlelerine oranının %50'yi geçmediği harçlar.	2 gün	5 gün	21 gün
Diğer hidrolik bağlayıcı harçlar	2 gün	5 gün	21 gün
Geciktiricili Harçlar	5 gün	2 gün	21 gün

3.2.1. Eğilme Dayanımı

Harç eğilme dayanımı, kalıba dökülerek hazırlanmış, sertleşmiş harç prizma numunelerin üç noktadan, kırılıncaya kadar yüklemeye tâbi tutulmasıyla belirlenir. Harç basınç dayanımı, eğilme deneyi sonucunda ortaya çıkan iki prizma parçası üzerinde tayin edilir.

Numuneler, aksi belirtilmedikçe normal olarak dökümden itibaren 28 gün, harçta geciktirici katkı kullanılmışsa daha geç sürede, muhafaza edildikleri ortamdan alındıktan hemen sonra deneye tabi tutulur. Mesnet ve harç numune yüzeyleri, temiz bir bezle, yapışmış gevşek malzemenin uzaklaştırılması için silinir. Numuneler, yüzeylerinden birisi (kalıbın çelik levha kısmına temas eden yüzlerden birisi) mesnete temas edecek şekilde yerleştirilir. (Şekil 3.8)



Şekil 3.8. Eğilme Dayanımı Presi

Numuneye, yükte ani sıçrama olmaksızın, 30 saniye ile 90 saniye süre içerisinde kırılma meydana gelecek şekilde, 10 N/s ile 50 N/s arasında yükleme hızı sağlanarak, kırılıncaya kadar sabit hızda yük uygulanır.

Uygulanan en yüksek yük Newton olarak kaydedilir. Basınç dayanımı da belirlenecekse, deney sonucunda ortaya çıkan kırılmış prizma parçaları tekrar muhafaza odasına konularak deney anına kadar orada tutulur. [69]

Eğilmede çekme dayanımı, (f), aşağıda verilen eşitlik kullanılarak N/mm^2 olarak hesaplanır :

$$f = 1,5 \times \frac{F_{\max} \times L}{b \times d^2} \quad (N/mm^2)$$

Burada;

f : Eğilmede çekme dayanımı (N/mm^2),

F_{\max} : Kırılmadan önce numuneye uygulanan en büyük yük (N),

L : Mesnet silindirlerinin eksenleri arasındaki mesafe (mm),

b : Numune Genişliği (mm),

d : Numune Yüksekliği (mm) dir.

Numunelerin deney anındaki ve kalıptan çıkarılma zamanlarındaki yaşları kaydedilir.

3.2.2. Basınç Dayanımı

Aksi belirtilmedikçe numuneler, normal olarak dökümden itibaren 28 gün, harçta geciktirici katkı kullanılmışsa daha geç sürede, muhafaza edildikleri ortamdan alındıktan hemen sonra veya eğilme deneyinden hemen sonra deneye tâbi tutulur. Harç numunenin kalıba temas eden yüzeylerinde yapışmış herhangi gevşek malzeme uzaklaştırılır. Deney makinası (pres) yükleme başlıkları ve yükleme parçası basınç başlıkları temiz bir bezle silinir ve numune, yükleme parçası içerisine, yüklemenin kalıbın çelik yüzeyine temas eden numune yüzeylerinden birisine yapılması temin edilecek şekilde yerleştirilir.



Şekil 3.9. Basınç Dayanımı Presi

Numuneye, yükte ani sıçrama olmaksızın, 30 saniye ile 90 saniye süre içerisinde kırılma meydana gelecek şekilde, 50 N/s ile 500 N/s arasında yükleme hızı sağlanarak, kırılıncaya kadar sabit hızda düzgün olarak artan yük uygulanır.

Deneyde uygulanan en yüksek yük Newton olarak kaydedilir.

Basınç dayanımı, numunenin taşıyabildiği en fazla yükün, numunenin yük uygulanan kesit alanına bölünmesiyle hesaplanır. Her numunenin basınç dayanımı, en yakın 0,05 N/mm² 'ye yuvarlatılarak kaydedilir. Ortalama dayanım 0,1 N/mm² yaklaşımla hesaplanır. Numunelerin deney anındaki ve kalıptan çıkarılma zamanlarındaki yaşları kaydedilir. [69]

$$\sigma_k = \frac{P_{\max}}{A} \quad \text{formülü ile basınç dayanımı hesaplanır. (N/mm}^2\text{)}$$

Burada;

σ_k : Basınç dayanımı (N/mm²)

P_{\max} : Kırılma Yüğü (N)

A : Numunenin basınç uygulanan alanı (mm²) dir.

3.2.3. Ultra Ses Hızı

Frekansı 16.000'in üzerinde olan ve insan kulağı tarafından işitilmeyen ultra ses dalgaları katı, sıvı ve gaz içinde belirli bir hız ile yayılır. Ultra ses dalgaları da ışık dalgaları gibi yayılır, yansır, kırılır ve difraksiyona uğrar. Ultra ses deney tekniğinde, ses dalgaları cisme, boşluk bırakılmaksızın temas ettirilen piezoelektrik transduser ile gönderilir ve aynı transduser yardımı ile alınır.

Alıcı ve verici probler arasındaki ses dalgalarının iletim süresi ve hızı zaman ölçer devre ile ölçülür. Cismin yoğunluğu düşük veya bünyesinde çatlaklar var ise ses dalgalarının yayını ve dolayısıyla ses geçiş hızı düşük olur.

Ultra ses geçiş hızını ölçüceğimiz numunenin karşılık iki yüzeyi arasına veya dolaylı ölçüm yapılacak ise doğrudan aynı yüze yerleştirilen probler yardımıyla ses geçiş süresi (t:µs) ölçülür ve ses geçiş hızı (V: km/s) hesaplanır. [70]



Şekil 3.10. Ultra Ses Deneyi

Ses geçiş hızının yüksek olması, boşlukların az dolayısı ile dayanımın yüksek olduğu anlamına gelir. Ancak bu deney, dayanımın belirlenmesi için tek başına yeterli değildir. Diğer ölçümlerle birlikte değerlendirilmelidir.

Bu deney yapılırken dikkat edilecek hususlardan birisi, numunede boşluğun kalmasını önlemektir. Yüzeylerde boşluğu önlemek için alıcı ve verici proplar ile malzemenin arasına ince bir katman halinde vazelin gibi bir jel sürülmelidir. [71]

$$V = \frac{S}{t} \times 10^3 \quad \text{formülü ile ultra ses dalga hızı hesaplanır. (km/sn)}$$

Burada;

V : Ultra ses dalga hızı (km/s)

S : Numunenin ses dalgası gönderilen ve alınan iki yüzeyi arasındaki mesafe (m)

t : Ultra ses dalgası geçiş süresi (μ s) dir.

Bir malzemenin dinamik elastisite modülü; birim ağırlık ve ultra ses hızının bilinmesiyle hesaplanır. Ultra ses hızı ile elde edilen elastisite modülü yüksekse, malzeme korozyonda o denli yüksek mukavemet gösterir. [72]

Numunenin ultra ses hızı ve birim ağırlığından yararlanılarak elastisite modülü aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.

$$E_d = 10^5 \times V^2 \times \frac{\Delta}{9,81} \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

Burada;

E_d : Dinamik Elastisite Modülü (kgf/cm^2),

V : Ultrases Hızı (km/s),

Δ : Numunenin Birim Hacim Kütlesi (kg/cm^3)'dir.

Dinamik elastisite modülü (E_d), gerilme deformasyon eğrisinden yararlanılarak belirlenen elastisite modülünden (E_g) daima büyük değerler gösterir. Bunun sebebi ultrases ölçümü sırasında çok küçük gerilmeler altında malzemenin boşluklarında sıkışmış halde duran suyun malzemenin deformasyonuna karşı koymakta ve böylece elastisite modülünün artmasına sebep olmaktadır. [73]

3.2.4. Sertleşmiş Harcın Alt Tabakaya Yapışma Dayanımı

Yapışma dayanımı alt tabaka üzerine uygulanmış harcın yüzeye dik olarak doğrudan yük uygulanmasıyla TS-EN 1015-12'ye uygun biçimde belirlenmiştir. Harç tabakasının yapışma dayanımının ölçülmesi istenen tuğla, gazbeton, beton v.b gibi değişik karekterdeki malzeme yüzeylerine yaklaşık 1cm kalınlığında bir harç tabakası uygulanır. Uygulanan yüzey toz ve kirlere arındırılmalı ve hafifçe ıslatılmalıdır. İç çapı 50 mm olan kesik konik şekilli halkalar, harç tabakası uygulandıktan ve priz başladıktan sonra, taze harç üzerine keskin kenarları gelecek şekilde alt tabakaya değinceye kadar iyice bastırılarak etrafındaki sıva tabakasından ayrılması sağlanır. Bastırılan halkalar arasındaki mesafenin 5 cm den büyük olmasına dikkat edilir. Mevcut halkalar daha sonra dikkatli bir biçimde yerlerinden çıkarılırlar.

Taze harç sertleştikten sonra her karışım oranı için üretilen toplam 3 plaka yapışma dayanımı tayini deneyinin yapılacağı 28 günlük süre içinde oda sıcaklığında ve ortalama % 65 bağıl neme sahip laboratuvar ortamında bekletilir. Yapışma dayanımı yapılacağı gün, çekme plakaları, deneyin uygulanacağı dairesel alanlara, epoksi reçinesi kullanılarak yapıştırılır. Yapışma sağlandıktan sonra çekme plakaları

aracılığı ile 20 N/s hızla yüzeye dik çekme kuvveti uygulanmış ve harçların yapışma dayanımları belirlenmiştir. [74]



Şekil 3.11. Sertleşmiş Harcın Yapışma Dayanımı

$$f_a = \frac{P_{\max}}{A} \quad \text{formülü ile basınç dayanımı hesaplanır. (N/mm}^2\text{)}$$

Burada;

f_a : Yapışma dayanımı (N/mm²)

F : Maksimum çekme yükü (N)

A : Numunenin çekme uygulanan alanı (mm²) dır.

3.3. Taze Harç Kıvam Belirleme

Taze harç, kireç, puzolan, kum ve toprak malzemenin değişik oranlarda bir araya getirilip belirlenen miktarlarda suyla karıştırılmasından elde edilmiştir. Bu harcın hazırlanmasında kullanılan agrega malzeme boyutu maksimum 2 mm'dir. Kireç hamuru ve puzolan bir kap içerisinde elle iyice karıştırılmıştır. Hava alması önlenerek bir gün bekletilmiş, bu süre sonunda kum toprak ve suyla birleştirilerek taze harç üretilmiştir. İstenilen sıva kıvamının elde edilebilmesi için gerekli su miktarının belirlenebilmesi gerekmektedir. Taze Harç Kıvam Tayini deneyi yapılarak su/bağlayıcı oranı bulunmuştur. Taze harç kıvam tayini deneyi TS EN 1015-3'e uygun olarak aşağıda açıklandığı gibi yapılmıştır.

Standard şekil ve ölçüye sahip yayılma tablası üzerine, 60 mm yükseklik alt yüz iç çapı 100 mm, üst yüz iç çapı 70 mm, et kalınlığı en az 2 mm olan paslanmaz çelik veya pirinçten kesik koni şeklindeki kalıp yardımıyla yerleştirilen ve yayılma tablasını yukarı doğru kaldırıp, belirli yükseklikten serbest bırakarak düşürülen taze harç numunenin yayılma değeri, yayılan harç numunenin ortalama çapının ölçülmesiyle belirlenir.

Her deneyden önce, dairesel levha ve kesik koni şekilli kalıbın iç ve dış yüzü ve kenarları temiz ve nemli bir bezle silinip kurulandıktan sonra çok düşük vizkoziteli, reçinesiz madeni bir yağla hafifçe yağlanır. Tabla 24 saatlik süre içerisinde kullanılmamışsa, deneyden önce 10 defa düşürülerek çalıştırılır. Kalıp, yayılma tablasının dairesel levhası üzerine merkezlenerek yerleştirilir ve harç, kalıp içerisine iki tabaka halinde her harç tabakasına tokmak ile , harç yüzeyine düzgün şekilde dağılan en az 10 kısa vuruş yapılarak sıkıştırılmak suretiyle doldurulur. Doldurulma esnasında kalıp, diğer elle yayılma tablasının levhasına doğru bastırılır. Kalıp üst yüzünden taşan fazla harç tesviye bıçağı ile sıyrılarak alınır ve dairesel levhanın boş kısmı silinerek temizlenir ve kurulanır, bu esnada özellikle kalıp alt kenarı etrafındaki su kalıntılarının alınmasına özellikle dikkat edilir. Yaklaşık 15 saniye sonra, kalıp düşey olarak yukarıya doğru yavaşça çekilerek alınır ve dairesel levha üzerinde kalan harç kütlesi, yayılma tablası yaklaşık olarak saniyede bir defa olmak üzere, sabit sıklıkta 15 defa düşürülerek levhaya yayılır. Yayılan harç kütlesinin çapı, birbirine dik iki doğrultuda pergel ile ölçülür. Ölçme sonuçları mm olarak ve en yakın milimetreye yuvarlatılmak suretiyle verilir. Birbirine dik doğrultuda yapılan iki ölçme değerinin aritmetik ortalaması hesaplanır. Bu ortalama değer harç numunenin yayılma değeridir.

Analiz bölümünde özellikleri verilen malzemeler literatür taramasında daha önce yapılan deneyler ve örnek tablolar göz önüne alınarak en uygun doğal puzolanlı kireç harcı karışım oranları belirlenmiş ve bunlara çeşitli oranlarda toprak eklenmesiyle 5 seri harç üretimi yapılmasına karar verilmiştir. Numunelerin kodlanması ve harç karışım oranları Çizelge 3.2 de verilmiştir. Tablodaki oranlar malzeme hacimlerinin kireç hacmine oranlanmasıyla elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Malzeme Karışım Oranları

Numune Kodu	Açıklama	Kireç	Doğal Puzolan	Kum	Toprak
S1	Doğal Puzolan Katkılı Kireç Harcı	1	0,5	3	0
S2	1/3 Oranında Toprak Eklenmiş Karışım	1	0,5	2	1
S3	1/2 Oranında Toprak Eklenmiş Karışım	1	0,5	1,5	1,5
S4	2/3 Oranında Toprak Eklenmiş Karışım	1	0,5	1	2
S5	Tamamı Toprak Agregalı Karışım	1	0,5	0	3

Kuru karışım oranları yukarıda belirlenen harç numuneleri dökülecekleri kalıpların hacimleri ve kaçar tane dökülecekleri belirlendikten sonra özgül ağırlıkları ile hacimleri ağırlığa döndürülerek kaçar gram malzeme kullanılacağı bulunmuştur. Su oranları kireç ağırlığının %60'ı kadar bir miktarla (kireç hamurundaki su miktarı) başlanmış kıvam tayini deneyleri ile gittikçe arttırılarak uygun oranlar tespit edilmiştir. Kireç hamurunun içindeki su oranı hesaplanmış karışım suyuna eklenmiştir.

Karışımındaki kireç ve doğal puzolan oranları serilerin tümünde sabit tutulmuş kum ve toprak oranları değiştirilmiştir. 16 saat önceden hazırlanan kireç hamuru ve puzolan karışımına toprak, kum karışımı ilave edilerek elle iyice karıştırılmıştır.(Şekil 3.12)



Şekil 3.12. Kireç Hamuru ve Doğal Puzolan Karışımı

Gerekli taze harç miktarının bulunması için öncelikle kalıp hacmi hesaplanmış daha sonra bu kalıbı dolduracak malzemelerin her birinin hacimleri hesaplanmıştır. Bu hacim değerleri daha önceki deneylerle tespit edilen özgül ağırlık değerleri ile çarpılarak kullanılacak her bir malzemenin gram olarak karşılığı bulunmuştur.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARI

4.1. Karışımda Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

4.1.1. Kireç

Bursa Orhangazi'deki kireç üretim tesisinden sönmemiş olarak alınan kireç laboratuvar ortamında söndürülmüştür. Söndürülme esnasında oda sıcaklığında ki şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Kireç taşları içine yavaş yavaş katılan kireç kütlelerinin %75'i oranındaki su, bir müddet sonra karıştırılarak reaksiyonun hızlanması sağlanmış yoğun sönme reaksiyonunu tamamlanmasından sonra kireç tabakasının üstünü 10 mm geçecek kadar su ilavesi yapılmıştır. Karışım deneylere başlamadan önce üç hafta bekletilmiştir. Kireç ocağından alınan kirecin kimyasal özellikleri Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Sönmemiş Kirecin Kimyasal Özellikleri

Aktif CaO	%85
MgO	%1,5
SO ₃	%0,8
CO ₂	%5,0
Asitte Çözünemeyen Madde + SiO ₂	%1,0
Metal Oksitler R ₂ O ₃	%0,5
Verimlilik	3,0 kg/l

TS EN 459-1'e göre uygunluk kriterleri belirlenen kirecin deneysel metotlarının belirlenmesi içinde TS EN 32 459-2 den yararlanılmıştır.

4.1.2. Doğal Puzolan

Deney çalışmalarında İ.T.Ü. malzeme laboratuvarında bulunan daha önce ‘Anemas zindanlarında kullanılacak onarım harçları için puzolan araştırması’ isimli çalışma için kullanılan Kaytazdere tüfü kullanılmıştır. Malzemenin bu araştırma kapsamında yapılan analiz sonuçları aşağıda açıklanmıştır.

Puzolan volkanik tüf ocaklarının yoğun bir şekilde bulunduğu Yalova Karamürsel bölgesindeki Kaytazdere’de bulunan tüf ocağından alınmıştır. Açık renkli asit karakterli bu tüflerde bol miktarda höylandit-klinoptilolit türü zeolitler bulunmaktadır.



Şekil 4.1. Kaytazdere’de Bulunan Doğal Puzolan Kaynaklarının Fotoğrafları

Bu puzolan örneğinde XRF yöntemi ile kimyasal analiz, kızdırma kaybı ve X-ışını analizleri yapılmıştır. Sonuçları 4.2 ve 4.3 no’lu çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Puzolanik Malzemenin Kimyasal Analiz Sonucu, (TÜBİTAK).

Örnek	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	CaO %	MgO %	Na ₂ O %	K ₂ O %	MnO %	P ₂ O ₅ %	K.K. %	Toplam %
BT	61,23	16,76	3,42	0,56	5,97	1,29	3,16	1,08	-	-	6,51	100,00

TS 25’e göre, puzolan maddenin sahip olması gereken kimyasal özellikleri ;

SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ = en az %70,

MgO = en çok % 5 ,

SO₃ = en çok % 3,0 olmalıdır.

Yukarıdaki çizelgede de görüldüğü gibi Kaytazdere puzolanında;

$$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \% 81,42$$

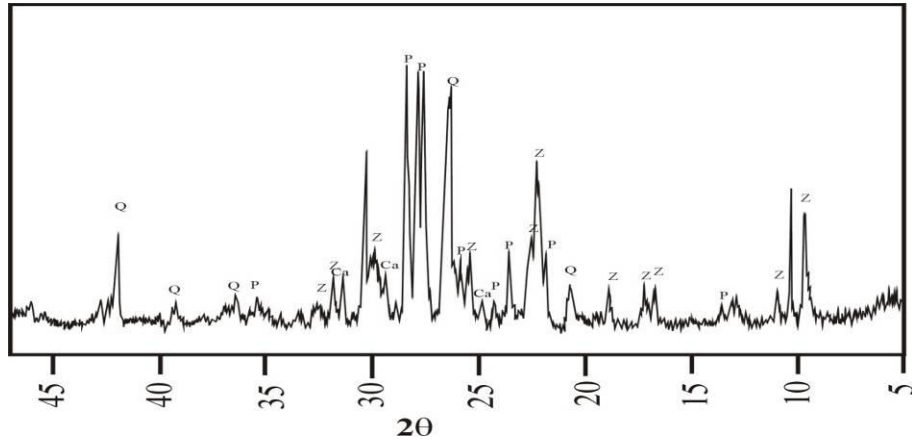
$$\text{MgO} = \% 1,3$$

$\text{SO}_3 = 0$ bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Puzolanik Malzemenin Kızdırma Kaybı Analizi Sonucu

Örnek	500°C kayıp %	1000°C kayıp %
BT	2,69	3,76

TS 25'e göre; puzolanın kızdırma kaybı en çok %5 olmalıdır. Çizelge 4.3'de görüldüğü gibi bu puzolanda %3,76 bulunmuştur.



Şekil 4.2. Kullanılan Doğal Puzolanın XRD grafiği, (İ.Ü. X-ışını Laboratuvarı)
P: Plajiolklas, **Q:** Kuvars, **Z:** Zeolit, **Ca:** Kalsit
P>Q>Z>Ca

Puzolanik aktivite deneyleri, TS 25 Trass standardına uygun olarak yapılmıştır. Deneylerde kullanılan kireç, sönmemiş olarak alınmış laboratuvar ortamında söndürülüp su oranı hesaplanarak katılma miktarları belirlenmiştir.

Puzolan özgül ağırlığı = 2,49 g/cm³ ortalama olarak bulunmuştur.

Puzolan 125 µ eleklerden elenmiş olarak kullanılmıştır.

TS 25'e göre oranlar:

Sönmüş Kireç = 150 g (susuz)

Puzolan = 2x 150 x Puzolan Özgül Kütlesi / Kirecin Özgül Kütlesi

Standart Kum = 1350 g.

Su = 0.5 x (150 + Puzolan)

Bu karışımdan 3 adet 40x40x160mm'lik numune dökülmüştür. Bu numuneler polietilen torba içinde hava almayacak şekilde %100 nemli olan ortamda; 60 °C'lik etüvde, 1 hafta boyunca bekletilmiş, 1 hafta sonunda etüvden çıkarılmış, 4 saat ortamda bırakıldıktan sonra eğilme ve basınç testleri yapılmıştır. Çizelge 4.4'te bu sonuçlar verilmektedir.

Çizelge 4.4. Puzolan Karışıklı Numunelerin Eğilme ve Basınç Deneyi Sonuçları

Numune	A (mm)	b (mm)	Eğilme Yüğü (N)	Eğilme Dayanımı (N/mm ²)	Basınç Yüğü 1 (N)	Basınç Yüğü 2 (N)	Basınç Dayanımı (N/mm ²)
BT1	41,07	39,86	1100	2,53	20000	21000	12,52
BT2	41,25	39,79	1150	2,64	22000	22000	13,4
BT3	41,38	39,77	1300	2,98	22000	22000	13,4

TS 25 standardına göre bir malzemenin puzolanik özellik taşıyıp taşımadığını anlamak için gereken minimum değerler aşağıda gösterilmiştir:

$$\text{Eğilme dayanımı} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Basınç dayanımı} = 4 \text{ N/mm}^2$$

Tüm bu değerlere göre, Kaytazdere'den çıkan malzemenin puzolanik özelliğinin oldukça iyi olduğu görülmektedir.

4.1.3. Kum

Deneylerde kullanılan kum yıkanmış dere kumudur. Bu kum her yerde rahatça bulunabilen bir malzeme olması ve granülometriyi iyileştirmek amacıyla kullanılmıştır. Malzeme 2 mm göz açıklıklı kare elekten elenerek kullanılmıştır.

4.1.4. Toprak

Kullanılacak toprağın kil oranı bağlayıcılığı ve mukavemeti, granülometrisi ise poroziteyi etkiler. Yapıya uygun toprağın seçilmesi için önce basit bir takım tespitler yoluyla arazide test edilen toprak uygun olduğu düşünülürse laboratuvar şartlarında deneylere tabii tutulur. Daha önce tanımı yapılan görme, dokunma, parlaklık, küre denemesi gibi basit testlerden geçen Sarıyer Uskumruköy'den alınan toprak kullanılmaya uygun görülmüştür. Toprak zeminden yaklaşık 1,00 m derinlikten alınmıştır. Daha sonra kurutulup ufalanmış 2 mm'lik elekten geçirilerek deneylerde kullanılabilir hale getirilmiştir. Mineral ve organik maddelerle su ve havadan oluşan toprakta, değişik büyüklükte daneler toprağın katı kısmını oluşturur. Çakıl, kum, silt

ve kilden meydana gelen mineral kısım “Tekstürel Parçalar” olarak adlandırılır. Bu parçalar dane büyüklüklerine bağlı olarak İsveç’li toprak bilgini Atterberg tarafından Çizelge 4.5 de görüldüğü gibi sınıflandırılmıştır. [27]

Çizelge 4.5. Topraktaki Tekstürel Parça Büyüklükleri [27]

Malzeme	Çap Sınırları (mm)
Çakıl	20,00 – 2,00
Kaba Kum	2,00 – 0,20
İnce Kum	0,2 – 0,02
Silt	0,02 – 0,002
Kil	0.002’den küçük

4.2. Karışımda Kullanılan Malzemelere Ait Ön Deneyler

Bu bölüm karışımda kullanılan kireç hamuru, puzolan, kum ve toprağın laboratuvar ortamında yapılan analiz deneylerini kapsamaktadır.

4.2.1. Nem Oranı Belirleme Sonuçları

Yapılan deney de kireç hamurundaki su oranı %60 olarak bulunmuştur. Sıva karışımlarındaki su oranına kireç suyu göz önüne alınarak eklemelerde bulunulmuştur.

Nem oranı ile ilgili yapılan deneylerde Kaytazdere Puzolanının nem oranı %0,3 kumun nem oranı %1 toprağın nem oranı ise % 4 olarak belirlenmiştir.

4.2.2. Birim Hacim Kütle Belirleme Sonuçları

Birim hacim kütlesi ile ilgili deneylerde kirecin birim hacim kütlesi $1,28 \text{ g/cm}^3$, puzolanın birim hacim kütlesi $1,39 \text{ g/cm}^3$, kumun birim hacim kütlesi $1,67 \text{ g/cm}^3$, toprağın birim hacim kütlesi $1,24 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir.

4.2.3. Özgül Kütle Belirleme Sonuçları

Özgül kütle ile ilgili yapılan deneylerde kirecin özgül kütlesi 2.18 g/cm^3 , puzolanın özgül kütlesi $2,49 \text{ g/cm}^3$, kumun özgül kütlesi $2,68 \text{ g/cm}^3$, toprağın özgül kütlesi $2,34 \text{ g/cm}^3$ olarak tespit edilmiştir.

4.2.4. Elek Analizi Sonuçları

Doğal Puzolan Elek Analizi

Puzolanı ile ilgili laboratuarda elek analizi deneyi yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 4.6'da açıklanmıştır;

Puzolan elek analizi için, 0.250 mm, 0,125 mm, 0,063 mm ve 0.032 mm'lik elekler kullanılmıştır.

Çizelge 4.6. Kaytazdere Puzolanı Elek Analizi Sonuçları

Elek Boyutu (mm)	0.250mm	0.125mm	0.063mm	0.032mm	Toplama kabı
Elek Üstü Malzeme (g)	0	49.23	96.48	50.35	2.32
Elekten Geçen Malzeme Yüzdesi	100	75	26.5	10	-

Kum Elek Analizi

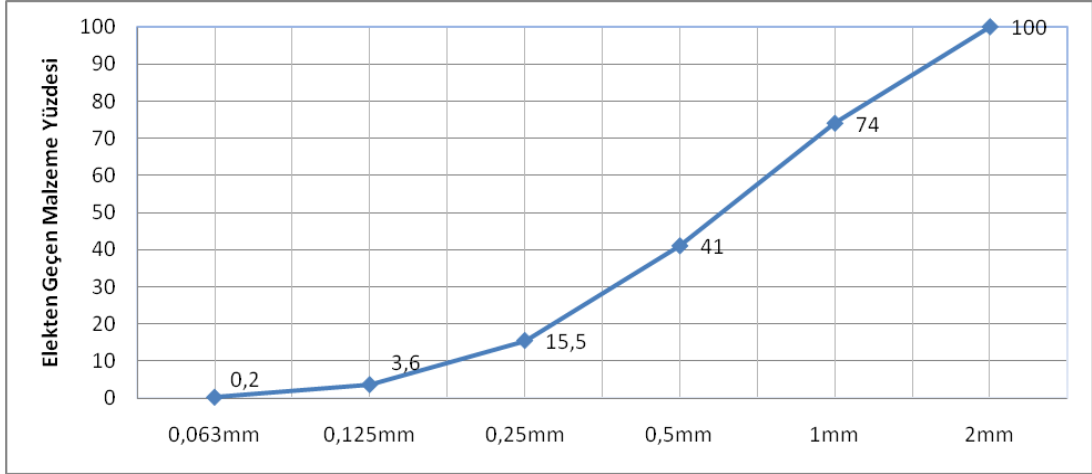
Sıva harcı yapımında kullanılacak kum 2 mm üzerindeki danelerden arındırılmak üzere öncelikle 2 mm'lik elek ile elenmiş daha sonra elek analizi yapılmıştır.

Çizelge 4.7. Kumun Elek Analizi

Elek Aralığı (mm)	Top. Kabı	0.63mm	0,125mm	0,25mm	0,50mm	1mm	2mm
Elek Üstü Malzeme (g)	0,75	10,16	35,28	77,47	96,35	78,49	0
Elekten Geçen Malzeme Yüzdesi	-	0,2	3,6	15,5	41	74	100

Yapılan deneylerde aşağıdaki değerlere ulaşılmıştır:

Elek Analizi : 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm eleklerden oluşan bir takım hazırlanmış, 300 g kum mekanik olarak elle ve kuru yöntemle elenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.7’de açıklanmıştır.



Şekil 4.3. Kumun Granülometri Eğrisi

Toprağın Elek Analizi

Elek analizi yoluyla topraktaki kil ve şist oranının belirlenmesi:

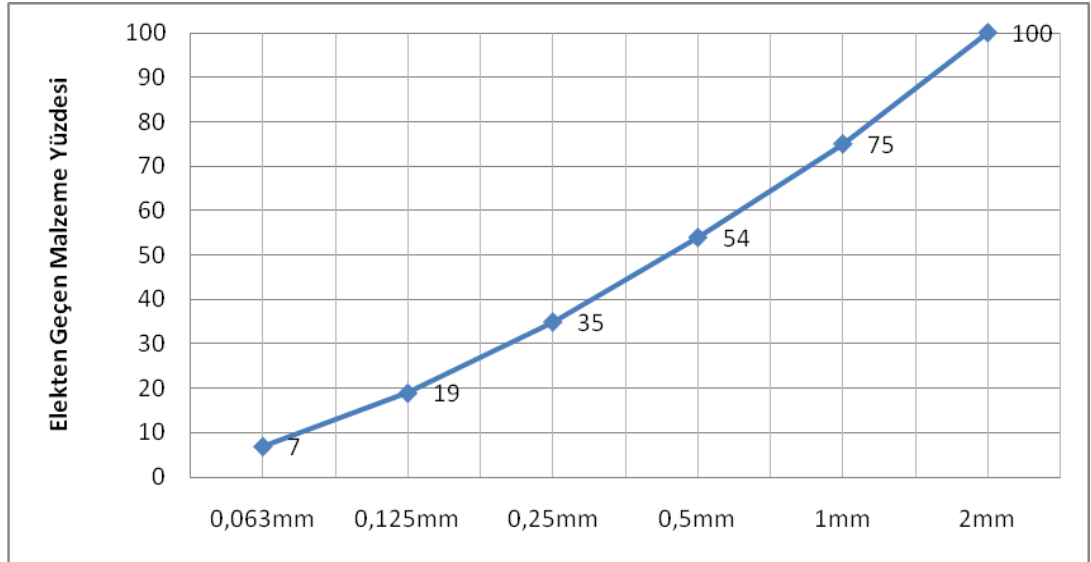
Çizelge 4.5’te topraktaki tekstürel parça büyüklükleri sınıflandırmasında dane çapı 0,02 ile 0,002 mm arasındaki parçaların silt 0,002 mm’den küçük parçaların ise kil olduğu kabul edilmiştir.

Dane çapları göz önüne alındığında labarotuarda bulunan en küçük elek olan 0.032 mm’lik eleklerle ancak toprağın içindeki kum danelerini eleyebileceğimiz, geri kalanların ise kil ve silt birleşimi olacağı kabul edilmiştir. Elek aralığının çok az ve toprak danelerinden bazılarının küçük topraklar halinde olduğu göz önüne alınarak ıslak eleme yoluna gidilmiştir. Islak eleme yoluyla yıkanarak elenen 200 g toprak malzemenin yalnızca %34’ü elek üstünde kalmıştır. Burdan anlaşıldığı gibi toprağın %34’ü kaba ve ince kumdur. Geri kalan %66’sı ise silt ve kilden oluştuğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.8. Toprak Elek Analizi

Elek Aralığı (mm)	Top. Kabı	0,63mm	0,125mm	0,25mm	0,50mm	1mm	2mm
Elek Üstü Malzeme (g)	20,41	36,88	45,35	57,02	62,14	74,10	0
Elekten Geçen Malzeme Yüzdesi	-	7	19	35	54	75	100

Elek analizi : 2 mm, 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm, 0,063 mm eleklerden oluşan bir takım hazırlanmış, 300 g toprak mekanik olarak kuru yöntemle ve elle elenmiştir. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.4. Toprak Granülometri Eğrisi

4.3. Numunelerin Hazırlanması ve Ön Deneyler

Literatür çalışmalarında elde edilen sonuçlar doğrultusunda en uygun karışım oranları tespit edilmiş, bu oranlar doğrultusunda yapılan doğal puzolanlı kireç harcı şahit karışım olarak kabul edilmiştir. Kuru karışım oranları belirlenmiş harcın uygun kıvamının sağlanabilmesi için gerekli olan su miktarının belirlenmesi için ön üretim

yapılmış taze harçta kıvam tayini deneyi yapılarak su/bağlayıcı oranı tespit edilmiştir. Ayrıca istenen kıvamda elde edilen taze harcın birim hacim kütlede ön deneyler kapsamında belirlenmiştir.

Kireç harcındaki, kireç agrega oranı 1:3 olarak kabul edilmiştir. Karışımlardaki kum oranı azaltılarak yerine artan oranlarda toprak malzeme ilave edilmiştir. Doğal puzolanla kireç hamuru öncelikle karıştırılmış kimyasal reaksiyonunu tam olarak tamamlayıp kireci hidrolik hale getirecek silikatların oluşumunu sağlamak amacıyla hava alması önlenmiş bir kabın içinde 16 saat bekletilmiş. Elde edilen bu birleşim oranları nispetinde diğer malzemelerle bir araya getirilerek harç karışımları elde edilmiştir.. Bu malzemelerle farklı özelliklerde 5 seri sıva numunesi üretilmiştir. Her birinden 9'ar adet olmak üzere, 40x40x160 mm boyutunda toplam 45 adet numune TS EN 1015-11'de ki hazırlama ve kür şartlarına uygun olarak üretilmiştir.



Şekil 4.5. Kalıplara Dökülmüş Taze Harç Örnekleri

4.3.1. Taze Harç Kıvam Belirleme

Kireç hamuru içindeki başlanan sıva karışımı su miktarı, kıvam tayini deneyi ile yavaş yavaş arttırılarak istenen yayılma oranlarının bulunmasıyla en uygun seviyeye getirilmiştir. Çizelge 4.9 de kalıba dökülecek toplam malzeme miktarları dışında su/kireç ağırlık oranları da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Malzeme, Su Miktarları ve Yayılma Oranları

Numune Kodu	Kireç (g)	Doğal Puzolan (g)	Kum (g)	Toprak (g)	Su Miktarı (g)	Yayılma Oranı (cm)	Su/kireç Oranı
S1	870	495	3200	-	802	12,50	0,92
S2	870	495	2135	950	1070	12,30	1,23
S3	870	495	1600	1422	1272	12,20	1,46
S4	870	495	1068	1895	1416	12,10	1,63
S5	870	495	-	2845	1833	12,30	2,10

S1 numunesinde kıvam tayini deneyi

Ön üretime kireç hamurundaki 580 g suyla başlanmıştır. İstenen karışım elde edilemeyince 222 g daha su eklenerek toplam 802 g suyla yayılma tablasında 12,5 cm lik yayılma sağlanmış, karışımdaki su/kireç oranı %92 olarak bulunmuştur.

S2 numunesinde kıvam tayini deneyi

Ön üretime kireç hamurundaki 580 g suyla başlanmıştır. İstenen karışım elde edilemeyince 490 g daha su eklenerek toplam 1070 g suyla yayılma tablasında 12,3 cm'lik yayılma sağlanmış, karışımdaki su/kireç oranı %123 olarak bulunmuştur.

S3 numunesinde kıvam tayini deneyi

Ön üretime kireç hamurundaki 580 g suyla başlanmıştır. İstenen karışım elde edilemeyince 692 g daha su eklenerek toplam 1272 g suyla yayılma tablasında 12,2 cm'lik yayılma sağlanmış, karışımdaki su/kireç oranı %146 olarak bulunmuştur.

S4 numunesinde kıvam tayini deneyi

Ön üretime kireç hamurundaki 580 g suyla başlanmıştır. İstenen karışım elde edilemeyince 836 g daha su eklenerek toplam 1416 g suyla yayılma tablasında 12,1 cm'lik yayılma sağlanmış, karışımdaki su/kireç oranı %163 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.6. Taze Harç Kıvam Belirleme Deneyi

S5 numunesinde kıvam tayini deneyi

Ön üretime kireç hamurundaki 580 g suyla başlanmıştır. İstenen karışım elde edilemeyince 1253 g daha su eklenerek toplam 1833 g suyla yayılma tablasında 12,3 cm'lik yayılma sağlanmış. Karışımdaki su/kireç oranı %210 olarak bulunmuştur.

4.3.2. Taze Harç Birim Hacim Kütlesi

Beş seri için ayrı ayrı yapılan taze harç birim hacim kütle deneyi sonuçları çizelge 4.10 da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Taze Harç Birim Hacim Kütlesi

Numune Kodu	<u>S1</u>	<u>S2</u>	<u>S3</u>	<u>S4</u>	<u>S5</u>
Birim Hacim Kütlesi (g/cm ³)	1,91	1,75	1,70	1,63	1,55

Sadece kumla yapılan taze kireç harcı karışımı S1, birim hacim kütlesi en fazla, sadece toprakla yapılan taze harç S5, birim hacim kütlesi en az olan karışımdır.

4.4. Numunelerin Fiziksel Özellik Deneyi Sonuçları

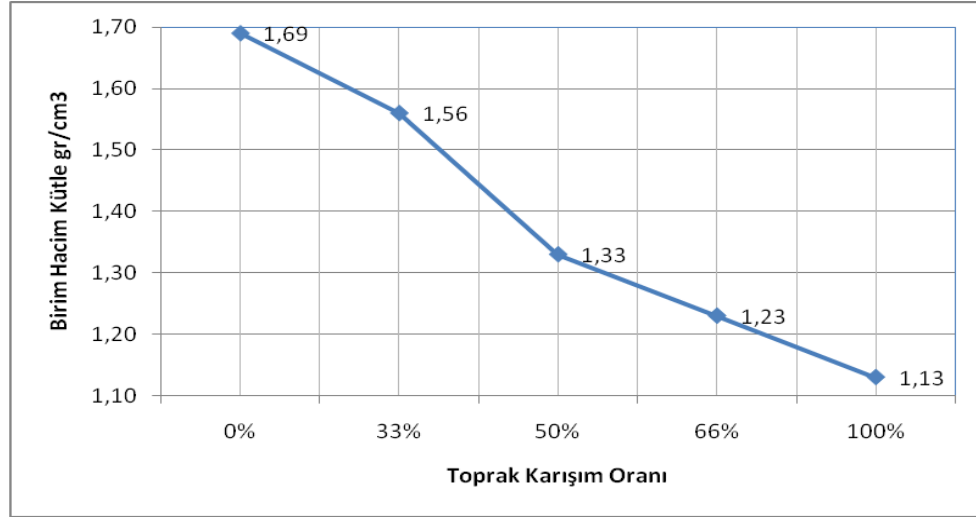
4.4.1. Birim Hacim Kütlesi Belirleme Sonuçları

Kalıba döküldükten 30 gün sonra numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş harcın birim hacim kütlesi deneyi sonunda elde edilen değerler, Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11. Sertleşmiş Harç Birim Hacim Kütle Değerleri (g/cm^3)

Numune Adedi	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)
1	1,68	1,56	1,33	1,24	1,14
2	1,69	1,55	1,32	1,23	1,13
3	1,70	1,56	1,33	1,23	1,14
Ortalama Değer	<u>1,69</u>	<u>1,56</u>	<u>1,33</u>	<u>1,23</u>	<u>1,13</u>

Doğal puzolan katkılı kireç harcının (S1) birim hacim kütle değeri $1,69 \text{ g}/\text{cm}^3$, bulunmuştur. Toprak ilave oranlarına göre sırasıyla, 1/3 oranında toprak ilave edilen numune, $1,56 \text{ g}/\text{cm}^3$, 1/2 oranında toprak ilave edilen numune, $1,33 \text{ g}/\text{cm}^3$, 3/2 oranında toprak ilave edilen numune, $1,23 \text{ g}/\text{cm}^3$, 3/3 oranında toprak ilave edilen numune, $1,13 \text{ g}/\text{cm}^3$, birim hacim kütle değerleri elde edilmiştir. Bu oranların grafiği Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Harç Karışım Oranlarının, Birim Hacim Kütle Değerleri Grafiği

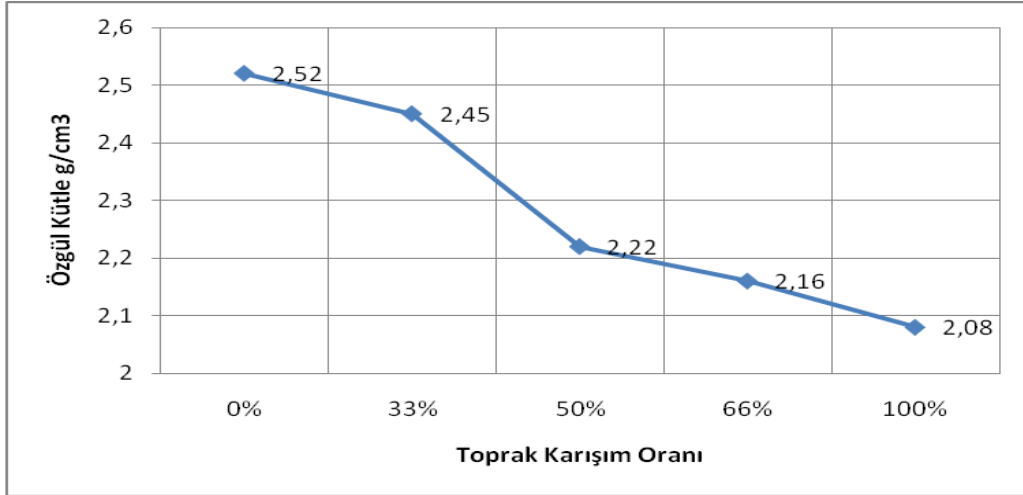
4.4.2. Özgül Kütle Belirleme Sonuçları

Eğilme dayanımı için kırılan numunelerden alınan kuru harç örneği havanda iyice dövüldükten ve titreşimli öğütücüde 15 dakika işlendikten sonra 0,125 mm’lik elekten geçirilerek özgül kütle deneyine tabii tutulmuşlardır. Özgül kütle değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Sertleşmiş Harç Özgül Kütle Değerleri (g/cm³)

Numune Adedi	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)
1	2,55	2,48	2,24	2,18	2,10
2	2,51	2,43	2,21	2,17	2,07
3	2,49	2,44	2,22	2,14	2,06
Ortalama Değer	<u>2,52</u>	<u>2,45</u>	<u>2,22</u>	<u>2,16</u>	<u>2,08</u>

Doğal puzolan katkılı kireç harcının (S1) özgül kütle değeri 2,52 g/cm³, bulunmuştur. Toprak ilave oranlarına göre sırasıyla, 1/3 oranında toprak ilave edilen numune (S2), 2,45 g/cm³, 1/2 oranında toprak ilave edilen numune (S3), 2,22 g/cm³, 3/2 oranında toprak ilave edilen numune (S4), 2,16 g/cm³, 3/3 oranında toprak ilave edilen numune (S5), 2,08 g/cm³, özgül kütle değerleri elde edilmiştir. Bu oranların grafiği Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Harç Karışım Oranlarının, Özgül Kütle Değerleri Grafiği

4.4.3. Boşluk ve Doluluk Oranları Belirleme Sonuçları

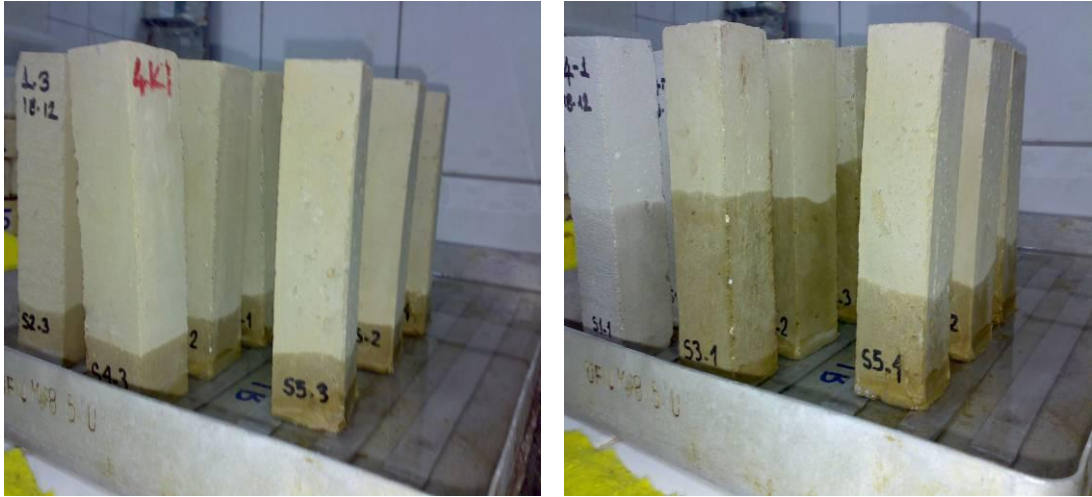
Numunelerin birim hacim kütlesi ve özgül ağırlığının oranlanmasıyla elde edilen doluluk ve boşluk (kompasite ve porozite) değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Sertleşmiş Harcın Doluluk ve Boşluk Oranları

Numune Kodu	S1	S2	S3	S4	S5
K - Doluluk Oranı (kompasite) (%)	67	64	60	57	55
P - Boşluk Oranı (porozite) (%)	33	36	40	43	45

4.4.4. Kılcal Su Emme Deneyi Sonuçları

Her bir seriden 3'er adet toplam 15 adet numune üzerinde yapılan kılcal su emme deneyinde 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144, 169, 196, 225 dakikalık süreler içinde kılcal su emme değerleri 0,01g hassasiyetli terazide tartılarak bulunan değerler Çizelge 4.13'de verilmiştir.



(a)

(b)

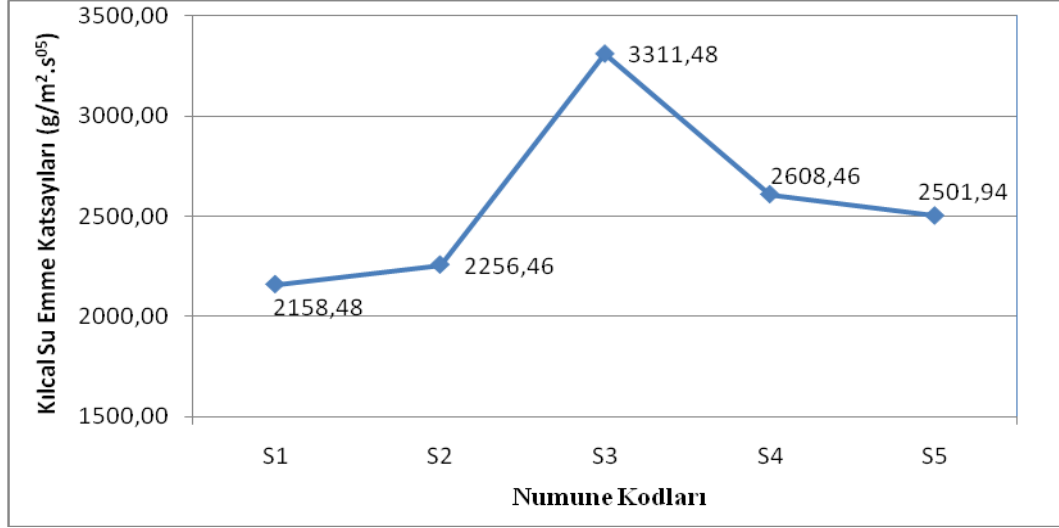
Şekil 4.9. Kılcal Su Emme Deneyi

a) 36 Dakika Sonra Kılcal Su Emme Miktarı b) 225 Dakika Sonra Kılcal Su Emme Miktarı

Deney numuneleri suyun içinde durdukları 225 dakika boyunca Şekil 4.9 da görüldüğü gibi tamamen ıslanmamış ve dağılma belirtisi göstermemiştir. Sadece alt yan taraflarına sürülen parafin bir miktar kabarmıştır. Numuneler içinde su en fazla S3 serisi üzerinde yükselmiştir.

Çizelge 4.14. Numunelerin Ortalama Boyut, Kütle, Kılcal Su Emme Değerleri ve Katsayısı

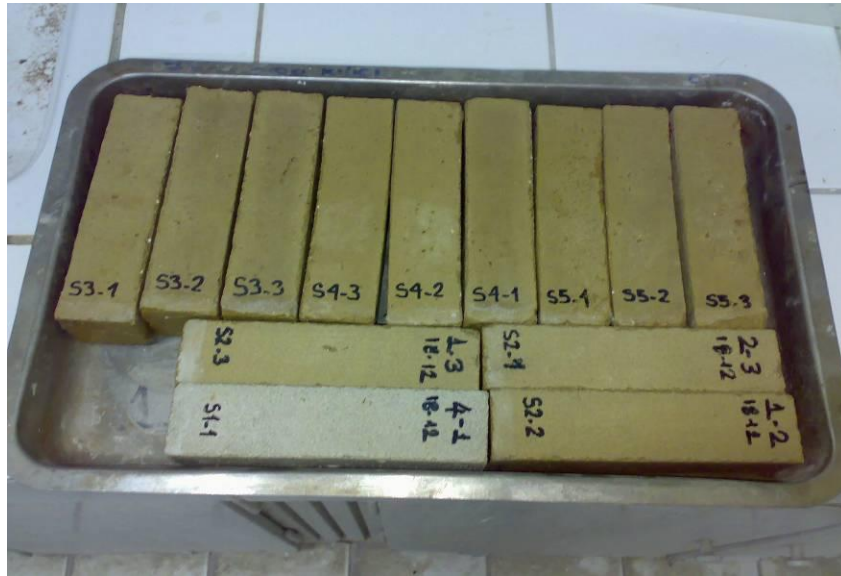
Numune Özellikleri	S1	S2	S3	S4	S5
a (mm)	40,05	39,31	40,55	40,33	40,36
b (mm)	39,39	38,72	39,19	39,00	39,06
L (mm)	157,31	155,45	157,72	157,01	156,88
V(cm ³)	248,16	236,61	250,63	246,92	247,26
Etüv öncesi ağırlık (g)	417,10	369,96	339,00	313,10	312,97
Kuru Malzeme Ağırlığı (g)	413,95	365,09	328,63	299,16	298,82
1 Dakika	418,92	368,22	335,35	304,23	303,73
4 Dakika	421,78	372,08	340,60	308,75	307,23
9 Dakika	424,14	374,42	345,94	313,90	312,41
16 Dakika	427,50	378,12	350,80	318,83	316,43
25 Dakika	430,91	381,71	355,62	323,17	320,80
36 Dakika	434,26	385,29	360,29	326,69	324,34
49 Dakika	437,59	389,60	364,80	330,15	328,83
64 Dakika	440,84	392,86	369,27	333,11	331,79
81 Dakika	443,89	396,38	373,62	335,94	334,59
100 Dakika	447,01	399,37	377,79	338,85	336,54
121 Dakika	449,46	403,27	381,85	341,51	338,31
144 Dakika	451,81	406,35	385,67	343,56	341,36
169 Dakika	454,14	409,51	389,32	345,96	343,79
196 Dakika	456,20	412,44	392,75	348,18	345,30
225 Dakika	458,42	415,56	396,09	350,47	347,21
İlk ve son ağırlık farkı (g)	44,47	50,47	67,46	51,31	48,39
Kılcal etkiyle su emme C: g/m ² dak ^{0,5}	2185,48	2256,46	3311,48	2698,46	2501,94
Etüv Desikatör Sonrası Ağırlık (g)	413,44	364,33	328,00	298,29	297,94



Şekil 4.10. Numuneleri Karışım Oranlarına Göre Kılcal Su Emme Katsayı Grafiği

4.4.5. Atmosfer Basıncı Altında Su Emme Deneyi Sonuçları

Kılcal su emme deneyinden çıkan numunelere, standarda uygun şekilde atmosfer basıncı altında su emme deneyi uygulanmıştır. 48 saat sonra hassas terazide 0,01g hassasiyetle tartılan numuneler , 24 saat daha suda bekletilip bir tartım daha yapılarak değişmez kütleye eriştikleri tespit edilmiştir. 72 saatlik bu süre içinde numunelerin hiç birinde, Şekil 4.11’de görüldüğü gibi dağılma, ayrışma veya yumuşama meydana gelmemiştir.



Şekil 4.11. Su Emme Deneyinden Çıkan Doygun Numunelerin Durumu

Suya doymuş olan numuneler arşimet terazisinde 0,1g hassasiyetle tartıldıktan sonra kurutulmak üzere $(70 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ deki havalandırılmalı etüvde 5 gün boyunca tutulmuş, daha sonra desikatöre alınarak oda sıcaklığına gelmeleri sağlanmış ve 0,01g hassasiyette tartılmışlardır.

Çizelge 4.15. Atmosfer Basıncı Altında Ortalama Su Emme Değerleri

Numune Kodu	S1	S2	S3	S4	S5
S_k – Kütlece Su Emme Oranı (%)	16,49	22,40	32,84	38,23	44,38
S_h – Hacimce Su Emme Oranı (%)	27,90	34,88	43,56	47,17	50,29

4.4.6. Buhar Geçirgenliği Deneyi Sonuçları

Yaklaşık 6,5 cm çapında, 1 cm kalınlığında ki 15 adet harç numunesi içine harç tabakası ile 1,5 cm hava boşluğu kalacak şekilde CaCl_2 doldurulan PVC bardakların, ağzına sıkıca yerleştirilen sıva tabakasının, hava almasını önlenmek için sıva tabakasıyla bardakların birleştiği kısımlara parafin uygulanmıştır. Nem ve sıcaklığın kontrol edilebildiği bir desikatörde bekletilerek 24 saat'ten az olmayacak aralarla 0,00001g'lık hassas terazide tartılarak nem ve ısı değerleriyle birlikte kaydedilmiştir.



Şekil 4.12. Buhar Geçirgenliği Deney Numunelerinin (0.00001g) Hassas Terazide Tartılması

Çizelge 4.16. Buhar Geçirgenlik Deney Akışı ve Sonuçları

Kod	1 Kalınlık d (m)	2 Çap n(m)	3 Alan (m ²)	4 Tarih	5 İki Ölçüm Arası Zaman Farkı (h)	6 Numune Ağırlığı (kg)	7 Ağırlık Farkı (kg)	8 Geçen Su Buharı Miktarı (l)	9 Buhar Geçirgenlik Direnci Katsayısı (μ)	10 Buhar Geçirgenlik Eşdeğer Hava Tabakası (m ⁻¹)
S1	0,01422	0,0672	0,00354	19.01.2010	0	0,141872	0	0	13,94	5,04
	21.01.2010			48	0,143476	0,001604	0,000033			
	22.01.2010			24	0,144096	0,000620	0,000026			
	25.01.2010			72	0,145809	0,001713	0,000024			
	28.01.2010			72	0,147570	0,001761	0,000024			
29.01.2010	24	0,148208	0,000638	0,000027						
S2	0,01451	0,06651	0,00347	19.01.2010	0	0,139245	0	0	13,28	5,18
				21.01.2010	48	0,140936	0,001692	0,000035		
				22.01.2010	24	0,141556	0,000619	0,000026		
				25.01.2010	72	0,143264	0,001708	0,000024		
				28.01.2010	72	0,145009	0,001745	0,000024		
29.01.2010	24	0,145633	0,000624	0,000026						
S3	0,01602	0,06577	0,00339	19.01.2010	0	0,149033	0	0	12,46	5,01
				21.01.2010	48	0,150506	0,001472	0,000031		
				22.01.2010	24	0,151073	0,000567	0,000024		
				25.01.2010	72	0,152630	0,001557	0,000022		
				28.01.2010	72	0,154198	0,001568	0,000022		
29.01.2010	24	0,154861	0,000663	0,000028						
S4	0,01538	0,06553	0,00337	19.01.2010	0	0,143757	0	0	12,10	5,37
				21.01.2010	48	0,145473	0,001716	0,000036		
				22.01.2010	24	0,145996	0,000523	0,000022		
				25.01.2010	72	0,147711	0,001715	0,000024		
				28.01.2010	72	0,149327	0,001616	0,000022		
29.01.2010	24	0,150031	0,000705	0,000029						
S5	0,01582	0,06536	0,00335	19.01.2010	0	0,126676	0	0	11,27	5,61
				21.01.2010	48	0,128496	0,001820	0,000038		
				22.01.2010	24	0,129203	0,000707	0,000029		
				25.01.2010	72	0,131051	0,001848	0,000026		
				28.01.2010	72	0,132725	0,001675	0,000023		
29.01.2010	24	0,133320	0,000595	0,000025						

Deney düzenekleri yapılmadan önce sıva tabakalarının çapları ve kalınlıkları sekiz farklı yerden ölçülerek ortalamaları alınmış ve yüzey alanları metre cinsinden hesaplanmıştır. Bu değerler Çizelge 4.16'da 1, 2 ve 3 numaralı sütunlarda yer almaktadır. 4 numaralı sütunda ölçümlerin alındığı tarihler, 5 numaralı sütunda ise ölçümler arasındaki zaman farkları saat olarak verilmiştir. Numune kütleleri 0,00001g hassasiyetli terazide yapılmış kg cinsinden sütun 6'da, sıva yüzeyinden kabın içine geçen su buharının yarattığı kütle artış farkları sütun 7'de verilmiştir. Bu değerler yüzeyden birim zamanda geçen su buharı miktarını bulmak için geçen saat farkına bölünmüştür. Bu değer birim zamanda sıvadan geçen su buharı miktarı (I) olarak kabul edilmiştir. Elde edilen değerler kolon 8'de görülmektedir.

Sıvanın iç ve dış yüzeyindeki buhar basınçları (P_1 ve P_2) için ortam sıcaklığı ortalaması 21°C sıvanın dış yüzeyindeki nem ortalaması ise %86, iç yüzeydeki CaCl_2 havadaki nemi çekerek nemsiz bir ortam oluşturduğu için içerdeki nem oranı 0 olarak kabul edilmiştir. Buradan doymuş buhar basıncı (P_0) Çizelge Ek-1'den 2485,8Pascal olarak bulunmuştur.

P_0 ; 21°C 'de alındığında; $P_0 = 2485,8$ Pascal

1Newton = 0,0101972 kilopond (kg) TSE 7847

$P_0 = 2485,8$ Pascal x 0,0101972 = 253,48 kg/m^2

$P_1 = P_0 \times \% \text{Nem} = 253,48 \times 0,86 = 217,99 \text{ kg/m}^2$

$P_2 = P_0 \times \% \text{Nem} = 253,48 \times 0 = 0 \text{ kg/m}^2$

$P_1 - P_2 = 217,99 \text{ kg/m}^2$

Bu değerlerle hesaplanan buhar geçirgenlik direnç katsayısı ve eşdeğer hava tabakası değerleri Çizelge 4.16'da 9. ve 10. sütunlarda 1 seri numune için ele alınmıştır. Toplam 3 seri için yapılan deney sonuçları ise Çizelge 4.17'de açıklanmıştır.

Çizelge 4.17. Su Buharı Geçirgenlik Direnç Katsayısı Değerleri (μ)

Numune Adedi	(S1)	(S2)	(S3)	(S4)	(S5)
1	13,94	13,28	12,46	12,10	11,27
2	14,03	12,76	12,57	12,14	11,23
3	13,79	12,89	12,33	12,16	11,29
Ortalama Değer	<u>13,92</u>	<u>12,98</u>	<u>12,45</u>	<u>12,13</u>	<u>11,26</u>

4.5. Numunelerin Mekanik Özellik Deney Sonuçları

Sertleşmiş harç numunelerinin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, her bir seriden 3'er adet toplam 15 adet numune üzerinde eğilmede çekme, basınç, yapışma dayanımı ve tahribatsız deney yöntemlerinden ultra ses hızı deneyleri yapılmıştır. Numunelere ilgili standarda uygun şekilde 30 gün bekletilerek tamamladıkları priz süresinden sonra uygulanan yukarıdaki mekanik deneylere ek olarak su emme deneylerinden çıkan ve etüvde kurutulan diğer 15 adet seri numuneye de 46 günlük priz süresinden sonra eğilme ve basınç değerlerini içeren deneyler uygulanmıştır.

4.5.1. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyi Sonuçları

30 gün süreyle TS EN 1015-11 standardına uygun şekilde muhafaza edilen numuneler mesnet açıklığı 10 cm olan 10 mm çaplı iki silindir üzerine 20n N/s hızla yüklenerek kırılmışlardır. (Şekil 4.13) Kırılma sırasında uygulanan en yüksek yük newton cinsinden kaydedilip bölüm 3.2.1deki formülde yerine konularak eğilmede çekme dayanımı değerleri elde edilmiştir. ($f : N/mm^2$)



Şekil 4.13. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyinde Numunenin Kırılması

Standard kürünü tamamlayan her bir harç numunesinden 3'er adet kırılmış, en yüksek kırılma yüklerinden eğilmede çekme dayanımları bulunmuştur. Çekme dayanım ortalamaları alınarak çekme dayanım değerleri tespit edilmiş ve Çizelge 4.18 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Numunelerin Ortalama Eğilmede Çekme Dayanımı Değerleri

30 Günlük Standard Kür Uygulanmış Numuneler				
Numune Kodu		Max.Yük (F_{max}) N	Eğilmede Çekme Dayanımı N/mm²	Ortalama Dayanım N/mm²
S1	S1-4	200	0,656	0,721
	S1-5	225	0,753	
	S1-6	225	0,755	
S2	S2-4	225	0,733	0,739
	S2-5	200	0,661	
	S2-6	250	0,823	
S3	S3-4	80	0,258	0,272
	S3-5	90	0,295	
	S3-6	80	0,263	
S4	S4-4	130	0,448	0,475
	S4-5	150	0,509	
	S4-6	140	0,468	
S5	S5-4	130	0,479	0,527
	S5-5	150	0,557	
	S5-6	150	0,546	

4.5.2. Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları

30 gün süreyle TS EN 1015-11 standardına uygun şekilde muhafaza edilen numuneler eğilmede çekme dayanımı deneyinde kırıldıktan hemen sonra sağlam ve düzgün parçaları seçilerek basınç presinde 200 N/s sabit hızla yüklenerek kırılmışlardır.

Kırılma sırasında uygulanan en yüksek yük newton cinsinden kaydedilip bölüm 3.2.2'deki formülde yerine konularak basınç dayanımı değerleri elde edilmiştir.

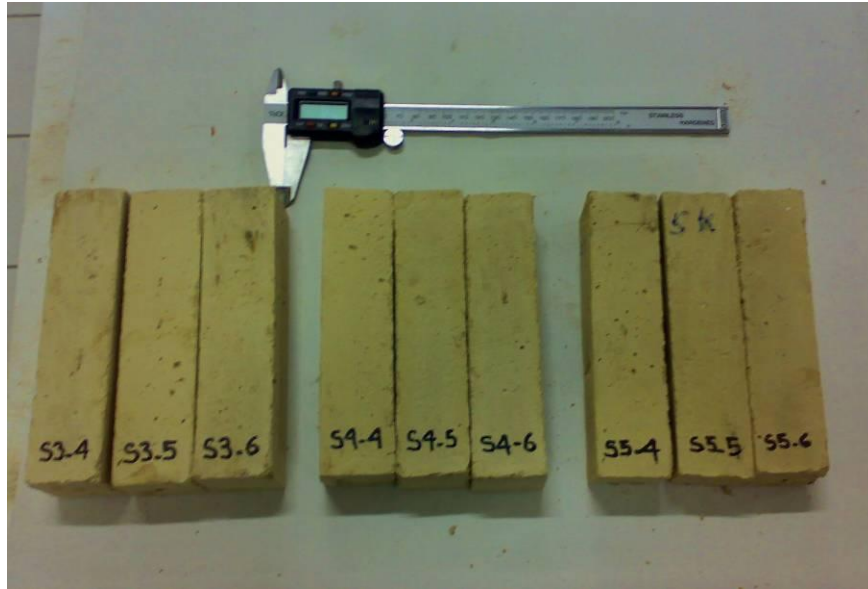
(σ : N/mm²)

Standard kürünü tamamlayan her bir harç numunesinden 3'er adet kırılmış, en yüksek kırılma yüklerinden basınç dayanımları bulunmuştur. Basınç dayanım ortalamaları alınarak basınç dayanım değerleri tespit edilmiş ve Çizelge 4.19 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.19. Numunelerin Ortalama Basınç Dayanımı Değerleri

30 Günlük Standard Kür Uygulanmış Numuneler				
Numune kodu		Max.Yük (P_{max}) N	Basınç Dayanımı N/mm ²	Ortalama Dayanım N/mm ²
S1	S1-4	1420	0,902	0,919
	S1-5	1480	0,938	
	S1-6	1440	0,915	
S2	S2-4	2260	1,468	1,485
	S2-5	2320	1,495	
	S2-6	2340	1,499	
S3	S3-4	1880	1,211	1,212
	S3-5	1960	1,261	
	S3-6	1840	1,163	
S4	S4-4	2480	1,586	1,746
	S4-5	2950	1,902	
	S4-6	2720	1,748	
S5	S5-4	3630	2,364	2,581
	S5-5	4230	2,777	
	S5-6	3990	2,603	

Ayrıca formülde hesaplanması gereken alan ölçüleri için numune yüzeyleri ve basınç presi üst başlığı 0, 01 mm hassasiyetli bir kumpasla ölçülmüştür. (Şekil 4.14)



Şekil 4.14. Deney Numunelerinin Boyutlarının Ölçülmesi

Atmosfer basıncı altında 3 gün su içinde bekletilen 15 adet numune 5 gün boyunca $(70\pm 5)^{\circ}\text{C}$ 'lik havalandırılmalı etüvde bekletilmiş ve değişmez kütleye erişerek tamamen kuruduktan sonra tekrar çekme ve basınç deneyleri yapılmıştır. Bu deneyle prizinin devam edip etmediği ve tamamen suya doyan malzemede mekanik dayanımların halen eski düzeyde olup olmadığı anlaşılmaya çalışılmıştır. Kalıptan çıkarıldıktan sonra 38 günlük standard prizini tamamlayan 3 gün boyunca suyun içinde 5 gün boyuncada etüvde bekletilen ve toplam 46 gün sonra çekme ve basınç dayanımlarına tabii tutulan numunelerin dayanım değerleri Çizelge 4.20'de verilmiştir. Bu deneyler 46 günlük gerçek dayanımlar olarak kabul edilmemekle birlikte, fikir vermesi amacıyla yapılmıştır.

Çizelge 4.20. 46 Günlük Numunelerin Çekme ve Basınç Dayanımı Değerleri

Numune Kodu		Max.Yük (F_{\max}) N	Çekme Dayanımı N/mm ²	Ortalama Çekme Dayanımı N/mm ²	Max.Yük (P_{\max}) N	Basınç Dayanımı N/mm ²	Ortalama Basınç Dayanımı N/mm ²
S1	S1-1	240	0,787	0,776	2220	1,556	1,556
	S1-2	210	0,703		2480	1,572	
	S1-3	250	0,838		2650	1,684	
S2	S2-1	230	0,75	0,810	5540	3,579	3,446
	S2-2	250	0,826		5320	3,428	
	S2-3	260	0,856		5200	3,332	
S3	S3-1	100	0,323	0,381	3240	2,088	2,147
	S3-2	130	0,425		3840	2,47	
	S3-3	120	0,395		2980	1,884	
S4	S4-1	170	0,586	0,611	5630	3,602	3,468
	S4-2	190	0,645		5400	3,482	
	S4-3	180	0,602		5165	3,319	
S5	S5-1	150	0,549	0,631	5300	3,451	3,761
	S5-2	170	0,651		5620	3,69	
	S5-3	190	0,692		6350	4,143	

4.5.3. Ultra Ses Hızı Deneyi Sonuçları

Ultra ses hızı deneyinde numunenin en uzun kenarları kullanılmıştır. Alt ve üst kısımlarına boşluk kalmasını önlemek için vazelin sürülen harç bloklarına ultra ses aletinin probu yerleştirilerek uygun dalga boyu bulunmuş ve numune içinden geçen ultra ses dalgasının zamanı ölçülerek kaydedilmiştir. (t : μs)

Bölüm 3.2.3'deki formüllerde yerine konularak öncelikle ultra ses dalga hızı V (km/s) ve dinamik elastisite modülü E_d (N/mm^2) değerleri elde edilmiştir. (Çizelge 4.21)

Çizelge 4.21. Numunelerin Ultra Ses Hızı ve Dinamik Elastisite Değerleri

Numune kodu	Numune Uzunluğu (m)	Ultra Ses Dalgası Geçiş Süresi t (μsn)	Ultra Ses Hızı V (km/sn)	Dinamik Elastisite Modülü E_d (N/mm^2)	Ortalama Dinamik Elastisite Modülü (N/mm^2)
S1.	S1-4	0,158	154	1,025	1844
	S1-5	0,157	149	1,053	
	S1-6	0,157	153	1,026	
S2.	S2-4	0,156	148	1,054	1795
	S2-5	0,155	142	1,091	
	S2-6	0,156	149	1,046	
S3.	S3-4	0,158	164	0,963	1247
	S3-5	0,157	170	0,923	
	S3-6	0,158	159	0,993	
S4.	S4-4	0,157	145	1,082	1478
	S4-5	0,157	152	1,032	
	S4-6	0,157	139	1,129	
S5.	S5-4	0,153	132	1,159	1456
	S5-5	0,152	141	1,078	
	S5-6	0,153	136	1,125	

4.5.4. Sertleşmiş Harcın Alt Tabakaya Yapışma Deneyi Sonuçları

Tuğla üzerine uygulanan sıva örnekleri 28 günlük kürlерinden sonra çekme deneyine tabii tutulmuşlardır. Her bir seriden 3'er numune üzerinden yapılan deneylerde maksimum çekme kuvvetleri elde edilmiştir. Bu değerler bölüm 3.2.4.2'te ki fomülde yerine konduğunda yapışma dayanımı sonuçları elde edilmiştir. (Çizelge 4.22)

Çizelge 4.22. Sertleşmiş Harcın Alt Tabakaya Yapışma Değerleri (g/cm³)

Numune Adedi	(S1) Max. Çekme Kuvveti (N)	(S2) Max. Çekme Kuvveti (N)	(S3) Max. Çekme Kuvveti (N)	(S4) Max. Çekme Kuvveti (N)	(S5) Max. Çekme Kuvveti (N)
1	290	300	110	190	260
2	340	220	160	260	180
3	260	250	130	240	220
Ortalama Değer	<u>297</u>	<u>257</u>	<u>133</u>	<u>230</u>	<u>220</u>
Yapışma Dayanımı (N/mm²)	0,16	0,14	0,07	0,13	0,12

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçların İrdelenmesi

Yapıda kullanılan malzemelerin özelliklerinin bilinmesi ve bu özelliklere uygun şartlarda ve uyumlu yapı elemanlarıyla kullanılmaları yapının sağlıklı ve uzun ömürlü olması için çok önemlidir. Ayrıca bu özelliklerin iyi irdelenerek geliştirilmeye çalışılması yapının sağlığı ve ömrü kadar içerisinde yaşayan insanların sağlığı ve konfor şartlarını önemli derecede etkilemektedir.

Bu amaçla kerpiç duvar üzerinde uygulanan doğal puzolan katkı, toprak karışımı kireç sıvası üzerinde fiziksel ve mekanik özellikleri belirleyici deneyler yapılmış çıkan sonuçların kerpiç ve katkı kerpiç duvarlar için ne derecede uygun olduğu irdelenmiştir.

Kireç harcının doğal puzolanla iyileştirilmesi, normal kireç harcına göre mukavemet değerleri ve suya dayanımı önemli ölçüde artan bir sıva harcı elde edilmesini sağlamıştır. Bunun yanında bu karışımın agregasının artan oranlarda toprakla karıştırılması %50 toprak kum agrega karışımı S3 dışındaki numunelerde olumlu etkiler sağlayarak sıva harcının bir miktar daha olumlu özellikler sağlamasına neden olmuştur.

Karışımlar sıva harcı olarak hazırlandığı için blok dökümlerine göre, akıcılığı sağlamak için su miktarları artırılmıştır. Özellikle toprak oranı artan numunelerin şahit numuneye göre oldukça fazla oranlarda suyu bünyesine alarak kıvama geldiği görülmüştür. Yapılan kıvam tayini deneylerinde şahit numune S1 kireç ağırlığına oranla %92 gibi bir su oranıyla kıvama gelmiş, bunun yanında tamamı toprak agregalı S5 numunesi ise kireç ağırlığına oranla %210 gibi bir değerle kıvama gelmiştir. Aynı hacimdeki iki malzemenin içinde 2 kat fazla olan su oranı kuruduktan sonra mutlaka numune içinde boşlukların meydana gelmesine neden olacaktır. Bu nedenle şahit numune S1 %67'lik bir doluluk oranına sahipken S5 numunesi doluluk oranı %55'olarak tespit edilmiştir. Doluluk oranı doğrudan mekanik ve fiziksel

özellikleri de etkilediğinden numunenin su oranını, sıva kıvamını sağlayabilecek en alt seviyede tutmak gerekmektedir.

Öncelikle şahit karışım olan S1 karışımının en yüksek değerleri sağlayacağı, agreganın içine toprak eklendikçe mekanik ve fiziksel özelliklerinin bir miktar gerileyeceği beklenirken, toprak karışımli numunelerin bir çok özelliğinin şahit numuneden oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir.

S3 Dışındaki toprak katılmış numuneler, yapılan deneylerde birbirine yakın değerler gösterebilir, S3 numunesi çekme, basınç ve alt tabakaya yapışma dayanımında, kılcal su emme deneyinde diğerlerinden oldukça düşük değerler gösterdiği dikkat çekmiştir. Bundan anladığımız kadarı ile toprak ve kum karışım içinde eşit oranlarda kullanılmamalı kum veya toprak oranı baskın olmalıdır.

S2 numunesi basınç, çekme, alt tabakaya yapışma dayanımlarında, kılcal su emme, doluluk oranı ve su emme deneylerinin hepsinde, ya en iyi ya da ortalamaların üzerinde değerler göstererek en üst değerleri sağlayan karışım olarak kabul edilmiştir.

S4 ve S5 numuneleri içlerinde en fazla toprak olan, numuneler olmalarına rağmen mekanik deneylerde çok iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Özellikle tamamen toprak agregadan oluşan S5 numunesi basınç dayanımlarında diğer bütün numunelerden önemli ölçüde önde olduğu görülmektedir. S5 numunesinin mekanik deneylerdeki başarısı iki nedene bağlanabilir. Birincisi toprağın içinde bulunan silis bileşimlerinin doğal puzolanla kimyasal reaksiyona girmesi sonucu puzolanik aktivite oluşturması ve mekanik dayanımların artması, ikincisi ise agreganın tamamının topraktan oluşması nedeniyle kilin de ilave bir bağlayıcılık sağlayarak basınç dayanımlarını arttırması olarak düşünülmektedir.

Kılcal su emme deneyinde numuneler 225 dakika boyunca sadece alt kısımlarından su alacak şekilde bırakıldıkları tankın içinde yapılan deneyde en fazla S3 numunesi üzerinde suyun yükseldiği görülmüş kılcal su emme katsayısı diğer numune ortalamalarının üzerinde çıkmıştır. Kılcal su emme katsayıları S1, S2, S5, S4, S3 sırasıyla artmaktadır. Deney süresi boyunca hiç bir numunenin tamamı su çekmemiş, en fazla su emen S3 numunesinin ¾'lük kısmına yakınının ısılandığı görülmüştür.

Atmosfer basıncı altında yapılan su emme deneyinde numuneler 3 gün boyunca suyun içinde bırakılmış numunelerin hiç birinde dağılma, ayrışma veya yumuşama meydana gelmemiştir. Hacimce ve kütlece su emme değerleri, içindeki toprak miktarı arttıkça, su emme miktarlarında düzgün bir orantı ile artmaktadır. Özellikle toprak karışımı fazla numunelerin (S3, S4, S5) hacimce %50 ye varan oranlarda su emdiği gözükmemektedir. Bu oranların düşürülmesi için karışımın granülometrisi biraz daha iyileştirilip, puzolan oranı artırılıp, su oranı bir miktar daha düşürülebilir.

Buhar geçirgenlik direnç katsayısı şahit numuneden S1 toprak agregalı S5 numunesine doğru orantılı bir biçimde gittikçe azalmaktadır. Yapı fiziği esaslarına göre duvar kesitinden dışarıya doğru gidildikçe direnç katsayısının küçülmesi gerekmektedir. Alçı katkılı kerpiç duvarın (alker) buhar geçirimsizlik direnç faktörü Çizelge 2.3'te $\mu = 13$ olarak verilmiştir. Buhar geçirimsizlik direnç katsayısının 13'e eşit veya bir miktar küçük olması sıvanın duvar kesitinden gelen buharı tamamen dışarı vererek duvar kesitinin ve sıvanın sağlıklı olmasını sağlayacaktır. Deney sonunda S1 şahit numunesi dışında diğer bütün numunelerin 12,98 ile 11,26 arasındaki değerlerle alçılı kerpiç duvar yüzeyine uygun oldukları görülmektedir.

30 Günlük priz sonrasında çekme dayanımı en iyi olan numune S2 numunesidir. ($0,74\text{N/mm}^2$) Daha sonra sırasıyla S1, S5, S4 numuneleri gelmektedir. S3 numunesi ise düşük performansını bu deneyde de göstererek diğer numune ortalamalarının altında kalmıştır. ($0,27\text{N/mm}^2$)

30 Günlük priz sonrasında basınç dayanımı en iyi olan numune S5 numunesidir. ($2,58\text{N/mm}^2$) Daha sonra sırasıyla S4, S2, S3 ve S1 numuneleridir. Burda en fazla basınç dayanımının tamamen toprak agregalı bir numunede olması hatta hemen hemen bütün deneylerde en kötü sonuçları vere S3 numunesinin bile şahit karışımdan daha iyi bir değer göstermesi toprağın puzolan katkılı kireç harcının basınç dayanımını arttırdığını açıkça göstermektedir.

Kerpiç duvarın malzemesi her yörede farklılık gösterdiğinden değişik mukavemetler gösterebilmektedir. Basınç dayanımları $0,3$ ile $1,5 \text{ N/mm}^2$ arasında olabilmektedir. TSE 2514'e göre kerpiç bloklarının ortalama basınç dayanımları 1 N/mm^2 'nin altında olmamalıdır. Çimento katkılı kerpiç blokların ortalama dayanımı TS 537'de 1 ile $2,1 \text{ N/mm}^2$ arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca Çizelge 2.4'te alçı

katkılı kerpiç duvarda (alker) basınç dayanımı 3,5 ile 5,0 N/mm² çekme dayanımının 0,14 ile 0,16 N/mm² arasında olduğu görülmektedir.

Yapı fiziği kurallarına göre uygulanan sıvanın mekanik dayanımlarının duvar çekirdeğinden dışarı gidildikçe azalması gerekir. Duvar sağlığı açısından sıva tabakaları duvara göre daha az dayanım değerleri gösterecek ama genede dış etkilere dayanıklı olacaktır. Uygulama yapacağımız kerpiç duvarların yukarıda açıklandığı üzere 1 ile 5 N/mm² arasında basınç dayanım değerleri gösteren tipleri bulunmaktadır. 30 günlük kür sonucu elde edilen değerlere göre katkısız kerpiç duvarlarda S1 ve S3 (0,92, 1,21 N/mm²) numuneleri, çimento katkılı kerpiç duvarlarda S1, S2, S3, S4 (0,92, 1,48, 1,21, 1,75 N/mm²) numuneleri, alçı katkılı kerpiç duvarlarda ise S2, S4 ve S5 (1,48, 1,75, 2,58 N/mm²) numunelerinin kullanımı uygundur.

Ayrıca su emme deneyinde doygun hale gelen numuneler etüvde 5 gün boyunca kurutularak 46 gün sonunda tekrar çekme ve basınç deneylerine sokulmuşlardır. Çıkan sonuçlar basınç dayanımlarında %98'e, çekme dayanımlarında %28'lere varan artışlar gözlenmiştir. Buradan da anlaşıldığı gibi 30 günden sonrada prizın devam ettiği mekanik değerlerin arttığı görülmektedir. Suya doyan malzemelerde dayanımın artması kirecin puzolonik aktiviteyle hidrolik kirece dönüştüğünü hatta prizın su içindedede artarak devam ettiğini göstermektedir.

Sonuç olarak elde edilen numuneler suda dağılma göstermeyen, mekanik özellikleri ile kerpiç ve katkılı kerpiç duvarlara uygun, buhar geçirimsizlik değerleri kerpiçle uyumlu, dış sıva yapımına uygun tamamen ekolojik ve kırsal kesimde de rahatlıkla bulunabilecek malzemelerle, ekonomik olarak üretilebilecek bir sıva olarak önerilmektedir.

5.2. Öneriler

Kirece göre %50 olan puzolan oranı %100'e çıkarılarak mekanik özellikler ve doluluk oranları bir miktar daha artırılabilir.

Karışımlarda dere kumu yerine daha önceki çalışmalarda daha iyi sonuçlar veren cüruf agrega kullanılabilir.

Karışıma doğal puzolan yerine incelikleri ve puzolonik aktiviteleri daha fazla olan silis dumanı, uçucu kül veya yüksek fırın cürufu gibi yapay puzolanlar katılabilir.

Elde edilen bu sıva örnekleri ile ilgili atmosfer etkilerine dayanıklılık, ısı yalıtım deneyleri yapılarak dayanımları araştırılabilir.

Uygulamayı kolaylaştırmak açısından sıvanın prizini hızlandırmak için karışımın içine az miktarlarda alçı veya çimento katılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Gürdal, E., Acun, S.,** 2003. Yenilenebilir Bir Malzeme: Kerpiç ve Alçılı Kerpiç, Türkiye Mühendislik Haberleri Dergisi, 427, 71-77.
- [2] **Kafescioğlu, R., Gürdal, E.,** 1985. Çağdaş Yapı Malzemesi Alçılı Kerpiç, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- [3] **Kömürcüoğlu, E.A.,** 1962. Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç ve Kerpiç İnşaat Sistemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [4] **Eriç, M., Anıl, Ü., Çorapçioğlu, K.,** 1980. Kerpiç Malzemelerin Türkiye Koşullarında Rasyonel Kullanımını Sağlamak Amacıyla Kalitesinin Yükseltilmesi Konusunda Bir Araştırma, İDGSA Mimarlık Fakültesi.
- [5] **Kafescioğlu, R.,** Ağustos 1980. Yapı Malzemesi Olarak Kerpicein Alçı ile Stabilizasyonu, TÜBİTAK MAG 505, İstanbul.
- [6] **Işık, B., Akın, A., Kuş, H., ve diğ.** 1995. Alçı Katkılı Kerpiç Yapı Malzemesine Uygun Mekanize İnşaat Teknolojisinin ve Standartlarının Belirlenmesi, TÜBİTAK, İNTAG TOKİ 622, İstanbul.
- [7] **Blondet, M., Brzeu, S., Garcia. M.,** 2003. Earthquake-Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California.
- [8] **Başgelen, N.,** 1993. Çağlar Boyunca Anadolu'da Duvar, Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul.
- [9] **Gürdal, E.,** 1995-1996 Yüksek Lisans Programı, Yapı Korunumu ve Yapı Hasarları Ders Notları, İstanbul.
- [10] **Toydemir, N.,** 1976 Seramik Yapı Malzemeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi.
- [11] **TS-2514,** Şubat 1977. Kerpiç Bloklar ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [12] **United Nations**, 1961. Soil-Cement It's Use in Buildings, Department of Economic and Social Affairs, New York.
- [13] **Gürdal, E., Acun, S.**, Mart 2001. Değişik Harç ve Sıvaların Farklı Malzemeler Üzerindeki Aderansı, Yapı Malzemesi ve Deprem Semineri Bildiriler, Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi.
- [14] **Gürdal, E., Koçu, N.**, Eylül 1993. Kerpiç ve Kerpiçte Eskime Yenileme Sorunları Konya Alaadin Köşkü Örneği, Yapı Dergisi, Sayı 142 YEM.
- [15] **Şimşek, O., Sancak, E., Fırat, S.**, 2001. Kerpiç Özelliklerini İyileştirme Yönünde Bir Araştırma, Türkiye İnşaat Mühendisliği 16. Teknik Kongresi Bildirileri, Ankara.
- [16] **Tunçoku, S.**, Characterization of Masanory Mortars Used in Some Anatolian Selçuk Monuments in Konya, Beyşehir and Akşehir, ODTÜ, Ankara, Doktora Tezi, Haziran 2001
- [17] **Tanrıverdi, C.**, 1984. Alçılı Kerpicin Üretim Olanaklarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
- [18] **Alkan, Z.**, 1969. Bazı Stabilizan Maddelerin (Çimento, Kireç, Bitüm Emülsiyonu ve Saman) Dökme Kerpiç ve Prese Kerpicin Önemli Mekanik Özelliklerine Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Bülteni, Erzurum, s.1-10
- [19] **Lambe, T., W.**, 1962. Soil Stabilization Foundation Engineering, Mc. Graw-Hill Book Company, Newyork 354-357
- [20] **United Nations for Human Settlements (Habitat)**, 1988. A Compendium of Information on Selected Low-Cost Building Materials, Nairobi.
- [21] **TS-537**, Ekim 1985. Çimentolu Kerpiç Bloklar, Duvarlar İçin, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [22] **Eriç, M.**, 1980. Kerpiç Eski Evlerin Onarımı ve Korunmasında Bir Araştırma, Üçüncü Uluslararası Kerpiç Koruma Sempozyumu, Ankara. 29 Eylül-4 Ekim 1980
- [23] **Eriç, M.**, Nisan 1994. Yapı Fiziği ve Malzemesi, Literatür Yayınları, İstanbul.

- [24] **Gürdal, E.**, 1980. Kuzey ve Orta Anadolu Alçıları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [25] **Houben, H., Guillard, H.**, 1989. Earth Construction, Intermediate Technology Publications, London.
- [26] **Erdoğan, Y, T.**, 2003. Beton, O.D.T.Ü. Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Ankara.
- [27] **Almaç, U.**, 2002. Alçı Bağlayıcılı Hazır Harç ile Toprak Karışımının Hasarlı Kerpiç Yapılarda Onarım Harcı Olarak Kullanılabilmesi İçin Deneysel Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [28] **Aydınay, B.**, Mayıs 2002. Donatılı ve Donatısız Alker Duvarların Kayma Dayanımı Üzerine Deneysel Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [29] **TS-2515**, Nisan 1985. Kerpiç Yapıların Yapım Kuralları , Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [30] **Eriç, M.**, Temmuz 1992. Yapıda Sıva Uygulamaları ve Sorunları, İnşaat Dergisi.
- [31] **TS-1262**, Nisan 1988. Sıva Yapım Kuralları – Bina İç Yüzeylerinde Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [32] **Ün, H.**, Bahar 2007. Bağlayıcı Maddeler 1, Pamukkale Üniversitesi, Ders Notları
- [33] **Ersoy, H, Y.**, Mart 1989. Cephelerin Korunması ve Sıva, İnşaat Dergisi.
- [34] **Saraylı, M, A.**, 1975. Yapı Malzemeleri Bilimi, Yapı Malzemelerinin Tanımı, Üretilmesi Sınıflandırılması, Kullanılması, İkinci Kısım Özeti, İ.D.M.M. Akademisi.
- [35] **Gürdal, E., Toydemir, N.**, Aralık 1988. Boya ve Sıva Kaplamalar, Kurs Notları, YEM. İstanbul.
- [36] **Gündüz, G., N.**, 1999. Kerpiç Yapılarda Sıva İle Dış Yüzey Koruması, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [37] **Niemeyer, R.**, Ocak 1982. Der Lehm- und seine praktische Anwendung, Okobuch-reprint, Hannover.

- [38] **Akman, M. S.**, 1990. Yapı Malzemeleri, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [39] **Güner, M. S., Sönme, V.**, 2000. Yapı Malzemesi ve Beton, Aktif Yayınevi, İstanbul.
- [40] **Smith, R. C.**, 1979. Materials of Construction, America.
- [41] **Anstett, F.**, 1949. Çimento ve Beton Lügati, İstanbul..
- [42] **Akagün, A.**, 1966. Yapı Malzemesi Notları, K.T:Ü. Yayınları.
- [43] **Ersen, A., Güleç, A.**, 1991. Geleneksel Harçlar Konusunda Bir Araştırma “Tahtakale Hamamı” Taç Vakfı Yayını Sayı 1,s.56-75, İstanbul
- [44] **Özışık, G.**, 2000. Beton, 1.Baskı, Birsen Yayınevi, İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- [45] **Akman, M. S.**, 1992. Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi, İ.T.Ü. Matbaası İstanbul.
- [46] **Postacıoğlu, B.**, 1986. Bağlayıcı Malzemeler Beton, Cilt 1, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [47] **Erdoğan, Y. T.**, 2003. Beton 1. Baskı , O.D.T.Ü. Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.
- [48] **Debes, G.**, 1961. Yapı Malzemeleri-Kagir, Beton. Betonarme, Kireç, Çimentolar, Harçlar, İstanbul.
- [49] **Mussazza, F.**, 1989. Puzolanlar, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara.
- [50] **Wolseifer, J., Sivasandunam, V., Malhotra, V., ve diğ.** 1995. Performance of Concretes Incorporating in Concrete, Milwaukee.
- [51] **Yeğınobalı, A.**, 1993. Silis Dumanının Beton Katkı Maddeleri Olarak Değerlendirilmesi, Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Değerlendirilmesi Sempozyumu, T.M.M.O.B. İnşaat Müh. Odası, Ankara.
- [52] **Mehta, P. K., Gjorv, O.D.**, 1982. Properties of Portlanda Cement Concrete Containing Fly Ash and Condensed Silica Fume Cement, Concrete Research 12 p. 587-595

- [53] **Laçinyurt, S.**, 1994. İstanbul Şehir Surları, Horosan Harçları Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi.
- [54] **Yeğınobalı, A.**, 1986. Review of Some Studies on Local Pozzolans, Proceedings of Second international Conference. Tripoli.
- [55] **Işık, B.**, Ağustos 1991. Alçılı Kerpiç Duvarda Sıva Araştırması, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [56] **TS-1262**, Şubat 1988. Sıva Yapım Kuralları – Bina İç Yüzeylerinde Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [57] **TS-1481**, 1988. Sıva Yapım Kuralları – Bina Dış Yüzeylerinde Kullanılan, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [58] **Böke, H., Akkurt, S., İpekoğlu B.**, 2004. Tarihi Yapıların Onarımlarında Kullanılacak Horosan Harç ve Sıvalarındaki Puzolonik Malzemelerin Özelliklerinin Araştırması, Yapı Dergisi, Sayı 269, YEM.
- [59] **Penelis, G.G.**, 1995. “Ancient and Traditional Mortar Technologie and Their Importance in Conservation Projects” Mortars and Grouds in Restoration of Rome and Byzantine Monuments, Selanik.
- [60] **Karaveziroğlu, M., Papayianni, I.**, 1995. “Long Term Strength of Mortars and Grouds Used in Interventions” IABSE Symposium, Rome
- [61] **Pusat, S.**, 2002. Tarihi Yapıların Onarımında Kullanılacak Harç Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [62] **TS EN-1936**, Mart 2001 . Doğal Taşlar-Deney Metotları- Gerçek Yoğunluk, Görünür Yoğunluk, Toplam ve Açık Gözeneklilik, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [63] **TS EN-1015-6**, Kasım 2000. Kagir Harcı - Deney Metotları-Taze Harcın Boşluklu Birim Hacim Kütlesinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [64] **TS EN-1015-10**, Nisan 2001. Kagir Harcı - Deney Metotları - Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- [65] **TS EN-1015-1**, Ekim 2000. Kagit Harcı - Deney Metotları – Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [66] **TS-699**, Ocak 1987. Tabii Yapı Taşları – Muayene ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [67] **TS EN-1925**, Nisan 2000. Doğal Taşları - Deney Metotları – Kılcal Etkiye Bağlı Su Emme Katsayısının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [68] **TS-7847**, Şubat 1990. Hazır Sıva – Dış Cepheler İçin, Sentetik Emülsiyon Esaslı , Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [69] **TS EN-1015-11**, Ekim 2000. Kagit Harcı - Deney Metotları – Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanamının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [70] **Postacıoğlu, B.**, 1981. Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri – İç Yapı ve Mekanik Özellikler, Cilt 1, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- [71] **Çankıran, O.**, 2000. Yapıların Depremden Önce ve Sonrasında Tahribatsız Deney Yöntemleri ile İncelenmesi, İnşaat Malzemeleri İhtisas Dergisi, Sayı:47 s:136-141. İstanbul.
- [72] **Benavente, D., Fort, R., Ordonez, S.**, 2004. Durability Estimation of Porous Building Stones from Pore Structure and Strength, Engineering Geology. 74.
- [73] **Kocataşkın, F.**, 1984. Malzeme Bilimi, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Ders Notları, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası.
- [74] **TS EN-1015-12**, Ekim 2000. Kagit Harcı - Deney Metotları – Sertleşmiş Harcın Alt Tabakaya Yapışma Dayanamının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

EK-1**Doymuş Buhar Basıncı Sıcaklık İlişkileri**

sıcaklık °C	0 pascal	1 pascal	2 pascal	3 pascal	4 pascal	5 pascal	6 pascal	7 pascal	8 pascal	9 pascal
-10	259.8	257.5	254.9	252.9	251.1	249.01	247.1	244.1	242.2	239.2
-9	283.4	280.4	278.4	275.5	273.6	271.6	268.8	266.6	263.7	261.8
-8	309.8	305.8	303.8	301.0	298.1	296.1	294.2	291.2	288.3	286.3
-7	337.3	335.3	332.4	329.5	326.5	323.6	320.6	317.7	314.7	311.8
-6	367.7	364.7	361.8	358.8	355.9	353.9	350.1	347.1	343.2	340.2
-5	401.0	398.0	395.1	391.2	388.3	384.4	381.4	378.5	374.5	371.6
-4	436.3	432.3	429.5	425.5	422.6	418.7	414.7	411.8	407.9	404.9
-3	475.6	471.6	467.7	463.8	459.9	455.9	452.0	448.1	444.2	440.3
-2	516.7	513.7	508.9	505.0	501.1	496.2	492.2	488.3	483.4	479.5
-1	561.8	556.8	552.0	547.1	543.2	538.3	534.4	530.5	526.5	521.6
0	610.9	605.9	603.4	595.2	591.3	586.4	581.4	576.6	571.6	566.7
1	657.0	661.9	668.8	671.7	676.6	681.5	686.4	690.3	695.2	700.1
2	705.0	709.9	715.8	720.7	728.6	731.5	736.4	742.3	747.2	753.1
3	758.9	764.8	769.7	775.6	780.5	786.4	792.3	797.2	803.1	8008.0
4	812.9	818.8	824.6	830.5	836.4	842.3	848.2	854.1	860.9	865.8
5	871.7	877.6	883.5	889.4	895.3	901.1	907.0	912.0	918.6	924.7
6	934.5	941.3	948.2	954.1	960.9	967.8	974.7	981.5	987.4	994.3
7	1001.2	1008.0	1015.9	1022.7	1029.6	1037.4	1044.3	1051.2	1059.0	1065.9
8	1072.7	1080.6	1087.5	1095.3	1102.2	1110.0	1116.9	1124.7	1132.5	1139.4
9	1147.3	1155.1	1162.9	1170.8	1178.6	1186.5	1194.3	1202.2	1210.0	1217.9
10	1227.7	1236.5	1244.4	1253.3	1261.0	1269.8	1278.7	12286.5	1295.3	1303.2
11	1312.0	1320.8	1329.7	1339.4	1348.3	1357.1	1365.9	1374.8	1384.6	1393.4
12	1404.2	1412.0	1421.8	1430.7	1440.5	1450.3	1459.1	1468.9	1478.7	1487.5
13	1497.3	1507.2	1516.9	1527.7	1537.5	1547.3	1558.1	1567.9	1577.7	1587.6
14	1598.3	1609.1	1619.9	1630.7	1641.5	1652.3	1662.1	1672.9	1683.6	1694.4
15	1705.2	1716.0	1727.8	1738.6	1749.3	1761.1	1771.9	1783.7	1794.5	18805.3
16	1817.0	1828.8	1840.5	1853.3	1865.1	1876.8	1888.6	1898.4	1913.1	1924.5
17	1936.6	1949.4	1962.2	1974.8	1987.6	2000.4	2013.1	2025.9	2038.6	2051.4
18	2064.1	2077.8	2090.6	2104.3	2118.2	2130.8	2144.5	2157.3	2171.0	2183.7
19	2196.5	2211.2	2225.9	2239.7	2253.4	2267.1	2281.8	2295.5	2309.3	2323.0
20	2338.7	2353.4	2368.1	2382.8	2397.5	2412.2	2426.9	2441.6	2456.4	2472.1
21	2485.8	2502.5	2517.2	2533.9	2549.5	2565.2	2580.9	2596.6	2612.3	2627.0
22	2643.6	2660.3	2667.0	2693.7	2710.3	2726.0	2742.7	2759.4	2776.1	2792.7
23	2808.4	2826.1	2843.7	2861.4	2879.0	2895.7	2913.3	2931.8	2948.6	2966.3
24	2983.9	3001.6	3021.2	3038.9	3057.5	3076.1	3093.7	3112.4	3131.0	3149.7
25	3167.3	3186.9	3206.5	3225.2	3244.88	3264.4	3283.0	3302.6	3322.2	3341.9
26	3360.5	3381.1	3401.7	3421.3	3441.9	3461.5	3482.1	3502.7	3523.3	3542.9
27	3564.4	3586.0	3607.6	3629.2	3650.7	3672.3	3693.9	3715.4	3736.5	3757.6
28	3779.2	3801.7	3824.3	3846.9	3869.4	3892.0	3914.5	3937.1	3959.6	3982.2
29	4004.7	4028.3	4051.8	4075.4	4098.9	4122.4	4145.9	4170.4	4194.0	4217.5
30	4242.1	4267.6	4292.1	4317.6	4342.1	4367.6	4392.1	4417.6	4443.1	4467.6

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇAKIR, Kaan
Uyruğu : T.C.
Dogum tarihi ve yeri : 15.07.1970 İstanbul/Bakırköy
Telefon : 0 532 370 72 76
e-mail : cakir.kaan@gmail.com

Eğitim

<i>Derece</i>	<i>Eğitim Kurumu</i>	<i>Mezuniyet tarihi</i>
Lisans	Mimar Sinan Üniversitesi (Mimarlık)	1995
Lise	Pendik Lisesi	1988

İş Deneyimi

<i>Yıl</i>	<i>Şirket</i>	<i>Görev</i>
2002-	Artdek Mimarlık.	Kendi Şirketim
1999-2002	Çelebi Mimarlık	Şirket Ortağı
1996-1998	Metin Erözü Mimarlık	Proje Sorumlusu

Yabancı Dil

İngilizce, Almanca