



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

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOLOMIT İKAMESİNİN KİL SIVALARIN FİZİKSEL VE  
MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YASEMİN ERDOĞDU**

**EKİM 2015**

**DÜZCE**

## **KABUL VE ONAY BELGESİ**

Yasemin ERDOĞDU tarafından hazırlanan DOLOMİT İKAMESİNİN KİL SIVALARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ isimli lisansüstü tez çalışması, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 05/10/2015 tarih ve 2015/821 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Üye  
(Tez Danışmanı)  
Yrd.Doç.Dr. Mehmet EMİROĞLU  
Düzce Üniversitesi

Üye  
Doç.Dr. Yılmaz KOÇAK  
Dumlupınar Üniversitesi

Üye  
Yrd. Doç.Dr. Mehmet Emin ARSLAN  
Düzce Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 08.10.2015

## **ONAY**

Bu tez ile Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yasemin ERDOĞDU'nun İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans derecesini almasını onamıştır.

Prof. Dr. Haldun MÜDERRİSOĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## BEYAN

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

08.10.2015

Yasemin ERDOĞDU



*Sevgili Aileme*

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenim ve hazırlanması sürecinde deneyimleri ve değerli fikirleriyle her zaman yol gösteren, insani ve ahlaki değerleri ile birlikte disiplinli ve özverili çalışma anlayışını da örnek edindiğim, yanında çalışmaktan gurur duyduğum ve ayrıca tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu hoşgörü ve sınırsız sabırdan dolayı değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet EMİROĞLU'na,

Lisans ve Yüksek Lisans eğitim hayatım sürecinde mesleki ve akademik anlamda değerli katkıları ve laboratuvar imkânlarından sonuna kadar faydalanmama olanak sağladıklarından dolayı Yapı Eğitimi Anabilim Dalı ve Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Anabilim dalı öğretim üyelerine,

Tez çalışmam boyunca özellikle deneysel çalışmalarda değerli yardımlarını ve fikirlerini benden esirgemeyen çalışma arkadaşım Ahmet YALAMA'ya,

Tez çalışmamın yazım ve düzenleme aşamasında yardımlarından ve desteklerinden beni mahrum etmeyen sevgili arkadaşım Mehmetcan YÜKSEK'e,

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, tez çalışmalarım sürecinde beni yalnız bırakmayan ve tezimin başarıyla tamamlanmasında büyük katkıları olan babam Nihat ERDOĞDU, annem Nermin ERDOĞDU, kardeşim Yasin ERDOĞDU ve eşi Duygu ERDOĞDU'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2012.07.HD.081 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiş ve İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi Laboratuvarlarında yürütülmüştür.

**08 Ekim 2015**

**Yasemin ERDOĞDU**

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b><u>Sayfa</u></b>
<b>TEŞEKKÜR .....</b>	<b>i</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>ii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ .....</b>	<b>v</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ .....</b>	<b>vii</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>EXTENDED ABSTRACT.....</b>	<b>3</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>6</b>
<b>2. KURUMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1. SIVA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1.1. Sıva Çeşitleri.....</b>	<b>11</b>
<i>2.1.1.1. Geleneksel Yöntemlerle Yapılan Sıvalar.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.1.2. Modern Hazır Sıvalar .....</i>	<i>15</i>
<b>2.1.2. Sıva Yapımını Gerektiren Durumlar .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.3. Sıva Yapılacak Yüzeyin Hazırlanması.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.4. Sıvanın Uygulanması ve Korunması.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. KİL SIVALAR .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.1. Kil Sıvaların Özellikleri.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.2. Uygulama Örnekleri .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3. KARIŞIMDA KULLANILAN MALZEMELER .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.1. Kil .....</b>	<b>25</b>
<i>2.3.1.1. Kilin Sınıflandırılması.....</i>	<i>28</i>
<i>2.3.1.2. Kilin Fiziksel Özellikleri .....</i>	<i>30</i>
<i>2.3.1.3. Kilin Kimyasal Özellikleri .....</i>	<i>33</i>
<i>2.3.1.4. Kilin Kullanım Alanları .....</i>	<i>35</i>
<i>2.3.1.5. Kilin İnşaat Sektöründe Kullanımı .....</i>	<i>36</i>
<b>2.3.1. Dolomit.....</b>	<b>38</b>
<i>2.3.1.1. Dolomitin Fiziksel Özellikleri.....</i>	<i>39</i>
<i>2.3.1.2. Dolomitin Kimyasal Özellikleri .....</i>	<i>39</i>
<i>2.3.1.3. Dolomitin İnşaat Sektöründe Kullanım Alanları .....</i>	<i>40</i>

<b>2. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>41</b>
<b>3.1. MATERYAL .....</b>	<b>41</b>
3.1.1. Kil.....	41
3.1.2. Dolomit.....	42
3.1.3. Kum.....	43
<b>3.2. METOD .....</b>	<b>45</b>
3.2.1. Karışım Tasarımları.....	45
3.2.2. Kil Üzerinde Yapılan Deneyler.....	46
3.2.2.1. Atterberg Limitleri.....	46
3.2.2.2. Özgül Ağırlık Deneyi .....	50
3.2.2.3. Hidrometre Deneyi .....	51
3.2.3. Sıva Üzerinde Yapılan Deneyler.....	52
3.2.3.1. Yayılma Çapı.....	53
3.2.3.2. Birim Ağırlık Deneyi.....	54
3.2.3.3. Basınç Dayanımı.....	54
3.2.3.4. Eğilme Dayanımı .....	55
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>57</b>
4.1. ATTERBERG LİMİTLERİ .....	57
4.2. ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ.....	59
4.3. HİDROMETRE DENEYİ.....	59
4.4. OPTİMUM KİL/KUM ORANININ BÜZÜLMESİ .....	60
4.4.1. Serbest Düşme Deneyi .....	60
4.4.2. Kesme Deneyi .....	60
4.4.3. Yayılma Çapı Deneyi.....	61
4.4.4. Hacimsel Büzülme Deneyi.....	62
4.4.5. Gözlemsel Büzülme Deneyi.....	62
4.4.6. Basınç Dayanımı .....	63
4.5. DOLOMİT İKAMELİ KARIŞIMLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR.....	64
4.5.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi .....	64
4.5.2. Hacimsel Büzülme Deneyi.....	65
4.5.3. Gözlemsel Büzülme Deneyi.....	66
4.5.4. Basınç Dayanımı Deneyi.....	67

4.5.5. Eğilme Dayanımı Deneyi .....	68
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>69</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>72</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	





## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Kil sıva yüzeyine tırnak mala işleminin uygulanması.....	21
Şekil 2.2. Farklı oranlarda kil sıva uygulamaları.....	22
Şekil 2.3. Püskürtme kil sıva uygulaması.....	22
Şekil 2.4. Mineral kil sıva ile sıvanmış duvar örneği.....	23
Şekil 2.5. Kil toplarının bambu dübellere sabitlenmesi.....	23
Şekil 2.6. Fırlatma sıva uygulaması.....	23
Şekil 2.7. Saman balyaların püskürtme kil sıva ile sabitlenmesi.....	24
Şekil 2.8. Saman balyalı sıva yapılmış duvar.....	24
Şekil 2.9. Taze kil sıva ile mimari çalışma örneği.....	25
Şekil 2.10. Kil minerallerinin temel bileşenleri.....	30
Şekil 2.11. Kil parçacığı üzerindeki su molekülünün hareketi.....	30
Şekil 2.12. Karbonatlı kayaçların sınıflandırılması.....	39
Şekil 3.1. Deneysel kumun hazırlanması.....	41
Şekil 3.2. Deneysel dolomit.....	42
Şekil 3.3. Deneysel kuma ait görüntüler.....	43
Şekil 3.4. Cassagrande kesesine numune yerleşimi.....	46
Şekil 3.5. Koni batma deneyine ait görüntü.....	47
Şekil 3.6. Likit limit deneyine ait görüntüler.....	48
Şekil 3.7. Rötreye deneyine ait görüntüler.....	50
Şekil 3.8. Piknometre deneyinin yapılması.....	51
Şekil 3.9. Hidrometrenin deneyinde yapılan okumalar.....	52
Şekil 3.10. Basınç dayanımı kalıbı.....	53
Şekil 3.11. Sıvanın tuğla yüzeye uygulanması.....	53
Şekil 3.12. Basınç dayanım testi numuneleri.....	53
Şekil 3.13. Yayılma tablası deneyi sonrası yapılan ölçümler.....	54
Şekil 3.14. Basınç dayanımı deneyi için dökülen numuneler.....	55
Şekil 3.15. Basınç dayanımı deneyi yapılan küp numuneler.....	55
Şekil 3.16. Eğilme dayanımı deneyi için hazırlanan numuneler.....	56
Şekil 3.17. Numunelerin eğilme dayanımı testine tabi tutulması.....	56
Şekil 3.18. Eğilme dayanımı deneyi yapılmış olan numuneler.....	56
Şekil 4.1. Serbest düşürme deneyinden görüntüler.....	60
Şekil 4.2. Kesme deneyinden görüntüler.....	61

<b>Şekil 4.3.</b> Tuğla üzerine uygulanan sıva karışımlarının deney sonuçları .....	63
<b>Şekil 4.4.</b> Dolomit ikameli optimum karışımlara ait deney sonuçları .....	66



## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1. Killerin sınıflandırılması .....	29
Çizelge 2.2. Kil minerali grupları ve kimyasal formülleri .....	34
Çizelge 2.3. Dolomitin kimyasal içeriğine göre sınıflandırılması.....	40
Çizelge 3.1. Kilin kimyasal analizi.....	41
Çizelge 3.2. Kilin granülometrisi .....	42
Çizelge 3.3. Dolomitin kimyasal analizi.....	42
Çizelge 3.4. Dolomitin granülometrisi .....	43
Çizelge 3.5. Kumun granülometrisi.....	44
Çizelge 3.6. Sıva karışım tasarımları.....	45
Çizelge 3.7. Hidrometre deneyinde kaydedilen değerler .....	51
Çizelge 4.1. Likit limit deney sonuçları .....	57
Çizelge 4.2. Koni Batma deney sonuçları .....	57
Çizelge 4.3. Plastik limit deney sonuçları .....	58
Çizelge 4.4. Rötire Limit deney sonuçları .....	58
Çizelge 4.5. Özgül ağırlık deney sonuçları.....	59
Çizelge 4.6. Hidrometre deneyi sonucu elde edilen granülometri eğrisi.....	59
Çizelge 4.7. Yayılma çapı deney sonuçları .....	61
Çizelge 4.8. Hacimsel büzülme deney sonuçları .....	62
Çizelge 4.9. Basınç dayanımı değerleri .....	64
Çizelge 4.10. Dolomit ikameli optimum karışımların birim ağırlık değerleri.....	65
Çizelge 4.11. Dolomit ikameli optimum karışımların hacimsel büzülme değerleri.....	65
Çizelge 4.12. Dolomit ikameli optimum karışımların basınç dayanımı değerleri.....	67
Çizelge 4.13. Dolomit ikameli optimum karışımların eğilme dayanımı değerleri.....	68

## SİMGELER VE KISALTMALAR

$Al_2O_3$	Alüminyum oksit
Ca	Kalsiyum
$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat
CaO	Kalsiyum oksit
$CO_2$	Karbon dioksit
$Fe_2O_3$	Demir oksit
$H_2O$	Dihidrojen oksit
HCl	Hidroklorik asit
K	Potasyum
$K_2O$	Potasyum oksit
$MgCO_3$	Magnezyum karbonat
MgO	Magnezyum oksit
MnO	Mangan oksit
$Na_2O$	Sodyum oksit
Ni	Nikel
$PO_4$	Fosfat
ppm	Milyonda bir birim
$SiO_2$	Silisyum oksit
$SO_4$	Sülfat
$TiO_2$	Titanyum dioksit
XRD	X ışınları difraksiyonu
Zn	Çinko
$\mu$	mikrometre

# ÖZET

## DOLOMIT İKAMESİNİN KIL SIVALARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Yasemin ERDOĞDU

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç.Dr. Mehmet EMİROĞLU

Ekim 2015, 74 sayfa

Kil ve kil ürünleri, yüzyıllar boyunca dünyanın çeşitli bölgelerinde uzun ömürlülüğü dolayısıyla farklı uygulama alanlarıyla günümüze kadar kullanılagelmiş bir malzemedir. Kilin plastisite özelliği sayesinde tuğla, kiremit ve sıva malzemelerinde hammadde olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Kil kolay elde edilebilir olması sebebiyle daha ekonomik sıva karışımlarının hazırlanmasına olanak sağlamaktadırlar. Ayrıca kil sıvalar, kolay işlenebilirliği sayesinde kullanıcılara uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Kil sıvaların inceliği, tane dağılımı ve yüzey özellikleri sıva kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Dolomit ise; 300 µm'den küçük boyutlarda olduğundan sıkı gözeneklidir. Bu özelliği sayesinde sıva harç malzemesi olarak kullanılabilir. Bu özelliği sayesinde sıva harç malzemesi olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada, farklı oranlardaki kil/kum karışımlarına hacimce 1/3, 2/3 ve 3/3 oranında dolomit ikame edilerek dolomit katkılı kil sıvalar üretilmiştir. Kullanılacak kil malzemesinin kıvam limitleri ve bazı diğer temel özellikleri araştırıldıktan sonra sıva yapımına geçilmiştir. Hazırlanan sıvalar 50x50x50 mm<sup>3</sup> lük küp ve 40x40x160 mm<sup>3</sup> lük prizma kalıplar içerisine dökülmüştür. Tüm numuneler üzerinde eğilme ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Kil sıvalar için uygun kıvam limitleri belirlendikten sonra gözlemsel olarak yapılan saha testleri ve sıva uygulamaları sonucunda optimum kil sıva karışımları seçilmiştir. Belirlenen karışımları üzerinde gerçekleştirilen basınç dayanımı ve eğilme dayanımı testleri sonucunda; hacimce 1/3 dolomit ikamesinin hem basınç dayanımı hem de eğilme dayanımı değerleri açısından olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Dolayısıyla Ülkemizde fazlaca rezervi olan dolomitin kil sıvalarda değerlendirilmesi ile kil sıvaların teknik özelliklerine olumlu etkiler sağladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Dolomit, Hazır Kil Sıva, Kıvam Limitleri, Kil Sıva Saha Testleri,

Fiziksel ve Mekanik Özellikler.

## ABSTRACT

### EFFECT OF DOLOMITE SUBSTITUTION ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CLAY PLASTERS

Yasemin ERDOĞDU

Duzce University

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

Master of Science Thesis

Adviser: Assist. Prof Mehmet EMİROĞLU

October 2015, 75 pages

Clay and clay products are materials that have been used in different application areas up to the present on account of its durability in various parts of the world for centuries. Thanks to plasticity feature has (commonly) used extensively as a raw material of brick, roof tile and plaster material.

Clays are provided to prepare more economical plaster mixtures due to clay can be acquired easily. Clay plasters provide users ease of application thanks to their versatility. Fineness, grain distribution and surface properties of clay plasters are directly related to the quality of plaster. Dolomite is tight porous due to its size being smaller than 300  $\mu$ .

In this study, clay plasters with additive of dolomite were produced as replacing dolomite with ratio of 1/3, 2/3, 3/3 by volume of clay/sand mixtures. After Atterberg Limits and elementary features of the clay plaster were explored, the clay plaster was put into production. Prepared plasters were poured into molds of 50x50x50 cm<sup>3</sup> and 40x40x160 cm<sup>3</sup> prism. Compressive and flexural strength test were carried out on the all plaster samples.

After determining optimum Atterberg limits of clay plasters, observational plaster applications and field tests were performed and appropriate clay plaster mixtures were selected. Compressive and flexural strength tests were carried out on specified clay/sand and dolomite substituted clay/sand mixtures. 1/3 volume replacement of dolomite was showed that positive results in terms of both compressive and flexural strength tests. Therefore, it is considered to contribute in terms of evaluation of reserves dolomites in our country and improving of technical properties of clay plaster by dolomite substitution of clay plasters.

**Keywords:** Atterberg Limits, Clay Plaster, Clay Plaster Field Tests, Dolomite, Physical and Mechanical Properties.

# **EXTENDED ABSTRACT**

## **EFFECT OF DOLOMITE SUBSTITUTION ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF CLAY PLASTERS**

Yasemin ERDOĞDU

Duzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Construction  
Education

Master of Science Thesis

Adviser: Assoc. Prof Mehmet EMİROĞLU

October 2015, 75 pages

### **1. INTRODUCTION:**

Clay with natural features being the oldest building material that is one of the modern and functional building material today. Although clay plasters have the superior features of different angels (the ambient humidity balance, be natural, heat and sound insulation etc.) according to cement plasters, today industrial uses of clay plaster is not common. This is because, traditional clay plaster is very sensitive to environmental conditions (rain and snow effect) according to cement plaster. Therefore it is necessary to improve the properties of clay plasters in terms of permeability. It is common to use some powder materials for improving strength and durability properties of mortar in especially concrete technology. Dolomite powder is the one of these materials. It is preferred to use dolomite that is natural than the other additives in this study.

### **2. MATERIAL AND METHODS:**

In the study, clay, sand and dolomite were used in the preparation in clay mixtures. Clay is used sieving that is smaller than 0,004  $\mu$  grain size. Dolomite has 300-500  $\mu$  grain size and contains more than %50 of  $MgCO_3$  by weight. Sand in the mixtures is maintained in oven at 105°C then it is sieving from 2 mm sieved for the mixtures.

The first phases of the study, technical characteristics of each raw material in the mix were analyzed. Chemical composition, specific gravity, Atterberg Limits, hydrometer tests were performed on clay, dolomite and sand materials according to Turkish standards. In the study, 9 different clay/sand mixtures were designed for determining

optimum clay/sand ratio. The mixtures were coded from C10S0 (reference) to C1S9. Observational application was made for each mixtures and optimum clay mixtures (C3S7, C4S6, C5S5) were specified due to their performance. Prepared mixtures of C3S7, C4S6 and C5S5 were poured into 50x50x50 mm cubic and 40x40x160 mm prism molds. Compressive and flexural strengths of the optimum mixtures samples were measured.

### **3. RESULTS AND DISCUSSIONS:**

According to results of Atterberg Limits, optimum water content was determined as 36.18% for the soil used in this test. The optimum water content was kept constant in all mixtures (36.18% of clay mass) besides the sand was used in the saturated surface dry condition. It is also found that when the water content increases, shrinkage cracks occurs on the surface of clay plaster. On the other hand high water content causes to decline strength of plaster. After the optimum water content was determined, different ratio of clay/sand mixtures were determined. The prepared mixtures were applied on bricks to observe performance of clay plasters. It is observed that the more clay content tends to shrinks and cracks are formed on the clay plasters having high clay content. Compressive and flexural strenghts were also tested on the dolomite substituted clay plasters. The results of compressive strenght showed that %66 of dolomite addition samples have the highest values for C3S7 and C4S6 mixes. Compressive strangth value of C3S7 mixtures having %66 dolomite substitution was increased %62 compared to C3S7 reference mixtures. Compressive strenght values of C5S5 series were decreased by %20, %47 and %39 with the dolomite substitution of %33, %66, %100 respectively. The flexural strenght values of C3S7 and C4S6 mixtures were increased with the %33 dolomite substitution. However flexural strenght values of C4S6 series were decreased, except %66 dolomite substitution. In the event of %100 dolomite substitution flexural strength values of the clay plasters was decreased.

### **4. CONCLUSION AND OUTLOOK:**

Obtimum clay-water ratio was determined to obtain workable clay plasters. Water content's value for all clay/sand mixtures was determined as %36,18. Highly water content reduced compressive strength although provided to be easy application in the clay plasters. Test results of %33, %66 and %100 dolomit substitution clay/sand



mixtures are showed differences in mechanical strength values. It was observed that %33 substitution of dolomite was concluded significant values based on the compressive and flexural strength values. It is proposed that performance characteristics of the clay plasters with the addition of artifical and natural fibers or polymers can be examined.



# 1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde bilinçsiz enerji tüketimi nedeniyle hızla azalan enerji kaynakları, mevcut kaynakların verimli kullanılması ve alternatif hammadde arayışları konusunda araştırmalar yapılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu araştırmalar yapı ve yapıyı oluşturan malzemeleri de kapsamaktadır. Bu noktada; daha az enerji tüketimi yoluyla elde edilebilen ve kullanılabilen, doğaya ve çevreye uyumlu yapı malzemelerinin kullanılması önem kazanmaktadır.

Yapı malzemesi olarak kil, doğal özellikleriyle modern ve kullanışlı olması sebebiyle geçmişten günümüze kadar kullanılmaya devam etmektedir. Kil doğada bolca bulunan bir malzeme olup dünyadaki toplam kil rezervi 81.870 milyar tondur, Ülkemizde kil rezervinin 450 milyon ton olduğu bilinmektedir (Seramik, Refrakter, Cam Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu 1995). Düzce ilinde ise Hacıdere ve Çatakören sahalarında kil oluşumları tespit edilmiştir. Hacıdere sahasında 1.800.000 m<sup>3</sup>, Çatakören sahasında ise 200.000 m<sup>3</sup> kil rezervi bulunmaktadır (MTA 2010).

Bir yapının dış etkenlere karşı korunmasını, iç bölümlerin birbirinden ayrılarak etkin kullanılmasını sağlayan elemanları bölme duvarlardır. Bölme duvarın insan ihtiyaçlarını karşılayabilmesi için korunması gerekmektedir. Yapılan sıva ise bu amaca hizmet etmektedir (Oruç 2004). Yapı elemanlarını dış etkilere karşı korumak, dayanımını arttırmak, estetik görünmesini sağlamak ve boyaya hazır hale getirmek amacıyla yapılan sıvanın birçok çeşidi bulunmaktadır. Kaplama malzemesi olarak kullanılan sıvanın gerekli durumlarda tamir edilebilir, temizlenebilir olmasının yanında görsel olarak da doku ve renk özellikleriyle kullanıldığı mekânın işlevlerini karşılayacak niteliklerde olmalıdır (Ekinci 2004).

Enerji kaynaklarının hızla azalması ve çevre kirliliğinin giderek artması sebebiyle alternatif hammadde temini için yapılan çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Kil, belirli bir kristal yapısına sahip, doğal, toprağımsı, ince taneli, içerisine su katıldığı zaman plastikliği artan bir malzemedir. Killi sıvalar çeşitli yüzeylere uygulanabildiği gibi duvar kağıdı veya boya gibi malzemeler de killi sıva üzerine uygulanabilir. Kil

sıvalar, kolay işlenebilirliği sayesinde kullanıcılara uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Kil ve Kil sıvalar konusu ile ilgili daha önce yapılmış bazı çalışmalar aşağıda verilmektedir.

Darling ve diğerleri (2012), kilin ozona karşı pozitif bir etkiye sahip olup olmadığını araştırmak üzere, 2 oda ve 24 denek kullanarak kapalı mekandaki temiz hava oranının ölçülmesi suretiyle bir araştırma yapmışlardır. Çalışma sonucunda, kilin iç mekan içerisindeki temiz hava miktarını arttırdığı bildirmiştir. Ashour ve diğerleri (2010) saman balyalı yapılar için doğal lif takviyeli kil sıvanın nem dengesi üzerine deneysel bir araştırma yapmışlardır. Yaptıkları çalışma neticesinde, saman takviyeli kil sıvanın sıcaklık artışıyla nem dengesinin arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Ashour ve Wuc (2010) kil sıvanın rötre davranışını farklı kür ve laboratuvar ortamlarında incelemiştir. Çalışmanın sonucunda; kür sıcaklığının artmasıyla rötrenin arttığı ancak lif takviyesinin artmasıyla rötrenin azaldığını bildirmişlerdir. Balo ve diğerleri (2010) kil ve uçucu külü belli oranlarda epokside palmye yağı ile karıştırıp elde ettikleri bileşimin ısı iletkenlik ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu bileşimin ısı iletkenliğinin ve aşınma direncinin düşük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Smith (2008) tarafından yapılan çalışmada, saman balyalı yapılarda saman çeşidinin, sıva çeşidinin ve balya uyumunun aderans dayanımını nasıl etkileyeceği incelenmiştir. Çalışmada, saman takviyeli killi sıvanın aderans dayanımının yüksek olduğu ortaya konmuştur. Maddison ve diğerleri (2008) kil-kum karışımına lif takviyesi yapılmasıyla elde edilen bileşimin iklimik odada nem emme ve nem geçirme durumlarını incelemek için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada karşılaştırma amacıyla alçı sıvalar da kullanılmıştır. Kil ve alçı ile sıvanmış odaların içerisindeki nem aniden %50'den %80'e çıkarılmış (emme) ve aniden %80'den %50'ye düşürülmüştür. 12 saatin sonunda kil ve alçı duvarın emdikleri ve kustukları su miktarlarının eşit olduğu görülmüştür. Alçı paneller kuma için daha fazla zamana ihtiyaç duymuştur. Su kamışı ve yün lifi takviyesinin kil sıvalar üzerinde su emme ve su kuma açısından pozitif etki gösterdiği bildirilmiştir. Uddin (2008) Kil, nanokil ve bir smektit çeşidi olan montmorillonitin kimyasal, ısı ve iletkenlik özelliklerini kum, çakıl vb. malzemelerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Kilin tarihçesinden başlayarak nanoteknoloji ile nasıl tanıştığı anlatılmış ve kilin kimyasal analizi yapılmıştır. Nanokillerin polimerik materyallerin davranışlarını olumlu olarak değiştirdiğini bildirmiştir. Taylor ve diğerleri (2006) kil sıvanın basınç yüklemesi

anındaki nem durumu ve kuruma zamanını, kil içeriğine bağlı olarak araştırmışlardır. Test anındaki nem durumunun artmasıyla sıvanın hem dayanımının hem de sertliğinin azaldığı sonucuna varılmıştır. Cappaletti ve diğerleri (2011), kil duvarların termal ısı geçişleri üzerine çalışmışlardır. Ahşap, beton, alçı gibi farklı malzemelerden üretilmiş duvar örnekleri ile kil duvar arasında ısı geçişi açısından karşılaştırma yapmışlardır ve kil duvarların performansının gelişmesi için çeşitli önerilerde bulunmuşlardır. Hamard ve diğerleri (2012), kil toprak mimarisi için uygun sıva araştırması yapmışlardır. Saha testleri ve laboratuvar testleri yaptıkları kil sıvalar için; yüksek kil içerikli sıvaların eğilme dayanımını arttırdığını fakat hacimsel büzülmenin de arttığını bunun duvarların dayanımını düşürdüğünü belirtmişlerdir. Toprağın ana bileşen olarak kullanıldığı sıva uygulamalarının kerpiç duvarlar ile aderans ve büzülme açısından kontrol edilebilir olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Rocha ve diğerleri (2013), alçı-metakaolin-sepiyolit ilaveli harçların toprak duvarlar ile uyumunu araştırmışlardır. Laboratuvar ortamında yapay olarak toprak duvar üzerinde farklı karışımlar denenmiş ve restorasyon çalışmalarında kullanılabilir olduğunu ortaya koymuşlardır. Aubert ve diğerleri (2013) toprak duvarların basınç dayanımının 45 MPa'dan daha fazla olduğunu ortaya koyan çalışma yapmışlardır. Bu bağlamda toprak duvarların günümüzde daha geniş bir kullanım alanına sahip olması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Emiroğlu ve diğerleri (2013) kil/kum oranının kil sıvaların fiziksel ve mekanik özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Yüksek kil oranının sıva uygulamalarında daha iyi sonuç verdiğini ancak hacimsel büzülme arttırdığını ortaya koymuşlardır. Sıva olarak uygulanması ve hacimsel büzülme açısından optimum kil/kum oranları belirlemişler ve çalışmaların fiziksel ve mekanik açıdan kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Emiroğlu ve diğerleri (2015), farklı kil/kum oranları ile hazır kil sıva performanslarını incelemişlerdir. Basınç dayanımı ve rötre büzölmeleri ana etmen olduğu farklı karışım uygulamaları ve testler yapmışlardır. Bunlar sonucunda; yüksek su içeriği ve kil oranı optimum bir değerde tutularak olumlu sonuçlar alındığını belirtmişlerdir.

Yapılan literatür araştırmalarında çalışmalarda dolomit ikamesi ile ilgili yeterli kaynak olmadığından, aşağıda dolomitin de ait olduğu mermer tozu atığı ile ilgili yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Çetin (2003), yaptığı araştırmalar sonucu Türkiye'deki mermer tozu rezervlerinin 5,2 milyar ton ve toplam dünya rezervinin %40'na sahip olduğunu belirtmiştir. Atık mermer tozunun ülke ekonomisi ve geri dönüşümü açısından sektör ve istihdam

alanlarını araştırarak değerlendirilmesi açısından önerilerini ortaya koymuştur. Ceylan (2000) atık mermer tozunun derz dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve çimento üretiminde temizlenip, kurutulup, öğütüldükten sonra ince malzeme olarak kullanılabileceği sonucuna varmıştır. Yıldız (2008), yol inşaatında stabilizasyon amaçlı atık mermer tozunun zemin toprağın içerisine karıştırılarak kullanımını test etmiş ve don olaylarının olmadığı kuru iklim şartlarına sahip bölgelerde olumlu sonuçlar elde edildiğini belirtmiştir. Soykan ve Özel (2012), atık mermer tozunun polimer beton teknolojisinde agrega olarak kullanımı çalışmasını yapmışlardır. Polimerli ve atık mermer tozunu farklı karışım reçetelerinde kullanarak beton numuneleri üretilip, numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik testler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda ise; 0,075-0,150 mm aralığındaki öğütülmüş atık mermer tozunun olumlu katkısının olduğu sonucuna varmışlardır. Akkaya ve Kesler (2012), mikrokalsitin beton işlenebilirliği üzerine araştırma yapmışlardır. Mikrokalsit ilavesinin yanısıra puzolonik katkı ilaveleri içeren beton numunelerinin işlenebilirlik kaybı ve priz alam sürecinin hızlandığını tespit etmişlerdir. Şahin ve Tanyıldızı (2011), mermer tozu katkılı betonların basınç dayanımına ve donma-çözünme etkisine karşı özelliklerini incelemişlerdir. Farklı oranlarda çimento ikamesi yerine kullanılan mermer tozunun %5 oranında ilavesinin basınç dayanımını arttırdığı ancak %80 oranında ilavesi sonucunda 15 çevrim sonrasında tamamen dağıldığını belirtmişlerdir.

Günümüzde sıva malzemesi olarak piyasada kullanılan çeşitli sıva ürünleri mevcuttur. Bunların bir kısmı ileri teknoloji ürünü olmasına rağmen bir kısmı ise denetimden uzak, kalite kontrolü tamamen uygulayıcı ustanın bilgi birikimine kalmış hazır ya da geleneksel sıvalardır. Geleneksel yöntemlerle yapılan sıvalar, kaba, ince, rabbitz, bağdadi, alçı, edelputz, mermer tozu ve alaturka sıvalar vb. şeklinde sıralanabilir. Bunun yanında inşaat sektöründe son yıllarda kullanımı yoğunlaşan hazır sıva ürünleri mevcuttur. Bu ürünler de, mineral esaslı, granit tipi, hazır ipek, perlit, hazır knetix ve sentetik reçine bağlayıcılı sıvalar vb. şeklinde sıralanabilir. Bu ürünler birçok uygulamada başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu ürünlerden hemen hemen hiçbiri, üretim aşamasında yayılan CO<sub>2</sub> emisyonu ve hammadde ihtiyacı açısından kil sıvalar kadar çevreci olamamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, kil sıvaların içerisine dolomit katılarak farklı özellikte doğal kil sıvaların üretilmesidir. Çalışmanın ilk aşamasında, kil sıvaların doğallıklarından ödün vermeden fiziksel, mekanik ve termal özelliklerinin iyileştirilmesine olanak sağlayacak

şekilde karışım dizaynları yapabilmek için kullanılacak hammaddelerin karakteristikleri yapılacak ön deneyler sayesinde belirlenmiştir. Hammaddeler üzerinde gerçekleştirilen ön deneyler ardından bu hammaddelerle elde edilmiş sıvalar üzerinde uygunluk deneyleri yapılmıştır. Kil, kum ve dolomit üzerinde likit limit, rötre limiti ve plastik limit deneyleri, tane dağılımı, özgül ağırlık deneyleri yapılmıştır. Çeşitli karışım oranlarına sahip sıva numuneleri üzerinde ise yayılma çapı, birim ağırlık deneyi, hacimsel büzülme deneyi, saha testleri ve gözlemsel büzülme deneyi yapıldıktan sonra optimum 3 kil/kum karışımı belirlenmiştir. Belirlenen optimum karışımlar üzerinde ise basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

Ülkemizde hem dolomit hem de kil malzemesi bol miktarda bulunmaktadır. Bu çalışma ile yerli hammadde kullanımına ve geri dönüşümüne dikkat çekileceği umulmaktadır. Dolomit katkılı kil sıvalar insan sağlığına saygılı ve doğaya dost olmasıyla diğer sıvalardan farklılık göstermektedir. Bu özellikleriyle dolomit katkılı kil sıvaların konu ile ilgili yapılmakta veya yapılacak olan çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir. Kil sıvaların üretimi ve teknik özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili henüz yeterli standart olmadığından çalışmanın mevcut standartların güncellenmesi sayesinde bu standartlara katkı sağlama potansiyeli vardır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. SIVA

İnsanlar ilk çağlardan bu yana barınma ve korunma ihtiyacını farklı yapılarla karşılamıştır. Yapı dış cephesi su, ısı, nem, güneş, ses, deprem, yangın ve canlı etkileri gibi çevresel etmenlere maruz kalmaktadır. Bu etmenlerin neden olacağı hasarlar da yapının konfor düzeyini düşürmektedir. Yapı duvarını zararlı etkilerden korumak amacıyla kaplama malzemesi kullanılmaktadır (Oruç 2004). Kaplama malzemesi olan sıva; bir bağlayıcı madde, agrega ve sudan oluşan karışımdır. Yapı elemanlarını dış etkilere karşı korumak, dayanımını artırmak, düzgün yüzey elde etmek, güzel görünüm sağlamak ve boyaya hazır hale getirmek amacıyla yapılan son kaplama malzemesine sıva denir (Toydemir ve diğ. 2004). Tarih öncesi devirlerde Mezopotamya ve Anadolu'nun güney-doğu yörelerinde kil esaslı, saman katkılı sıva harçları ile birlikte kireç bağlayıcılı kil harçları sıva olarak uygulanmıştır.

#### 2.1.1. Sıva Çeşitleri

Teknolojik gelişmelerle birlikte kaplama malzemesi olarak sıvada çeşitlenmektedir. Sıvanın malzeme türü, yüzey özellikleri, uygulama şekline bağlı olarak seçilebilmesi için kullanılacağı mekanın özellikleri ve gereksinimlerinin bilinmesi gerekir. Mekanın gerektirdiği performansı karşılayacak en uygun malzeme ve uygulama yöntemi belirlenmelidir. Sıvanın dokusu, rengi ve temas özellikleriyle görsel yönden insan ruhunu olumlu etkilemesinin yanı sıra gerektiği zaman yenilenebilir, temizlenebilir ve bakımı yapılabilir özelliklere sahip olmalıdır (Toydemir ve diğ. 2004).

##### 2.1.1.1. Geleneksel Yöntemlerle Yapılan Sıvalar

###### *Kaba Sıvalar*

Kaba sıva, tuğa duvar, briket duvar, beton, betonarme, taş vb. duvar zeminleri üzerine yapılan ilk kat dolgu sıvasını oluşturur. Kalınlığı ortalama 2 cm'dir. Kaba sıva harcı; kum bağlayıcı ve su ile hazırlanır. Bağlayıcı yalnız başına kireç veya çimento olabileceği gibi; kireç + çimento + kum + su (takviyeli harç) da olabilir. Takviyeli sıva harcını; 1m<sup>3</sup> kuma 0.170 m<sup>3</sup> sönmüş kireç, 225 kg çimento ve yaklaşık 135 lt su, Kireç

harcını ise; 1m<sup>3</sup> kuma 0.330 m<sup>3</sup> sönmüş kireç ve yaklaşık 110 lt su teşkil eder (Sevinç 2006).

Dış sıvalarda bağlayıcı olarak kullanılan malzemeler çimento, kireç gibi mineral bazlı ya da akrilik, PVA gibi polimer bazlı bağlayıcılardır. Agregata ve dolgu olarak, mineral sıvalarda kum ve mermer unu, polimer bazlı sıvalardaysa bunlara ek olarak kaolen, talk gibi dolgu maddeleri kullanılır. Bu sıvalara istenirse değişik renkli madensel pigmentler de katılabilir. Dış sıvalar genel olarak birkaç tabaka halinde uygulanmalıdır. Ülkemizde kaba sıva ve ince sıva olarak uygulanan dış sıvanın kaba sıva katmanı düşük dozajlı, ince sıva katmanı yüksek dozajlı yapılmakta; bu uygulama önemli yapısal hasarlara neden olmaktadır. Yağış sularının dış sıvaya zor girip kolay çıkabilmesi ve rötre çatlaklarını önlemek için, kaba sıvanın yüksek, ince sıvanın ise düşük çimento dozajlı yapılması daha doğrudur (Toydemir ve diğ. 2004).

#### *İnce Sıvalar*

İnce sıvalar, doku ve renkleriyle dış sıvanın dış yüzeyini oluşturan ve bütün dış etkenlere açık olan son katmandır. İnce sıvalar, elenmiş kum ve sıvanın cinsine göre hazırlanmış karışımlarla astar üzerine en çok 0,5-1,0 cm kalınlıkta yapılmaktadır. Eğer ince sıva üzerine bir sıva yapılması tasarlanmış ise ince sıva yüzeyi, hazır sıvaya altlık oluşturma görevi yüklenecek şekilde düzgünce yapılır (Toydemir ve diğ. 2004). Çimento esaslı karışımlar kireç ile birlikte, kuvvetli aşınmaya dirençli yüzeyler sağlar ve kimyasal etkilerle karşılaşmadıkça nemli şartlara dayanıklıdır. Bir biri ardına uygulanan katmanlar arasında kuruma büzülmesinden dolayı yeterli süre bırakılmalıdır. Sıva erken aşamasındaki dekorasyon işlemi, sadece alkalilerden etkilenmeyen geçirimli boya ile sınırlandırılmıştır (Ekinci 2004).

Kaba sıva üzerine yapılan son kat düz sıvadır. İnce sıva uygulamasına geçmeden önce kaba sıva yüzeyi iklim koşullarına ve yüzeyin emiciliğine göre mutlaka ıslatılmalıdır. Yüzeye 0,8 cm kalınlık verilecek şekilde sıvacı küreği ve mala ile ince sıva harcı uygulanır, alüminyum ya da ahşap master ile kontrol edilir, daha sonra tahta mala ile düzletilir (perdahlanır). Sıva perdahı kıvamını kaybederse harç üzerine fırça ile hafif su atılarak perdah kolaylaştırılır (Sevinç 2006).

#### *Rabitz Sıvalar*

Bu sıva çeşidi duvar yüzeylerine ve gerektiğinde tavanlara uygulanır. Çelik veya ahşap iskeletli yapılarda duvar veya tavan iskelet elemanları arasında boşluklu bölmelere,



önce sıva tabanı olarak ızgara elemanları çakılır, sonra üzerine galvanizli rabitz teli veya plastik esaslı file kaplanarak sıva uygulamasına geçilir. Bu uygulama yöntem ve tekniği metal yüzeylere sıva yapımında da kullanılabilir. Sıva malzemesi keten katılmış çimento esaslı olmalıdır. Alçı metallerde kuvvetli bir şekilde korozyona sebep olduğundan galvanizli de olsa rabitz teli üzerine alçı malzeme ile sıva yapılmamalıdır. Fakat plastik esaslı file üzerine alçı uygulaması yapılabilir (Oymael 2000).

#### *Bağdadi Sıvalar*

Ahşap iskeletli yapıların veya ahşap bölmelerin yüzeylerine sıva yapılabilmesi için sıva tabanının hazırlanması gerekir. Ahşap iskeletleri üzerine 20x20 veya 20x15 mm kesitli çiteler 20 mm aralıklarla çakılır. Hazırlanan yüzey üzerine sıva üç tabaka halinde uygulanır. Birinci tabaka kırıktık (keten ve kendir lifleri) kireç harçla veya kırıktık kireç + alçı harcı ile yapılır. Birinci tabaka yüzeye çarpılarak ve mala ile bastırarak çiteler kapanacak şekilde uygulanır. Birinci tabaka kurduktan sonra ikinci tabaka kaba sıva şeklinde yapılır ve master çekilir. Üçüncü tabaka ince sıva şeklinde uygulanır (Güner ve Yüksel 2008).

#### *Alçı Sıvalar*

Alçı sıvalar tuğla ya da taş duvar gibi kagir yüzeyler üzerine yüzeyi düzeltmeye elverişli kalınlıkta doğrudan yapılabileceği gibi, kaba sıvası yapılmış çimentolu sıvalar üzerine ince sıva ve perdah niteliğinde de yapılabilir. Bu amaçla kullanılan alçı sıva malzemeleri iki grupta ele alınabilir.

Kaba sıva malzemesi olarak uygulanacak alçı sıva malzemesinde, hafiflik, yapıyı yangına karşı koruması, beyaz bir yüzey elde edilmesi gibi fiziksel işlevleri karşılamak amacıyla perlit dolgusu bulunmaktadır. Bunlara perlitli sıva alçısı adı verilmektedir. Diğer sıva alçısı ya da perdah alçısı ise, yüzeyi düzeltmek ve iyi ve düzgün bir boya astarı oluşturmak için kullanılmakta olup saten alçı olarak adlandırılmaktadır (Toydemir ve diğ. 2004).

#### *Çarpma Sıvalar*

Binaların dış cephelerinde özellikle subasman kısımlarında yapılan uygulanan dozajı yüksek bir sıva çeşididir. Bu sıva yüzeyine master çekilmez, sıva yüzeyinin zaman zaman ıslatılmak suretiyle mukavemeti sağlanır (Oymael 2000).

### *Edelputz Sıvalar*

Homojen büyüklükte ve elenmiş özel çakıl (Edelputz çakılı) ve en az söndükten bir ay sonra dinlendirilmiş beyaz kireç hamuru (mermer) ve renkli çimento kullanılarak hazırlanan dekoratif amaçlı sıvalardır (Özdemir 2003). Harç, duvar yüzeyine demir malayla uygulanır, kendisini çektikten sonra özel sıva tarağıyla taranarak sıvanın üst kısmı alınır ve özel dokusu ortaya çıkarılır (Toydemir ve diğ. 2004).

### *Mermer Tozu Sıvalar*

Takviyeli kaba sıva üzerine uygulanan rijit bir sıva türüdür. Agrega olarak mermer unu ve pirinci katılır. Kaba sıva üzerine 6-15 mm kalınlıkta uygulanır. Kendini çeken sıva, zımpara taşı ile silinerek doku ortaya çıkarılır. Sıva yüzeyi 24 saat sonra başlamak üzere, 1 hafta boyunca sabah akşam sulanmalıdır (Toydemir ve diğ. 2004). Yüzeyin düz ve parlak olması istenen dış ve bazen de iç yüzeylere uygulanan bir sıvadır (Ekinci 2004).

### *Teranova Sıvalar*

Bu sıvalar çimento esaslı kaba sıva üzerine uygulanır. Harcında agrega olarak kum ve mermer pirinci bulunur. Çelik malayla sürülen sıva kendini çekince ince dişli testeresiyle taranarak üst kısmı dökülür veya murçlanarak şekillendirilir (Oymael 2000).

### *Püskürtme Sıvalar*

Özel püskürtme makinesiyle takviyeli kaba sıva üzerine uygulanan oldukça sert bir sıva çeşididir. Takviyeli sıva; bağlayıcısı kireç olan sıva harçlarına yeterli miktarda çimento katılmasıyla elde edilir. Püskürtme sıvalar 3 mm kalınlığında, Renk bütünlüğünün sağlanması için yüzeye göre karışım hazırlanmalıdır (Güner ve Yüksel 2008).

### *Silme Sıvalar*

Kaba sıva üzerine 1.5 cm kalınlığında çelik malayla perdah yapılarak vurulan sıvaya renkli taş pirinci veya renkli cam parçacıkları yerleştirilir ve tekrar perdah yapılarak bu parçaların sıvaya yapışması sağlanır. Sıva kendini çekince, sert bir fırça ve suyla üzerindeki çimento silinerek desen ortaya çıkarılır (Toydemir ve diğ. 2004).

### *Alaturka Sıvalar*

Horasan adı verilen harçla yapılan sıvalardır. Astar harcı yapılırken içine tuğla kırıkları ve bir miktar kaba kum konur. Perdah tabakası tuğla unu ile hazırlanır, perdah ise mala

ile yapılır. Günümüzde bu sıva çeşidi kullanılmamakla birlikte eski eserlerin tamirinde kullanılmaktadır (Oymael 2000).

#### 2.1.1.2. Modern Hazır Sıvalar

Hazır sıva, karışımı bir üretim merkezinde kuru karışım olarak hazırlanmış, kullanım sırasında su ile karıştırılarak hazırlanan, geleneksel olarak elle ya da makine ile uygulanabilen bir sıva türüdür.

Yapı üretiminde standart uygulama ve seri üretim açısından oldukça kolaylık sağlamıştır. Yapılarda iç ve dış sıva uygulamalarında kullanılacakları yer esas alınarak kullanılmaktadır. Yüzeyle direkt olarak uygulanabilmektedir. Doku ve renk alternatifleri sayesinde iç yüzeylerde de kullanılmaktadır. Bağlayıcısının cinsine ve dokusuna göre birçok türü vardır. Başarılı hazır sıva uygulamaları için dikkat edilecek hususlar, dış sıva yapım kurallarına benzerdir. Bir hazır sıva kaplama malzemesi 5 ana öğeden oluşur (Toydemir ve diğ. 2004) :

*Bağlayıcı Madde:* Daneleri birbirine bağlayan, duvar yüzeyine sıkı bir şekilde tutunarak dökülmesini önleyen ve bir tabaka oluşturan ana maddedir.

*Boyar Madde(pigment):* Renk verici maddedir. İstenilen renkleri vermeye yarayan metal oksitleri ve benzeri karmaşık metal bileşikleridir.

*Dolgu ve Donatı Maddeleri:* Çok ince öğütülmüş kaolen, talk,  $Ti_2O_3$  gibi doğal maddelerdir. Bunlardan aynı zamanda ucuz boyar madde olarak da yararlanılır. Kaplamanın örtücülüğüne katkıda bulunurlar. Dolgu maddelerinin yüklediği fonksiyonlardan biri de yüzeye sürülen maddeye bir cisim özelliği kazandırmaktır. Bu özelliklerinin yanında kaplamanın fiziksel niteliklerini olumlu etkiler. Kaplamanın su emmesi, su ve buhar geçirimsizliği, sertlik, genleşme gibi özellikleri büyük ölçüde dolgu maddelerine bağlıdır.

*İncelticiler ve Çözücüler:* Bağlayıcı maddeyi çözen, incelten diğer maddeleri içinde taşıyan sıvıdır. İnceltici türü, bağlayıcının cinsine ve yapısına bağlıdır. Tiner, petrol, benzen ve su önemli incelticilerdir.

*Yardımcı Maddeler:* Kaplama malzemesinin niteliğini yükseltmeye yarayan ek malzemelerdir. Kuruma süresinin ayarlanması, sürme işleminin ve yayılma

özelliğinin önlenmesi ve kaplamadan beklenen özel isteklerin karşılanması gibi amaçlarla hazır sıva içine değişik maddeler katılır.

Hazır sıvalar, bağlayıcı türüne, uygulama şekline ve görünüşüne göre yapılmaktadır.

#### *Mineral Esaslı Düz veya Desenli Görünen Hazır Sıvalar*

Harç özel ambalajından temiz bir kaba alınır ve iyice karıştırılır. Gerekğinde uygulama kıvamına gelinceye kadar su ilave edilir. Harç önce mala ile yüzeye uygulanır ve daha sonra sıvaya desen vermek için plastik mala ile perdahlama yapılır (Oymael 2000).

#### *Granit Tipi Hazır Sıvalar*

Granit ve mermerin mikro tanecikler haline getirilip öğütülmesi ve sentetik doğal reçineler ile diğer katkı maddelerinin karıştırılmasıyla üretilir. Yapıların iç ve dış yüzeylerine püskürtme ve mala uygulama yöntemleriyle uygulanır. Çimento esaslı ince sıva yüzeyleri üzerine uygulamadan önce yüzeye sürülerek veya püskürtülerek astar malzeme uygulanması sıvanın aderansı ve uzun ömürlü olması açısından önemlidir (Oymael 2000).

#### *Hazır İpek Sıvalar*

Tekstil hammaddelerinin işlenerek ipeksi pamuk haline getirilip doğal katkı ve akrilik bağlayıcılarla karıştırılmasıyla elde edilen hazır sıva malzemesidir. İç cephelerde kullanılan bu malzemeler dekoratif, esnek, çatlamaz, ısı ve ses yalıtımlı, sağlıklı bir yapı oluşturulur. Uygulanması talimatına uygun olarak özel bir şekilde yapılmalıdır (Oymael 2000).

#### *Perlit Sıvalar*

Binanın iç ve dış duvarları için tamamlayıcı bir kaplama malzemesidir. Perlitli sıva bağlayıcı malzemeler, kum yerine perlit agregasının su ile karıştırılmasıyla elde edilir. Perlit agregalarının hafif ve yangına dayanıklılığı yanında ses ve ısı yalıtımı sağlaması en önemli özelliklerindedir. Dış cepheye uygulanan perlitli sıva su geçirimsiz bir sıva veya koruma tabakası ile desteklenmelidir. Aksi halde perlit bünyesine aldığı nem ve suyu uzun süre bırakamaz ve yalıtım görevini yerine getiremez (Ekinci 2004).

### *Hazır Kenitex Püskürtme Sıvalar*

Özel reçine ve kenitex (polyester esaslı dış cephe kaplaması)'in karışımı olan bu harçların bünyesinde su bulunmaz. Yüksek aderans yeteneğine sahip olan harçlar sıva sonucu esnek ve çatlamayan bir yapı kazanır. Hazır sıva malzemesi yüzeye basınçlı püskürtme ile uygulanır. Bu sıvalar ses yalıtımı sağlamanın yanında yangına dayanıklı olma özelliği de taşımaktadır. Ahşap, sunta, kontrplak, metal, beton, gaz beton, tuğla, sıva vb. her türlü yüzeye uygulanabilir (Oymael 2000).

### *Sentetik Reçine Bağlayıcı Sıvalar*

Mineral esaslı dış yüzeylerde kullanılan sentetik bağlayıcılı bir sıva türüdür. Sıva malzemesi içindeki kumun en büyük tane çapı 1-2 mm'dir. Sıva harcında ayrışmayı ve akmayı önlemenin yanı sıra harca plastiklik kazandırmak ve ışıklara dayanımını arttırmak için bazı katkı maddeleri katılabilmektedir. Ahşap ve metal yüzeylerde uygulanmaz. Sentetik reçine bağlayıcılı sıva malzemesinin; polistren, poliüretan ve epoksi bağlayıcılı olmak üzere çeşitleri bulunmaktadır (Oymael 2000).

### *Anti Nem Sıvalar*

Nemli ve sulu zeminlerde duvarlar ve üzerindeki sıva tabakaları kapileriteden dolayı suyu emer. Bu durum sıva tabakasında deformasyona, sıva üzerindeki boya ve diğer kaplama malzemelerine zarar verdiği için dolayı yüzeylerde bozukluklara neden olur. Rutubetin meydana getirdiği problemlerden dolayı özel anti nem sıvalar yapılır. Anti nem sıva harcı torbalarda kuru olarak bulunmaktadır. Anti nem sıva uygulanacak yüzeyde boşluklar varsa önce çimento harcı ile doldurulmalıdır. Sıva uygulaması yapılmadan önce duvardaki problemlerli bölge suya doyurulmalıdır (Oymael 2000).

### **2.1.2. Sıva Yapımını Gerektiren Durumlar**

Duvar elemanları ya da sıva uygulamasının yapılacağı yüzeylere; dış etkenlerden koruma, su, ısı, nem, hava kirliliği, organik madde oluşumundan korunması ve dekoratif, pürüzsüz yüzey bitişlerine sahip olması amacıyla sıva yapılmaktadır. Sıva, uygulandığı yüzeyi koruma görevini gerçekleştirirken süreç içerisinde eskime ve bozulmalara maruz kalabilmektedir. Sıva uygulanan yüzey dekoratif özelliğini kaybetmeden servis ömrünü tamamlayabilmesi için gerekli önlemler alınmalıdır (TS EN 13914-1 2007).

Genel olarak yapı kabuğuna uygulanan sıvalardan beklenen özellikler şöyledir (TS EN 13914-1 2007);

- Gözeneksiz ve geçirimsiz olmalıdır.
- Priz alma süresinde sıvanın çatlamasına neden olacak boyutta hacim değişikliğine neden olmamalıdır.
- Dış etkenlere karşı dayanıklı olmalıdır. Yağmur etkisine karşı aşınma göstermemelidir.
- Sıvanın uygulanacağı yere göre uyumlu olmalıdır.
- Sıvanın aderansı iyi olmalıdır.
- Sıva boyaya iyi bir zemin oluşturacak nitelikte olmalıdır.

### **2.1.3. Sıva Yapılacak Yüzeyin Hazırlanması**

Sıvanın yapılacağı duvar yüzeyinin hazırlanması, sıvanın performansının artması ve sürdürülebilir olması açısından oldukça önemlidir. Duvar tamamen toz ve kirden arındırılmalıdır. Yüzey zımparalanmalı ve tel fırça ile temizlenmelidir. Sıvanın duvara yapışma özelliğinin azalmaması için duvar yüzeyi sıvadaki suyu emmemelidir. Sıva bağlayıcılığını arttırmak için duvar yüzeyi nemli tutulmalıdır. Sıva astarı hazırlanırken duvar yüzeyinin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır (Houben ve Guillaud 1994). Sıva uygulamasında katmanların homojen yoğunlukta olması büzülme ve çatlak oluşumlarını engellemesi açısından önemlidir (Oruç 2004).

### **2.1.4. Sıvanın Uygulanması ve Korunması**

Bir sıva sisteminin; aşınmaya karşı direnç, yapışma özelliği, buhar geçirgenliği, yeterli yüzey dayanımı, rijitlik ve dekoratif son kat vb. uygulamasına hazır nitelikte olması gerekmektedir. Sıvanın uygulanması, bir sıva sistemi ve bu sistemi oluşturan özelliklerin sürdürülebilirliği açısından önem kazanmaktadır (Oruç 2004).

Sıvanın uygulanmasındaki en önemli adım, sıvanın uygulanacağı yüzeyin hazırlanmasıdır. Uygulamanın yapılacağı yüzeyin özelliklerinin iyi bir şekilde çözümlenmiş olması gerekmektedir. Duvar yüzeyi gözenekli ise öncelikle macunlama ile bu boşluklar doldurulmalıdır. Bu uygulamanın iyice sertleşmesi için yeterli süre beklenmelidir. Bu aşamadan sonra uygulanacak yüzeye astarlama yapılmalıdır. Astarın da kurummasının ardından sıva uygulamasına geçmek doğru olacaktır. Sıva uygulaması yapılmadan önce ortam şartlarının, ekipmanların ve uygulamayı yapacak çalışanların

önceden hazırlanması gerekmektedir. Sıva harcının yapımında sıva özellikleri ve yüzey özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Ortam sıcaklığına ve uygulamanın iç veya dış ortamda uygulanmasına göre sıva karışım suyu ve karışım süresi ayarlanmalıdır. Sıva harcındaki suyun duvar yüzeyi tarafından emilmemesi için duvar yüzeyinin önceden nemlendirilmiş olması gereklidir. Aksi takdirde duvar yüzeyi sıva karışım suyunu çekerse sıva yüzeyinde kuruma esnasında çatlaklar meydana gelecektir. Sıvanın yeterli mukavemet düzeyine ulaşabilmesi için uygulanacak yüzey ile sıva uygulaması arasında gerekli sürenin geçmiş olması gerekmektedir. Uygulanan sıvanın kabiliyetini kaybetmemesi ve kalitesini servis süresince devam ettirebilmesi için, sıva harcında kullanılan malzemelerin raf ömrü süresine ve teknolojik olmasına dikkat edilmelidir (Aruntaş 2011).

Yağı kabuğuna uygulanan sıvanın temiz kalması ve korunabilmesi için;

- Sıva yüzeyinin homojen görünmesi ve kavlaması için sıva yüzeye gereğinden fazla katmanlar halinde uygulanmamalıdır.
- Doğrama sıva bileşimlerinin pürüzsüz ve köşe dönüşlerinin düzgün yapılmalıdır.
- Büyük yüzey alanlarında bölümlere ayrılarak uygulama yapılması prensibine dayalı olarak birleşim yerlerinin kaynaştırılması ve gözükmemesi gereklidir.
- Renk uygulamalarında geçişlerin ve ayrılan hizaların düzgün yapılmalıdır.
- Son kat sıva perdahlanırken kirli ve fazla kısımların temiz sıva yüzeyine gelmemesi gereklidir.
- Yağmur ve gelebilecek diğer sıvıların yapı cephesine sıçraması ve homojen olmayan yüzey yıkanması engellenmelidir (Oruç 2004).

## **2.2. KİL SIVALAR**

Kil sıvalar, Avrupa ve Amerika'da doğal olması yönüyle tercih edilmektedir. Ayrıca kilin kolay elde edilebilir olması sebebiyle daha ekonomik sıva karışımlarının hazırlanmasına olanak sağlamaktadırlar. Ülkemizde de kil rezervleri bol miktarda olduğundan ekonomik ve kolay ulaşılabilir bir malzemedir. Bu sebeple yerli enerji kaynakları kullanımı ile yabancı hammadde ihtiyacını azaltmaya aday bir hammaddedir. Kil sıvalar, kolay işlenebilmeleri sayesinde kullanıcılara uygulama kolaylığı sağlamaktadır. Kil sıvaların inceliği, tane dağılımı ve yüzey özellikleri sıva kalitesi ile

doğrudan ilişkilidir. Bu özelliği sayesinde sıva harç malzemesi olarak kullanılabilir.

### **2.2.1. Kil Sıvaların Özellikleri**

Kil kullanılarak kerpiç ve sıva yapımı çok eski bir yapı uygulaması olmasına rağmen günümüzde kil sıvalar endüstriyel anlamda kalite kontrole dayalı olarak daha dayanıklı şekilde üretilebilmektedirler. Kil sıvalar; çeşitli duvar yüzeylerine uygulanabilen bir sıva çeşididir, aynı zamanda ısı, ses, nem, koku ve gürültü yalıtımı sağlar. Kil sıvalar; yüksek absorbe yeteneği sayesinde kapalı mekan içerisindeki nemi dengeler ve düzenler, yüksek aşınma direncine sahiptir, elle veya makine ile uygulanabilir özelliktedir. Kil sıvalar kısa sürede üretilip uygulanabilmesi nedeniyle pratiktir. Kil sıvaların kullanımı ile iç mekanlarda daha hijyenik, az rutubetli ve kışın sıcak, yaz aylarında ise soğuk bir ortam sağlaması sebebiyle yaşam standardını yükseltmektedir. Böylece kullanıcılara, daha sağlıklı ve konforlu bir yaşam kalitesi sunmaktadır. Aynı zamanda yapıda biyolojik ve ekolojik olarak iyi bir etkileşim içerisinde olan kil sıvalar tüm bu özellikleriyle geniş bir kullanım alanına sahiptir (Anonim 2015).

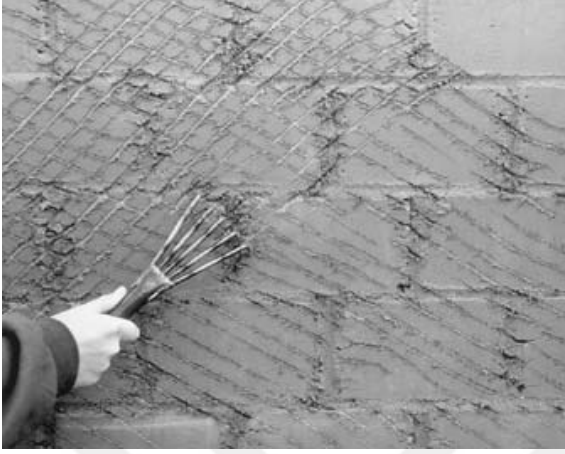
Kil sıvalar, nefes alabilme özelliği sayesinde ortamın nem dengesini düzenlemesi, ses ve koku yalıtımı özelliğine sahip olması gibi nedenlerle yaşam kalitesini yükseltmekte böylece çimento ve kireç bağlayıcılı sıvalara göre çok daha avantajlı olmaktadır. Sağlıklı ve kaliteli bir yaşam için bulunan ortamın nem dengesi önemlidir. Ortamın nemi %40 ile %70 arasında olmalıdır. Eğer nem %40'ın altında olursa soğuk algınlığı ve benzeri hastalıklara yol açabilir. Nem %70'in üzerinde olursa romatizmal ağrılara ve mantar oluşumlarına yol açabilir (Minke 2009). Isınan havanın etkisiyle oluşan kuru hava etkisinin solunum sistemi üzerindeki olumsuz etkisini nem dengesi azaltır. Kil sıvaların ısı depolama kapasitesi ergonomik bir çalışma ve yaşam ortamı oluşmasını sağlar (Williamson 2006).

### **2.2.2. Uygulama Örnekleri**

Kil sıvalar ağırlıklı olarak kum, silt ve kilden oluşurlar. Sıvadaki yapışma ve tutunma özelliğini arttırmak için kil mineralinin bulunması önemlidir. İdeal bir kil sıva karışımını belirlemek sadece kil, silt ve kum oranına bağlı değildir. Kumun tane büyüklüğü ve dağılımı, kil türü, su içeriği, katkı maddeleri ve hazırlama yöntemi kil sıva karakterini belirleyen diğer etmenlerdir. Kil sıva kompozisyonunun uygunluğunu test etmek için çeşitli bileşimler yapılmalıdır. Kil sıva uygulanacağı duvarla kimyasal



reaksiyona girmeyeceğinden uygulanacak duvarın sert bir yapıda olması gerekmektedir. Sıvanın iyi bir şekilde yapışması için duvarda tırnak mala ile çapraz oluklar açılır (Şekil 2.1).

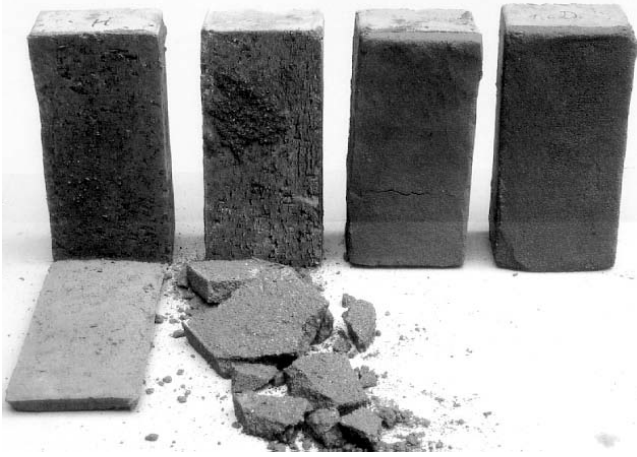


**Şekil 2.1.** Kil sıva yüzeyine tırnak mala işleminin uygulanması (Minke 2009).

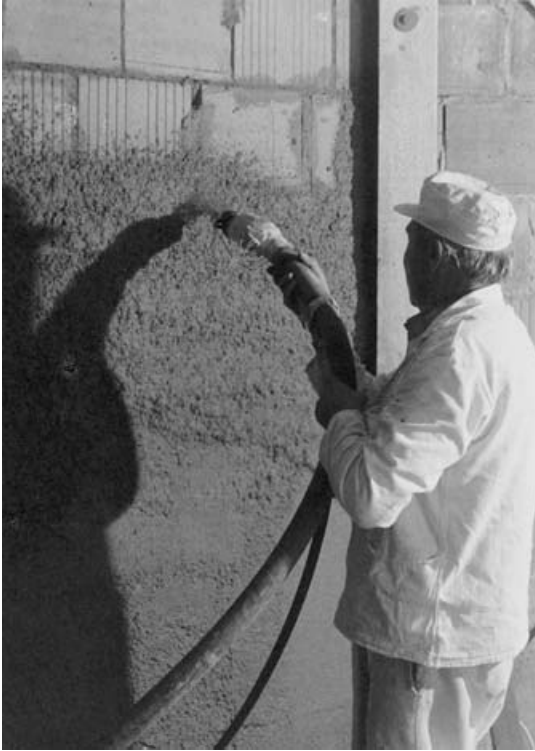
Kil sıvanın özelliklerini gözlemek için basit bir yapışma testi yapılabilir. Test edilecek sıva 2 cm katman halinde dikey bir duvar elemanına uygulanır. Sıvanın kuruması için 2 veya 4 gün beklenir. Eğer sıva Şekil 2.2 'de birinci örnekte olduğu gibi tek parça halinde duvar elemanından ayrılırsa kil sıva karışımının kil oranı fazladır, uygun tane dağılımı ile kum eklenerek sıva kıvamı inceltilir. Eğer ikinci örnekte olduğu gibi parçalar halinde düşüyorsa sıvanın bağlayıcılığı yetersizdir ve kil eklenmelidir. Eğer Şekil üçüncü örnekteki gibi sıva yapışıyor ancak büzülme çatlakları meydana geliyorsa bir miktar kaba kum eklenerek kıvam inceltilmelidir. Bunlarla birlikte dördüncü şekilde olduğu gibi sıva bir veya iki katman halinde uygulandığında büzülme çatlakları oluşmuyorsa ve duvar elemanından ayrılmıyorsa bu karışım örneği yeterlidir. Bu aşamadan sonra daha büyük bir alana uygulayarak test etmek gerekmektedir (Minke 2009).

#### *Püskürtme Sıva*

Test edilmiş ve uygun olduğu kabul edilen bir kil sıva karışımı standart bir basınçlı harç püskürtme aparatı ile duvara uygulanır. Sıva tek bir katman halinde aşağıdan yukarıya doğru uygulanır (Şekil 2.3). Geliştirilmiş olan farklı bir teknikte 4-6 cm kalınlığında kil sıva harcı ile talaş parçacıkları veya fiber farklı kollardan gelerek tek bir ağızdan duvara aynı anda püskürtme tekniği ile uygulanmıştır.



**Şekil 2.2.** Farklı oranlarda kil sıva uygulamaları (Minke 2009).



**Şekil 2.3.** Püskürtme kil sıva uygulaması (Minke 2009).

#### *Hafif mineral kil sıva*

Hafif mineral kil sıva uygulaması 8 mm kalınlığından 1-4 mm tane çapındaki kil minerallerinden oluşan sıva harcı ile yapılmıştır (Şekil 2.4). Sıvanın kür süresini azaltmak ve buhar difüzyonunu direncini arttırmak için kil sıva karışımına kireç ilavesi yapılabilir. Duvara harcın uygulanması sırasında düzleştirme yapılırken harcın içindeki agregalar harçtan ayrılabilir. Bu ayrılmayı engellemek ve pürüzsüz bir yüzey elde etmek

için harcın içine selülozik fiber, kırılmış kağıt veya kazein (sütümsü) yapışkan ilavesi yapılabilir.



**Şekil 2.4.** Mineral kil sıva ile sıvanmış duvar örneği (Minke 2009).

#### *Fırlatma sıva*

Hazırlanmış duvara killi harç toparlarının atılması ile uygulanan teknik Geleneksel Afrika tekniğidir. Kil toparlarının duvara tutunabilmesi için bambu dübelleri duvara yarısı dışarda kalacak şekilde monte edilmiştir (Şekil 2.5). Bu teknik genellikle ahşap ve yün duvarlardan oluşan kış bahçelerinde kullanılmaktadır (Şekil 2.6).



**Şekil 2.5.** Kil toparlarının bambu dübellere sabitlenmesi (Minke 2009).



**Şekil 2.6.** Fırlatma sıva uygulaması (Minke 2009).

### *Saman balyalı sıva*

Saman balyalı sıva 19. Yüzyılın başlarından beri çeşitli Avrupa ülkelerinde uygulanmaktaydı. Birçok tarihi duvar bu şekilde yük taşıyıcı özellikteydi. Günümüzde ahşap iskelet etrafında saman balyaların oluşturduğu kompozit bir yapı mevcuttur. Bu basit yöntem ile yapılan duvarlara kil sıva uygulaması yapılmaktadır. İyi bir aderans ve rijit bir yapı oluşturabilmek için sıvadan önce saman balyaları sabitlenmelidir. Bu sabitleme işlemi elle veya püskürtme tabancası ile de yapılabilir (Şekil 2.7).



**Şekil 2.7.** Saman balyaların püskürtme kil sıva ile sabitlenmesi (Minke 2009).

Aynı yöntem ile sıva saman balyaları üzerine püskürtme tabancası ile uygulanan sıva saman öbekleri tarafından tutulur. Böylelikle sıva ve yüzey arasında iyi bir aderans sağlanmış olur (Şekil 2.8).



**Şekil 2.8.** Saman balyalı sıva yapılmış duvar (Minke 2009).

### *Taze sıva*

Kil sıva uygulandıktan sonra uzun bir süre plastiklik durumu sürdürebilmektedir. Ayrıca kireçli ya da çimentolu sıvalar gibi çıplak el ile çalışıldığında olumsuz etkileri olmayan kil sıva ile taze haldeyken çalışmak için idealdir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Taze kil sıva ile mimari çalışma örneği (Minke 2009).

## **2.3. KARIŞIMDA KULLANILAN MALZEMELER**

### **2.3.1. Kil**

Kil bir yapı malzemesi olarak binlerce yıldır kullanılmaktadır. İklim değişikliklerine ve geleneklere bağlı olarak birçok farklı teknikler ve yöntemler geliştirilmiştir. Daha sonraları kil, az gelişmiş ülkelerde ve toplumlarda kullanılan bir inşaat malzemesi olarak görülmeye başlanmıştır. Fakat son yıllarda enerji kaynaklarının hızla tükenmesi ve doğal olmayan-birçok işlemde geçmiş olan malzemelerle yapılaşmaya gidilmesi toplumlara tekrar doğal kaynaklara yöneltmiştir. İnsan sağlığı açısından ve doğal yaşamın dengesinin korunması açısından inşaat sektöründe de işlem görmemiş malzemelere yönelim olmuştur. Kil potansiyeli de bu bağlamda tekrar keşfedilen bir malzeme haline gelmiştir (Agib ve Adam 2001).

Kil 2 $\mu$ 'dan küçük ince taneli minerallerden oluşan, uygun su içeriğinde bağlayıcılık özelliği kazanan doğal bir malzemedir. Toprakların çoğu kil minerallerinin önemli bir

bileşenini içerir. Kil açısından zengin topraklardaki kil mineralleri uygun su içeriği ile bulunduğu plastisite özelliği kazanır (Revees ve diğ. 2006).

Kilin esas maddesi alüminyum silikat olup türüne göre Mg ve Fe gibi diğer elementleri de içerirler. Genellikle belirli şartlar altında feldispatların ayrışması veya volkanik kütlelerin oldukları yerde bozuşması veya yıkanmasıyla minerallerin değişmesi ile meydana geldikleri bilinmektedir (Yılmaz 2005). Killer çeşitli formlarda bulunabilir. Bazıları yumuşak çamur olarak, bazıları yumuşak katı madde olarak ve bazıları da tabakalı taşlar halinde bulunur. Bazı killer yüzeyden çok derinlerde kalın yataklar halinde veya dar şeritler halinde bulunur (refrakter killeri). Diğer killer yüzeye yakın bulunurlar ve bunlar su ile taşınarak birikmiş killerdir (Sümer 2005).

Killer jeolojik olarak ince ve çok ince tane irilikli birincil ve ikincil orijinli çeşitli minerallerden oluşmuştur. Killer tabii halde pek çok farklı mineral bulundurmamakla birlikte bunlar saf killeri teşkil etmemektedir. Tüm killerde mineraller veya mineral sınıfları mevcut olup bunlara kil mineralleri (Sümer 2005).

Kil mineralleri katı, sıvı ve gaz fazından meydana gelirler. Katı faz kili meydana getiren mineral ve organik fazlardır. Mineraller organik fazlar kadar olmasa da düzenli kristal yapılardan oluşurlar. Bazı killeri oluşturan mineraller bentonit içindeki smektit grubu gibi baskın bir mineralden oluşabilirler. Birçok incelemeden elde edilen sonuçlara göre toprak içindeki mineral oranları şöyledir (Revees ve diğ. 2006):

- %60 kil mineralleri
- %30 kuvars
- %4 karbonatlar
- %1 organik madde
- %1 demir oksitler

Kil içindeki mineral gruplarında eğer kil haricindeki diğer mineral grupları daha baskın ve değişken oranlardaysa bu toprağın özelliklerini ve davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Suyun en önemli olduğu sıvı ve gaz fazlar, bazen katı parçacıkların yüzeyi tarafından absorbe edilip bağlayıcı fazlar olarak veya gözenekli boşlukların içindeki serbest fazlar olarak ortaya çıkabilirler (Revees ve diğ. 2006).

Bir kil minerali tanımlanmadan önce bu faktörlerin bilinmesi gerekir. Kili meydana getiren kil minerallerinin cinsi ve bileşimi kil malzemesinin özelliğine etkisi bakımından son derece önemlidir. Kildeki montmorillonitin az miktarı bile çok kuvvetli bir etki meydana getirir. Kil olmayan mineral bileşimi bazı kil malzemelerinde önemli olabilir. Örneğin, kalsit ve prit parçacıkları seramik killerde zararlı maddelerdir. Kuvars ve diğer aşındırma özelliğine sahip mineraller kağıt endüstrisinde kaplama boyası olarak kullanılan kaolinlerde zararlı maddelerdir. Organik maddeler münferit parçacıklar halinde killerin içinde bulunabilir veya kil mineralleri parçacıklarının yüzeylerinde adsorbe edilmiş halde olabilir. Organik maddenin az miktarı bile geniş ölçüde boya tesiri yapabilir. Kil malzemesinde çözünebilir tuzların ve yer değiştirebilir iyonların varlığı, büyük ölçüde, killerin kullanım alanlarını etkiler. Bazı tuzlar kil taneciklerini birbirine yapıştırır. Kil malzemesinin plastisite, kuruma ve pışme özellikleri, kil içinde bulunan yer değiştirebilir iyonlar tarafından değişime uğratılabilir (Malayoğlu ve Akar, 1995) .

Doku da kil malzemesinin özelliklerine etki eden önemli bir faktördür. Killerde tanelerin tanelerle olan ilişkisi olarak ifade edilebilen doku, tane iriliğinin dağılışına, tanelerin şekline ve taneciklerin yönelmesine işaret eder (Akıncı 1967).

Killerin bileşimine giren bazı bileşiklerin etkileri şöyledir (Akıncı 1967):

#### *Serbest Silis*

- Plastikliği azaltır,
- Kuruma ve pışme esnasındaki küçülmeyi azaltır,
- Taneleri iri ise kırılma mukavemetini azaltır,
- Birçok hallerde refrakterliği azaltır.

#### *Alüminyum Bileşikleri*

- Plastik olmayan alüminyum bileşikleri halinde ise kilin plastikliğini azaltır,
- Kilin refrakterliğini artırır.

#### *Alkali Bileşikleri*

- Bir alkali ihtiva eden mineral ve çözünebilir tuzun bulunması daima vitrifikasyon ve refrakterlik ısını indirir,

- Çözünebilir tuzlar refrakterliği azaltır, bazıları plastikliği artırma eğilimindedir,
- Alkali içeren minerallerin çoğu plastik değildir. Bu sebeple kilin kuruma küçülmesini azaltırlar, kuruma işlemlerini kolaylaştırırlar.

#### *Kalsiyum Bileşikleri*

- Vitrifikasyon ve refrakterlik ısınısını düşürürler,
- Düşük ısıda kalsiyum bileşikleri kilin küçülmesini azaltabilir ve kurumasını kolaylaştırır,
- Kırmızı rengi beyazlatabilir,
- Kireç havadaki nemi adsorbe edebilir,
- $\text{CaSO}_4$  adi tuğla ve iyi kaliteli kaplama tuğlalarında en sık rastlanan çiçeklenme sebebidir,
- Bazı tuğla killerinde az miktarlardaki kalsiyum bileşikleri vitrifikasyon sahasını genişletir,
- Porselen çamurlarında ve sırlarında eritici olarak kalsiyum bileşikleri genleşmeyi azaltır. Fakat alkalilerle yer değiştirdikleri zaman pişme ısınısını yükseltirler.

#### *Demir Bileşikleri*

- Pişme rengine tesir ederler,
- Kilin refrakterliğini azaltırlar,
- Eriyebilen demir bileşikleri ürün üzerinde çiçeklenmeye sebep olurlar,
- Pişmiş kil üzerinde bariz olarak görülebilen demir lekeleri meydana getirirler.

#### *Titanyum Bileşikleri*

- $\text{TiO}_2$  renge tesir eder,
- Alüminyum ile beraber erime noktasını yükseltirler.

#### *2.3.1.1. Kilin Sınıflandırılması*

Killer  $2\mu$ 'dan küçük taneli, toprağımsı, belirli oranlarda su katıldığında plastikliği artan alüminyum ve silis içeriğı yüksek bir mineraldir. Hiçbir zaman saf şekilde doğada bulunmayan killer alüminyum silikatlarla beraber, demir, magnezyum, potas, kalsiyum, sodyum, kuvars gibi mineraller "kil olmayan malzeme" oluşturmaktadırlar. Killerin



mineralojik ve jeolojik özelliklerine sahip oldukları özelliklere göre sınıflandırma yapmak gerekmektedir (Uddin 2008).

Killerin çoğunluğu katmanlı silikat yapılardan oluşur. Kil minerallerinde iki tip katmanlı kompozit yapılar mevcuttur (Çizelge 2.1.).

İki katmanlı tip: Kaolin ve serpantin grupları tarafından temsil edilir.

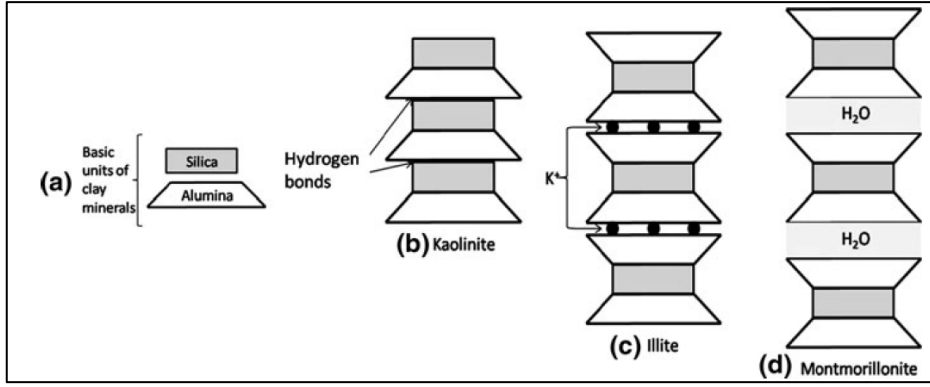
Üç katmanlı tip: İllit, smektit, vermikülit ve klorit grupları tarafından temsil edilir.

**Çizelge 2.1.** Killerin sınıflandırılması (Revees ve diğ. 2006).

<b>Katmanlı Silikat Tipleri</b>	<b>Özellik</b>	<b>Cins</b>
<b>2 Katmanlı</b>		
Kaolin ve Serpantin	Şişmeyen	Kaolinit, Dikit, Halloyisit
<b>3 Katmanlı</b>		
İllit	Şişmeyen	Beidelit
Klorit	Şişmeyen	Klorit
Smektit	Şişen	Montmorillonit
Vermükilit	Şişen	İllit, Vermükilit
Smektit ve vermükilit karışık katmanlar	Şişen	-
Smektit ve vermükilit olmayan katmanlar	Şişmeyen	-
Poligorskit ve sepiyolit	Şişmeyen	Sepiyolit, Poligorskit, Atapulgit

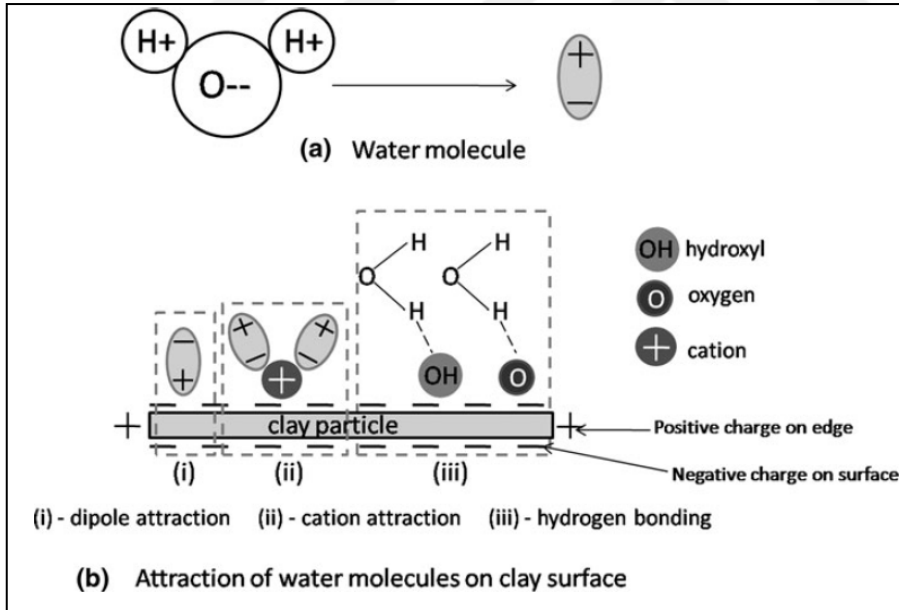
Çizelge 2.1.'de görüldüğü gibi killer şişen ve şişmeyen killer olarak da sınıflandırılabilir. Su ve organik moleküller, vermükilit ve smektit gruplarının şişme özelliklerinden dolayı kil minerallerinin yüzeyine veya ara katmanlarına nüfuz edebilir. Ancak vermükilit smektit kadar suda çözünme ve şişme özelliğine sahip değildir. İllit katman özellikleri sayesinde şişme özelliğine sahip değildir. Klorit tek başına saf haldeyken şişme özelliğine sahip değildir fakat smektit veya vermükilit ile tabaka oluşturduğunda şişme özelliği gösterebilir. Sepiyolit ve poligorskit su ve organik bileşikleri emdiği gibi dışarı atabildiği için hücrelerde önemli ölçüde değişikliğe neden olmamaktadır. Bu yüzden şişmeyen kil minerali grubunda sınıflandırılmaktadır (Revees ve diğ. 2006).

Kil minerallerinin farklılıklarından dolayı oluşan tabakalar ve katmanlar farklı şekilde bağlanırlar. Kil minerallerinin temel bileşenleri kaolinit, montmorillonit ve illit olmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Kil minerallerinin temel bileşenleri ( Minh Le ve diğ. 2012).

Kil parçacıkları yüzeyinde negatif yük ağı vardır ve kenarlarında pozitif yükler bulunmaktadır. Kil parçacığı yüzeyine su geldiğinde; sudaki pozitif yükler negatif yükleri çekerler ve negatif yük dengelemesi gerçekleşir. Kil katmanları arasında absorbe edilen su kil parçacığının yüzeyinde sıkıca kenetlenir. Paralel katmanlar arasında suyun hareketi dikey yönde olmak üzere serbesttir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11. Kil parçacığı üzerindeki su molekülünün hareketi (Minh Le ve diğ. 2012).

### 2.3.1.2. Kilin Fiziksel Özellikleri

Kil ile çalışabilmek için kilin mineralojisi ve doğasının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Kilin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi diğer malzemelerle olan etkileşimi hakkında bilgi vermektedir. Killer kimyasal ve fiziksel olarak aktif

minerallerdir. Kilin parçacıkları su moleküllerinin çekimi sayesinde su ile karışımı sonucu harç ve süspansiyonlar meydana gelmektedir. Bu nedenle kil ile yapılan çalışmalarda kilin fiziksel özellikleri çok önemli bir yer tutmaktadır (Avrami ve diğ. 2008).

### *Taneler ve Şekiller*

Kil mineralleri  $2\mu$ 'dan daha küçük tane çapına sahiptirler. İnce ve küçük taneli olmaları sebebiyle mikroskobik ve kristal mineralleri için kullanılmaya başlanmıştır. Ancak doğada  $2\mu$  altında tane çapına sahip her mineral kil değildir. Kil olmayan kuvars, karbonat, metal oksitlerin çoğu kil minerallerinin %10-%20'sinden meydana gelmektedir. Toprak malzemelerin içindeki kilin özellikleri yüzeylerinin özelliklerini temsil etmektedir. Eğer doğada bulunan kilin kimyasal aktivitesi yok ise kil doğada aynı boyut ve şekillerde olan diğer mineraller gibi davranacaktır. Kil şekilleri parçacık şekline göre dörde ayrılmaktadır (Avrami ve diğ. 2008).

**Kabuklar:** İki yönde ve eşit boyutlardaki katmanlardır.

**Çıtalar:** Bir yönde büyük genişliği olan, kalınlığı diğer iki yönden daha az olan doğrusal yönde katmanlardır.

**İğneler:** Sonucusu daha büyük olan boyutlarının benzer olduğu iki yönlüdürler.

**Hegzagon:** Kabuk şeklinin daha düzenli bir halidir.

Tane boyutu dağılımı ve sıralaması kil minerallerinin fiziksel ve kimyasal davranışları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu özellikler kil minerallerinin tanımlaması ve kimliği açısından önemli bir yere sahiptir. Kilin tane boyutu dağılımı analizi eleme, sedimentasyon ve benzeri metotlarla tespit edilir. Kil taneciklerini ayırtmak zor olduğundan numune örneklerini hazırlamak önemli bir aşamadır. Killer ve kil içerikli topraklar farklı şekilde sınıflandırılabilirler (Reeves 2006).

**İyi Derecelendirme:** Belirli bir tanecik boyutuna doğru eğilim olmayan tane boyutlarının aralığıdır.

**Kötü Derecelendirme:** Bir tanecik boyutunun baskın dağılım aralığıdır.

**Boşluklu Derecelendirme:** Belirli bir tanecik boyutuna eğilim ya da belirli bir tanecik boyutunun yokluğuna eğilim olan dağılımdır.

### *Su İçeriği*

Toprak içerisinde suyun dört farklı çeşidi bulunmaktadır. Kristalize su; toprak parçacıklarıyla kimyasal olarak bağlıdır. Bu su içeriği tipi ancak toprak 400-900°C ısıtıldığında ortaya çıkacaktır. Emilen su; kil parçacıklarına elektriksel olarak bağlıdır. Gözenek suyu ise toprakta kapilarite yoluyla bulunmaktadır. Emilen su ve gözenek suyunun her ikisi de toprak 105°C ısıtıldığında ortaya çıkmaktadır. Dördüncü tip su ise serbest sudur. Serbest su kil içerisinde buharlaştığında bzlmeye, kil içerisinde kaldığında şişmeye neden olmaktadır. Kilde şişme; suyun boşluklar arasından katmanlar arasına girip bunları itmesiyle meydana gelmektedir. Bu eylem aynı zamanda kil minerallerinin paralel olmasına sebep olmaktadır. Su buharlaştığında paralel yapılar arasındaki yüzey gerilimleri ve basınç artar nk paralel kil parçacıkları arasında paralel olmayan parçacıklardan daha kuvvetli bağ oluşmaktadır (Williamson 2006).

### *Plastiklik*

Bilinen binlerce mineral içinde talk gibi birkaç istisna dışında kil minerallerinden başka plastisite özelliği gösteren mineral yoktur. Su ile şekillenme özelliği, kil minerallerinin yapısına, kolloid unsurların yüzdesine, killerin tane inceliğine, kuvars miktarına ve daha birçok sebebe bağlıdır. Plastik zellikleri tabakalarının plaka şeklinde olması ve bu plakaların birbiri boyunca su sayesinde kayma özelliğini kazanır. zerine bastırıldığı zaman parmak izlerini açıkça gösteren fakat ele yapışmayan kil normal plastik hale gelmiş demektir. Kurutulmuş kilin bu hale gelinceye kadar aldığı su miktarı yüzdesine kilin plastisite sayısı denir. Kaolenitik killer ve ince killer genellikle az plastik, bağlayıcı killer ise çok plastiktir. Killerin plastisite suyu genellikle %15'ten az ve %40'dan fazla olmamalıdır (Yılmaz 2005).

### *Organik Bileşenler*

Toprak 40 cm derinliğinde genellikle bitki ve kolloidal parçacıklı ve 6'dan daha düşük pH değerisi ile asidik bir yapı olan humus içermektedir. Kilin yapı malzemesi olarak kullanılabilmesi için humustan ve bitkiden arındırılmış olması gerekmektedir. Belirli koşullar altında bitki eklenebilir. Örneğin; saman kurutulduğunda kil ile kullanılabilir ve daha sonraki dönemlerde deformasyon oluşturmaz (Minke 2009).

### *Porozite*

Porozite derecesi kil içerisindeki toplam gözenek hacmi ile belirlenmektedir. Gözenek hacminden çok gözenek boyutları önemlidir. Daha büyük porozite yüksek buhar difüzyonunu ve yüksek don direncini sağlamaktadır (Minke 2009).

### *Doluluk*

Kilin statik basınç altında sıkıştırılması önemli bir özelliğidir. Böylelikle hacmi azalmış olan kil boşluksuz olmaktadır. En fazla sıkıştırmayı yapabilmek için su içeriği optimum su içeriğine sahip olmalıdır. Optimum su içeriği ile sıkıştırma gerçekleştiğinde çok fazla sürtünme olmadan parçacıklarda yoğun yapılanma meydana gelmektedir (Minke 2009).

### *Spesifik yüzey alanı*

Bir toprağın ya da kilin yüzey alanı, içerisinde bulundurduğu tüm parçacıkların yüzey alanlarının toplamıdır. Kaba kum yaklaşık  $23 \text{ cm}^2/\text{g}$ , silt ve 450  $\text{cm}^2/\text{g}$ , kil 10  $\text{cm}^2/\text{g}$  (Kaolinit) ile 1000  $\text{cm}^2/\text{g}$  (Montmorillonit) arasında yüzey alanına sahiptir. Kilin yüzey alanının daha büyük olması, bağlayıcı kuvvet ile doğrudan ilgili olan iyi basınç ve gerilme mukavemetini sağlayan daha yüksek kohezif kuvvetleri olmasını sağlamaktadır (Minke 2009).

### *Yoğunluk*

Kilin yoğunluğu kuru kütlenin boşluklu hacime oranı olarak tanımlanmaktadır. Yeni kazılmış yaş toprağın yoğunluğu 1000 ile 1500  $\text{kg}/\text{m}^3$  arasındadır. Eğer toprak sıkıştırılırsa yoğunluğu 1700-2500  $\text{kg}/\text{m}^3$  arasında değişkenlik gösterir (Minke 2009).

#### *2.3.1.3. Kilin Kimyasal Özellikleri*

Killer kimyasal bileşimleri bakımından çok değişkendirler. Saf kaolinit ile fazla miktarda yabancı maddeleri içerenler arasında değişik bir sıralanma gösterirler. Killerin kimyasal analizleri nadiren kil minerali tiplerini birbirinden ayırt etmede kullanılırlar (Yılmaz 2005). Kil, feldispat ve diğer minerallerin erozyonunun bir ürünüdür. Genel kimyasal formülü  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2$  olan feldispat alüminyum oksit, ikinci bir metal ve silikon oksit içerir. Erozyon içindeki potasyum bileşikleri kolayca çözünürse formülü  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  olan kil minerali grubundan kaolinit oluşur. Diğer bir yaygın kil minerali olan montmorillonitin formülü ise  $\text{Al}_2\text{O}_2 \cdot 4\text{SiO}_2$  dir. Kil minerallerinin oluştuğu başka kimyasal bileşenler özellikle hidrathlı demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) ve diğer

demir bileşenleri kile sarı ve kırmızı rengini verirler. Magnezyum bileşenleri kahverengi rengi, magnezyum ve kireç bileşenleri beyaz rengi, organik maddeler ise; koyu kahverengi ve siyah renkleri oluştururlar (Minke 2009).

Killer genellikle alüminyum ve silikonun meydana getirdiği altıgen ve kristal katmanlardan oluşur. Her bir alüminyum tabakası bir silikon katmanına bağlanır. Çift katmanlı kaolinit düşük bağlama kapasitesine sahipken, üç katmanlı montmorillonit yüksek bağlama kapasitesine sahiptir. Kil minerallerinin bağlayıcılık gücü ve basınç dayanımı bu katmanlar arası bağların miktarına tipine bağlıdır (Minke 2009).

Kil mineralleri katmanların varyasyonların oluşan dört ana grupta toplanır (Çizelge 2.2). Kaolinit, montmorillonit/smektit, illit ve klorit bu grubun oluştururlar.  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$  formülünden oluşan kaolinit grubu killer; seramik dolgu maddeleri, boya, kauçuk, plastik ve kağıt kullanılırlar. Montmorillonit/smektit grubunda katmanlar silikat katmanları ve  $(Al_2(OH)_4)$ 'den oluşan alüminyum oksit katmanlarından oluşurlar. Bu mineral grubu ise; boyalarda dolgu malzemesi, kauçuk, kalıplama kumlarında plastisite, sondaj çamurlarında ve ısıya-aside dayanıklı porselende kullanılırlar. İllit grubu tek bir yaygın kil çeşidini temsil eder. Genel formülü  $(K,H)Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2XH_2O$  olan illit, kayaç ve şist minerallerinin önemli bir parçasıdır. İllit minerali diğer mineraller gibi dolgu malzemesi olarak kullanılır. Klorit grubu diğerlerine nispeten daha geniş ve folisilikat grubundan olduğu için kil minerali olarak değerlendirilmemektedir. Ayrıca bu grubun genel bir formülü bulunmamaktadır (Uddin 2008).

**Çizelge 2.2.** Kil minerali grupları ve kimyasal formülleri (Uddin 2008).

Grup ismi	Grup üyesi mineraller	Genel formül
Kaolinit	Kaolinit, dikit, nakrit	$Al_2Si_2O_5(OH)_4$
Montmorillonit/smektit	Montmorillonit, pirofilit, vermukilit, talk, saukonit, saponit, nontronit	$(Ca,Na,H)(Al,Mg,Fe,Zn)_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot XH_2O$
İllit	İllit	$(K,H)Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot XH_2O$
Klorit	amesit kamosit kookeit nimit	$(Mg,Fe)_4Al_4Si_2O_{10}(OH)_8$ $(Fe,Mg)_3Fe_3AlSi_3O_{10}(OH)_8$ $LiAl_5Si_3O_{10}(OH)_8$ $(Ni,Mg,Fe,Al)_6AlSi_3O_{10}(OH)_8$

#### 2.3.1.4. Kilin Kullanım Alanları

Çok çeşitli sınıflandırmaya sahip killerin tüketim alanlarının özelliklerine göre sınıflandırılması ve bu özelliklerine yanıt verecek test metotların uygulanması gerekir. Killerin çok değişik yapı ve özellik değişimine uygun olarak kullanım amaçları göz önüne alınarak incelenmesi gerekmektedir (Malayoğlu 1995).

##### *Kaolinler*

Kaolinler kullanım alanlarına göre ya da alüminli, silisli, demirli, kaolin şeklinde mineralojik bileşimine, yağlı, sert, döküm, yumuşak, plastik kaolin, refrakter kaolini şeklinde fiziksel özelliklerine göre de sınıflandırılabilirler. Kaolinin kullanım alanlarının sınıflandırması ise en çok tüketilen ve tüketildiği alanda ana girdi olarak bulunmasından dolayı aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür (Malayoğlu 1995).

- Seramik Alanında Kullanılan Kaolinler
- Dolgu Alanında Kullanılan Kaolinler (Kağıt, Plastik, Tekstil, Boya, Cam)
- Diğer Sanayii Dallarında kullanılan Kaolinler (Çimento, İlaç, Kozmetik, Deri, Yağ)

Tüketimde en çok kullanım alanı dolgu, kağıt sanayiinde olmaktadır. Bunu plastik ve seramik sanayii izlemektedir (Malayoğlu 1995).

##### *Bağlama Kili*

Bağlama killeri kaolinlerden daha ince tane yapışma sahiptirler ve daha fazla saf olmayan mineraller içermektedir. Özellikle karbonat içerikleri daha fazladır. Bu tür killerin içindeki saf olmayan minerallerin çokluğu ve çeşitliliği özellikle ısı ile renk değişimi özelliğini kazandırmaktadır. Su absorbe özellikleri ve plastiktik özellikleri daha fazladır. Bu tür killerin kullanım alanları;

- Seramik sanayinde Kullanılanlar
- Diğer Sanayii Dallarında Kullanılanlar (Yapay abrasivler, emaye, asbest üretimi)

##### *Hidrasyona Uğramış Kil*

Bu kil mineralini kaolinden ayırt etmek oldukça güçtür. Bu mineralleri tanımak için ek olarak fiziksel ve kimyasal testler uygulamak gerekir. Hidrasyona uğramış bu kil türünün kullanım alanları ise aşağıdaki sistematikeydir;

- Seramik ve Porselen Sanayii
- Döküm Sanayii

- Petrol ve Yağ Endüstrisinde Katalizör

#### *Ateş Kili*

Bu kiler genellikle kömür yataklarında, kömür tabakaları üstünde bulunurlar. Bu nedenle çoğu kömür madeninde kazı esnasında veya dekapaj yapılırken kazanılırlar. İçindeki saf olmayan mineral miktarı fazla olan bu kilerin kullanım alanları;

- Seramik alanında (Fayans, Tuğla, Kanalizasyon Borusu, Çanak Çömlek)
- Diğer Kullanım Alanları (Refrakter Sanayii, Çimento, Sondaj, Kimya, Dolgu)

olarak bilinir.

Bu kilin kullanımında esas parametre pastiklik derecesi ve sertliği olmaktadır. Özellikle refrakter alanında aranan bir hammaddedir.

#### *Montmorillonit Grubu Killer*

Montmorillonit mineralleri üç tabakalı bir yapı gösterirler ve bu onların karakteristik özelliğidir. Tabakalar arasında su molekülleri ve değişebilen iyonlar yer alır. Mevcut bu tabakalar arasında su ve organik moleküller girerek yapının genişlemesine neden olurlar. Bu özellik kilerin şişmesi olarak tanımlanırlar. Geniş kullanım alanına sahiptirler:

Yağ rafine alanı

Döküm kumu alanı

Sondaj alanı

Diğer alanlar (Dolgu, kimya, deterjan, kozmetik, kağıt, seramik, boya)

#### *Yıkama Kili*

Volkanik kökenli oluşumlardan meydana gelen montmorillonit grubu killere aittir. Yağ absorbe özelliği çok yüksek olan killerdir. Bu nedenle;

Absorbans ve yağ rafinasyonunda

İlaç, sondaj ve dolgu sanayiinde kullanılırlar.

#### *Diğer Killer*

Adi kiler ve şistler tarafından oluşan bu grup kil tuğla ve çimento sanayiinde kullanılırlar (Malayoğlu 1995).

#### *2.3.1.5. Kilin İnşaat Sektöründe Kullanımı*

Kil çok eski zamanlardan kullanılan temel bir yapı malzemesi olmasıyla birlikte günümüzde doğal özellikleri olması sebebiyle modern ve uygun bir yapı malzemesi olarak dikkat çekmektedir. Kil bir yapı malzemesi olarak başlıca; seramik, tuğla, çimento ikamesi, sıva, zemin döşemesi, blok duvar, sıkıştırılmış duvar uygulamalarında



kullanılmaktadır. Uygulama alanlarının gereklerine göre kullanılacak olan kil belirlenmektedir. Kilin yapıda üstleneceği görevlere göre kil türü ve oranları analiz edilip tespit edilmelidir (Wojciechowska 2001).

#### *Kil sıva*

Kil, bina içinde ve dışında havayı, nemi, buharı nefes alabilme özelliği sayesinde absorbe eder ve kil bu avantajları dolayısıyla düşük enerjili ve yüksek konforlu yapılar için uygundur. Kil sıva olarak uygulandığında daha çok iç sıva olarak birçok avantajı gerçekleştirmektedir. Nefes alabilme özelliğinden dolayı mekan içinde nem ve küf oluşumu engelleyerek insanların yüksek kalite standardında konforlu yaşamasına olanak vermektedir. Kil sıva; kil-kum-su karışımıyla oluştuğu gibi, bu temel materyallere ek olarak çeşitli fiberler eklenerek sıvanın yapışma ve dayanım mukavemeti arttırılabilmektedir. Ayrıca temel kil sıva harcına; çimento, kireç, alçı vb. dolgu malzemeleri eklenerek sıvanın daha yüksek performans göstermesi sağlanabilmektedir (Rintakami ve diğ. 2007).

#### *Kil hamuru*

Kil hamuru kil ve sudan meydana gelen pasta halindeki karışımdır. Kil hamuru; duvarlarda, fore kazık oluşturmada, dikey ve yatay sondajlarda, tüneller ve kesonlarda yardımcı yapı elemanı görevindedir. Ayrıca kil hamuru yeraltı suyunun giriş ve çıkışını tıkama özelliği sayesinde engellemektedir. Zehirli gazların, emisyonların zararlı etkilerinden korunmak için kil hamuru toprak dolgusu veya toprak kaplaması olarak kullanılmaktadır. Bu uygulama kil hamurunun çeşitli sızdırmazlık ve dolgu malzemeleri ile birlikte kullanılması prensibine dayanmaktadır (Reeves ve diğ. 2006).

#### *Dövme (sıkıştırılmış) kil duvarlar*

Sıkıştırılmış kil duvar yarı endüstriyel bir uygulama olmakla birlikte herhangi bir katkı malzemesi ve maddesi kullanmaksızın kilin sıkıştırılarak monolitik bir duvar haline getirilmesinden meydana gelir. Kompakt ve şekil alabilir bir form oluşturmak için %8-%15 su içeriğine sahip kuru kil malzemesi %18-%30 su içeriğine sahip olacak şekilde su ile karıştırılmaktadır. Tek bir duvar kalıbında sıkıştırma yapılabileceği gibi farklı boyutlardaki kalıplarda da yapılabilir. Plastik olmayan nispeten kuru olan bu karışımın avantajı kalıptan çıkarıldıktan sonra kullanıma hazır olmasıdır. Kil toprağın hacminin yarısına kadar sıkıştırılmış olması gereklidir. Sıkıştırma işlemi el ile ya da mekanik pnömatik makineler ile yapılabilmektedir. Güçlü bir sıkıştırma işlemi olacağından

dayanıklı bir kalıp olması gereklidir. Genellikle kalıptan çıkan malzeme yüzeyi ve rengi herhangi bir düzeltme ve uygulamaya gerek kalmaksızın meydana gelmektedir (Reeves ve diğ. 2006).

### *Sıkıştırılmış kil blok*

Sıkıştırılmış blok sadece su ve kilden oluşan karışımın bir makinede sıkıştırılması ile meydana gelir. Çalışma prensibi dövme kil duvara benzemektedir. Kil bloklar farklı şekillerde ve ölçülerde el ile veya endüstrilerde gelişmiş makinelerle presleme yapılarak üretilmektedir. Makine ile üretildiği için temiz ve pürüzsüz yüzey bitişleri elde edilebilmektedir (Reeves ve diğ. 2006).

### **2.3.2. Dolomit**

Birleşiminde %50'den fazla  $\text{CaCO}_3$  bulunduran, kimyasal, biyokimyasal veya detritik çökelimli sedimanter kayalara, kireçtaşı, magnezyum oranları yüksek olan kireçtaşlarına da dolomit denilmektedir. Dolomit, kireçtaşında ( $\text{CaCO}_3$ ) Ca ile beraber Mg'un yer alması ile oluşan bir mineraldir (TS 1991b).

Kireçtaşları, tabii kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolomit olmak üzere üç grupta incelenmektedir (Kurt 2010).

- Kireçtaşı: Bileşiminde kütlece en az %90 oranında kalker (kalsiyum karbonat,  $\text{CaCO}_3$ ) bulunduran tortul bir kayadır.
- Dolomitik Kireçtaşı: Bileşiminde kalsiyum karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yanında kütlece %10-%35 oranında magnezyum karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) bulunduran tortul bir kayadır.
- Dolomit: Bileşiminde %35'ten fazla magnezyum karbonat ( $\text{MgCO}_3$ ) bulunduran tortul bir kayadır.

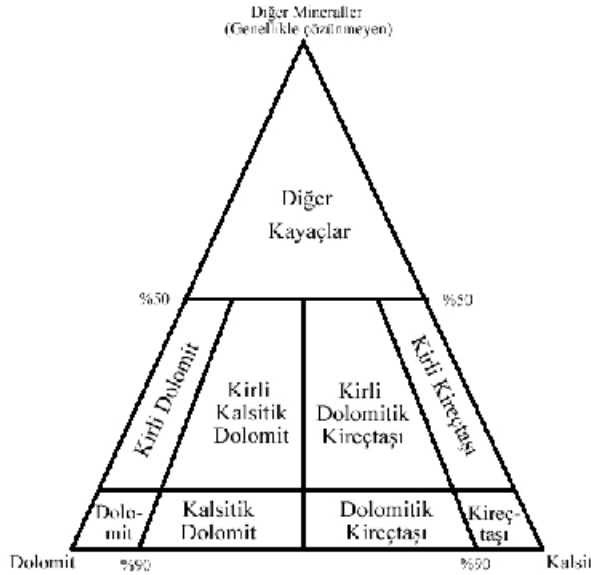
Temelde üç ayrı dolomit sınıflandırması yapılmakta ve dolomitler, kalsit ve dolomit içeriklerine göre, MgO ve CaO oranlarına göre ve kimyasal içeriklerine göre sınıflandırılabilir (Harben 1995).

### 2.3.2.1. Dolomitin Fiziksel Özellikleri

Dolomit, kireçtaşlarından CaO'nun yerini kısmen veya tamamen MgO'nun alması ile oluşur. Bu yüzden bileşimi açısından kireçtaşları ile ilişkili olup yanarda ve düşeyde daima kireçtaşları ile geçişlidir. Dolomitin özgül ağırlığı MgO oranına bağlı olarak 2,71 ile 2,87 g/cm<sup>3</sup>; sertliği ise Mohs skalasına göre 3,5-4 arasındadır. Ticari saflıktaki dolomitin ergime noktası 1924-2495 °C arasında değişmektedir. İhtiva ettiği organik malzeme miktarı arttıkça koyulaşmakla beraber genellikle pembe, kirli beyaz, beyazgri, siyah ve kahve renklidir. İnce kesitlerinde ise renksizdir, ender olarak gri ve kahverengimsi renk gösterir. Atmosferik etkilere oldukça dayanıklı bir mineraldir. Soğuk ve seyreltik HCl asidin içinde çok yavaş olarak çözünebilir. Ancak ısıtıldığında çözünme daha hızlı bir biçimde gelişebilir (Kurt 2010).

### 2.3.2.2. Dolomitin Kimyasal Özellikleri

Dolomit, kalsiyum karbonat yanında bulunan bir mineraldir. Çok seyrek olarak önce kalsiyum karbonat şeklinde oluşur. Yeraltında bulunan çözeltiler yardımıyla kaba kristalli dolomit şeklini alır; MgCO<sub>3</sub>, CaCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> ve sülfidlerde dolomit yataklarında bulunabilir (Harben 1995).



Şekil 2.12. Karbonatlı kayaçların sınıflandırılması (Harben 1995).

Karbonatlı kayaçların daha önce yapılan sınıflandırmaları (Şekil 2.12.) önemli olmakla beraber, endüstriyel amaçlar için yeterli olmamaktadır. Endüstriyel amaçlara uygun

sınıflandırmada minerolojik içeriklerden ziyade kimyasal içerikler ön planda tutulmaktadır (Çizelge 2.3).

**Çizelge 2.3.** Dolomitin kimyasal içeriğine göre sınıflandırılması (DPT 2008).

CaCO <sub>3</sub> İçeriği (%)	(%) MgCO <sub>3</sub> İçeriği (%)	Tanım
---	45,6'dan fazla	Pür (Saf) Dolomit
---	43'den fazla	Yüksek Mg'lu Dolomit
95'den fazla	---	Yüksek Kaliteli Kireçtaşı
97,5'den fazla	---	Çok Yüksek Kaliteli Kireçtaşı

#### 2.3.2.3. Dolomitin İnşaat Sektöründe Kullanım Alanları

Fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak dolomitin 30'dan fazla kullanım alanı vardır. Dolomitin kullanım alanlarından en önemlisi refrakter malzeme imali ve kalsine edildikten sonra çelik üretiminde istenmeyen safsızlıkların cürufa geçmesini sağlamak amacıyla flux olarak kullanımınıdır. Bu nedenle dolomitin en çok kullanıldığı endüstriler cam, refrakter ve demir-çelik sanayidir. Dolomit çimento üretiminde, dolomitik sönmemiş kireç, cam ve soda üretiminde hammadde; demir çelik sanayiinde sinter; yüksek fırınlarda refrakter malzeme ve cüruf artırıcı eleman olarak birçok sanayi dalında bileşenlerine bağlı olarak kullanılmaktadır. Dolomit, fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak endüstride birçok alanda kullanılır. Isıl işlem görmüş dolomit refrakter sanayinde tuğla ve harç üretiminde kullanılırken, ham dolomit;

- Yol inşaatlarında mıcır ve beton yapımında dolgu maddesi olarak,
- Ziraatte, gübre yapımında dolgu maddesi olarak ve toprak ıslahında,
- Cam ve soda sanayinde üretimde MgO kaynağı olarak,
- Boya sanayinde dolgu maddesi olarak,
- Seramik sanayinde seramik bünye ve sırlarında,
- Kimya sanayinde beyazlatıcı ve ferrosilikon imalinde,
- Suyun filtrasyonunda,
- Deniz suyundan MgO üretimi sırasında katkı maddesi olarak,
- Demir-Çelik sanayinde demir cevherinin sinterleştirilmesinde, çelik üretiminde cüruf yapıcı ve refrakter tuğlaları koruyucu olarak kullanılmaktadır (DPT 2008).

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. MATERYAL

##### 3.1.1. Kil

Bu çalışmada Düzce ilinden temin edilen ham kil, çalışmalarda kullanılmak üzere gerekli tane boyutuna, eleme işlemine tabi tutularak kullanılmıştır. Maksimum 2 mm tane boyutunda kullanılan kilin yoğunluğu; 2,59 g/cm<sup>3</sup>'tür (Şekil 3.1). Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi kimyasal bileşimi, büyük oranda SiO<sub>2</sub> olmak üzere Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>'den oluşmaktadır.



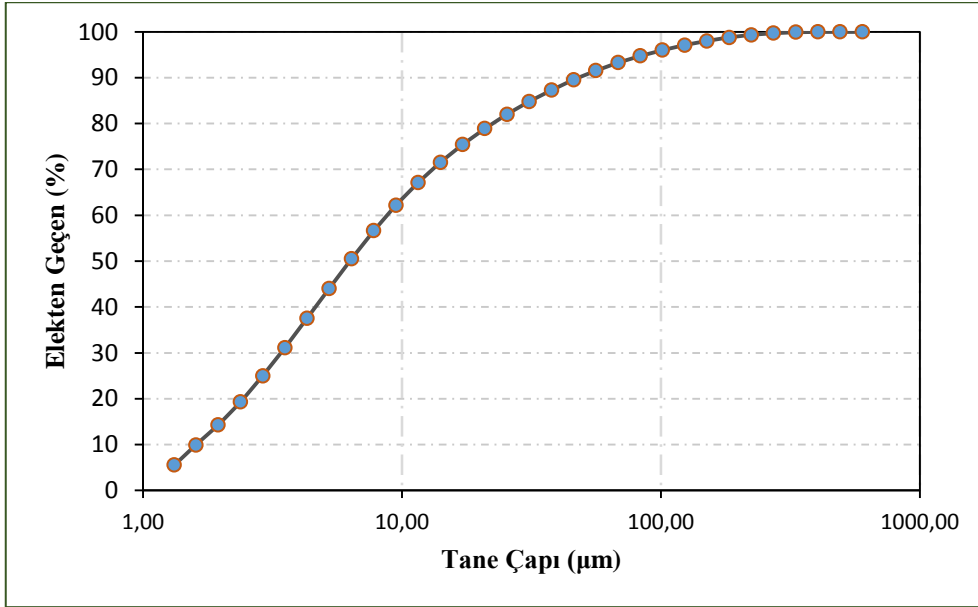
Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan kumun deneye hazırlanması.

Çizelge 3.1. Kilin kimyasal analizi.

Kimyasal Analiz Sonucu	
Bileşenler	Siyah Kil (%)
SiO <sub>2</sub>	63,678
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,969
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,507
K <sub>2</sub> O	2,420
TiO <sub>2</sub>	1,144
MgO	1,022
CaO	0,566
Na <sub>2</sub> O	0,366
MnO	0,127
Kızdırma Kaybı (800°C)	7,20
XRD Yarı Nicel Mineralojik Analizi	
Kil Fraksiyonu	Siyah Kil (%)
İllit	43,00
Klorit	33,00
Simektit	24,00

Temin edilen ham kil ilk olarak etüvlerde kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Buradaki ilk amaç boyut farklılıkları gösteren kil parçalarının öğütülme işlemine daha kolay tabi tutulmasını sağlamaktır. Öğütülme işlemi yapılan kilin üzerinde elek analizi yapılmış ve aşağıdaki granülometri eğrisi(tane dağılımı) elde edilmiştir (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** Kilin granülometrisi.



### 3.1.2. Dolomit

Birleşiminde %50'den fazla  $\text{CaCO}_3$  bulunduran, magnezyum oranları yüksek olan kireçtaşlarına ve kayalara dolomit denilmektedir. Bu çalışmada 300-500 mikron tane boyutu aralığında,  $2,7 \text{ g/cm}^3$  yoğunluğa sahip Marmara-Gebze bölgesine ait dolomit kullanılmıştır (Şekil 3.2). Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi toplam kütlenin %35'inden fazla  $\text{MgCO}_3$  olduğu için kullanılan malzeme dolomit sınıfında yer almaktadır.

**Çizelge 3.3.** Dolomitin kimyasal analizi.

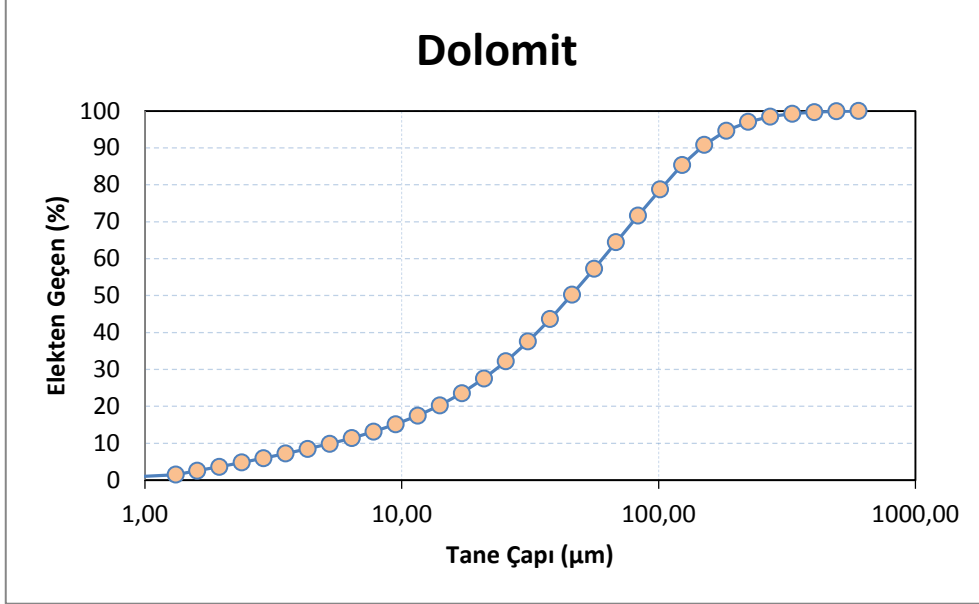
Bileşenler	Birim	Dolomit
$\text{CaCO}_3$	(%)	86,52
$\text{CO}_3$	(%)	63,02
Ca	(%)	23,50
Mg	(%)	12,07
Fe	(ppm)	0,98
$\text{SiO}_2$	(%)	0,15
$\text{PO}_4$	(ppm)	10
$\text{SO}_4$	(ppm)	10
Alkalinite	(ppm)	30(CaO-MgO Olarak)
Nem	(%)	0,0302
Asitte Çözülmeyen	(%)	1
Yağ Absorplama	(%)	22,90

\*ppm: Milyonda bir (mikro)



Dolomit üzerinde yapılan elek analizi sonucu, Çizelge 3.4'te verilen granülometri eğrisi elde edilmiştir.

Çizelge 3.4. Dolomitin granülometrisi.



### 3.1.3. Kum

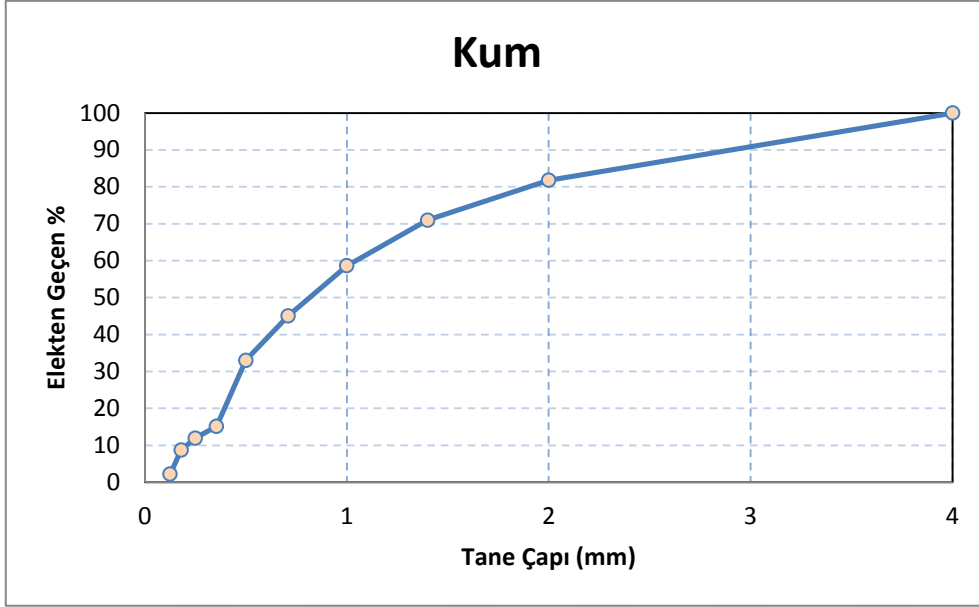
Deney numuneleri ve sıva üretiminde kullanılan kum Düzce bölgesinden temin edilmiştir. Kumun yoğunluğu  $2,57 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Çalışmalarda kullanılan kum  $105^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 24 saat boyunca bekletilerek etüv kurusu haline getirilmiştir. Bu işlemden sonra 2 mm elek altı malzeme çalışmalarda kullanılmak üzere ayrılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Deneylerde kullanılan kuma ait görüntüler.

Temin edilen kum üzerinde elek analizi yapılarak Çizelge 3.5'te verilen granülometri eğrisi elde edilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Kumun granülometrisi.





## 3.2. METOD

### 3.2.1. Karışım Tasarımları

Bu çalışmada, optimum kil/kum oranını belirleyebilmek için 9 farklı kil/kum karışımları yapılmıştır. Karışımlar C10S0'dan (referans karışım olmak üzere) C1S9'a kadar olmak üzere kodlanarak oluşturulmuştur. Örneğin; C1S9; ağırlıkça 1 birim kil, 9 birim kumdan oluşmaktadır. Tezde kullanılan kısaltma ise; CASB olmuştur.

C: Kil

A: Karışımındaki kil oranı

S: Kum

B: Karışımındaki kum oranı

Çalışmada üretimi gerçekleştirilen sıvalara ait karışım tasarımları Çizelge 3.6'da verilmektedir.

**Çizelge 3.6.** Sıva karışım tasarımları.

Numune Kodu	Ağırlıkça			Kil/Kum Oranı
	Su	Kil	Kum	
R(C10S0)	0,35	1	-	-
C9S1			0,11	9,00
C8S2			0,25	4,00
C7S3			0,43	2,33
C6S4			0,67	1,50
C5S5			1,00	1,00
C4S6			1,50	0,67
C3S7			2,33	0,43
C2S8			4,00	0,25

### 3.2.2. Kil Üzerinde Yapılan Deneyler

Kilin karakteristik özelliklerinin belirlenebilmesi için standartlarına uygun olarak aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

#### 3.2.2.1. Atterberg Limitleri

Kilin su muhtevsındaki değişim ile kıvamı arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi malzemenin işlenebilirliği açısından önem taşımaktadır. Bu amaçla plastik limit ve likit limit deneyleri yapılmıştır.

#### Likit Limit

Temin edilen kilin bünyesindeki mevcut nem, 105°C'deki etüvde 24 saat boyunca bekletilerek uzaklaştırılmıştır. Etüv kurusu halindeki kil, TS 1900-1'e göre 425 µm'lik (40 no.lu elek) elekten geçirilerek, elek altında kalan malzeme su ile karıştırılmıştır. Pasta haline getirilen numuneden bir miktar alınarak Cassagrande aletinin kesesine düzgün bir şekilde yerleştirilip (Şekil 3.4) ortadan bir yarık açılmıştır. Cihaza 25 vuruş yaptırdıktan sonra yarılan kısım kapandığında malzemenin bir miktar alınarak tartılmıştır. Numune 105°C'de 24 saat boyunca etüvde beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında 24 saat bekledikten sonra yeniden tartılmıştır. Likit Limit; numunenin akıcı hale geldiği anda içerdiği nemin, kuru ağırlığına göre % olarak ifadesidir. Buna göre;

Likit Limit =  $\frac{\text{İlk Ağırlık} - \text{Son Ağırlık}}{\text{İlk Ağırlık}} \times 100$  formülü ile hesaplanmıştır.

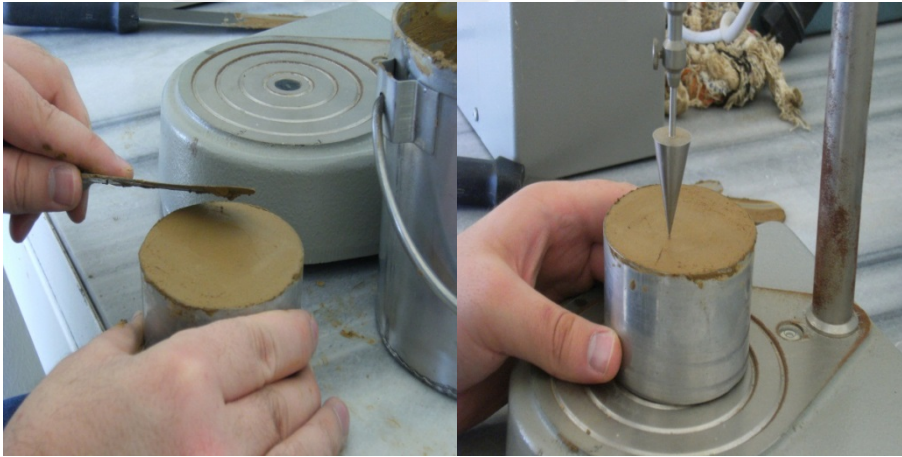


Şekil 3.4. Cassagrande kesesine numune yerleşimi.

Diğer bir yöntem olan Koni Batma Likit Limit deneyi mevcut kil numuneleri üzerinde uygulanarak optimum su muhtevası değerleri bulunmuştur.

Bu yöntemde, bir kabın içine yerleştirilen su ve zemin karışımına dokunma pozisyonuna getirilen 80 gr kütledeki koninin, kendi kütlesi etkisi ile 5 saniye süreyle zemine batması sağlanır. Batma miktarı aletin üzerinde bulunan bir deformasyon saatinden okunur. Aynı işlem zeminin değişik su muhtevalarında tekrarlanır. Deney konisinin 20 mm batmasına karşılık gelen su içeriği likit limit olarak tanımlanır (Şekil 3.5). Bu yöntem Casagrande yöntemine göre daha az kullanılmasına rağmen, daha güvenilir sonuçlar vermektedir.

TS 1900 11987'ye göre zeminlerin likit limitleri, yukarıda açıklanan yöntemlerden birisine göre belirlenebilir. Bu standartta koni penetrasyon deneyi, deneyci hatasını en aza indiren bir yöntem olduğu için önerilmekte, Casagrande tarafından geliştirilen yöntem ise yedek yöntem olarak adlandırılmaktadır. Ancak piyasada en çok yapılan deney Casagrande tarafından geliştirilen yöntemle yapılan deneydir.



Şekil 3.5. Koni batma deneyine ait görüntü.

### *Plastik Limit*

Malzemenin şekil değiştirmeye başladığı andaki su muhtevasını ölçmek amacıyla TS 1900-1'e göre 425 µm'lik (40 nolu elek) elekten geçirilerek, elek altında kalan kil su ile karıştırılmıştır. Kıvamına gelen numune yuvarlanarak 3mm çapında silindirler haline gelip çatlaklar ve kırılma gerçekleşene kadar yuvarlanmıştır (Şekil 3.6). 3mm silindirler halinde kırılma gerçekleştiğinde, bu numuneden bir miktar alınıp tartılmıştır. Numune 105°C'de 24 saat boyunca etüvde beklemeye bırakılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında

24 saat bekleddikten sonra yeniden tartılmıştır. Plastik Limit; numunenin plastik hale geldiği anda içerdiği nemin kuru ağırlığına göre % olarak ifadesidir. Buna göre;

Plastik Limit =  $\frac{\text{İlk Ağırlık} - \text{Son Ağırlık}}{\text{İlk Ağırlık}} \times 100$  formülü ile hesaplanmıştır.



**Şekil 3.6.** Likit limit deneyine ait görüntüler.

#### *Rötre Limit*

##### *Cıvalı Yöntem (Hacimsel Büzülme Yöntemi) (ASTM D427-98)*

İlk olarak kil numunesi etüvde kurutulmuştur. Kurutulan deney numunesi deney işlemi için 40 nolu elekten elenerek ince malzeme elde edilmiştir. Eleme işleminden geçirilen kil üzerine su ilave edilerek likit limit kıvamına gelene kadar karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi zemin homojen bir görüntü alana kadar sürdürülmüştür. Karıştırma süresi kil cinsine göre değişiklik göstermekle birlikte en az 10 dakikadır. Bu süre bazı killerde 30 dakikaya kadar çıkabilmektedir. Elde edilen bu karışım, en az 16 saat süreyle nemini kaybetmesini engelleyecek bir desikatörde bekletilmiştir.

Desikatörde bekletilen karışım porselen kaba alınarak iyice karıştırılmıştır. Deneyde likit limit kıvamındaki zemin kullanılacağından, eğer gerekli görülürse, karışıma bir miktar su eklenebilir. Arzu edilen durum mümkün olduğunca likit limitine yakın bir su içeriğinde (olabildiğince düşük) karışımın hazırlanmasıdır. Çünkü özellikle plastik zeminlerde su içeriği arttıkça kuruma sürecinde çatlama ve kırılma özelliği de artmaktadır.

Rötre kabının iç yüzeyi numunenin yapışmasını önlemek amacıyla vazelin veya kalın bir yağ ile sıvanmıştır. Boş kabın kütlesi ölçülerek not edilmiştir (MT). Rötre kabı cıva ile doldurulmuştur ve cam plaka yardımıyla kabın üzerine bastırılarak fazla cıvanın dışarı taşması sağlanmıştır. Cıva ile plaka arasında havanın sıkışmamasına dikkat

edilmelidir. Dereceli kap yardımıyla veya cıvanın kütlesinin ölçülmesiyle (cıvanın yoğunluğu  $13,55 \text{ g/cm}^3$  tür) rötre kabı içerisindeki dolayısıyla kabın içine konacak ıslak numunenin hacmi belirlenmiştir (V).

Hazırlanan karışımdan kabın yaklaşık üçte biri kadar alınarak kabın ortasına konmuştur; kap sallanarak ve hafifçe vurularak numunenin hava kabarcığı oluşmadan kaba iyice yayılması sağlanmıştır. Bu adımlar izlenerek kap numune ile tamamen doldurmuştur ve üzeri çelik cetvelle düzeltilmiştir. Zeminin kurummasına müsaade edilmeden, ıslak numunenin ve kabın kütlesi ölçülerek kaydedilmiştir (MW). Hazırlanan numune açık havada rengi koyudan açığa dönene kadar kurumaya bırakılmıştır (Şekil 3.7). Daha sonra  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'deki etüvde tamamen kurutulmuştur. Eğer numune çatlak veya parçalanırsa, karışım daha düşük su içeriğinde yeniden hazırlanır ve yukarıdaki işlemler yinelenir. Kuru zemin ve kabın kütlesi ölçülerek kaydedilmiştir (MD). Cam kap ağzına kadar cıva ile doldurulmuştur ve cam plaka yardımıyla fazla cıva taşırılmıştır. Cıva ile plaka arasında havanın sıkışmamasına dikkat edilmelidir. Cam kap porselen kabın içine yerleştirilmiştir. Daha sonra kuru kil numunesi rötre kabından çıkarılarak cıva ile dolu olan cam kabın üzerine yerleştirilmiştir. Cam plaka vasıtasıyla kabın üzerine hafifçe bastırılarak fazla cıvanın taşırılması sağlanmıştır. Bu işlem sırasında cam plaka ile cıva arasında hava sıkışmamasına dikkat edilmelidir. Porselen kaba taşan cıvanın hacmi ölçülüp kap yardımıyla veya kütlesinin ölçülmesiyle hesaplanır. Bu hacim aynı zamanda kuru zeminin de hacmidir (Vo).

Hesaplamalar;

Islak Zeminin Kütlesi:  $M = M_W - M_T$

Kuru Zeminin Kütlesi:  $M_o = M_D - M_T$

Su İçeriği:  $w = \left[ \frac{M - M_o}{M_o} \right] \times 100$

Büzülme limiti (SL) şu şekilde hesaplanır:

$SL = w - \left[ \frac{(V - V_o) \times P_w}{M_o} \right] \times 100$

Burada  $P_w$  suyun yaklaşık yoğunluğudur:  $1,0 \text{ g/cm}^3$



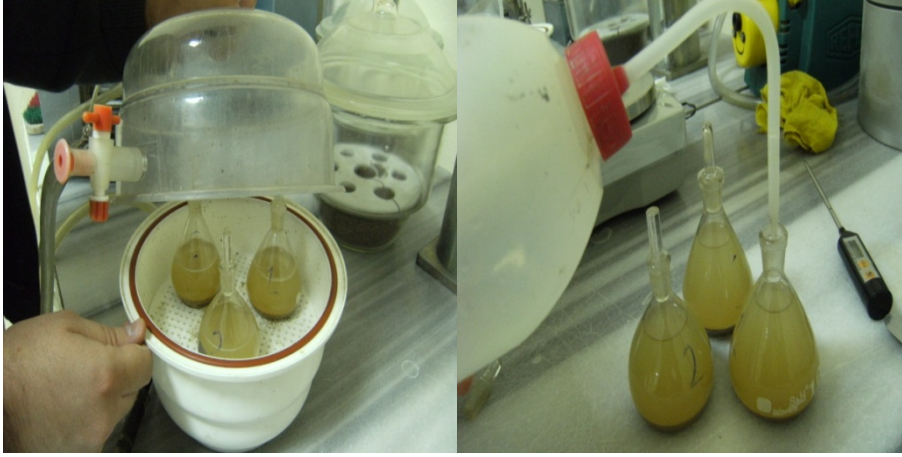
Şekil 3.7. Rötire deneyine ait görüntüler.

### 3.2.2.2. Özgül Ağırlık Deneyi

Karışım tasarımlarında ve malzemenin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kilin yoğunluğunu tayin edebilmek için TS 1900-1'e göre piknometre aleti ile özgül ağırlık deneyi yapılmıştır. Piknometre şişesi ve kapağı boş haldeyken tartılmıştır ( $M_1$ ). Etüv kurusu halindeki kil 200 nolu elekten elenerek en büyük tane boyutunun 0,075 mm olduğu numune piknometre şişesine alınmıştır. Piknometre şişesi, kapağı ve içindeki numune ile tartılmıştır ( $M_2$ ). Daha sonra piknometre şişesine belli bir miktar saf su eklenerek çalkalanmıştır. Bu şekilde 24 saat bekletilerek ya da desikatör yardımı ile şişe içindeki havanın uzaklaşması sağlanmıştır (Şekil 3.8). 24 saat sonunda içinde kil ve su numunesi olan piknometre şişesi tekrar tartılmıştır ( $M_3$ ). Bu işlemlerden sonra piknometre şişesi boşaltılıp, içine saf su eklenerek tartılmıştır ( $M_4$ ).

Bu işlem 3 seri şeklinde gerçekleştirilip ortalama değer kayıt altına alınmıştır. Elde edilen değerler ile numune yoğunluğu aşağıdaki formül ile belirlenmiştir;

$$G_s = \frac{(M_2 - M_1)}{(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)} \times 100$$



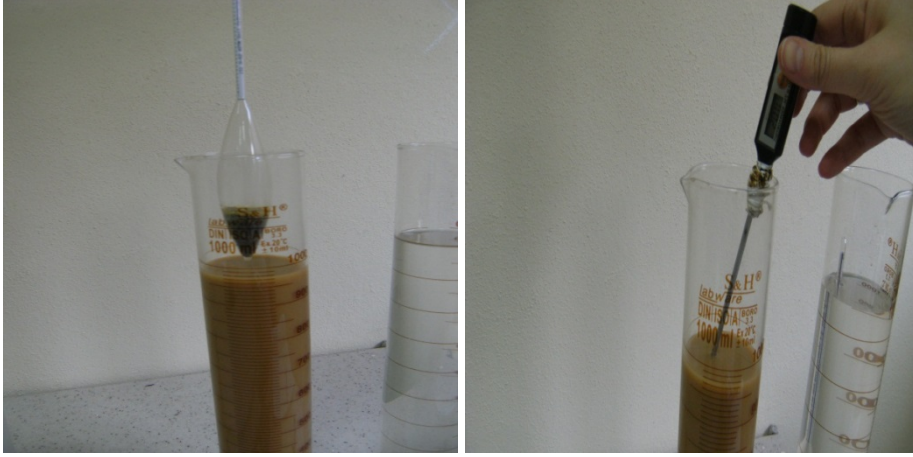
**Şekil 3.8.** Piknometre deneyinin yapılması.

### 3.2.2.3. Hidrometre Deneyi

Kil numunesinin tane çapı dağılımının belirlenebilmesi için TS 1900-1'e göre Hidrometre deneyi yapılmıştır. Deney 0,075 mm'lik elekten elenen kil numunesi üzerinde yapılmıştır. Bir miktar kil numunesi sodyum hegzametafosfat ve su ile hazırlanan çözelti içine alınıp karıştırılır ve malzemenin dağılabilmesi için 24 saat bu şekilde bekletilmiştir. 24 saat sonunda cam mezüre alınan karışımın üzerine 150 ml'ye kadar saf su eklenmiştir. Mezürün ağzı lastik bir tıpa yardımıyla kapatılarak çalkalanmıştır. Çalkalama işlemi biter bitmez düzgün bir zemine konur ve kronometre çalıştırılmıştır. Hidrometre yüzme durumunun az altına gelene kadar süspansiyona daldırılmıştır. Kronometreye bakılarak 0, 5, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 120 ve 480'inci dakikalarda hidrometre okuması yapılmıştır (Şekil 3.9). Deney sonucu elde edilen değerler Çizelge 3.7'deki şekilde kayıt edilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Hidrometre deneyinde kaydedilen değerler.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Tarih	Günün saati	Sıcaklık °C	Geçen süre, t	Rh1	Rh= Rh1+Cm	HR	D	Mt	Rh + Mt - X	Yüzde K

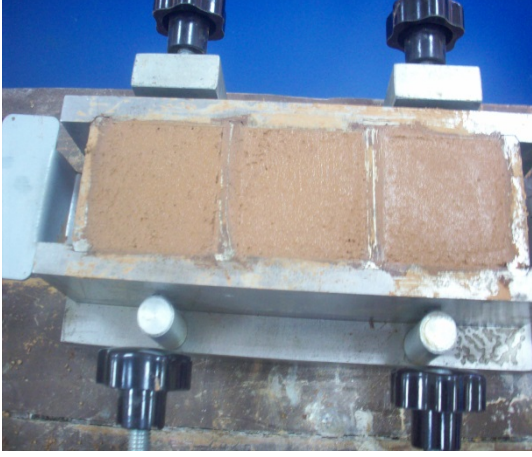


**Şekil 3.9.** Hidrometrenin deneyinde yapılan okumalar.

### 3.2.3. Sıva Üzerinde Yapılan Deneyler

Kil sıva numunelerinin tüm karışımları aynı şekilde hazırlanmıştır. Karışımdan önce, kil ve kum doygun kuru yüzey hale gelene kadar etüvde kurutulmuştur. Tüm karışımlarda kilin ağırlıkça %35'i miktarında Düzce iline ait şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Karışım hazırlarken; önce kil ve kum kuru bir şekilde karıştırılmıştır. Sonra su yavaşça ilave edilerek, karışım uygun kıvamı alana kadar bir el mikseri yardımı ile 10-15 dakika karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım 50x50x50 mm'lik çelik kalıplara iki katman halinde yerleştirilerek (Şekil 3.10), karışımda ani nem kaybı olmaması için cam plaka ile üzerleri kapatılmıştır. Üretilen numuneler kalıplarda 2 gün bekletilmiştir. Kalıptan çıkarılan numuneler 1 gün de laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Basınç testi öncesi numuneler etüvde 24 saat boyunca bekletilmiştir (Şekil 3.11). Taze olarak hazırlanan karışım harcı bir mala yardımı ile önceden nemlendirilmiş tuğla yüzeyine aşağıdan yukarıya doğru uygulanmıştır (3.12). Bu uygulama ile kil sıva üzerinde gözlemsel büzülme deneyi gerçekleştirilmiştir. Sıvalı tuğla yüzeyleri aynı laboratuvar ortamında bekletilmiştir.





Şekil 3.10. Basınç dayanımı kalıbı



Şekil 3.11. Sıvanın tuğla yüzeye uygulanması.



Şekil 3.12. Basınç dayanım testi numuneleri.

### 3.2.3.1. Yayılma Çapı Deneyi

Farklı oranlardaki kil/kum oranları ile hazırlanan taze harç numunelerinin TS EN 1015-3'te belirtildiği gibi yayılma tablası üzerinde serbest düşürülerek yayılma değerleri saptanmıştır. Belirli miktarda hazırlanan taze harç numunesi yayılma tablası üzerindeki konik kalıba iki tabaka halinde 10 kısa vuruşla tokmak ile yerleştirildikten sonra üzeri tesviye edilmiştir. Yaklaşık 15 saniye sonra, kalıp düşey olarak yukarıya doğru yavaşça çekilerek alınmış ve dairesel levha üzerinde kalan harç kütlesi, yayılma tablası yaklaşık olarak saniyede bir defa olmak üzere, sabit sıklıkta 15 defa düşürülerek levhaya yayılmıştır. Yayılan harç cetvel yardımı ile iki dik doğrultudan ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.13). İki ölçmenin aritmetik ortalaması alınarak değer hesaplanmıştır.



Şekil 3.13. Yayılma tablası deneyi sonrası yapılan ölçümler.

### 3.2.3.2. Birim Ağırlık Deneyi

Taze haldeki harcın birim ağırlığı (B) TS EN 2941'e hacmi bilinen bir kaba (V<sub>k</sub>) üç kademedede yerleştirilerek doldurulmuştur. Her tabakanın sıkıştırılmasından sonra kabın kenarlarına tokmak ile 10-15 kere vurularak harç içinde kalması mümkün olan boşluk ve hava kabarcıkları giderilmiştir. Daha sonra tesviye edilen harç, ölçme kabı ile birlikte tartılmıştır. Brüt ağırlıktan kabın tara ağırlığının çıkartılması sonucu kaptaki taze harcın net ağırlığı (W<sub>n</sub>) tayin edilmiştir. Tartımlar sonucu elde edilen değerlere göre hesaplamalar yapılmıştır:

$$B = \frac{W_n}{V_k}, \text{ gr/cm}^3$$

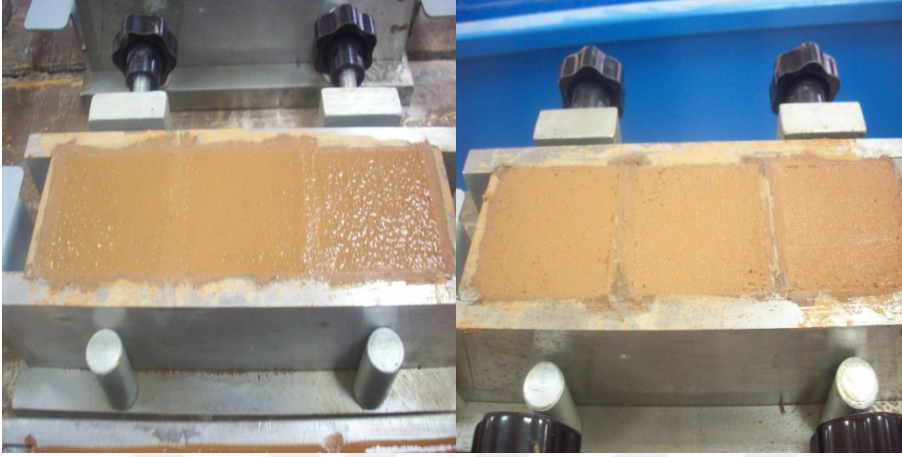
Sertleşmiş haldeki kil/kum karışımlarının birim ağırlığını belirlemek için TS EN 12390-7'e göre tartımlar yapılmıştır. Kalıptan alınan numuneler, 105°C sıcaklıktaki etüvde kütle değişimi sabit durumuna gelinceye kadar tutulmuştur. Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığına gelene kadar bekletilerek tartımları yapılmıştır (M). Birim ağırlık, numunelerin tayin edilen kütle ve hacim değerleri kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$D = \frac{M}{V}, \text{ gr/cm}^3$$

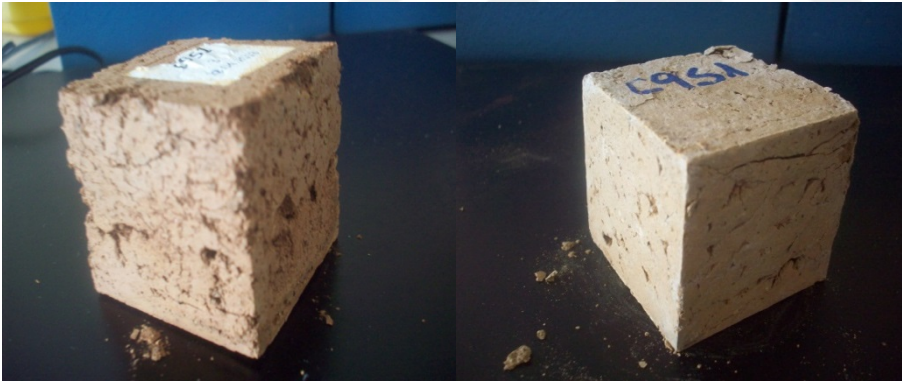
### 3.2.3.3. Basınç Dayanımı

TS EN 196-1'e göre 50x50x50 mm'lik ebatlarda hazırlanan numunelerin, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri tespit edilmiştir. Numuneler kalıptan çıkarıldıktan

sonra aynı laboratuvar ortamında kırım gününe kadar bekletilmiştir (3.14). Kırım yapılmadan önce numuneler 105°C sıcaklıktaki etüvde kütle değişimi sabit durumuna gelinceye kadar (24 saat) tutulmuştur. Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığına gelene kadar bekletilerek basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur (3.15).



**Şekil 3.14.** Basınç dayanımı deneyi için dökülen numuneler.



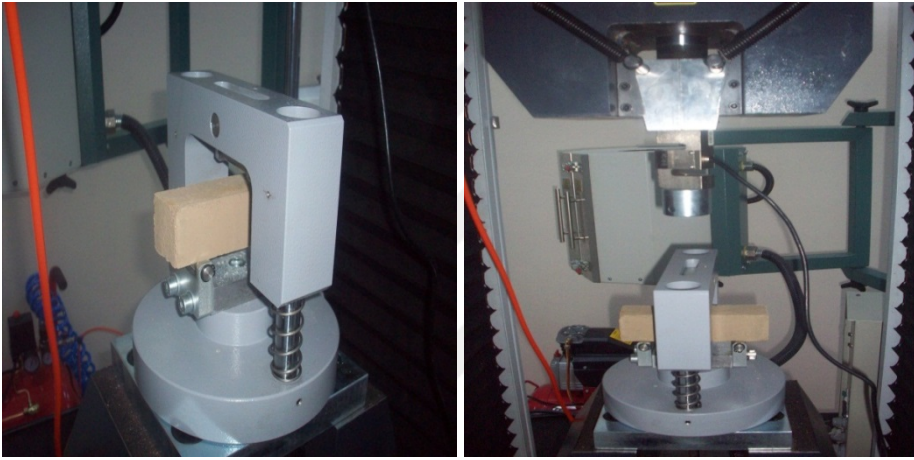
**Şekil 3.15.** Basınç dayanımı deneyi yapılan küp numuneler.

#### 3.2.3.4. Eğilme Dayanımı Deneyi

TS EN 12390-5'e göre 40x40x160 mm'lik ebatlarda hazırlanan numunelerin, 7 ve 28 günlük eğilmede çekme dayanımı değerleri tespit edilmiştir (Şekil 3.16 ve Şekil 3.17). Numuneler kalıptan çıkarıldıktan sonra aynı laboratuvar ortamında kırım gününe kadar bekletilmiştir. Kırım yapılmadan önce numuneler 105°C sıcaklıktaki etüvde kütle değişimi sabit durumuna gelinceye kadar (24 saat) tutulmuştur. Etüvden alınan numuneler oda sıcaklığına gelene kadar bekletilerek eğilmede çekme dayanımı testine tabi tutulmuştur (Şekil 3.18).



Şekil 3.16. Eğilme dayanımı deneyi için hazırlanan numuneler.



Şekil 3.17. Numunelerin eğilme dayanımı testine tabi tutulması.



Şekil 3.18. Eğilme dayanımı deneyi yapılmış olan numuneler.

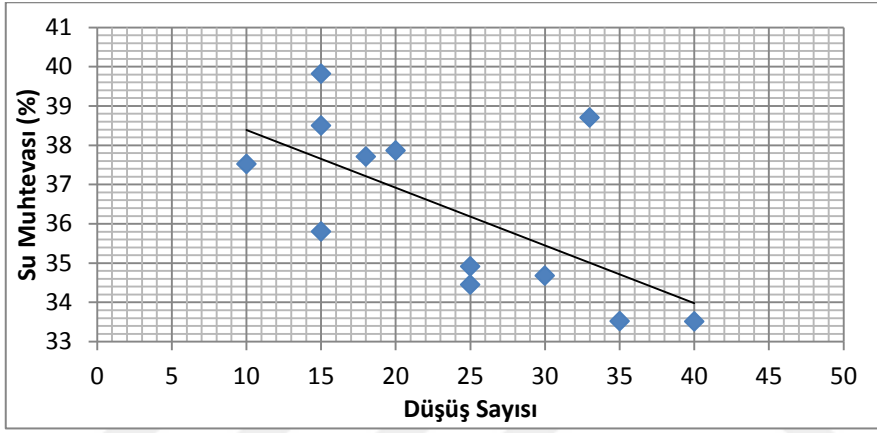
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. ATTERBERG LİMİTLERİ

#### *Likit Limit*

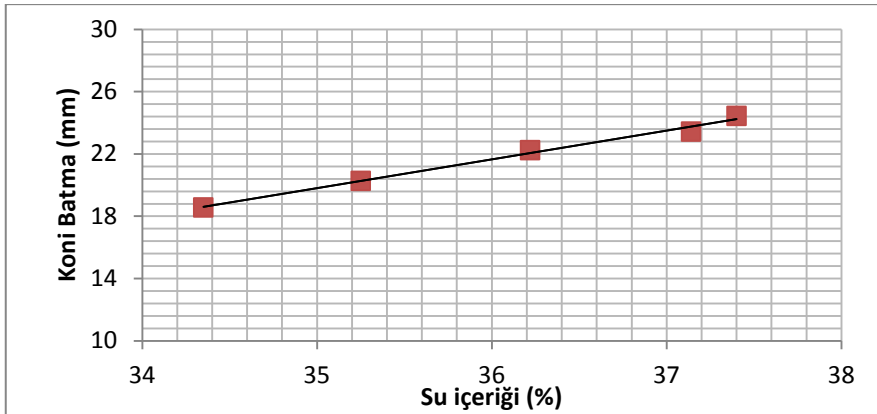
Bu çalışmada kullanılan 425  $\mu\text{m}$ 'lik elekten elenmiş kil numunesi üzerinde yapılan Likit limit deneyinde Çizelge 4.1'de verilen değerler elde edilmiştir. Düşüş sayısının 25 olduğu su muhtevası kilin likit limiti olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi 25 düşüş sayısına denk gelen su muhtevası %36,2 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.1.** Likit limit deney sonuçları.



Likit Limit tayin etmek için TS 1900-1'de belirtilen diğer yöntem Koni Batma deneyi de yapılmıştır. Bu deneyde koninin 20 mm'lik batmaya karşı geldiği değer kilin su muhtevası %35,10 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2.** Koni Batma deney sonuçları.



### Plastik Limit

Likit limit deneyi için hazırlanan kil numunesinden belirli miktarlarda alınarak Plastik limit deneyi yapılmış ve Çizelge 4.3'teki değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Plastik limit deney sonuçları.

<b>DENEY SAYISI</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Kap no.	23	24
Kap ağırlığı, ( $m_1$ ) (gr)	10,47	11,15
Kap + yaş zemin ağırlığı, ( $m_2$ ) (gr)	14,25	14,95
Kap + kuru zemin ağırlığı, ( $m_3$ ) (gr)	13,58	14,26
Su ağırlığı, ( $m_2 - m_3$ ) (gr)	0,67	0,69
Kuru zemin ağırlığı, ( $m_3 - m_1$ ) (gr)	3,11	3,11
<b>SU İÇERİĞİ</b> , $W (\%) = m_2 - m_3 / m_3 - m_1 \times 100$	<b>21,54</b>	<b>22,18</b>
<b>PLASTİK LİMİT</b>	<b>21,86</b>	

### Rötre Limit

Rötre limit deneyi kil numunesinin sınır su muhtevası olan büzülme limitini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Büzülme kabına yerleştirilen numunenin ölçümleri etüvde kuruduktan sonra cıva taşıma yöntemi ile yapılmıştır. Elde edilen büzülme limiti değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Rötre Limit deney sonuçları.

<b>Deney Sayısı</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Büzülme Kabının ağırlığı, MB (gr)	9,7	9,3	9,43
Büzülme Kabı + yaş örnek ağırlığı, MY (gr)	44,97	44,86	45,16
Yaş örnek ağırlığı, M= MY - MB (gr)	35,27	35,56	35,73
Büzülme kabı+kuru örnek ağırlığı, MK (gr)	35,05	34,87	35,11
Kuru örnek ağırlığı, Mo= MK- MB (gr)	25,35	25,57	25,68
Başlangıçtaki yaş örnek hacmi , V (cm <sup>3</sup> )	19,64	19,52	19,64
Taşan cıvanın ağırlığı, (gr)	185,76	185,84	185,72
Kuru (etüv) örnek hacmi, Vo (cm <sup>3</sup> )	13,71	13,72	13,71
Başlangıç su içeriği, W (%)	39,13	39,07	39,14
<b>BÜZÜLME ORANI</b> , $SR=Mo/(Vo.pw)$	<b>1,85</b>	<b>1,86</b>	<b>1,87</b>
<b>BÜZÜLME LİMİTİ</b> $SL = W - [(V-Vo)/ Mo] \times pw \times 100$	<b>15,74</b>	<b>16,36</b>	<b>16,05</b>

## 4.2. ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

Piknometre şişeleri TS 1900 standardına uygun olarak yapılan deney sonucu elde edilen değerler Çizelge 4.5'te verilmiştir.

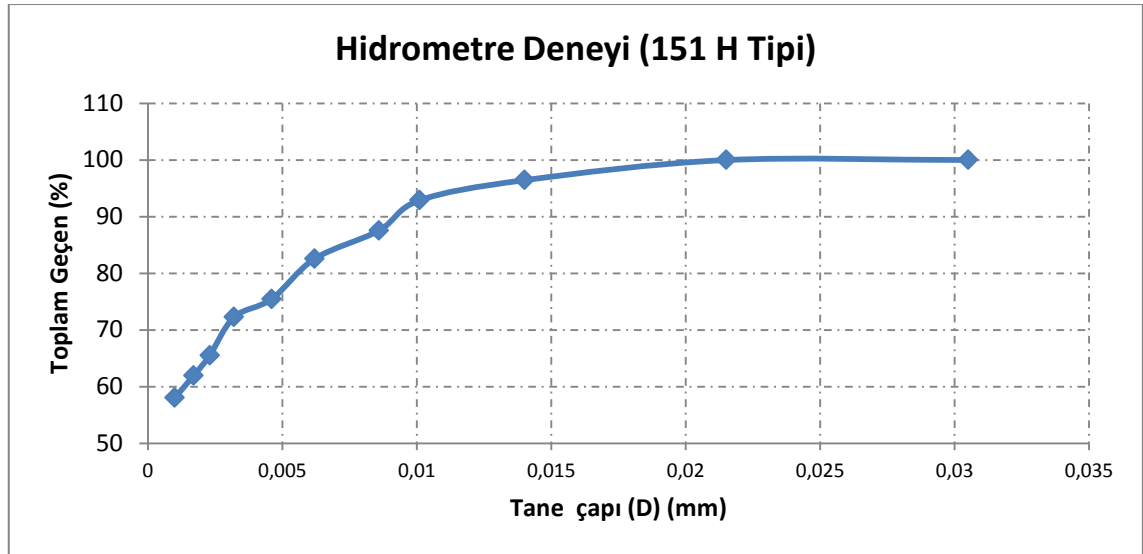
Çizelge 4.5. Özgül ağırlık deney sonuçları.

Şişe Numarası	1	2	3
Şişe Ağırlığı (kapak ile), (Mp) (gr)	41,63	42,49	40,19
Şişe + su ağırlığı, (Mpw) (gr)	147,3	141,49	142,28
Su sıcaklığı, (Ti) (°C)	20,2	20,2	20,1
<b>DENEY SAYISI</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Örnek ağırlığı (etüv kuru), (Ms) (gr)	15,01	15	15
Şişe + örnek + su ağırlığı, (Mpws) (gr)	156,48	150,69	151,55
Örnek + su karışımının sıcaklığı, (Tx) (°C)	20,2	20,1	20,2
Şişe + su ağırlığı (Tx °C'de)* (Mpw)* (gr)	147,3	141,49	142,27
Sıcaklık düzeltme katsayısı, (K)	1	0,99998	0,99996
<b>Özgül Ağırlık</b> $G_s = Ms / (Ms + Mpw(Tx \text{ °C}'de) - Mpw_s) \times K$	<b>2,57</b>	<b>2,59</b>	<b>2,62</b>
<b>ZEMİNİN ÖZGÜL AĞIRLIĞI (Gs)</b>	<b>2,59</b>		

## 4.3. HİDROMETRE DENEYİ

Kil numunesinin tane çapı dağılımının belirlenebilmesi için TS 1900-1'e göre Hidrometre deneyi yapılmıştır. Deney sonucu elde edilen tane dağılımı grafiği Çizelge 4.6'da verilmektedir.

Çizelge 4.6. Hidrometre deneyi sonucu elde edilen granülometri eğrisi.



Çizelge 4.6’da gösterilen hidrometre deneyi sonucu oluşan gradasyon eğrisi incelendiğinde, 2  $\mu\text{m}$  (0,002 mm)’den geçen malzemenin %63 olduğu tespit edilmiştir. Bu değer, çalışmada kullanılan numunenin yüksek oranda kil içerdiğini göstermektedir.

#### 4.4. OPTİMUM KİL/KUM ORANININ BELİRLENMESİ

##### 4.4.1. Serbest Düşürme Deneyi

Kil ve kum yeterli miktarda su ile karıştırıldıktan sonra 4 cm çapında toplar haline getirilmiştir. Karışımların 1,5 m yükseklikten serbest bırakılmasından sonra ortaya çıkan çeşitli sonuçlar Şekil 4.1’de görülmektedir.



a)Yüksek kil içeriği

b) Düşük kil içeriği

c) Optimum kil içeriği

**Şekil 4.1.** Serbest düşürme deneyinden görüntüler.

Serbest düşme testinde hazırlanan kil/kum karışımlarının uygun nem içeriğine ve kil içeriğine sahip olup olmadığı söylenebilir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi yüksek kil içerikli numunede hiçbir deformasyon meydana gelmezken, düşük kil içerikli numunede parçalanmalar meydana gelmiştir. Optimum kil içeriğine sahip numunede ise; düşüş sonrası karışım şeklini korumakla birlikte yer yer çatlak oluşumları meydana gelmiştir.

##### 4.4.2. Kesme Deneyi

Kil/Kum karışımı belirli miktar su ile karıştırıldıktan sonra yuvarlanmıştır. Bir spatula yardımıyla ortadan ikiye bölünen numunenin kesit yüzeyleri incelenmiştir. Karışımın kil içeriği yüksek ise; kesit yüzeyinin parlak olduğu, karışımın kil içeriği düşük ise; kum miktarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.2).



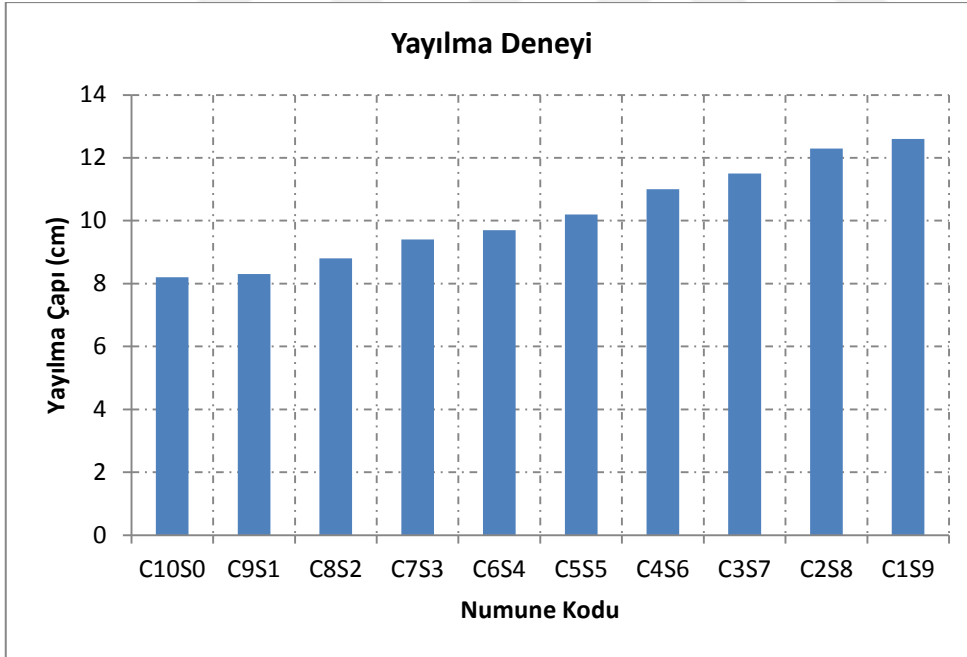


Şekil 4.2. Kesme deneyinden görüntüler.

#### 4.4.3. Yayılma Çapı Deneyi

Farklı oranlardaki kil/kum oranları ile hazırlanan taze harç numunelerinin TS EN 1015-3'te belirtildiği gibi yayılma tablası üzerinde serbest düşürülerek yayılma değerleri saptanmıştır.

Çizelge 4.7. Yayılma çapı deney sonuçları.



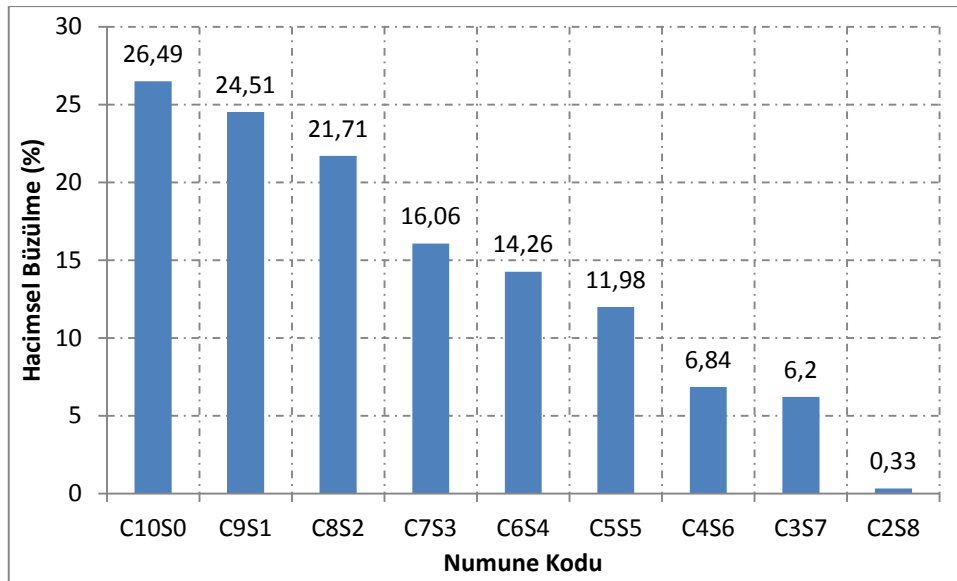
Çizelge 4.7'deki değerler incelendiğinde, optimum su muhtevası ile hazırlanan farklı kil/kum oranlarına sahip sıva karışımlarında kil miktarı arttıkça yayılma çapı değerleri azalma göstermiştir. Karışımlardaki kil miktarındaki artışa bağlı olarak bağlayıcılık artmış ve numuneler yayılma tablası üzerinde daha düşük yayılma çapı değerleri elde edilmiştir.

#### 4.4.5. Hacimsel Büzülme Deneyi

Kil/kum karışımları için Çizelge 4.8’de hesaplanan hacimsel büzülme değerleri elde edilmiştir. Kum içeriği ile ters kil içeriği ile doğru orantılı olan hacimsel büzülme oranını etkileyen esas faktörün; kilin bünyesinde su tutma özelliği olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple kuruma esnasında su buharlaştıkça kil içeriği yüksek olan karışımlarda daha çok büzülme gerçekleşmektedir.

Çizelge 4.8 incelendiğinde C9S1’den C2S8’e kadar olan karışımlarda kil içeriği azaldıkça hacimsel büzülme değerlerinin doğrusal olarak azaldığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.8.** Hacimsel büzülme deney sonuçları.

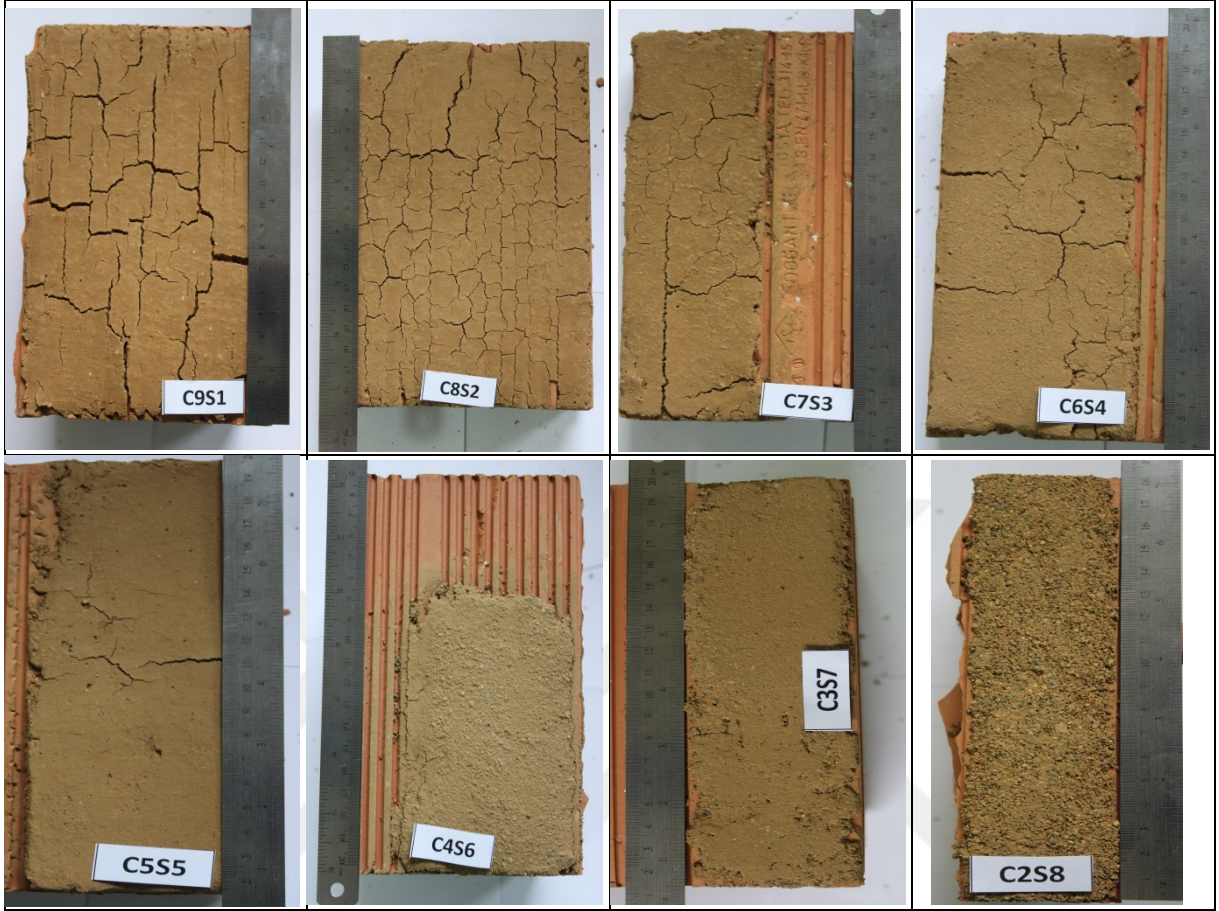


#### 4.4.6. Gözlemsel Büzülme Deneyi

Optimum su muhtevası ve bazı saha testlerinden sonra farklı kil/kum oranlarına sahip kil sıvaların performansını gözlemlemek için tuğla örnekleri üzerinde uygulanmıştır. Kil oranına bağlı olarak sıva yüzeylerinde mikro ve makro düzeyde çatlaklar olduğu görülmüştür (Şekil 4.3).

Tuğla üzerine uygulaması yapılan sıva yüzeylerinde meydana gelen çatlaklar karışımın kil oranına bağlıdır. Yüksek kil içerikli C9S1, C8S2, C7S3, C6S4 serilerde geniş, birbiri ile bağlantılı ve birden çok çatlak oluşumu gözlemlenmiştir. Kil içeriği düşük olan C5S5, C4S6, C3S7, C2S8 serilerde ise yüzeysel çatlak oluşumlarının belirgin biçimde azaldığı belirlenmiştir. Bununla birlikte C2S8 gibi çok düşük kil oranlarına sahip sıva

karışımlarında uygulama zorluğu kuruma sonrası pürüzlü yüzey dokusu gibi sorunlar ortaya çıktığı belirlenmiştir.



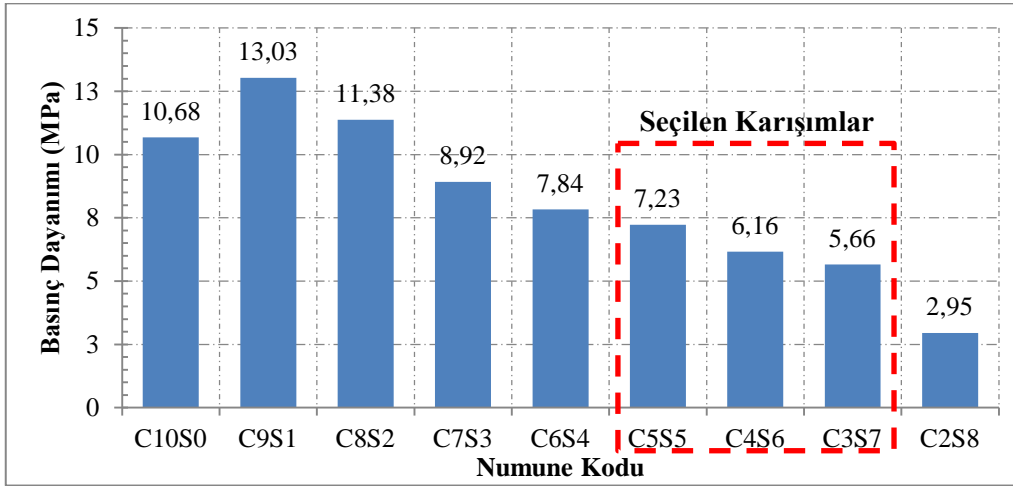
Şekil 4.3. Tuğla üzerine uygulanan sıva karışımlarının çatlak oluşumları.

#### 4.4.7. Basınç Dayanımı Deneyi

TS EN 196-1'e göre 50x50x50 mm'lik ebatlarda hazırlanan numunelerinin basınç dayanımı deneyi sonucu Çizelge 4.9'daki değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.9 incelendiğinde C10S0 (referans-tamamen kilden oluşan) karışımının basınç dayanımı değerinin 10,68 MPa olduğu tespit edilmiştir. Kum içeren karışımlar incelendiğinde, kil oranı azalıp kum oranı arttıkça basınç dayanımı değerlerinin doğru orantılı şekilde azaldığı görülmektedir. Yüksek kil içeriğine sahip karışımlarda başlangıç su muhtevası daha yüksek olduğundan dolayı basınç dayanımı değerlerinin azaldığı söylenebilir.

**Çizelge 4.9.** Basınç dayanımı değerleri.



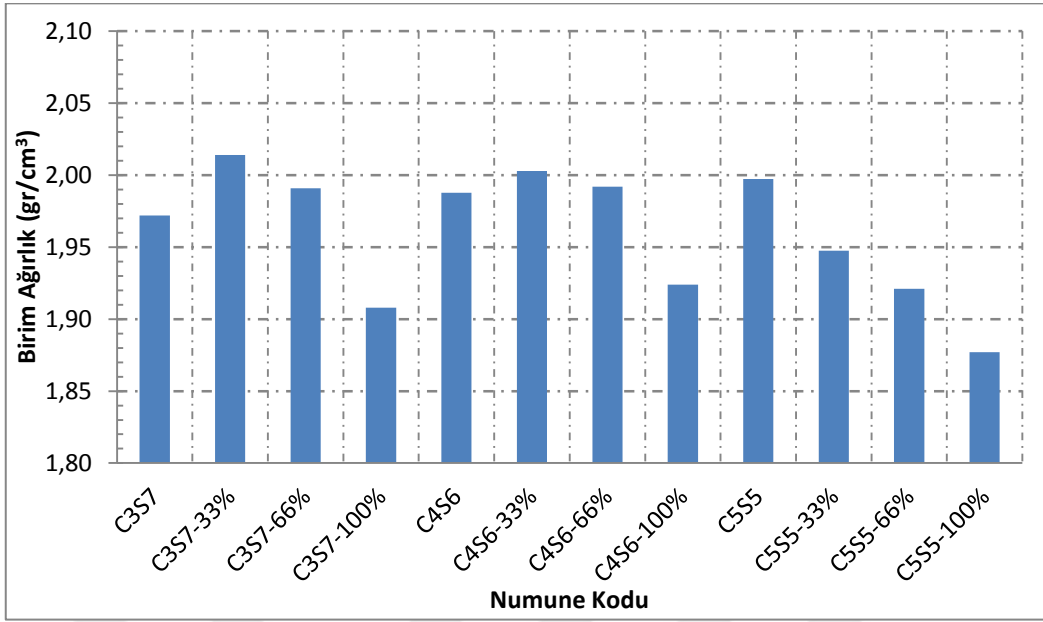
Kil oranının ağırlıkça %36,20'si olarak belirlenen su içeriği ile hazırlanan kil sıvaların gözlemsel ve hacimsel büzülme değerleri ile basınç dayanımı deney sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; C3S7, C4S6 ve C5S5 serileri dolomit ikamesi yapılacak karışımlar olarak seçilmiştir. Bu bağlamda tezin bundan sonraki bölümlerinde C3S7, C4S6 ve C5S5 karışımları esas alınarak bu karışımlarda kum yerine %33, %66 ve %100 oranlarında dolomit ikamesi yapılmış ve birim hacim ağırlık, hacimsel büzülme, gözlemsel büzülme, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.

#### **4.5. DOLOMİT İKAMELİ KARIŞIMLARIN FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE AİT BULGULAR**

##### **4.5.1. Birim Hacim Ağırlık Deneyi**

Çalışmada, Bölüm 4.4'te bahsedilen saha ve laboratuvar testlerinin sonuçlarına göre belirlenen optimum sıva karışımları C3S7, C4S6 ve C5S5 olarak seçilmiştir. Bu karışımların birim ağırlıkları sırasıyla 1,972 gr/cm<sup>3</sup>, 1,988 gr/cm<sup>3</sup> ve 1,997 gr/cm<sup>3</sup>'tür. Karışımlarda kil oranı arttıkça dolgu etkisi nedeniyle birim ağırlık değerlerinde artış meydana gelmiştir. Çizelge 4.10'da görüldüğü gibi dolomit ikamelili karışımlar arasında en fazla birim ağırlık artışı %2,13 oranıyla %33 dolomit ikame edilmiş olan C3S7'de meydana gelmiştir. C3S7 ile C4S6 serilerinde en yüksek birim ağırlık değerleri %33 dolomit ikamelili numunelerde elde edilmiştir. C5S5 serisinde ise %33 dolomit ikamesi ardından birim ağırlık değeri referans numuneye oranla azalmıştır.

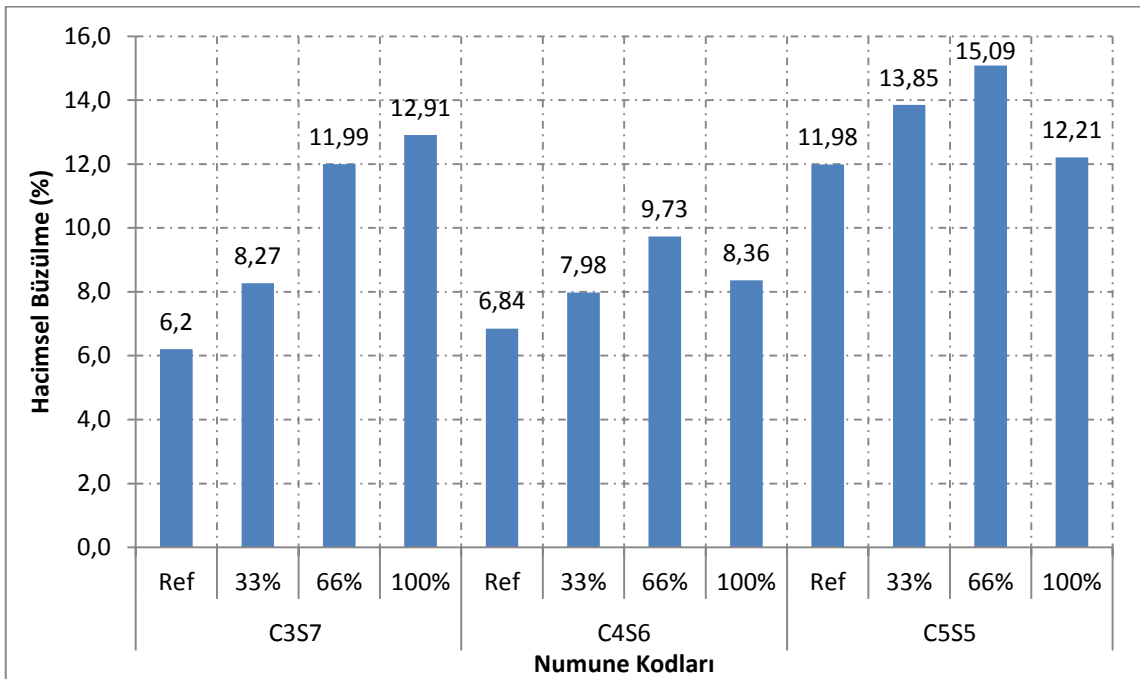
**Çizelge 4.10.** Dolomit ikameli optimum karışımların birim ağırlık değerleri.



#### 4.5.2. Hacimsel Büzülme Deneyi

Belirlenen optimum kil/kum karışımlarına %33, %66 ve %100 oranlarında ikame edilen dolomit ile üretilen karışımların hacimsel büzülme değerleri hesaplanarak Çizelge 4.11'deki veriler elde edilmiştir.

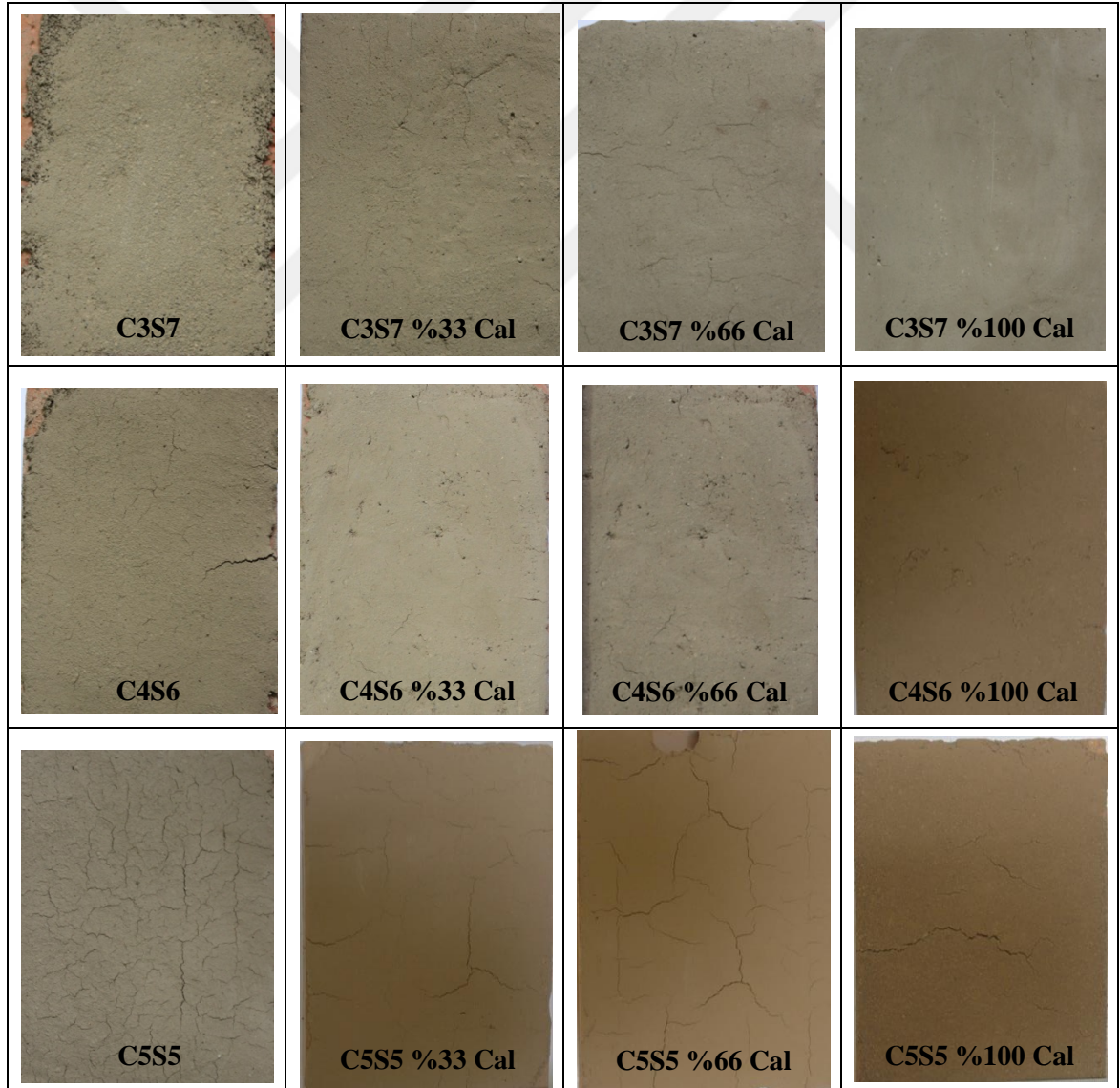
**Çizelge 4.11.** Dolomit ikameli optimum karışımların hacimsel büzülme değerleri.



Çizelge 4.11 incelendiğinde, karışımlarda kil içeriği azaldıkça hacimsel büzülme değerlerinin azaldığı; düşük kil miktarlarındaki C3, C4 ve C5 serilerinin değerlerinin ise sırasıyla %6,2, %6,84 ve %11,98 olduğu tespit edilmiştir. Referans karışımlarla karşılaştırıldığında %33, %66 ve %100 dolomit ikamesi ile karışımların hacimsel büzülme değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu bağlamda dolomit ikamesinin hacimsel büzülme olumsuz etkilediği düşünülmektedir.

#### 4.5.3. Gözlemsel Büzülme Deneyi

Ön deneyler sonrasında seçilmiş olan C5S5, C4S6 ve C3S7 kil/kum karışımlarına %33, %66 ve %100 dolomit ikamesi neticesinde hazırlanan kil sıvalar tuğla örnekleri üzerine uygulanmıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Dolomit ikameli optimum karışımlara ait deney sonuçları.

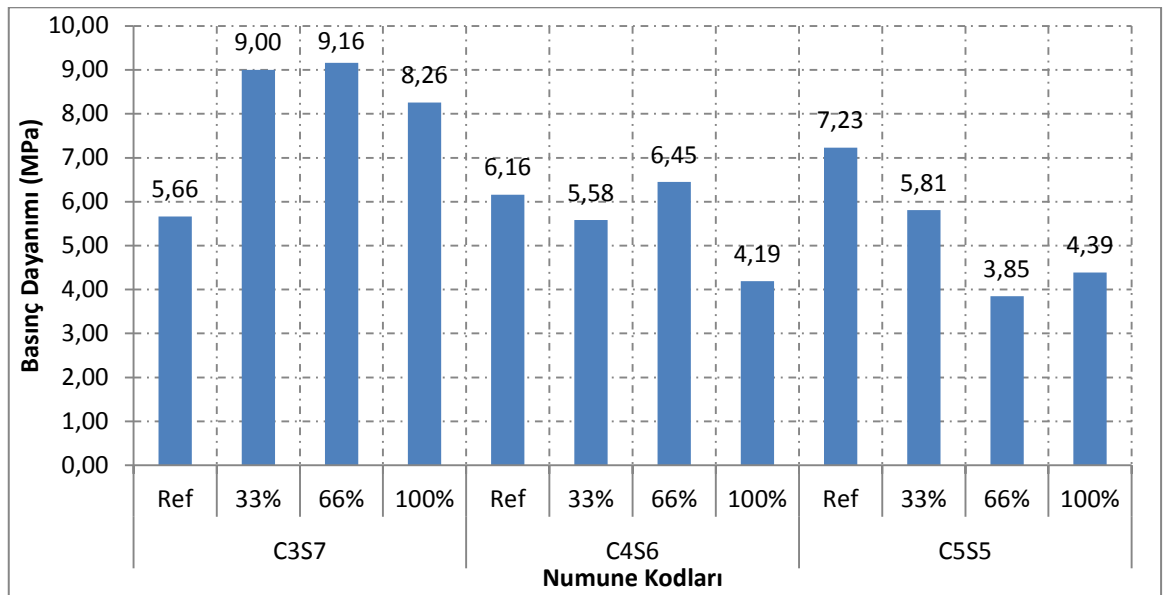
Şekil 4.4 incelendiğinde; kil oranı düşük olan C3S7 karışımında dolomit ikamesi arttıkça yüzeyinde var olan çatlakların azaldığı ve uygulama esnasında işlenebilirliğin arttırdığı tespit edilmiştir. C3S7 serisinde %100 dolomit ikamesi ardından sıva yüzeyinin kuruma sonrasında oldukça pürüzsüz olduğu gözlemlenmiştir.

C4S6 serisinde ise dolomit ikamesi ardından sıva uygulamalarının referans karışıma göre yüzey çatlaklarında azalma görülse de tamamen düzgün bir yüzey elde edilememiştir. Bununla birlikte C5S5 karışımında Şekil 4.4’de görüldüğü üzere referans uygulamadaki kısa ve tüm yüzeye yayılmış yoğun yüzeysel çatlaklar dolomit ikamesi ardından belirgin bir biçimde azalma göstermiştir.

#### 4.5.4. Basınç Dayanımı Deneyi

C3S7, C4S6 ve C5S5 serilerine %33, %66 ve %100 oranlarında dolomit ikamesiyle elde edilen numunelerinin basınç dayanımı deney sonuçları Çizelge 4.12’de verilmektedir. C3S7 ve C4S6 karışımlarında %66 dolomit ikamesi ardından numunelerin basınç dayanımı değerleri en yüksek değerlere ulaşmıştır. C3S7 referans karışımında %66 dolomit ikamesi ardından %62 daha yüksek basınç dayanımı değerine ulaşılmıştır. C5S5 referans serisi incelendiğinde karışımlarda %33, %66, %100 dolomit ikamesi ardından basınç dayanımı değerlerinde sırasıyla %20, %47 ve %39 oranında azalma meydana gelmiştir.

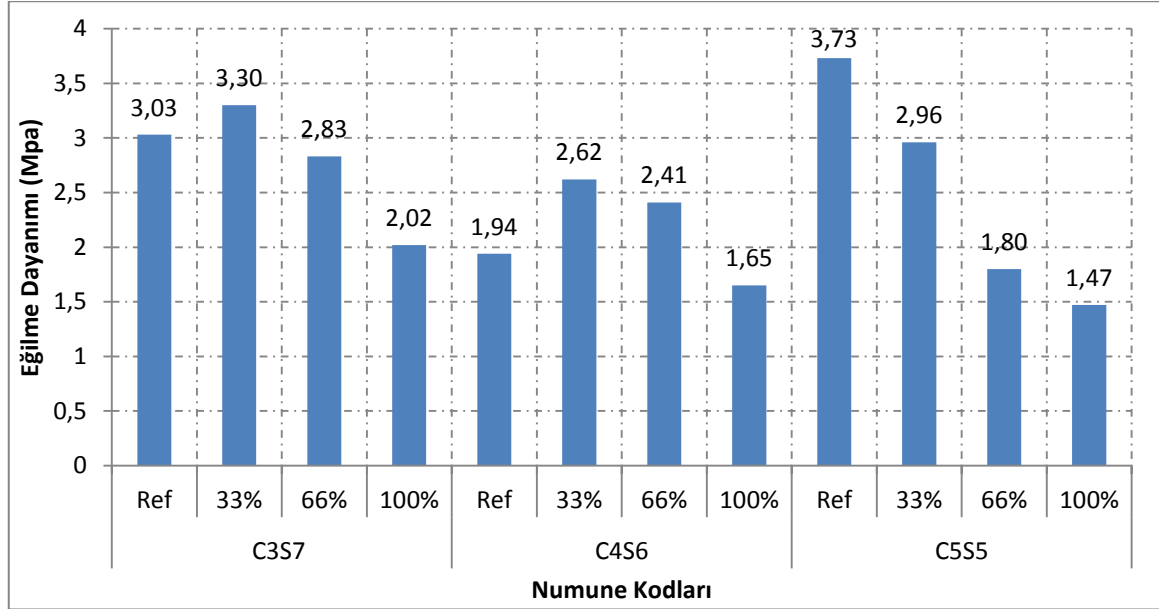
**Çizelge 4.12.** Dolomit ikameli optimum karışımların basınç dayanımı değerleri.



#### 4.5.5. Eğilme Dayanımı Deneyi

40x40x160 mm ebatlarda hazırlanan dolomit ikameli kil sıva numunelerinin eğilme çekme dayanımı değerleri Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Dolomit ikameli optimum karışımların eğilme dayanımı değerleri.



Çizelge 4.13 incelendiğinde, C3S7 serisinde, %33 dolomit ikamesi ile birlikte eğilme dayanımı % 9 artış, %66 ve %100 dolomit ikamesi ile birlikte sırasıyla %7 ve %33 oranında azalma göstermiştir. C4S6 serisinde, %33 ve %66 dolomit ikamesi ile birlikte eğilme dayanımı sırasıyla %35 ve %24 artış, %100 dolomit ikamesi ile birlikte ise %15 azalma göstermiştir. C5S5 serisinde ise; %33, %66 ve %100 dolomit ikamesi ile birlikte eğilme dayanımı sırasıyla %21, %52 ve %61 oranında azalma göstermiştir. Buna göre genel olarak %66 ve %100 dolomit ikamesi ile üretilen serilerde eğilme dayanımında azalma gözlemlendiğinden, kum yerine yüksek oranda dolomit ikamesinin eğilme dayanımını olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı kil/kum oranları ve optimum su muhtevası ile kil sıva numuneleri hazırlanmıştır. Atterberg limit testleri, saha testleri ve gözlemsel sıva yüzey testleri ile belirlenen uygun kil sıva karışımları üzerinde basınç dayanımı ve eğilme dayanımı testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca optimum kil/kum oranı ile seçilen üç farklı kil sıva numunesinde dolomit tozu kum ile ikame edilerek fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Kil sıvalar için yeterli plastisite elde edebilmek için; likit limit ve plastik limit değerleri arasındaki bir su muhtevası kil sıva karışımları için optimum su içeriği olarak seçilmiştir. Çalışmada saha testleri de göz önünde alınarak sıvalarının işlenebilir bir kıvamda olması için gerekli su içeriği kilin likit limit değeri olarak belirlenmiştir (%36,2).
- Kil sıva karışımlarındaki su miktarı azaldıkça sıvalardaki yüzeysel çatlaklar azalmıştır. Buna ek olarak, yüksek su içeriği kil sıvaların kolay işlenebilir olmasını sağlamasına rağmen yüksek karışımların basınç dayanımını düşürmüştür. Bu bağlamda, kilin ağırlıkça %30-%40 arasında su içeriği ile kil sıva karışımı hazırlanması önerilmektedir.
- Basit saha testleri ve sıva yüzeylerindeki çatlakları gözlemsel olarak test ederek optimum kil/kum oranı belirlenebilmektedir. Çalışmada saha testleri ve gözlemsel büzülme sonuçlarının laboratuvar deneyleri ile benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Yüksek kil içeriğine sahip karışımların saha testlerinde performansının düşük kil içeriğine sahip diğer karışımlardan daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Optimum kil içeriğine sahip olan numunelerin hem mekanik hem de fiziksel özellikleri olumlu sonuçlar sergilemektedir.
- Farklı kil/kum karışımlarında diğer belirleyici öge olan hacimsel büzülme değeri için yapılan testler sonucunda; hacimsel büzülme değerinin karışımların kum oranı ile ters orantılı olduğu gözlenmiştir. Kil oranı yüksek olan karışımların

kilin suyu bünyesinde tutma eğiliminden dolayı hacimsel büzülmeyi arttırdığı, kum oranının yüksek olduğu karışımların ise hacimsel büzülme oranının azaldığı görülmüştür.

- Hacimsel büzülmenin yanı sıra gözlemsel büzülmenin de kil sıva uygulamaları açısından uygulanabilir olduğu gözlenmiştir. C10'dan C2'ye kadar olan kil/kum karışımlarının tuğla örnekleri üzerinde uygulanmasının ardından gözlemsel olarak büzülmeler takip edilmiştir. Yüksek kil içeriğine sahip karışımların uygulamalarında geniş, derin ve birden çok çatlak oluşumu gözlenmiştir. Kil içeriğinin düşük olduğu karışımların uygulama yüzeylerinde ise; çatlakların azalmış ve bazı karışımlarda çatlakların gözlenmediği belirlenmiştir. En düşük kil içeriğine sahip olan C2S8 karışımında ise çatlak oluşumu görülmemesine rağmen sıva uygulamasının düşük işlenebilirlik nedeniyle oldukça zorlaştığı ve sıva yüzeyi açısından oldukça pürüzlü bir doku ortaya çıktığı gözlemlenmiştir.
- Farklı kil/kum oranlarından elde edilen gözlemsel ve hacimsel büzülme değerleri ile basınç dayanımı verileri göz önüne alındığında, C3S7, C4S6 ve C5S5 serilerinin kil sıvalarda kullanılacak optimum karışımlar olduğu belirlenmiştir. Bu karışımlarda kum yerine %33, %66 ve %100 oranlarında dolomit ikamesi yapılmış ve birim hacim ağırlık, hacimsel büzülme, gözlemsel büzülme, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir.
- %33 dolomit ikamesinin hem basınç dayanımı hem de eğilme dayanımı değerleri açısından olumlu sonuçlar sergilediği gözlenmiştir. Daha yüksek kil içeriğine sahip C5S5 serisinde, dolomit ikamesi numunelerin basınç ve eğilme dayanımlarını azaltmıştır. Dolomit ikamesiyle birlikte düşük kil içeriğine sahip karışımlarda dolgu etkisi nedeniyle dayanım artışı sağlanırken, yüksek kil içeriğine sahip numunelerde dolomitin yüksek su ihtiyacı nedeniyle dayanım değerlerinde azalma meydana getirdiği görülmüştür.
- Sonuç olarak; laboratuvar deneyleri ve saha testleri sonucunda; C3S7, C4S6 ve C5S5 sıva karışımlarının kil sıva uygulamasında kullanımının uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca %33 dolomit ikameli sıva karışımlarında rötre

çatlaklarının aza indirildiği, basınç dayanımı ile eğilme dayanımı değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu nedenle; %33 dolomit ikameli C3S7, C4S6 ve C5S5 kil sıva karışımlarında lif takviyesi kullanımının sıvaların performans özelliklerinin daha da iyileştirilebileceği düşünülmektedir.

- Bundan sonra yapılacak çalışmalarda, kil sıvaların çeşitli oranlardaki yapay ya da doğal lifler, çimento, polimer katkı vb. ile takviye edilerek performans özelliklerinin incelenmesi önerilmektedir.



## KAYNAKLAR

Adam E.A., Agib A.R.A., *Compressed Stabilised Earth Block Manufacture in Sudan*, UNESCO, (2001).

Akıncı Ö., Seramik Killeri ev Jeolojisi, *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi*, Ankara, (1967) 63-72 .

Anonim,

<http://www.constructionresources.com/products/pdfs/envelope/Clay%20plasters.pdf>

(Erişim Tarihi: **08.02.2015**).

Aruntaş H.Y., *Ulusal Yeterliliğe Dayalı Mesleki Eğitim Ders Notları*: Sıvacı, Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, (2011).

Avrami E., Guillaund H., Hardy M., *Terra Literature Review: An Overview Research in Earthen Architecture Conservation*, The Getty Conservation Institute, Los Angeles (2008).

Düzce İli Maden ve Enerji Kaynakları Erişim:

[www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye\\_maden/maden\\_potansiyel\\_2010/Duzce\\_Madenler.pdf](http://www.mta.gov.tr/v2.0/turkiye_maden/maden_potansiyel_2010/Duzce_Madenler.pdf)

Ekinci E.C., *Bordo Kitap- Yapı Ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı*, Genişletilmiş 3. Baskı, Üniversite Kitabevi, (2004).

Emiroğlu M., Erdoğan Y., Yalama A., Investigation of the Effects of Clay/Sand Ratio on the Performance of Earth Plasters via Simple Field Tests, *Kerpik'13 – New Generation Earthen Architecture: Learning from Heritage International Conference*, Istanbul Aydin University, Turkey (2013).

Emiroğlu M., Yalama A., Erdoğan Y., Performance of ready-mixed clay plasters produced with different clay/sand ratios, *Applied Clay Science*, (2015).

Güner M.S., Yüksel A., *Yapı Bilgisi Teknolojisi I-II*, 10. Baskı, Akif Yayınevi, (2007).

Houben H., Guillaud H., *Earth Construction, A Comprehensive Guide*, Intermediate Technology Publication, (1994).

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu, "Seramik-Refrakter-Cam Hammaddeler Çalışma Grubu Raporu", *T.C Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı*, Cilt-2, Eylül (1995).

Malayoğlu U., Akar A., Killerin sınıflandırmasında ve kullanım alanlarının saptanmasında aranan kriterlerin irdelenmesi, *Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, İzmir, (1995) 125-132.

Minhe Le T., Fatahi B., Khabbaz H., Viscous behaviour of soft clay and incuding factors, *Springer*, (2012).

- Minke., G., *Building with Earth*, 2. Baskı, (2009).
- Oruç E.Ş., Kerpiç binalara uygulanan kil bağlayıcılı dış sıva hasarlarının incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dicle Üniversitesi, (2004).
- Oymael S., *Yapı Bilgisi Ders Kitabı Cilt 1*, M.E.B. Yayınları, (2000).
- Özdemir İ., *Yapı İşletmesi Ders Notları*, Osmangazi Üniversitesi Teknoloji Eğitim Araştırma ve Uygulama Merkezi, (2003).
- Reeves G.M., Sims I., Cripps J.C., *Clay Materails Used in Construction*, Geological Society Engineering Geology Special Publication, Londra, (2006).
- Rintakami J., Keskinen E., Tamm T., Muring T., Automatic processing natural fibres for industrial manufacturing of fibre reinforced earth platers, *24th Internatinal Symposium on Automation & Robotics in Construction*, Indian Institute of Technology Madras (2007).
- Sevinç, M., Seramik Yer Ve Duvar Karosu Uygulama Teknikleri, *İbrahim Bodur Kaleseramik Eğitim Sağlık ve Ssoyal Yardım Vakfı Yayınları*, (2006).
- Sümer G., *Seramik Hammaddeleri*, Anadolu Üniversitesi, (2005).
- Toydemir N., Günaydın E., Tanaçan L., *Yapı Elemanı Tasarımında Malzeme*, 2. Baskı, Literatür Yayınları, (2004).
- TS EN 13914-1, Dış ve İç Sıvaların Tasarımı, Hazırlanması ve Uygulanması, TSE, Ankara, (2007).
- Uddin F., Clays, Nanoclays and Montmorillonite Minerals, *Metallurgical and Materials Transactions A, The Minerals- Metals & Metaterials Society and ASM İnternational*, (2008).
- Williamson., A.J., *Earth Construction: Poured Earth*, University of Colorado Denver, (2006).
- Wojciechowska P., *Building with Earth: A Guide to Flexible-Form Earthbag Construction*, United States (2001).
- Yılmaz S., Söğüt Bölgesi Killerinin Zenginleştirilerek Yer ve Duvar Karosu Bünyelerinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Osman Gazi Üniversitesi Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, (2005).

# ÖZGEÇMİŞ

## ***Kişisel Bilgiler***

Soyadı, adı : ERDOĞDU, Yasemin  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi / yeri : 05.01.1987 / İsviçre  
Telefon : 0507 599 97 75  
e-mail : [yasminerdogdu@gmail.com](mailto:yasminerdogdu@gmail.com)

## ***Eğitim***

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet Tarihi</b>
Yüksek Lisans	Düzce Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği	2011-devam
Lisans	Düzce Üniversitesi / Yapı Öğretmenliği	2007-2011
Lise	Otakçılar Lisesi (YDA)	2001-2005

## ***İş Deneyimi***

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2011-2012	Teğet Yapı	Mimari Proje Çizimi
2012-2013	Hame Mühendislik	Araştırmacı Personel
2013-2014	Ata Yapı Denetim	Yardımcı Kontrol Elemanı
2014- .....	Fibrobeton	Ar-Ge Laborantı

Yabancı Dil  
İngilizce (ÜDS) : 67,25

## ***Yayınlar***

1. Emiroğlu M., Yalama A., Çomak B., **Erdoğan Y.**, The Effects of High Temperature on Lightweight Self-Compacting Mortars, *7th RILEM Conference on Self-Compacting Concrete*, pp. 1-9, (2013).
2. Emiroğlu M., **Erdoğan Y.**, Çomak B., Yalama A., Freeze-Thaw Effect on the Self-Compacting Pumice Aggregate Concrete, *7th RILEM Conference on Self-Compacting Concrete*, pp. 1-9, (2013).
3. Emiroğlu M., **Erdoğan Y.**, Yalama A., Investigation of the Effects of Clay/Sand Ratio on the Performance of Earth Plasters via Simple Field Tests, *Kerpik'13 – New Generation Earthern Architecture: Learning from Heritage International Conference*, pp. 1-8, (2013).
4. Emiroğlu M., Yalama A., **Erdoğan Y.**, Performance of ready-mixed clay plasters produced with different clay/sand ratios, *Applied Clay Science*, Vol. 115, pp. 221-229 (2015).