



**ZEOLİT VE YÜKSEK FIRIN CÜRUFU KATKILI  
ONARIM HARÇLARININ MEKANİK VE FİZİKSEL  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**YUNUS DAĞCI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**Dr. Öğr. Üyesi MURAT ÇAVUŞ**

**Kasım - 2019**

**Her hakkı saklıdır**

T.C.  
TOKATGAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEOLİT VE YÜKSEK FIRIN CÜRUFU KATKILI ONARIM  
HARÇLARININ MEKANİK VE FİZİKSEL  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YUNUS DAĞCI

TOKAT  
Kasım - 2019

Her hakkı saklıdır

Yunus Dağcı Tarafından hazırlanan “Zeolit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Onarım Harçlarının Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 21 Kasım 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

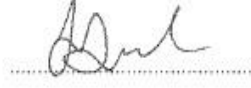
Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇAVUŞ  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye  
Prof. Dr. İlhami DEMİR  
Kırıkkale Üniversitesi



Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Şinasi BİNGÖL  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



ONAY  
T.C.  
Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
22/11/2019

## TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdığı yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

  
Yunus DAĞCI

21 Kasım 2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### ZEOLİT VE YÜKSEK FIRIN CÜRUFU KATKILI ONARIM HARÇLARININ MEKANİK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

YUNUS DAĞCI

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT ÇAVUŞ)

Tarihi yapılar sadece birer mimari eser değil, ait olduğu uygarlığın, kültürün, geleneğin, önemli bir gelişmenin, tarihi bir olayın tanıklığını yapan özgün belgelerdir. Bu sebeple tarihi yapılara uygulanacak olan onarım çalışmaları büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde yanlış malzeme kullanımı nedeniyle tarihi yapılarda oluşan hasarlar düşünüldüğünde, bu alanda yapılan çalışmaların önemi bir kat daha artmaktadır. Ayrıca geri dönüşümde, son yıllarda giderek önem kazanmıştır. Tüm bu etkenler hesaba katılarak literatürde yapılan incelemeler sonucunda en uygun bağlayıcı/agrega oranı 1/2 olarak belirlenmiştir. Yapılan deney çalışmalarında agrega tipi olarak dere kumu kullanılmıştır. Dere kumunun yanında onarım harçlarında genel olarak kireç kullanıldığından kireç ile doğal ve yapay puzolanların etkisini görmek için zeolit ve yüksek fırın cürufu kullanılmıştır. Zeolit, yüksek fırın cürufu ve tuğla tozu farklı miktarlarda kullanılarak üç seri numune hazırlanmış ve hazırlanan harç numuneleri üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucu yüksek fırın cürufu ve zeolitin onarım harçlarında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

2019, 83 SAYFA

**ANAHTAR KELİMELER:** Yüksek fırın cürufu, Zeolit, Dayanım, Puzolan, Onarım Harcı

## **ABSTRACT**

### **MASTER THESIS**

#### **INVESTIGATION OF MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF ZEOLITE AND YFC ADDED REPAIR MORTARS**

**YUNUS DAĞCI**

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR:)ASST. PROF. DR. MURAT ÇAVUŞ**

Historical buildings are not only architectural works, but also original documents that testify to the civilization, culture, tradition, important development and historical event to which they belong. For this reason, the restoration works to be applied to the historical buildings are of great importance. Considering the damages in historical buildings due to the use of wrong materials in our country, the importance of the studies carried out in this field increases once again. In addition, recycling has become increasingly important in recent years. Taking into account all these factors, the most appropriate binder / aggregate ratio was determined to be 1/2 as a result of the studies carried out in the literature. In the experimental studies, river sand was used as aggregate type. Since lime is generally used in repair mortars as well as river sand, zeolite and blast furnace slag were used to see the effect of lime and natural and artificial pozzolans. Three series of samples were prepared using different amounts of zeolite, blast furnace slag and brick powder and physical and mechanical tests were performed on the prepared mortar samples. As a result of the experiments, it was determined that blast furnace slag and zeolite can be used in repair mortars.

2019,83 PAGE

**KEYWORDS:** Blast furnace slag, Zeolite, Strength, Pozzolan , Repair Mortars

## ÖNSÖZ

Çalışmanın tamamlanması sırasında yardımlarını ve yorumlarını esirgemeyen, her aşamada yapıcı eleştirileri ile seminer sunum ve makalemin genel çerçevesini belirleyen, bu dönem içerisinde kişisel ve mesleki gelişimime büyük katkıda bulunan tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Murat ÇAVUŞ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın gelişmesi sırasında manevi ve teknik desteklerini esirgemeyen Tokat Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Yapı Denetim ve Yapı Malzemeleri Şube Müdürü M. Caner GÜLER, ve şubede çalışan mesai arkadaşlarıma ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Her şeyden öte, yıllardır bana olan güvenlerini, inançlarını ve sevgilerini hiçbir zaman kaybetmeden, akademik çalışmalarımı sonuna kadar destekleyen, en büyük güç kaynağım sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarak, bu çalışmamı aileme ithaf ederim.

**Yunus DAĞCI**

**21 Kasım 2019**

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|   |            |
|---|------------|
| <b>ÖZET</b> .....   | <b>i</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>ii</b>  |
| <b>ÖNSÖZ</b> .....  | <b>iii</b> |
| <b>İÇİNDEKİLER</b> .....  | <b>iv</b>  |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....  | <b>vi</b>  |
| <b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....  | <b>ix</b>  |
| <b>1. GİRİŞ</b> .....   | <b>1</b>   |
| <b>2. KAYNAK TARAMASI</b> .....                                     | <b>4</b>   |
| <b>3. ÜLKEMİZDE KORUMA KAVRAMI ve GELİŞİMİ</b> .....                | <b>11</b>  |
| 3.1. Koruma Kavramı.....  | 11         |
| 3.2. Ülkemizde Koruma Kavramının Gelişimi .....                     | 12         |
| 3.3. Ülkemizde Onarım ve Koruma ile İlgili Problemler .....         | 14         |
| 3.3.1. Yaklaşım yanlılığı .....                                     | 15         |
| 3.3.2. Yanlış malzeme seçimi .....                                  | 16         |
| <b>4. YAPILARDA KULLANILAN MALZEMELERİN TARİHSEL GELİŞİMİ</b> ..... | <b>17</b>  |
| 4.1. Geleneksel Yapılarda Kullanılmış Malzemeler .....              | 17         |
| 4.1.1. Bağlayıcı malzemeler.....                                    | 17         |
| 4.1.2. Kargir yapı malzemeleri.....                                 | 23         |
| 4.2. Tarihi Yapıların Dönemsel Gelişimi .....                       | 26         |
| 4.2.1. Mezopotamya dönemi.....                                      | 26         |
| 4.2.2. Eski Mısırlılar .....  | 28         |
| 4.2.3. Roma dönemi yapıları .....                                   | 29         |
| 4.2.4. Osmanlı İmparatorluğu dönemi .....                           | 35         |
| <b>5. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....                                  | <b>40</b>  |



|  |           |
|--|-----------|
| 5.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler .....                    | 40        |
| 5.2. Deney Programı .....                                      | 41        |
| 5.3. Harç Karışım Oran ve Özellikleri .....                    | 43        |
| 5.4. Deneyler .....  | 45        |
| 5.4.1. Ultrases hızı deneyi .....                              | 45        |
| 5.4.2. Fiziksel deneyler .....                                 | 47        |
| 5.4.3. Mekanik deneyler .....                                  | 50        |
| <b>6. BULGULAR ve TARTIŞMA .....</b>                           | <b>51</b> |
| 6.1. Mekanik Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....        | 51        |
| 6.2. Ultrases Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....       | 61        |
| 6.3. Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi .....       | 63        |
| 6.4. Numune Gruplarının Sonuçlar Bakımından Kıyaslanması ..... | 69        |
| <b>7. SONUÇ .....</b>  | <b>78</b> |
| <b>8. KAYNAKLAR.....</b>                                       | <b>80</b> |
| <b>9. ÖZGEÇMİŞ.....</b>  | <b>83</b> |

## ŞEKİL LİSTESİ

| <b><u>Şekil</u></b>  | <b><u>Sayfa</u></b> |
|--|---------------------|
| Şekil 3.1 1950'lerde Karaköy yıkımlarından bir kare .....  | 12                  |
| Şekil 3.2 Seyyid Ali Efendi Çeşmesi .....  | 14                  |
| Şekil 4.1. Sibam-Hadramut Kerpiç Evler .....   | 27                  |
| Şekil 4.2 Ziggurat tasviri .....   | 27                  |
| Şekil.4.3Pieter Brugel tarafından 1563 yılında çizilmiş Babil Kulesi resmi.....                        | 28                  |
| Şekil4.4.Roma dönemi su getirme projelerini gösteren çizim.....  | 30                  |
| Şekil4.5. Appia su kemeri .....  | 31                  |
| Şekil4.6. Pont Du Gard Su Kemeri .....   | 32                  |
| Şekil4.7. Pantheon Tapınağı .....  | 33                  |
| Şekil4.8. Günümüzde Ayasofya .....   | 35                  |
| Şekil 4.9. Haseki Cami .....   | 37                  |
| Şekil4.10 Zal Mahmut Paşa Cami (Mimar Sinan/1577) .....  | 38                  |
| Şekil 4.11. Behram Paşa Cami (Mimar Sinan/1572) .....  | 39                  |
| Şekil 4.12. Rüstem Paşa Cami (Mimar Sinan) .....   | 39                  |
| Şekil 5.1 Yayılma Tablası Deney Aleti.....   | 41                  |
| Şekil 5.2 Harçlarımızı Hazırlamak İçin Kullanılan Mikser ve Numune Kabı.....                           | 42                  |
| Şekil 5.3 Numunelerin deney gününe kadar bekletildiği ortam.....                                       | 45                  |
| Şekil 5.4 Kılcallık Deneyi Yapılan Numuneler.....  | 48                  |
| Şekil 5.5 Su Emme Deneyinden Bir Kare.....   | 49                  |
| Şekil 5.6 Eğilme ve Basınç Deney Aleti.....  | 50                  |
| Şekil 6.1 Kür Ortamındaki KZ Numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....                    | 52                  |
| Şekil 6.2 Laboratuvar Ortamındaki KZ numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....            | 53                  |
| Şekil 6.3 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamındaki KZ Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları..... | 54                  |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 6.4 Laboratuvar Ortamında Bırakılan KZ Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....                      | 54 |
| Şekil 6.5 Kür Ortamında Bulunan KZ Numunelerine Ait Eğilme- Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....    | 55 |
| Şekil 6.6 Kür Ortamında Bulunan KZT numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları.....                               | 56 |
| Şekil 6.7 Kür Ortamında Bulunan KZT numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....                               | 57 |
| Şekil 6.8 Laboratuvar Ortamında Bırakılan KZT numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....                     | 58 |
| Şekil 6.9 Kür Ortamında Bulunan KZT Numunelerine Ait Eğilme- Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması.....   | 58 |
| Şekil 6.10 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deney Sonuçları.....            | 59 |
| Şekil 6.11%85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları.....            | 60 |
| Şekil 6.12 Laboratuvar Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Basınç Dayanım Deney Sonuçları.....                        | 60 |
| Şekil 6.13 Kür Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Eğilme - Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması..... | 61 |
| Şekil 6.14 KZ Numunelerine Ait Ultrases Deney Sonuçları.....   | 61 |
| Şekil 6.15 KZT Numunelerine Ait Ultrases Deney Sonuçları.....  | 62 |
| Şekil 6.16 KZY Numunelerine Ait Ultrases Deney Sonuçları.....  | 63 |
| Şekil 6.17 KZ Numunelerine Ait Kılcallık Deney Sonuçları.....  | 64 |
| Şekil6.18 KZT Numunelerine Ait Kılcallık Deney Sonuçları.....  | 64 |
| Şekil6.19 KZY Numunelerine Ait Kılcallık Deney Sonuçları.....  | 65 |
| Şekil6.20 KZ Numunelerine Ait Ağırlıkça Su Emme Deney Sonuçları.....   | 65 |
| Şeki6.21 KZT Numunelerine Ait Ağırlıkça Su Emme Deney Sonuçları.....   | 66 |
| Şekil6.22 KZY Numunelerine Ait Ağırlıkça Su Emme Deney Sonuçları.....  | 66 |
| Şekil6.23 KZ Numunelerine Ait Hacimce Su Emme Deney Sonuçları.....   | 67 |
| Şekil6.24 KZT Numunelerine Ait Hacimce Su Emme Deney Sonuçları.....  | 67 |
| Şekil 6.25 KZY Numunelerine Ait Hacimce Su Emme Deney Sonuçları.....   | 68 |
| Şekil6.26 Serilere ait 28 Günlük Eğilme Dayanımı Değerleri.....  | 69 |
| Şekil 6.27 Serilere ait 60 Günlük Eğilme Dayanımı Değerleri .....  | 70 |
| Şekil 6.28 Serilere ait 90 Günlük Eğilme Dayanımı Değerleri.....   | 71 |
| Şekil 6.29 Serilere ait 28 Günlük Basınç Dayanımı Değerleri.....   | 73 |

|  |    |
|--|----|
| Şekil 6.30 Serilere ait 60 Günlük Basınç Dayanımı Değerleri.....     | 74 |
| Şekil 6.31 Serilere ait 90 Günlük Basınç Dayanımı Değerleri.....     | 75 |
| Şekil 6.32 Serilere Ait Ultrases Değerlerinin Karşılaştırılması..... | 76 |



## ÇİZELGE LİSTESİ

| <u>Çizelge</u>   | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| Çizelge 5.1 Kullanılan Malzemelerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri.....      | 40           |
| Çizelge 5.2 KZ Numunelerine Ait Malzeme Miktarları ve Yayılma Değerleri.....   | 43           |
| Çizelge 5.3 KZT Numunelerine Ait Malzeme Miktarları ve Yayılma Değerleri ..... | 44           |
| Çizelge 5.4 KZY Numunelerine Ait Malzeme Miktarları ve Yayılma Değerleri.....  | 44           |



## 1. GİRİŞ

Tarihi yapılar sadece birer mimari eser değil, ait olduğu uygarlığın, kültürün, geleneğin, önemli bir gelişmenin, tarihi bir olayın tanıklığını yapan özgün belgelerdir. Bu sebeple tarihi yapılara uygulanacak olan restorasyon basit bir tamir etkinliği değil, çeşitli uzmanlık alanlarından yararlanan bilimsel bir disiplindir. Bu sebeple, korunacak bir yapının durumunun incelenmesi, bozulma nedenlerinin araştırılması, tespit edilmesi ve buna göre müdahale yöntemlerinin geliştirilmesi gerekir. Restorasyon bir anıtın sadece biçimini değil, malzemesini ve yaşayan varlığını da korumakla görevlidir.

Bir yapıda malzeme, biçim ve üslubu taşıyan önemli bir unsurdur. Yapının biçim ve üslubunda yani fiziksel bütünlüğünde meydana gelen bozulma malzemenin bozulmasıyla doğrudan ilgilidir. Dolayısıyla restorasyonun pratikte temel konusu doğrudan malzemeye yapılan müdahaledir. Hiçbir müdahale özgün malzemeye saygısızlık etme hakkına sahip değildir. Fiziksel gücü zayıflamış malzemenin güçlendirilerek ömrünü uzatmak, restorasyon etiğinin bir gereğidir. Ancak, işlevsel ve fiziksel bütünlüğünü yitirmiş durumda olan malzemenin değiştirilerek yenilenmesi işlemi de restorasyon için yapılması gereken bir müdahale yöntemidir. (Eskici,2007)

Ülkemizde yapılan onarımlarda, nitelik bakımından uygun olmayan malzeme kullanımı sıkça gündeme gelmektedir. Cumhuriyet döneminden itibaren son yıllara kadar yapılan onarım işlerinde malzeme ile ilgili deneylere gereken önem verilmediğinden, tarihi yapılar bu uygulamalardan zarar görmüştür. Cumhuriyet Dönemi onarımlarının vazgeçilmez bir unsuru olan çimento, neredeyse her bina onarımında bolca kullanılmıştır. Yoğun tuz içeriği, geçirimsizliği ve düşük genleşme özellikleriyle çimento, kendisiyle zıt niteliklere sahip özgün malzemeler üzerinde bozulma sürecini hızlandırıcı rol oynamaktadır. (Eskici,2007)

Tarihi yapıların inşasında kullanılan malzemeler ile bu malzemeler kullanılarak inşa edilen mimari eserler, yüzyıllar boyunca yaşadıkları bozulma süreçleri sebebiyle

kendilerine özgü problemlere sahip olan ve özenle korunması gereken yapılardır. Tarihi eserlerin koruma ve onarım projeleri, belgeleme, teşhis. Uygulama ve bakım aşamalarından oluşmaktadır. Koruma ve onarım yapılacak tarihi yapılarda bozulmalara yol açan problemlerin teşhisi ve bu teşhis sonucunda yapılacak olan uygulamalar için öncelikle tarihi yapıya ait özgün malzemelerin bileşimi ile niteliklerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Harç ve sıvalar, yapıların inşası sırasında kullanılan ve günümüz yapılarında olduğu kadar tarihi yapılarında önemli malzeme ve elemanları arasında kabul edilmektedir.

Ülkemiz kültürel mirası arasında önemli bir yeri olan tarihi yapılar üzerinde, yakın zamana kadar bilimsel ve teknolojik incelemelere dayalı olmayan çok sayıda koruma ve onarım çalışması yapılmıştır. Günümüz yapılarında geleneksel olarak kullanılan yöntem ve malzeme ile yapılan bu koruma ve onarım çalışmaları, telafisi mümkün olmayan hasarlara yol açabilmektedir. Bu nedenle, tarihi yapılarda kullanılan özgün malzemeler hakkında yapılacak deney ve analizler sonucunda doğru bilgiler elde etmek, ilgili tarihi yapının koruma ve onarım çalışmalarında uygun malzemelerin kullanılması bakımından önemlidir.

Tarihi yapılar; yapı malzemeleri teknolojisi, yapım teknolojisi tarihi ve tasarım tarihinin önemli eserleridir. Ülkemizde bulunan tarihi yapılarımız, zaman içerisinde yaşayan milletlerin oluşturup geliştirdiği zengin mimarlık ve mühendislik deneyiminin somut belgeleridir. Sahip olunan bu tarihi birikimin detaylı biçimde araştırılarak anlaşılması, hem tarihi yapıların korunması, hem de yeni tasarımların zenginleştirilmesi bakımından önemlidir. Tarihi yapıların malzeme ve strüktürel özelliklerini belirlemek amacı ile yapılan koruma çalışmalarının son yıllarda arttığı görülmektedir. Bu konudaki ilk çalışma, eski harçların özelliklerini tespit edebilmek için 1981 yılından Uluslararası Kültürel Değerleri Koruma ve Düzenleme Çalışmaları Merkezi (ICCROM) onayıyla araştırma stratejileri üzerinde yapılmıştır. Çalışmada harçların bileşenleri, özellikleri, nicelik değerleri ve bozulma sebepleri incelenmiş ve tarihi harçlarda koruma eğilimleri geliştirilmiştir.

Tarihi yapıların ayakta kalmasını sağlayan faktörler arasında, kullanım amacına uygun özelliğe sahip yapı malzemelerinin kullanılması, kullanılan yapı malzemelerinin birbiriyle uyumu, yapıyı ayakta tutan taşıyıcı sisteme uygun olarak hazırlanan projenin doğru ve hatasız uygulanması sayılabilir.

Son yıllarda yapılan onarım çalışmalarında, genellikle tarihi yapılar hakkında uzman olmayan ekiplerce bilinçsiz bir şekilde onarımın yapıldığı ve tarihi yapılara geri dönüşü olmayan zararlar verildiği görülmektedir. Özensiz ve onarımın gerektirdiği süreden daha kısa bir zamanda yapılan restorasyonlar, bir taraftan tarihi yapıların özgünlüğünü ve işlevini bozarken, diğer taraftansa o döneme ait yapıların inşasında kullanılan yapım teknolojileri hakkında bilgi sağlayan verilerden biri olan malzemelerinde zarar görmesine neden olmaktadır. Sözü edilen restorasyonlarda meydana gelen zararların önemli nedenlerinden biri, yeterli ön araştırma yapılmadan ve ilgili tarihi yapıya uygun olup olmadığı düşünülmeden kullanılan onarım malzemelerdir. Son yıllarda bu konularla ilgili hatırı sayılır derecede araştırma yapılmaktadır. Yapılan bu tez çalışması ile, bu konudaki araştırmalara bir katkı sağlanması amaçlanmıştır.



## 2. KAYNAK TARAMASI

Almaç (2002); Toprak ve alçı menşeli malzemelerden oluşan bir harcın, kerpiç yapılarda kullanımını hakkında araştırma yapılmıştır. Bu çalışma için, alçı bağlayıcılı ve makine ile de uygulanabilen hazır sıva türü seçilip, içine, dış ortamda kerpiç duvara uygulanabilecek şekilde farklı oranlarda toprak katılarak yeni bir onarım malzemesi elde edilmek istenmiştir. Ham malzemelerin, bu malzemelerin farklı oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan taze harçlar ve bunların kalıplanıp kurutulmasıyla elde edilen prizma numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri laboratuvar ortamında incelenmiştir. Onarım harcında kullanılacak en uygun karışım oranı tespit edilmiştir. Alçı katkılı kerpicin dış kabuğunda meydana gelen aşınma hasarlarının onarımı için yerinde uygulaması yapılmıştır. Önerilen harcın aşınma hasarlarının onarımlarındaki uygulanabilirliği incelenmiş, bir sonraki aşama olarak farklı malzemelerin kullanılabilmesi ve oluşturulan harcın püskürtme makinesiyle uygulanabileceği düşünülmüştür.

Özen (2013); Batı Türkiye'deki farklı zeolitler içeren tüflerin (Gördes, Aliğa ve Bigadiç bölgelerindeki klinoptilolit; Foça bölgesindeki mordenit; Ayvacık bölgesindeki analsim) mineralojik özellikleri ve puzolanik aktiviteye etkileri incelenmiştir. Analizler yüksek spesifik yüzey alanının ilk aşamada puzolanik aktiviteyi arttırdığını, fakat daha sonrasında reaksiyona önemli bir katkısının olmadığını göstermiştir. Si/Al oranının ana etkisi ise ileriki aşamalarda, özellikle 28 günden sonra gözlemlenmiştir. Zeolitlerin XRD piklerinin azalması, zeolit yapısının çözüldüğünü ve puzolanik reaksiyona katıldığını göstermektedir. Deney sonuçlarına dayanarak Bigadiç'te klinkoptilolitce zengin tüfün 28 günlük dayanımı kontrol çimentosundan %10 kadar yüksek olduğu belirlenmiştir. Gördes'te klinkoptilolitce zengin tüfün basınç dayanımı ise kontrol çimentosundan biraz daha fazladır. Yüksek dayanımın sadece yüksek kireç bağlama kapasitesine bağlı olmadığı doğrulanmıştır. Örnek hazırlamada seçilen fiziksel parametrelerin de gözenekliliği düzenleyerek dayanım üzerinde önemli bir etkisi bulunduğu belirlenmiştir.

Uğurlu Sağın (2012); Aigai ve Nysa antik kentlerindeki doğal ve suni puzolanlar kullanılarak üretilmiş Roma dönemi harçlarının özellikleri Anadolu'da kullanılmış Roma dönemi kireç harçlarının teknolojilerinin anlaşılması amacıyla belirlenmiştir. Harçların bağlayıcı kısımlarında bulunan kireç ve silikanın ağırlıkça oranlarının belirlenmesi için FTIR, SEM-EDS, LIBS ve XRD yöntemlerinin uygunluğu saptanmıştır. Analiz sonuçları, doğal veya suni puzolanlar ile üretilmiş Roma dönemi kireç harçlarının düşük yoğunluklu, yüksek gözenekli ve yapılarında yüksek oranda makro gözenekler bulunduran malzemeler olduklarını göstermiştir. Bu harçlar, hidrolik olmayan kireç ve puzolanik agregalar kullanılarak üretilmiştir. Harçların kireç/agrega oranları doğal puzolanlar kullanılarak üretilmiş harçlarda 0.30, suni puzolanlar kullanılarak üretilmiş harçlarda 0.55'dir. Harçların bağlayıcı kısımlarını oluşturan kireç ve silika oranlarının belirlenmesi için FTIR, SEM-EDS ve LIBS analizlerinin güvenilir yöntemler oldukları saptanmıştır.

Çağatay (2009); Granüle yüksek fırın cürufunun değişik oranlarda portland çimentosuna katılarak harç numunelerinde kullanılacak optimum oranlarla ilgili araştırmalar yapmıştır. Yapılan çalışmalarda özgül ağırlığı  $2.81 \text{ g/cm}^3$  olan İskenderun Demir Çelik Fabrikasında üretilen granüle yüksek fırın cürufu ile tüm harç karışımları Adana Çimento Sanayi T.A.Ş. tarafından üretilen TS EN 197-1 uyumlu PÇ 42.5 çimentosu kullanılmıştır. Harç numuneleri hazırlanırken kum/bağlayıcı oranı 3 ve su/bağlayıcı oranı 0.5 olarak kullanılmış ve harç karışımına %5-%75 arasında değişen granüle yüksek fırın cürufu katılmıştır. Ayrıca kıyaslama amacıyla sadece PÇ içeren kontrol harcı da dökülmüştür. Yapılan basınç, eğilme ve aşınma deneyleri sonucunda hazırlanan numuneler arasında %5-%50 oranında granüle yüksek fırın cürufunun çimento katkı malzemesi olarak kullanılacağı kanaatine varılmıştır.

Sevim (2011); Yapılan çalışmada, doğal zeolit ve silika dumanının betonun geçirimsizlik ve dayanım özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan zeolit Manisa- Gördes yöresinden, silis dumanı Antalya Etibank Elektrometalürji fabrikasından temin edilmiştir. Kullanılan çimentoysa CEM I 42.5 N Portland

çimentosudur. Agregaya ise İskenderun sınırları içerisinde yer alan taş ocaklarından elde edilmiştir. 1 adet şahit (su-çimento –agrega – süper akışkanlaştırıcı) olmak üzere 7 adet numune hazırlanmıştır. 3 adet %10-%20-%30 zeolit içeren numune ve 3 adet %10-%20-%30 zeolitle birlikte %8 oranında sabit silis dumanı içeren numune hazırlanmıştır. Karışımlarda su ve süper akışkanlaştırıcı miktarları sabit tutulmuştur. Yapılan basınç deneyleri sonucunda %20'ye kadar zeolit katkısının basınç dayanımını arttırdığı, daha yüksek zeolit oranında dayanım düşmelerine neden olduğu görülmüştür. Yapılan fiziksel ve mekanik deneyler incelendiğinde betonda %10-%20 oranında zeolit kullanımının, betonunu geçirgenliğini azaltacağı ve dayanım değerlerini yükselteceği belirlenmiştir.

Açıkgenç (2013); Elazığ'a ait atık tuğla ve kireç taşı tozunun kendiliğinden yerleşen harcın mühendis özelliklerine etkisini su emme deneyi açısından da malzemeleri incelemişlerdir. Yapılan deneysel çalışmada CEM I 42.5 N tipi portland çimentosu, Elazığ Murat Nehrinden temin edilen 2 mm çaplı agrega, kimyasal katkı olarak polikarboksilat esaslı polimer bir süper akışkanlaştırıcı ile %0,10,20,30 ve 40 oranlarında tuğla tozu ve kireç taşı tozu kullanılarak numuneler oluşturulmuştur. Su emme açısından yapılan deney sonuçları incelendiğinde %5, 10 ve %15 tuğla tozu ihtiva eden numunelerin su emme değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığı ama %20 ve üzeri tuğla tozu ihtiva eden numunelerin su emme oranının arttığı gözlemlenmiştir. Kireç taşı tozu ihtiva eden numunelerin su emme oranları tuğla tozu ihtiva eden numunelere göre fazladır. Tuğla tozu artan oranda, kireç taşı tozu ise tüm yüzdelerde geçirimsizliği dolayısıyla dayanımı olumsuz etkilemişlerdir.

Beydemir (2007); Puzolan katkıların kireç harcının mekanik özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada özgül ağırlığı 2.387 g/cm<sup>3</sup> olan TS 4022'ye uygun söndürülmüş toz kalker kireci, İskenderun Demir Çelik fabrikalarından elde edilmiş yüksek fırın cürufu, Antalya Etibank Elektrometalürji Ferro-krom tesislerinden elde edilmiş silis dumanı ve yine İskenderun Demir Çelik fabrikalarından arık ürün olarak alınan uçucu kül kullanılmıştır. 7, 28 ve 365. günlerde yapılan fiziksel ve mekanik deneylerden elde edilen sonuçlara göre, harçlara puzolan katılmasının kireç harcının eğilme ve basınç dayanımını arttırdığı görülmüştür. Ayrıca yapılan deneylerde en yüksek eğilme ve basınç dayanımı

değerlerine silis dumanı katkılı harçların sahip olduğu, onu sırasıyla yüksek fırın cürufu katkılı ve uçucu kül katkılı harçların takip ettiği gözlemlenmiştir.

Akgün (2016); Çalışmada, klinoptilolit ve analsim türü iki farklı doğal zeolit katkısının çimento harç aşınma dayanımına olan etkisi incelenmiştir. Bunun için numunelere böhme yüzey aşınma, puzolanik aktivite ve basınç dayanım deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmada, TS EN 197-1, (2002) ile uyumlu CEM I 42.5 R Portland çimentosu ile mineral katkı malzemesi olarak Manisa/Gördes bölgesinden temin edilen klinoptilolit türü doğal zeolit ve Ordu/Perşembe bölgesinden temin edilen analsim türü doğal zeolit öğütülmüş olarak kullanılmıştır. Çalışmalarda su ve kum miktarı sabit tutularak yedi tip numune hazırlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, her iki doğal zeolit türünün silis-alümin içerikleri ve puzolanik aktivite değerleri, düşük özgül ağırlıkları, yüksek özgül yüzeyleri, kolay öğütülebilir oluşları ve yeterli basınç dayanımları sayesinde katkılı çimento üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir

Bideci (2009); Portland çimentosuna %0, -%20 oranlarında zeolit katkısının çimento harç özelliklerine etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada, Pınarhisar Set Çimento Fabrikasından temin edilen CEM I 42,5 R Portland çimentosuna %0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında İzmir ENLİ Madencilikten temin edilen zeolit katılarak etkileri literatür ve deneysel olarak araştırılmıştır. Deney numunelerinin fiziksel özellikleri, kimyasal analizleri ve 2, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları incelenmiştir. Basınç dayanımı sonuçlarına göre zeolit katkısının çimento kullanımında uygun olduğu görülmüştür. CEM I 42.5 R çimentosuyla karşılaştırıldığında en uygun zeolit katkı oranının %10 olduğu bulunmuştur.

Bilim (2011); Yapılan çalışmada çimento harçlarında ikame malzemesi olarak zeolit ve silis dumanı kullanılan harçların fiziksel, mekanik ve durabilite özellikleri araştırılmıştır. Kum, su ve silis dumanını %10 oranında sabit tutarak ağırlıkça %5 ile %30 oranında zeolit eklenerek harç numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan harç karışımları, 28,56 ve 90 gün sonundaki eğilme ve basınç mukavemetleri 40x40x160 mm boyutlarındaki prizmatik numunelerle yapılan deneyler sonucu belirlenmiştir. Hazırlanan numunelerin eğilme dayanımları incelendiğinde 2. günde %5 zeolit ihtiva eden karışımın eğilme dayanımının kontrol için hazırlanan numunenin eğilme

dayanımını geçtiği gözlemlenmiştir. 28. günde yapılan deneylerde ise zeolit içeren tüm numunelerin eğilme dayanımlarının kontrol numunesini geçtiği gözlemlenmiştir. 90. günde yapılan deneylerde en yüksek eğilme dayanımına 12.31 mpa değeriyle %15 zeolit ihtiva eden numune ulaşırken, zeolit içeren numuneler arasında en düşük eğilme dayanımı 9.38 mpa ile %30 zeolit ihtiva eden numunede ölçülmüştür. Hazırlanan numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde ise 2 günlük numunelere yapılan deneylerde %5 ve %10 zeolit ihtiva eden numunelerin basınç dayanım değerlerinin kontrol numunesiyle neredeyse aynı olduğu gözlemlenirken, %15 ile %30 arasında zeolit ihtiva eden numunelerin basınç dayanım değerleri kontrol numunesinden düşük kalmıştır. 28,56 ve 90 gün deneylerinde yani kür süresinin artmasıyla zeolit ihtiva eden tüm numunelerin basınç dayanım değerleri kontrol numunesinden yüksek çıkmıştır. Zeolit içeren numunelerin eğilme ve basınç dayanım değerleri karşılaştırıldığına en düşük eğilme dayanımına sahip %30 zeolit içeren numunenin, en düşük basınç dayanım değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca zeolitın ağırlıkça %15'e kadar eklendiği numunelerin eğilme ve basınç dayanımlarına artış olurken, ağırlıkça %20 ve %30 zeolit ihtiva eden numunelerde bu değerler %15 ve altında zeolit ihtiva eden numunelere göre düşük kalmıştır.

Çizer (2004); İzmir civarındaki Osmanlı dönemindeki bazı hamamların kubbe ve duvarlarındaki kireç harçlarının özelliklerini incelemiştir. Bu yapıların kubbelerinde kullanılan kireç harçlarının tümü ve duvarlarda kullanılan kireç harçlarının bazıları hidrolik özelliğe sahiptir. Harçlarda kullanılan agregalar kendi içlerinde benzer tane büyüklüğüne sahiptir. Tane büyüklüğü 1180 µm den büyük olan agregalar toplam agrega içerisinde en fazla %22-52 oranındadır. Tane büyüklüğü 53 µm altında olan agregalar ise %0.3 ile %1.7 arasında değişen değerler ile toplam agrega içerisindeki en düşük orana sahiptir.

Moropoulou (2004); Moropoulou ve diğerleri yaptıkları çalışmada, tarihi yapılarda kullanılan harçların üretim yöntemleri ve harçların fiziko-kimyasal ve mekanik özelliklerini belirlemiştir. Harç numuneleri eski Yunan, Helenistik, Roma, Bizans ve Geç Bizans dönemlerinde yapılan kilise, manastır gibi tarihi yapılardan alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda harçların kireç harcı ve doğal ve yapay puzolan kullanılan puzolanik harçlar (kireç +puzolan harçları) olduğunu belirlemiştir.

Albayrak (2010); Yaptığı çalışmada zeolitler hakkında detaylı bilgiler vermektedir. Buna göre zeolitler alkali ve toprak alkali elementler içeren sulu alüminyum silikatlar olarak tanımlanır. Zeolit grubu mineraller ekonomik önem taşıyan endüstriyel hammaddeler arasındadır. Zeolitler; kanal boşlukları içermeleri, moleküler elek olarak kullanılabilmeleri, katyon değişimi yapabilmeleri ve adsorbsiyon özellikleri nedeniyle geniş kullanım alanına sahiptir. Zeolitler; kirlilik kontrolünde, enerji alanında, tarım ve hayvancılıkta, madencilik ve metalürjide, sağlıkta, kâğıt ve deterjan sektöründe kullanılmaktadır. Çok değişik kullanım alanları olan zeolitlerin, ülkemizdeki mevcut yaygın zeolit yataklarının bulunmasına rağmen kullanım alanları yeterli değildir. Kullanım alanının fazla olması sebebiyle son yıllarda konuyla ilgili birçok ekonomik, teknolojik ve akademik çalışmalar gerçekleştirilmiş ve çeşitli sektörlerde çalışmalar halen devam etmektedir. Zeolitin kullanım alanlarından biriside inşaat sektörüdür

Sickels (1981); Kireç harçlarının hazırlanmasında kirecin veya harcın özelliklerini geliştirmek, karbonatlaşmayı hızlandırmak amacıyla kirece veya harca organik ve inorganik maddelerin katıldığını belirtmektedir. Bu maddeler arasında; kan, yumurta, gübre, Arap zıncı, hayvan tutkalı ve incirin sütlü suyu yapışkan malzeme olarak sayılabilir. Çavdar hamuru, kesik süt, kan ve yumurta beyazının kirecin daha çabuk sertleştirdiğini, arpa, idrar ve hayvan tüylerinin dayanıklılığı arttırdığını, şekerin de karışım suyunun donma-çözülme çevrimlerinde meydana gelen bozulmaları yavaşlattığını ifade etmektedir.

Esen (2004); Yapılan çalışmada, Manisa Çukur Hamamı'nın sıvaları ve harçlarının fiziksel, mekanik, dayanıklılık ve hammadde özelliklerini incelemiştir. Tarihi yapıda günümüze kadar ulaşan tek dış sıvadan alınan harç numunenin 1.84 g/cm<sup>3</sup> ile en yüksek birim hacim ağırlığına, %29 değeri ile en düşük gözenekliliğe ve %16 değeri ile en düşük su emme kapasitesine sahip olduğunu belirlemişler ve bu durumun dış sıvaların yapıdan içeriye yağmur suyunun nüfuz etmesini engelleyecek nitelikte olduğunu tespit etmişlerdir. Çukur Hamam sıvalarının kireç harcı kullanılarak yapıldığını yani bağlayıcının kireç olduğunu göstermiştir. Sıva harcında kullanılan kireç oranının duvar örgü harcından fazla olduğu belirlenmiştir. Harç ve sıvalarda XRD analizi ile belirlenen mineral türleri en çok kuvars, kalsit ve

feldspattır. Ayrıca bazı sıva ve tüm harç örneklerinde illit ve klorit kil mineralleri, bir örnekte ise kaolinit minerali belirlenmiştir. Sıva ve harçlarda bahsedilen mineralleri içeren doğal puzolan agrega kaynaklarından yararlanıldığı düşünülmektedir. Ayrıca bazı sıva örneklerinde yapay puzolan agregalar doğal olanlarla birlikte kullanılmıştır. Harç ve sıvaların yüksek puzolanik aktiviteye sahip olması, hammaddelerinin özenle seçilmiş olduğunu göstermektedir. Bu maddeler doğal puzolanik maddeler veya yeterli sıcaklıkta pişirilmiş yapay puzolanik malzemeler olarak da görülmektedir (tuğla kırığında olduğu gibi)



### 3. ÜLKEMİZDE KORUMA KAVRAMI ve GELİŞİMİ

#### 3.1. Koruma Kavramı

Türk Dil Kurumu Büyük Sözlüğünde koruma “sakınma” ve “kentlerin belli kesimlerinde yer alan çağ bilimsel ve yapıt esercilik değeri yüksek yapılarla, anıtların ve doğa güzelliklerinin –kentte bugün yaşayanlar gibi- gelecek kuşakların da yararlanması için her türlü yıkıcı, saldırgan ve dokuncalı eylemler karşısında güvence altına alınması” olarak tanımlanmıştır.. Doğan Kuban koruma kavramını “ maddi bir ürün olan, anıt eseri korurken tarihi mirasımızı, eseri yapan kişilerin yaratıcılıklarını, emeği korumak demektir” şeklinde tanımlanmaktadır.

Ülkemiz topraklarında bulunmuş uygarlıklardan günümüze kadar ulaşabilmeyi başarmış eserler sadece ülkemizin değil, şu anda yaşayan ve gelecekte yaşayacak insanların ortak malı olarak görülmelidir.

Ülkemiz gibi çağdaş mimari arayışlar içinde olan toplumların yaşadıkları tarihi kentlerde güncel mimari örneklerin ortaya çıkması, tarihi mirasın korunmasını sağlamalı ve mimari kültürü tehlikeye atacak nitelikte olmamalıdır. Yapıldıkları dönemin malzemesini yansıtan mimari mirasımız mutlaka korunmalı ve gelecek kuşaklara aktarılması sağlanmalıdır.

Geçmiş dönemin malzemesini, yapım tekniklerini, taşıyıcı sistemlerini anlayabilmemiz uzun yıllar almakta, yapılardan bilgi alma, öğrenme süreci günümüzde gerçekleşen restorasyon faaliyetleriyle devam etmektedir. Bu sebeple tarihi yapıların korunamaması yaşayan malzeme laboratuvarlarının yok edilmesi anlamına gelmektedir. Bir başka husus ise tarihi yapıların insanlığın ortak hafızasında bir birlik oluşturması ve aynı eksen etrafında birleştirmesidir. Yaşadığımız kentlerde, adımladığımız sokak ve caddelerde bizi geçmişe, ortak hatıralara yıllar boyunca orada bulunan ve bağlayan tarihi yapılarıdır.



Ülkemizde yer alan anıt eserler, yapıldıkları döneme ne kadar damga vurmuş ise, günümüzde de etkili olmaya ve gelecekte de aynı şekilde iz bırakmaya devam edecektir. Devletin en büyük sorumluluklarından biri anıtlara sahip çıkan, bu yapıların korunması gerektiğini bilen ve geleceğe aktarılması konusunda duyarlı olan fertler oluşturmaktır.

### 3.2. Ülkemizde Koruma Kavramının Gelişimi

Ülkemizde bulunan anıt eserlerin günümüze ulaşmasında en önemli etken Osmanlı dönemindeki güçlü vakıf sistemidir. Cumhuriyet döneminin ilk yıllarında da anıt eserlere önem verilmiş olup, o zamanki adı Nafia Vekaleti olan Bayındırlık Bakanlığı imar planı işlerini yapanlardan eski eserlere yönelik çizimleri teknik şartnamede istemiştir. Bu duyarlılık maalesef 1950'lerde ortadan kalkmış olup, 1950'lerin sonunda birçok anıtsal yapı imar hareketlerine kurban edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 1950'lerde Karaköy yıkımlarından bir kare

1933'de kurulan ve ülkede anıtlar ile ilgilenen Anıtlar Koruma Komisyonu (Asarı Atika Komisyonu) kurulur. Söz konusu komisyon 28 Haziran 1933'te çıkarılan İcra Vekilleri Heyeti kararı ile Kurulur İlk üyeleri, Macit Kural (mimar), Viyana Arkeoloji Enstitüsü'nden Prof. Miltner, Sedat Çetintaş (mimar), İstanbul Müzeleri tescil uzmanı Selahattin Kandemir (mimar) ve fotoğraf uzmanı Schüller olan Anıtları Koruma Komisyonu'nun restorasyon konusunda benimsemiş olduğu yöntem, genel olarak; "tahkim etmek (sağlamlaştırma), muhafaza etmek (koruma), anıtların

hüviyetini (özgün karakterini) bozmadan onlara yaşam imkânı vermek, bu hususta o günkü tekniği kullanarak özgün ve aslına uygun malzemeyi birleştirmektir”.

1936 yılında Evkaf Umum Müdürlüğüne bağlı camii, medrese gibi yapıların onarımlarına bir düzen getirebilmek amacıyla nizamname yayınlanmıştır. Bu şartnamede muhdes kısımların kaldırılması gerektiği, bazı imalatların özgün olarak yapılabileceği fakat tekrardan yapılması mümkün olmayan süslemelerin korunması gerektiği, yıkılmış bölümlerin onarımlarının da yapıldığı devirdeki mimari ve şeklinin korunması, yapının tavan ve döşemelerinin betonarme olabileceği, onarılacak bölümlerin rölövelerinin gerekli olmadığı, malzemenin yapının yapıldığı dönemine, mimarisine göre belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu nizamnamenin ardından, anıtsal yapıların koruma durumuyla ilgili bir rapor hazırlayan Fransız A. Gabriel yapılan restorasyonlarla alakalı eleştiriler yapmış ve bu konuda tavsiyeler vermiştir.

1951 yılında 5805 sayılı kanunda koruma düşüncesi “anıt ve tek yapı” ölçeğinde gelişmeye başlamıştır. Ülkemizde imar hareketlerinin gerçekleştiği 1957 yılında I. Uluslararası Tarihi Anıtlar Mimar ve Teknisyenleri Kongresi Paris’te yapılmıştır. Bu kongrede Venedik Tüzüğü’nün altlığı oluşturulmuştur.

1973 yılına geldiğimizde hazırlanan 1710 sayılı Eski Eserleri Koruma Kanunu ile biraz daha önem kazanan eski eser tespit ve koruma çalışmaları 1980’lerde yoğunlaşmıştır. 1983 yılında çıkarılan 2863 sayılı koruma kanunu ile bu kanunun bazı maddelerine 1987 yılında değişiklik getiren 3386 sayılı kanun ile koruma olgusu daha kapsamlı hukuki dayanaklara kavuşmuştur. Bu kanun üzerinde 2004 ve 2011 yıllarında ve en son 2018 yılında 700 ve 703 sayılı KHK’ler ile kanunda düzenlemeler yapılmıştır.

Ülkemizde anıt eserlerin korunmasından sorumlu kurumlar ise şunlardır;

- Vakıflar Genel Müdürlüğü
- Türk İşbirliği ve Koordinasyon Başkanlığı Ajansı

- Kültür ve Turizm Bakanlığı
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
- Rölöve ve Anıtlar Müdürlüğü
- Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlükleri
- Alan Yönetim Başkanlığı
- Yerel Yönetimler
- Ulaştırma Bakanlığı
- Milli Saraylar
- Milli Savunma Bakanlığı

### 3.3. Ülkemizde Onarım ve Koruma ile İlgili Problemler

20. yüzyılın ortasına yakın II. Dünya Savaşı, günümüzde Suriye ve Irak, yakın geçmişte Bosna-Hersek ve bu örnekler özelinde Mostar Köprüsü ve daha birçok anıt eser, savaş ve etnik nefret gibi sebeplerle ya zarar görmüş ya da yok olmuştur. Ülkemizde ise 1950'lerin sonundaki imar planlarıyla yok edilmeye başlayan, belediyelerin plansız onarım ve yapım faaliyetleri ile yeterli tarih bilincine sahip olmayan vandallar tarafından zarar verilen anıt eserler adeta idam sehpasına çıkartılmak için sıra bekleyen mazlumlar gibi sırasını beklemektedirler. Şekil 3.2'de belediye tarafından yapılan kaldırım ve yol çalışmasında kaldırım kotunun altında kalmış olan Seyyid Ali Efendi Çeşmesi görülmektedir.



Şekil 3.2 Seyyid Ali Efendi Çeşmesi

Bu kadar olumsuzluk yetmezmiş gibi ülkemizde anıt eserler üzerinde gerçekleştirilen onarım etkinliklerinin bazılar bilimsel yöntemden uzak, işin ehemmiyetine gereken önem ve süre verilmeden yapılmaktadır. Malzeme üzerindeki çalışmalara yeterince ehemmiyet vermeden yapılan onarım faaliyetleri bazı durumlarda yapıda geri dönüşü imkânsız hasarlara neden olmaktadır. Tez konumuzun malzeme üzerine olmasına binaen, bu başlık altında malzeme ile ilgili problemlerden bahsedilmiştir..

Ülkemizde yapılan onarım ve koruma uygulamalarında, malzeme kullanımına yönelik iki temel yanlış dikkat çekmektedir;

1. Yaklaşım (Zihniyet- Düşünce Yanlılığı)
2. Yanlış malzeme seçimi

### **3.3.1. Yaklaşım yanlılığı**

Yaklaşım yanlılığı; her türlü bilimsel bilgi ve deneyimden yoksun müteahhit firmaların bir sanat yapısı karşısındaki tutumunu sergilemektedir. Bu yaklaşım tarzı tarihi bir binanın onarımını yeni inşaat onarımı ile eşdeğer görmekte, kendinden önce yapılmış bir ürünün ortaya koyduğu koşullara sadık kalmak, onları anlamak ve yorumlamak zahmetine katlanmamaktadır. Bu sebeple, sorunları çözmek için mevcut olasılıkları da gözden geçirerek, minimum müdahale ile en iyi korumayı sağlayacak yöntemi seçmek, bunu yaparken de çeşitli uzmanlık alanlarından yardım alarak onlardan faydalanmak gibi bir kaygı güdülmemektedir. Oysa bağlı bulunduğumuz Venedik Tüzüğü'nün onarım başlıklı bölümünde bulunan 9. Maddesinde "Onarım uzmanlık gerektiren bir işdir. Amacı, kültür varlığının estetik ve tarihi değerini korumak ve ortaya çıkarmaktır. Onarım kendine temel olarak aldığı özgün malzeme ile güvenilir belgelere saygıyla bağlıdır. Faraziyenin başladığı yerde onarım durmalıdır; yapılması gerekli herhangi bir eklemenin mimari kompozisyondan farkı anlaşılabilmesi ve gününün damgasını taşımalıdır. Herhangi bir onarım işine başlamadan önce ve bittikten sonra, kültür varlığının arkeolojik ve tarihi yapısı incelenmelidir." hükmü yer almaktadır.

### 3.3.2. Yanlış malzeme seçimi

Uzun yıllar boyu çeşitli etkenlerle yıpranan eseri, geleneksel malzemelerden soyutlayarak onarmaya çalışmak birçok açıdan yetersiz kalacak ve esere geri dönüşü olmayan hasarlar verecektir.

Eski yapıların sağlıklı olarak onarılması ve yaşayabilmesi için restorasyon esnasında mevcut orijinal malzemelere uygun olan onarım malzemelerinin hazırlanması gereklidir. Bu malzemeler üzerinde yapılması gerekli olan çalışmalar göz ardı edildiği için, orijinal malzemeler yenileriyle değiştirilmek suretiyle gerekli dokümantasyon yapılmadan yok edilmiştir. Ne yazık ki pek çok ülkede olduğu gibi, Türkiye’de de orijinal malzemelere uygun olmayan harç ve sıvaların kullanılması sonucunda eserlerde, restorasyon sonrasında pek çok problemler olmaktadır. Örneğin, onarımda kullanılan harç ve sıvalarda genelde bağlayıcı olarak yüksek oranda portland çimentosu kullanılmaktadır. Portland çimentosu kullanılarak yapılan onarım ürünlerinin gözenekliliğinin az, sağlamlılığının ve yoğunluğunun fazla olması, bağlayıcı aktif killeri (kalsiyum-alüminyum silikatlar) yanında alçı ve bazı alkali tuzlar içermesi istenmeyen özelliklerdir. Bu özellikler onarım malzemelerinin orijinal malzemelere zarar vermesine neden olabilmektedir.

Venedik Tüzüğünün 10. maddesinde yer alan “Geleneksel tekniklerin yetersiz kaldığı yerlerde, koruma ve inşa için bilimsel verilerle ve deneylerle geçerliliği saptanmış herhangi çağdaş bir teknik kullanılarak kültür varlığı sağlamaştırılır.” hükmü gereği analizler sonucunda orijinal malzemelerin özelliklerinin tespit edilmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda onarım harçlarının hazırlanması gerekmektedir. Ancak bu deneysel çalışmalar sayesinde tarihi eserlerin özgünlüğüne zarar vermeden geleceğe devredilmesi mümkündür.

## 4. YAPILARDA KULLANILAN MALZEMELERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

Mühendislik, doğadaki malzemelerin ve enerji kaynaklarının insanlar için yararlı duruma dönüştürülmesi amacıyla fen ve teknik uygulama eylemidir. Mühendisliğin en eski ve en yaygın bilinen türü ise inşaat mühendisliğidir. İnşaat mühendisliği ile ilgili uygulamalar insanların birleşerek oluşturdukları toplulukların ilk yıllarında başlamıştır. İnsanlar önce barınma ihtiyaçlarını karşılamak için basit evler ve yaşamlarını kolaylaştıracak basit yollar ve köprüler yapmışlardır. İnsan topluluklarının büyümesiyle ihtiyaç ve zevkleri değişmiş akabinde saraylar, tapınaklar, su kemerleri, kanallar, deniz fenerleri, yollar gibi yeni mühendislik binaları yapılmaya başlamıştır. Bütün bu yapıların temelinde yatan gerçek bağlayıcı malzemelerdir.

İleriye doğru sıçramak için geriye doğru esnemek gerekmektedir. Bağlayıcı malzemelerin ilk ortaya çıktığından bu yana gösterdiği gelişimin bilinmesi, bugünkü uygarlığa nasıl geldiğinin anlaşılmasında yardımcı olacak ve uygarlığın daha da ileriye taşınmasına katkı sağlayacaktır.

### 4.1. Geleneksel Yapılarda Kullanılmış Malzemeler

#### 4.1.1. Bağlayıcı malzemeler

##### Alçı

Bağlayıcı bir malzeme olan alçı, alçıtaşının ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) pişirilmesi sonucu elde edilmektedir.  $\text{CaSO}_4$  veya  $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$  kompozisyonunda elde edilen ve toz haline getirilen alçı, suyla birleştiği takdirde, şekil verilebilir bir hamur haline gelmektedir. Vakit geçtikçe, alçı ile su arasında gelişen tepkimeler sonucu malzemenin şekil verilebilirliği azalmakta ve sertliği artmaktadır. Sertleşme süresi kullanılan katkı durumuna göre uzatılabilir veya kısaltılabilir. Alçının katılaşmasını geciktirmek için şeker, tutkal, sirke ve boraks vb. kullanılabilir. Katılaşmasını hızlandırmak içinse karışım suyunu azaltmak ve tuz içerikli katkı maddeleri kullanmak gerekmektedir.

Alçı sıvaların inşaat alanında kullanımı oldukça yaygındır. Alçının, kum ve su ile karıştırılmasından elde edilen harçlar, tuğla ve taş duvar yapımında bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Alçı suya dayanıklı bir malzeme değildir. Bu sebepten ötürü, alçı sıvalar ve alçıdan üretilen bloklar, binaların dış cephelerinde kullanılmaya uygun değildir. Alçılar tane şekillerine göre kaba ve ince alçı olarak ayrılmaktadır.

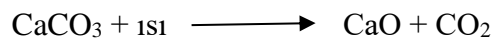
### Kireç

Kalker taşının uygun sıcaklıklarda kireç ocaklarında yakılması ve içerisindeki karbondioksitin uçurulması işlemi ile elde edilen kolay ufalanabilir parçalara kireç denilmektedir.

Saf kalker taşının yapısında %56 oranında kireç (CaO) ve %44 oranında su (H<sub>2</sub>O) bulunmaktadır. Ancak, kalker taşları doğada nadiren saf halde bulunmaktadır. Genellikle çok düşük yüzdelerden başlayarak %25'e varan miktarlarda magnezyum karbonat (MgCO<sub>3</sub>) içermektedirler. Ayrıca, bu taşların içerisinde %1-6 kadar silika demir oksit ve alkali gibi yabancı maddeler yer almaktadır.

900 °C sıcaklık uygulandığında kalker taşının yapısında bulunan karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ayrılmakta ve geriye gözenekli bir taş halindeki kireç kalmaktadır. 700 °C sıcaklıkta kalkerin içerisinde magnezyum karbonat varsa bu maddedeki karbondioksit de bu sıcaklık değerinde dışarı çıkmakta ve geride magnezyum oksit (MgO) bırakmaktadır.

Kalker taşının pişirilmesiyle, içinde bulunan maddeye bağlı olarak CaO veya CaOMgO formunda elde edilen kireç, söndürülmemiş kireç olarak isimlendirilmektedir.



Su veya havada bulunan nem ile sönmemiş kirecin tepkimesi sonucundaysa harçlarda kullandığımız sönmüş kireç yani kalsiyum hidroksit oluşmaktadır.



Tarihi yapıların inşasında kireç harçları önemli yer tutmaktadır. Roma döneminde kireç taşının kalsinasyon işlemi, taş ve tuğladan yapılan ocaklarda yakıt olarak odunun kullanılması ile gerçekleşmiştir. Bu yöntemde kullanılan odunun miktarı, yerleşimi, fırın sıcaklığı, kirecin bekletilme süresi ve taşınması gibi faktörler kirecin kalitesini etkilemektedir. Bu sebeple, harç yapımında kullanılacak kirecin kalsine edilme yöntemi, iyi kalite kireç elde etmek için önem taşımaktadır.

### Puzolanlar

Kendi kendilerine bağlayıcılık değeri olmayan veya çok az bağlayıcılık gösterebilen, ancak ince taneli durumda olduklarında ve kalsiyum hidroksitle sulu ortamda birleştirildiklerinde hidrolik bağlayıcılık özelliği sahip olan silikalı ve alüminalı malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Puzolanlar doğal puzolanlar ve yapay puzolanlar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Volkanik küller, volkanik tüfler, volkanik camlar, ısı işlem görmüş killer ve şeyller ile diatomlu topraklar doğal puzolan grubundadır. Uçucu küller, silis dumanı ve granüle yüksek fırın cürufu ise yapay puzolanlardır.

M.Ö. 80 yılı civarında Roma’ da doğmuş olan Marcus Vitruvius Pollio’nun M.Ö 30’ lu yıllarda yazmış olduğu De Architectura Libri Decem ( Mimarlık üzerine on kitap) adlı kitap serisinin ikinci cildinde puzolanik malzemeler hakkında önemli bilgiler vermektedir (Erdoğan, 2008).

Marcus Vitruvius Pollio’ nun eserinde, puzolanik malzemelerin kullanılmaya başlaması şu şekilde ifade edilmektedir: “Doğal olarak harikalar yaratan bir toz vardır. Bu malzeme Baiae Bölgesinde ve Vezüv Yanardağı’nın çevresindeki kasabaların etrafında bulunmaktadır. Kireçle ve taş parçalarıyla birleştğinde her türlü yapıya dayanım sağlamakta, ayrıca, bu malzemenin kullanımıyla elde edilen karışımlar deniz yapılarında kullanılabilmekte, su altında da sertleşebilmektedir. Bu özelliğin nedeni şudur: Bu dağların altında bol miktarda su kaynağı ve kaynayan toprak vardır. Alttaki ateşin etkisiyle ortaya çıkan buhar üst kısımlardaki toprağa sızarak onu daha hafif bir malzeme haline getirmekte ve tuf oluşmaktadır. Böylece



bu üç malzeme (kireç, ısıtılmış taş-toprak ve puzolan) bileştirilip tek bir malzeme gibi suyla temas ettiğinde, birbirine bağlanmakta ve kısa sürede sertleşmektedir. Bu malzemeyi ne dalgalar ne de su kuvveti ayırıştırılmamaktadır.”

Puzolanik malzemeler Romalılardan önceki devirlerde de kullanılmıştır ancak Romalılar, bu malzemeyle muhteşem eserler yaparak, puzolan kullanımını yaygınlaştıran insanlar olmuşlardır.

### Doğal Puzolanlar

Doğada bulunan ve ince taneli duruma getirildikten sonra kalsiyum hidroksit ve su ile birleştirildiklerinde hidrolik bağlayıcılık özelliği gösteren silis ve alümin içeren malzemelere doğal puzolanlar denilmektedir. Volkanik orjinli malzemelerin puzolanik özellik gösterebilmeleri için çok ince taneli durumda olmaları için öğütülmeleri gerekmektedir. Öte yandan kil, şeyl ve diatomlu toprak, önce ısıtılma tabii tutulup daha sonra ince taneli duruma getirildiklerinde puzolanik özellik kazanabilmektedir.

İnce taneli durumdaki doğal puzolanların bağlayıcı olarak görev yaptıkları durumlar şunlardır;

1. Söndürülmüş kireçle ve suyla birleştirilerek, çok eski zamanlarda olduğu gibi, doğrudan kullanılabilir.
2. Portland-puzolan tipi çimento üretiminde, portland çimentosunun klinkeriyle birlikte öğütülerek kullanılmaktadır.
3. Beton katkı malzemesi olarak kullanılmaktadır (Erdoğan,2007)

Doğal puzolanların büyük bölümü volkan orjinli malzemelerdir. Volkanik püskürmenin çok hızlı yer alması, malzemenin daha amorf yapıya ve daha yüksek puzolanik aktiviteye sahip olmasına yol açmaktadır. Volkanik camlar, volkanik tüfler, traslar ve volkanik küller en çok kullanılan volkanik orjinli puzolanlardır. Büyük miktarda silis ve alüminden oluşan kil ve şeyl mineralleri kristal yapıya sahiptir. Doğal yapıları itibariyle puzolanik özellik göstermemektedir. Ancak, belirli bir süre 700-900 °C sıcaklığa tabii tutulduklarında bu malzemenin düzenli kristal yapısı bozulmakta ve yarı amorf veya düzensiz alümin silisli bir yapı elde

edilmektedir. Böylece puzolanik malzeme durumuna gelmektedirler. Killi malzemenin pişirilmesiyle elde edilen puzolanlar, Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya ve Hindistan gibi ülkelerde baraj inşaatlarında kullanılmışlardır. Daha sonraki yıllarda bu tür puzolanlar, yerlerini, daha kolay ve ekonomik olarak bulunabilen uçucu küllere bırakmışlardır.

Diatomlar, silisli hücrelere sahip olan mikroskobik büyüklükteki tek hücreli su bitkileridir. Bazı diatomlu topraklar öğütülmeden ve öğütüldükten sonra puzolanik olarak kullanılmaktadır. Ancak bu tarz toprakların pişirildikten sonra ince taneli hale getirilmeleri, puzolanik aktivitelerini arttırmaktadır.

Doğal veya yapay olmak üzere atomik düzeyde gözenekli yapıya sahip, sulu alümina silikat bileşikler zeolit olarak isimlendirilmektedir. Zeolitler, 1756 yılında İsveçli mineralog F. Cronstedt tarafından bulunmuştur. Isıtıldıklarında yapılarında bulunan suyun köpürmesinden dolayı Yunancada kaynayan taş anlamına gelen zeolit adını almıştır.

Zeolitler kafes yapılarında alüminyum, silis ve oksijen içeren mikro gözenekli kristal katılardır. Silis ve alüminyum atomları ortak oksijen atomu sayesinde birbirlerine tetrahedral olarak bağlanmışlardır. ( Zeolyst International 2009)

Zeolitler, yaygın kullanım alanlarının olması ve büyük pazar potansiyeline rağmen birçok alanında yeni yeni ilgi görmeye başlamıştır. Zeolitler, tabiatta büyük rezervler halinde bulunurlar. Zeolitlerin işletilmesi diğer madenlere göre kolay ve ucuzdur. Zeolitlerin enerji, tarım-hayvancılık, madencilik-metalürji, sağlık, inşaat gibi pek çok kullanım alanı mevcuttur.

Zeolitler inşaat sektöründe puzolan çimento, hafif agrega ve boyutlandırılmış taş olarak kullanılmaktadır. Zeolitlerin kullanılmasıyla elde edilen hafif yapı malzemelerinin, iyi derecede ısı yalıtım özelliği ile ısıtma ve soğutma sistemlerinin hem ilk yatırımlarında hem de yapıların kullanımları süresince ortaya çıkan enerji harcamalarında önemli tasarruf sağlayacağı düşünülmektedir. Zeolitlerin yüksek miktarda silis içermeleri nedeniyle, altyapı çalışmalarında kullanılacak puzolanik

çimentolam üretiminde kullanılmasının betonun katılaşma sürecinde açığa çıkan kirecin nötrleşmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

### Yapay Puzolanlar

Yapay puzolanlar yine konumuz olan bölümlere göre geç kullanılmaya başlamıştır. On dokuzuncu yüzyılın sonları ve yirminci yüzyılın başlarında kullanılmaya başlanan yapay puzolanlarla ilgili kısa bilgi verilecektir.

Yapay puzolanlar ise endüstriyel yan sınıf ürünlerdir. Uçucu küller, silis dumanı ve granüle yüksek fırın cürufu ise yapay puzolanlardır.

Termik santral artığı uçucu küller, yüksek derecede çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu yüzden, uçucu külün farklı alanlarda kullanılması çok önemlidir. Uçucu külün özellikleri incelendiğinde, bu malzemenin puzolanik bir malzeme olduğu ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Uçucu küller çimentoda katkı malzemesi olarak kullanıldığında enerji tasarrufu sağlanmakta ve çimento ile ilgili maliyetler düşürülerek daha ucuz çimento elde edilmektedir. Ayrıca uçucu kül işlenebilmeyi ve sertleşmiş betonun sülfat dayanıklılığını artırırken, terlemeyi, hidrasyon ısısını ve sertleşmiş betonun su geçirimini azaltmaktadır. Lakin uçucu kül kullanırken priz süresini geciktirdiği ve ilk günlerdeki dayanım kazanma hızını azalttığı göz önünde bulundurulmalıdır.

ABD-Berkeley' deki Kaliforniya Üniversitesinde R.E. Davis, R.W. Carlson, J.W. Kelly ve H.E. Davis tarafından 1932 yılından itibaren ortak olarak yapılan ve sonuçları yayımlanan araştırmada, beton yapımında kullanılacak çimento miktarının %30 - %50'si kadarının yerine uçucu kül konulduğu takdirde istenilen özelliklerde beton elde edilebileceği ifade edilmiştir.

Silis dumanı da beton üzerinde uçucu küle benzer olumlu etkiler göstermektedir. Ama silis dumanı üretilerek yapılan betonların yüksek miktarda karışım suyu ihtiyacı

ortaya çıkmakta, beton perdah işlemleri zorlaşmakta ve plastik büzülme çatlaklarının artmasına sebep olmaktadır. Silis dumanının beton katkı maddesi olarak kullanılıp kullanılmayacağı, ilk olarak 1950 yılında Norveç Teknoloji Enstitüsünde araştırılmıştır.

Yüksek fırın cürufunun granüle hale getirilmesiyle ilgili ilk araştırmalar 19. yüzyılın ikinci yarısında Alman Emil Langen tarafından başlatılmıştır. Granüle yüksek fırın cürufu amorf yapıda olduğundan ve yeterli miktarda silika ve alümin içerdiğinden, öğütülerek ince taneli duruma getirilirse, puzolanik özellik gösterebilmektedir. Bu özellikten yararlanılarak, 1865 yılında Almanya'da bulunan bir fabrikada söndürülmüş kireç ile öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu karıştırılarak çimento üretimi yapılmaya başlanmıştır.

#### **4.1.2. Kargir Yapı Malzemeleri**

##### Kerpiç

Taneleri birbirine bağlayacak oranda kil içeren toprakların, saman gibi lifli katkılar eklenerek su ile harç haline getirilip, ardından basit ahşap kalıplara doldurularak şekillendirilip kalıptan çıkarılması ve güneş altında kurutulmasıyla elde edilen malzemeye kerpiç adı verilmektedir.

Kerpilin özellikleri ile tuğlanın özellikleri birbirine yakındır. Hammadde olarak kilin bağlayıcılığından yararlanarak su ile yoğrulan ve kalıplarda şekillendirilen kerpiç harcı güneşte kurutulur. Kurutulduktan sonra basınç dayanımı tuğla kadar yüksek olmayan ve suya direnci düşük bir yapı malzemesi elde edilir. Saman gibi lifli malzemeler ise kerpilin eğilme dayanımı ile dayanıklılığını arttırmak ve rötre sebebiyle oluşacak çatlamları önlemek amacıyla katılmaktadır.

Kerpiç ile tuğla arasındaki en önemli fark, kerpilin güneş ışınları altında herhangi bir enerji harcanmasına gerek kalmadan kurutulması, tuğlanın ise 900 °C sıcaklığa sahip fırında pişirilmesidir. Kerpiç ile tuğla arasındaki diğer bir farklılıkta tuğlanın basınç

altında kalıplanıp şekillendirilmesidir. Kerpiç için basınç altında kalıplama işlemi yapılmamakta ve kerpiç insan gücü ile kalıplara yerleştirilmektedir.

Kerpiç malzemenin ortalama birim ağırlığı 1.2-1.6 g/cm<sup>2</sup>, basınç dayanımı 3-20 kgf/cm<sup>2</sup> ve ısı geçirgenlik katsayısı 0.4 kcal/mh °C ve suda çözülme süresi 20-45 dakika aralığında değişmektedir. Bununla birlikte kerpiç malzemenin özellikleri; toprağın cinsine, karışıma giren su miktarına, lif miktarına ve kurutma yöntem ve sürelerine bağlı olarak değişebilmektedir.

Kerpiç malzemeye ilgili olumlu ve olumsuz özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Kerpiç hamurunun gözenekli yapıda olmasından dolayı kerpiç yapı, havadaki nemi bünyesine alarak iç mekânın nemini dengede tutar.
- Kerpiç, ısı tutuculuk özelliğinin iyi olmasında dolayı ısı ile nem dengesinin korunmasını sağlar. Yapı içerisinde daha yaşanılabilir, temiz ve sağlıklı bir biyoklimatik konfor sağlar.
- Sudan sonra en iyi enerji depolayan malzemelerden birisi olan toprak, yapı malzemesi olarak binayı çevreleyen duvarları oluşturduğundan ısınma enerjisini bünyesinde toplar. Isıtma kesildikten sonra uzun süre bünyesindeki ısyı vererek sıcaklığın dengeli kalmasını sağlar.
- Üretim maliyeti düşük olup üretimi için tesis gerekmez.
- Üretimi ve kullanımı sırasında herhangi bir mekanik enerjiye gerek duyulmaz. Örneğin 1m<sup>3</sup> beton üretmek için 300 - 500 kWh gibi bir enerji gerekirken aynı miktarda kerpiç üretmek için bu enerjinin % 1'i yeterlidir. Yapılan araştırmalar 1kWh elektrik enerjisi üretimi için atmosfere ortalama 5.5 g SO<sub>2</sub> ve 2.5 g NO<sub>2</sub> aktarıldığını göstermiştir.
- Yıkımı diğer yapı malzemelerine kıyasla fazla enerji gerektirmez ve geri dönüşümlü bir malzemedir. Dolayısıyla çevreye zararı yoktur.

- Temel kazısı sırasında çıkarılan toprak, kerpiç üretiminde kullanılabilceği için hem taşıma masrafı olmaz hem de temel hafriyatı değerlendirilmiş olur. Bu da taşıma maliyetini azalttığı ve yeni bir malzeme için harcanma yapılmasına gerek bırakmadığı için yapı ekonomisine ek bir tasarruf sağlar.

Kerpiç yapının avantajlı yönlerinin yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlarsa şunlardır;

- Basınç dayanımı düşüktür,
- Suya karşı duyarlılığının fazladır,
- Hemen hemen her yıl yapının bakıma ihtiyaç duyması en önemli dezavantajları arasındadır.

### Doğal Taş

En eski yapı malzemeleri arasında yer alan taş, kalıcı olması düşünölen yapıların inşasında tercih edilmiştir. Kalıcı olması düşünölen yapılarda taşın tercih edilmesinin sebebi, kolay temin edilebilir olmasıdır.

Taş özellikle yapıların temellerinde binlerce yıl kullanılmış ve temellerin değişmez malzemesi olmuştur. Temel üstü yapılarda taşa alternatif malzeme çok olmasına karşın yapı temelleri söz konusu olunca taşı rakipsiz sayabiliriz. Taşın binlerce yıl yapı temellerinde kullanılmasının en önemli gerekçesi, toprak diğer malzemeler için öğütücü görev üstlenirken, taşlar için hayat bulma yeridir. Taşın havayla teması bozulmasının başlangıcı olmaktadır. Taşlarda, sıcaklık değişimleri, rüzgar, yağmur gibi dış etkilerden dolayı çatlaklar, aşınmalar ve bozulmalar meydana gelebilir.

Taşıma gücü ve basınç dayanımı yüksek olan doğal taşın, çekme dayanımıysa zayıftır. Bu özelliğinden dolayı, yalnız basınç kuvveti alan kemerler, tonozlar ve kubbelerde kullanılması uygundur. Basınç yüklerini alan duvarlar ve ayaklar da taş malzemedен yapılmıştır (Yalçın, 2000)

## Horasan Harcı

Tuğla, kiremit ve benzeri malzemeler, kireç ile karıştırılarak birçok tarihi yapının harç ve sıva malzemesinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Bu harç ve sıvalar hidrolik olup ülkemizde, horasan harcı veya horasan sıvaları olarak bilinmektedir. Horasan, kırılmış öğütülmüş kiremit ve tuğla tozu benzeri pişmiş kildir. Horasan ismi ise, İran'ın doğu kısmında bulunan Horasan bölgesinden gelmektedir.

Horasan'ın dayanımı, kirecin kalitesine ve tuğla tozunun inceliğine bağlıdır. Horasan harcının dayanımının yüksek olması, harca katılan ince çakıl takviyesi ile orantılıdır. Bunun sebebi; harca katılan kirecin zaman geçtikçe sertleşmesi olayıdır. Ayrıca horasan harcının içine rötreyi engellemesi için saman da katılabilir. Horasan sertleşmesi çok vakit alan bir malzemedir. Dayanımını kazanması çok vakit almaktadır. Malzemenin bu özelliğini bilen eski mühendisler, yapının temelini bitirip üst yapıya başlamadan önce uzunca bir süre binanın yapımına ara verirlerdi. Horasan harcının sertleşme sürecini kısaltmak ve dayanımını daha kısa sürede kazanabilmesini sağlamak amacıyla farklı katkı maddeleri kullanılabilir. Hidrolik özelliklerinden dolayı horasan harçları Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı dönemine ait pek çok farklı yapıda kullanılmıştır.

## **4.2. Bağlayıcı Malzemelerin Tarihsel Gelişimi**

### **4.2.1. Mezopotamya dönemi**

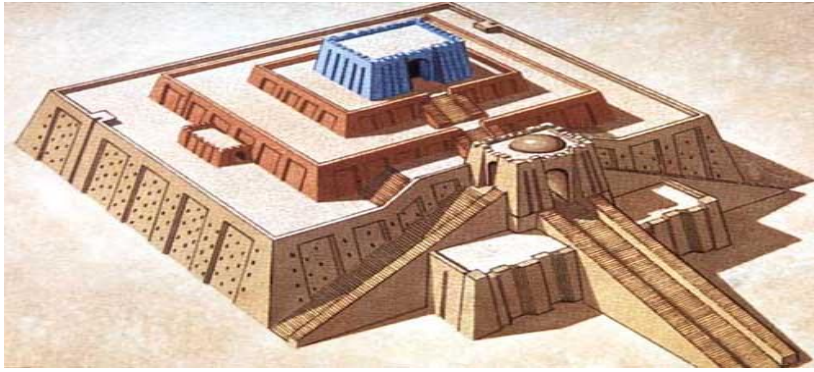
UNESCO tarafından Dünya Mirası listesine alınmış Yemen'in başkenti olan Sanaa, 2250 rakımlı bir vadide konumlanmıştır. Başkentin etrafının bir kısmı kerpiç surlarla çevrilidir. Şehrin dini ve siyasi mirasını onuncu yüzyıldan önce yapılmış olan cami, hamam ve çok katlı muhteşem kerpiç kule-evlerde görmek mümkündür. Sanaa şehrinde karmaşık bir çamur mimarisine sahip olan bu evlerle birlikte balçıktan inşa edilmiş 6-7 katlı yapılara rastlamak mümkün.

Şibam'daki bütün yapılar kerpiçten yapılmıştır ve bunlardan bir kısmı kat adedi 5 ilâ 11 kat arasında değişen çok katlı evlerdir. Şibam'ın yaklaşık olarak 1700 yıllık bir şehir olduğu sanılmakla birlikte, şehirde bulunan yapıların çoğu 1500'lü yıllarda yapılmıştır. Dünya üzerinde en yüksek kerpiç binalar, 30 metreyi aşan yükseklikleriyle bu kentte bulunmaktadır (Web-1).



Şekil 4.1. Sibam-Hadramut Kerpiç Evler.

Zigguratlar, tabanı geniş, kat kat yükseldikçe piramidi andırır şekilde ve dışarıdan merdiveni olan bir yapı olarak, ya da çevresinde dolanarak yükselen bir rampayla çıkılır şekilde yapılmıştır. Kentler, zigguratların çevresinde gelişmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Ziggurat tasviri

Mezopotamya' da bulunan zigguratların en ünlüsü, Babilliler tarafından Tanrı Marduk için yaptırılan ve Babil Kulesi olarak anılan yedi katlı ziggurattır. Yükseklik olarak ilk katı otuz üç metre, ikinci katı on sekiz metre, Marduk tapınağının



bulunduğu kat 15 metre ve diğer katlar 6 metre yüksekliktedir. Tabanın kenarları 90 metre olan kule kerpiçten yapılmıştır (Erdoğan, 2007)



şekil.4.3 Pieter Brugel tarafında 1563 yılında çizilmiş Babil Kulesi resmi

Mezopotamya’da yaşayan insanlar, kulübelerde barınmışlardır. Bu kulübeler, dairesel şekil alacak tarzda toprağa saplanan ve uçları yukarı kamış veya ince ağaç dallarının üzerlerinin killi toprakla sıvanmasıyla yapılmıştır. Kentleşme başladıktan sonra, kulübelerin yerini kerpiçten yapılmış dikdörtgen kesitli evler almıştır.

Mezopotamya’nın kuzeyinde kalan bölge dışında çok fazla taş bulunmadığı için, bu bölgede yapılan yapılar kerpiç tercih edilmiştir. Bu bölgede kalker ve alçıtaşı çok yaygın olarak bulunmadığından ve kireç ile alçı üretmek için o tarihlerde yakıtın az olmasından dolayı yapılar bağlayıcı olarak kilden yapılmış harçlar tercih edilmiştir.

#### 4.2.2. Eski Mısırlılar

Eski Mısırlılar ölümden sonra dünyaya tekrar gelineceğine inanmışlar ve Mısır krallarını (firavunlarını), tanrı gibi kutsal bir varlık olarak görmüşlerdir. O nedenle ölülerine, özellikle de ölen krallarına büyük mezarlar yapmaya önem vermişlerdir. Mısırlılar, MÖ 2630 yılından önce, ölen kralları için dikdörtgen tabanlı ve duvarları aşağıdan yukarıya doğru eğimli olarak incelen büyük mezarlar yapmışlardır. Mastaba adı verilen bu mezarlar, ilk zamanlarda kerpiç kullanılarak yapılmıştır. Imhotep’in

uzun yıllar yaşadığı ve dört Mısır Firavunun saltanat yıllarında hizmet verdiği sanılıyor. Firavun heykelinde bulunan bir metinde Imhotep'ten Firavunun baş veziri, büyük evin yöneticisi, Heliopolis'in en yüksek din adamı tabirlerine yer verilmektedir..

Antik Mısır'da yönetici sınıfında bulunan kişilerin naaşlarının mastabalara gömülmesi uygulaması Firavun Djoser için Basamaklı Piramit'in inşa edilmesiyle beraber değişti. Mısır'daki ilk büyük boyutlu piramidini inşa eden Mühendis Imhotep, bu piramidin inşasında öylesine başarılı olmuştur ki, bu başarısından dolayı vefatından sonra tanrı ilan edilmiştir. Piramit Kahire'ye yakın Saqqara'da Büyük Piramit'ler sahasının karşısındaki alanda yapılmıştı. Imhotep bu piramidi yaparken eski Mısır yazılarında firavunu sonsuzluğa taşıması için kutsal olan üçgenden ve firavunun bu sonsuzluğa daha rahat ulaşabilmesi için merdivenden yararlanmıştı. Mısır döneminde yaşamış Imhotep'in, mühendisliğe en önemli katkısı, önceden biçimlendirilmiş taşlarla yapı inşa etmeyi keşfetmesidir.

Mezopotamya'da bulunan ilk büyük tapınaklar kerpiç kullanılarak yapılmıştı. Piramit ise biçimlendirilmiş taştan yapıldı. Kireçtaşları, taş ocaklarında aralarına konulan tahta kamaların su dökülerek şişirilmesiyle parçalara ayrılıyor, istenilen şekle getirildikten sonra da inşaatın yapıldığı alanına taşınıyordu. Basamaklı Piramitin orijinal yüksekliği altmış metre idi. Yapının tabanı 121\*109 metrelik ölçüleriyle hemen hemen kare biçimindeydi. Imhotep yapılarında taşı öylesine güzel kullanmıştır ki, girişte yer alan sütunlar demetler halindeki papirüs kamışlarına benzer şekilde yivlerle süslenmiş, taş tavanlarsa ahşap kütüklere benzetilmiştir. Piramit etrafını çevreleyen derin bir hendek ve 549 metre uzunluk, 247 metre genişlik ve yaklaşık on metre yüksekliğinde taş bloklardan oluşan bir duvar ile korunuyordu.

#### **4.2.3. Roma dönemi yapıları**

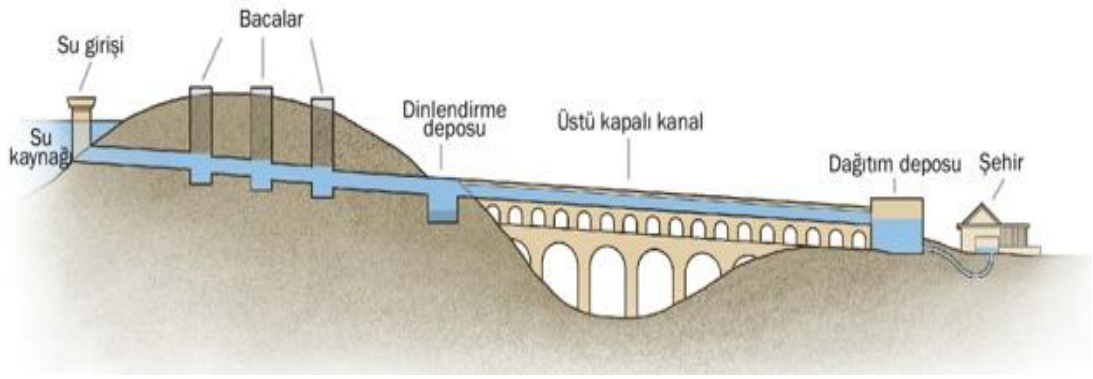
Roma Cumhuriyetinin son elli yılına kadar en çok kullanılan yapı malzemeleri, başta killi toprak ve kerpiç olmak üzere, tuğla, ağaç, kireç harcı ve taş olmuştur. Halk

önceleri, genellikle kerpiç evlerde yaşamıştır. Sonraları, zengin ve asil sınıfa dâhil olmayan insanların yan yana yaşadığı yerler tek ve iki katlı tuğla evlerden oluşmuştur. İtalya, mermer yatakları bakımından çok zengindir. Buna karşın, Roma Cumhuriyetinin son zamanlarına kadar mermer çok az kullanılmıştır.

Yapı malzemeleri konusunda, Roma Cumhuriyeti dönemindeki en önemli olay, milattan önce üç yüz yılı dolaylarında puzolanik malzemelerin hidrolik bağlayıcılık gücünün bulunması sonucu olmuştur.

İmparatorluk döneminden önce yapılan en önemli yapılar su kemerleri ve yol yapımıdır. Bunların yanı sıra, tiyatro, liman, atlı arabalar için yarış pisti gibi bazı eserlerin yapıldığı da görülmektedir.

Roma su kemerleri denince genelde akla kilometrelerce uzanan yüksek yapılar gelir. Aslında bu yapıların sadece çok az kısmı kemerlerden oluşur, çünkü yüzde 80'inden fazlası yeraltındadır. Bu ekonomik tasarım hem sukemerlerini erozyona karşı korur hem de bunların tarlalardaki ve yerleşim yerlerindeki etkisini azaltırdı. Örneğin M.Ö. 140'ta tamamlanan ve yaklaşık 92 kilometre uzunluğunda olan Aqua Marcia'nın sadece 11 kilometresi kemerlerden oluşur. Bir sukemeri inşa etmeden önce mühendisler, suyun berraklığını, akış hızını ve tadını inceleyerek potansiyel su kaynağının kalitesini değerlendirirdi. Ayrıca bu suyu içen yerel halkın fiziksel durumunu da dikkate alırlardı. Su kaynağı onaylandıktan sonra suyolunun izleyeceği rota, eğimi, kanalın büyüklüğü ve uzunluğu hesaplanırdı. İnşa için genelde köleler kullanılırdı. Bir sukemeri inşa etmek oldukça pahalıydı ve yıllarca sürebilirdi, özellikle de kemerler yapmak gerekiyorsa.



Şekil 4.4. Roma dönemi su getirme projelerini gösteren çizim  
M.Ö. 300 yılından önceki tarihlerde Romalılar kentin su gereksinimi için kuyulardan ve Tiber Nehri'nden yararlanılmıştır. Roma Cumhuriyeti dönemindeki ilk su kemeri M.Ö.312 Yılında yöneticilik yapan Appius Claudius Crassus tarafından yapılmış ve Appia Su Kemerini ismiyle anılmaya başlamıştır. Roma yakınlarındaki bir su kaynağından şehre su sağlayan yaklaşık 15 kilometre uzunluktaki bu su kemerinin 90 metre kadarlık bir bölümü yeraltından geçirilmiş, geri kalan bölümün tümü kemer destekler üzerine yerleştirilmiştir. Su kemerinin su taşıyan kanalı 1.5 metre yükseklikte ve 75 santimetre genişlikte yapılmıştır. Bu su kemerinden sonra çeşitli yıllarda su kemerleri yapımına devam edilmiştir.



Şekil 4.5. Appia Su Kemerini

Roma'daki ilk anayolun yapımı da M.Ö. 312 yılı civarında Appius Claudius Crassus tarafından başlatılmıştır. Roma'dan İtalya'nın en güney ucuna kadar uzanan ve ismini Appius' dan alarak Appia Yolu olarak anılan 576 kilometre uzunluğundaki yolun 227 kilometrelik bölümü Appius Claudius Crassus tarafından yapılmış ve geri kalan kısmı M.Ö. 50 yılı civarında tamamlanmıştır. Yolun 192 kilometrelik

bölümünün üst kaplaması taş bloklardan, geri kalanı ise volkanik malzemelerden oluşmuştur.

Roma yollarının güzel, sağlam ve kullanışlı olması için özenle tasarlanmıştır. Bu yollar yapılırken en önemli nokta, mümkün olan en kısa rota aracılığıyla hedefe bağlanmasıydı. Bu sebeple yapılan yolların çoğunun uzun düzlükleri vardır. Engeli yerlerde (Tepe,dağ vb.) yollar, mümkün olduğunca dağın güneş alan kısmına, bayırların ortasına yapılırdı. Yolların bu şekilde yapılmasının sebebi, yolları kullanan kişilerin, kötü hava koşullarının yol açabileceği güçlüklerden mümkün olduğunca az etkilenmelerini sağlamaktı.

Bazı Roma yollarının yüzeyi sadece sıkıştırılmış çakıl taşlarından oluşuyordu. Ancak o çağlarda yaşayan insanları hayran bırakan asıl şey, taşla döşenmiş yollardı. Bu tür yolların üst yüzeyi, çok büyük taş bloklardan oluşuyordu ve bu taş bloklar genellikle yörede bulunan kayadan elde ediliyordu. Bu yolların ortası hafifçe tümsek oluyordu, bu sayede yağmur suyu yolun en yüksek noktasından yolun yan taraflarında bulunan oluklara akıyordu. Yolların bu şekilde yapılması, bu eserlerin dayanıklılığında ve bu yolların bazılarının günümüze kadar gelmesinde rol oynadı.

Appia Yolu yapıldıktan yaklaşık dokuz asır sonra Bizanslı tarihçi Prokopios onu “harikulade” sözcüğüyle tanımladı. Yüzeyinde bulunan taşlarla ilgili şöyle yazdı: “Geçen onca zamana ve her gün üzerlerinden geçen bir sürü araca rağmen ne herhangi bir şekilde bozuldular ne de düzgün yüzeylerini kaybettiler.”

Roma Cumhuriyeti zamanında surların ve birçok eserin yapımında puzolanik bağlayıcılardan yararlanılmıştır.

Roma İmparatorluğu döneminde İnşaat Mühendisliği açısından en önemli çalışmalar, ilk imparator Augustus ve on dördüncü imparator Hadrianus zamanında gerçekleşmiştir. İmparator Augustus yönetiminde Agrippa ile içinde Roma'nın ilk hamamında olduğu birçok önemli eser yapılmıştır. Bu eserler arasında en dikkat çeken Pantheon Tapınağı ve Pont du Gard Su Kemeridir.

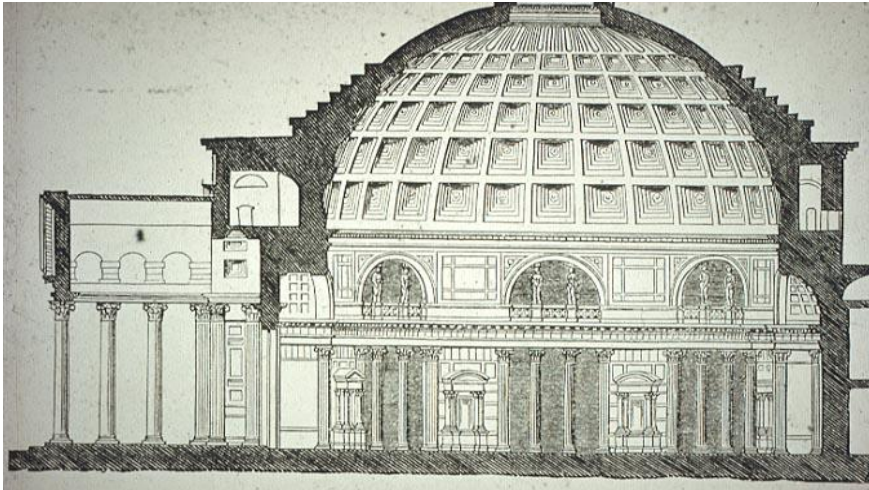


M.Ö. 18 yılında Agrippa tarafından yapılmış olan Pont du Gard Su Kemerini Gard Nehri üzerinde üç katlı destek kemerler üzerine oturtulmuştur. Su kemerinin yüksekliği 49 metre ve uzunluğu 270 metredir. Taş kullanılarak yapılan yapının su taşıyan kanallarının iç yüzeyleri puzolanik betonla astarlanmıştır. Agrippa tarafından yapılmış olan eserlerde, puzolan kullanılarak elde edilen harçlardan ve betonlardan büyük ölçüde yararlanılmıştır.



Şekil 4.6. Pont Du Gard Su Kemerini

Hadrianus zamanında yapılan yapıların en önemlisi, ilk olarak Agrippa tarafından yapıлып çeşitli tarihlerde çıkan yangınlarla yıkılmış olan Pantheon Tapınağı olmuştur.



Şekil 4.7. Pantheon Tapınağı

Pantheon tapınağının kubbesinin çapı 43.20 metredir ve yapımında puzolanik harç ve betondan faydalanılmıştır. En önemli Yunan tapınağı olan Parthenon'la, en önemli

Roma tapınağı olan Pantheon'u karşılaştırmamız yerinde olur. M.Ö. 5 yüzyılda Atina Akropolis'i üzerinde inşa edilen Parthenon Tapınağı'nı inşa edenler için öncelik, yapının Akropolis kayalığıyla; şehir dokusuyla olan etkileşimiydi. Bir başka deyişle, Yunan yapıları doğayla doğrudan bir etkileşim içindeydi. Bu nedenle, Yunanlar yapılarını dış görünümelerini esas alarak tasarladılar. Romalıların da, cephe vurgusu ile kendi dini mimarilerinde bu alışkanlığı sürdürdüğünü görüyoruz. Ama bu Pantheon 'la değişir. Evet, önünde bir alınlık, geleneksel bir portiko var. Bu, geleneksel tapınak mimarlığına küçük bir göndermedir. Ama portikodan yapının içine girip de silindirik mekânı, yarım daire kubbeyi, süzülen ışığı gördüğünüzde Roma mimarlığında daha önce hiç benzeri olmayan, tümüyle yeni bir iç dünyaya girmiş oluyorsunuz. Bunun daha sonraki Bizans, Ortaçağ – ama özellikle Bizans mimarlığında- çok büyük bir etkisi olmuştur. Özellikle İstanbul'a gidip Ayasofya ya da Sultan Ahmet Camisini incelediğimizde, bunların her şeyi Pantheon 'un kubbesine borçlu olduğunu görürsünüz. Burada son ve gerçek bir dönüşüm görüyoruz; inşaat malzemesinde de bir dönüşüm yaşanmış, taştan betona geçilmiştir (Kleiner, 2007).

Roma İmparatorluğu zamanında ülkenin çok geniş sınırlara ulaşması dolayısıyla askeri amaçlarla kullanılan büyük yollar yapılmıştır. Roma İmparatorluğu zamanında vilayetlere yapılmış olan ve Roma'ya bağlanan 372 adet ana yolun toplam uzunluğu yaklaşık seksen bin kilometredir. Ayrıca ana yollara bağlanan en az dört yüz bin kilometre toplam uzunlukta ikincil yollar yapılmıştır. Bütün yollar Roma'ya çıkar sözü de bu nedenle türetilmiştir. Romalılar, bu yolların çoğunluğunda kullandıkları harçların ve betonların yapımında puzolanik malzemelerden yararlanmışlardır.

Doğu Roma döneminde de birçok alanda imar çalışmaları devam etmiştir. Bu çalışmada kısaca Ayasofya'dan bahsedilecektir.

Bu yapıda kullanılan sütun ve mermerler; Aspendos, Ephesos, Baalbek, Tarsus gibi Anadolu ve Suriye'deki antik şehir kalıntılarından getirilmiştir.. Yapının iç kısmında yer alan duvar kaplamalarında; tek blok halinde mermerlerin ikiye bölünerek yan yana getirilmesi ile simetrik şekiller ortaya çıkarılmış ve damarlı renkli mermerlerin iç mekânda kullanılmasıyla dekoratif bir zenginlik oluşturulmuştur. Ayrıca, yapıda

Efes Artemis Tapınağı'ndan getirilen sütunların neferde, Mısır'dan getirilen 8 adet porfir sütununun ise yarım kubbeler altında kullanıldığı bilinmektedir. Yapıda kırk adeti alt galeride, 64 adeti ise üst galeride olmak üzere toplam 104 adet sütun bulunmaktadır. Ayasofya'nın mermer kaplı duvarları dışındaki tüm yüzeyler birbirinden güzel mozaiklerle süslenmiştir. Mozaiklerin yapımında altın, gümüş, cam, pişmiş toprak ve renkli taşlardan oluşan malzemeler kullanılmıştır.

13. yüzyılda İstanbul Latinler tarafından işgal edilmiştir. 1204-1261 yılları arasında işgal altında bulunan kent ve Ayasofya yağmalanmıştır. 1261 yılında Doğu Roma kenti tekrar ele geçirdiğinde, Ayasofya'nın oldukça harap durumda olduğu bilinmektedir.

Fatih Sultan Mehmed'in 1453 yılında İstanbul'u fethetmesinden sonra Ayasofya kilise olmaktan çıkarılmış ve camiye çevrilmiştir. Fetihden hemen sonra yapı güçlendirilerek en iyi şekilde korunmuş ve Osmanlı Döneminde yapılan ilaveler ile birlikte cami olarak varlığını sürdürmüştür. Yapıldığı tarihten itibaren çeşitli depremlerden zarar gören yapıya, hem Bizans, hem de Osmanlı Döneminde destek amacıyla payandalar yapılmıştır. Mimar Sinan tarafından yapılan minareler ise aynı zamanda yapıda destekleyici payanda işlevi görmektedir (Web-2).



Şekil 4.8. Günümüzde Ayasofya

#### 4.2.4. Osmanlı imparatorluğu dönemi



Osmanlı mimarlığının yapım etkinliğinin en yoğun olduğu dönem 1500'lü yıllara ve Mimar Sinan'ın Hassa Mimarlar Ocağının başında bulunduğu döneme rastlamaktadır. Çağın politik ve ekonomik potansiyelinin sağladığı güçle ivme kazanan yapı etkinlikleri, bir yandan tasarımların üstün düzeyi ve amaca uygunlukları, diğer yandan işgücünün ve malzeme kaynaklarının iyi örgütlenmesiyle desteklenerek başarıya ulaşmıştır. Bu sonuç Mimar Sinan'ın yapı alanının her dalında doğru kararlar alabilecek düzeyde iyi yetişmiş, deneyimli bir uygulamacı olduğunu kanıtlamaktadır. Bununla birlikte, Sinan'ın yapı bilgisi konusundaki düzeyini yalnız kişisel yeteneğiyle açıklamak, Osmanlı mimarlarının iki yüzyılı aşkın bir zamanı kapsayan birikimlerini hiçe saymak olur. Marmara bölgesine yerleşen Osmanlıların ahşap ve kâgir yapı konusundaki bilgilerini yörede mevcut Roma ve Bizans yapım tekniklerinden etkilenerek geliştirmiş oldukları anlaşılmaktadır. Uygulamada kazanılan deneyimler sonucu yapılan uyarlamalar, Osmanlı Hassa Mimarlar Ocağından yetişenler aracılığıyla nesilden nesile aktarılarak gelişmiştir.

Mimar Sinan yapılarında ana malzeme olarak taş, tuğla ve ağaçtan yararlanmış, bağlantılarda kireç ve horasan harcı, çeşitli boyutlarda çivi, kenet, zıvanalar kullanmıştır.. Kâgir yapılarda, strüktür düzenine bağlı olarak tekil, ya da sürekli sömel düzenleri yalnız başına veya birlikte uygulanmıştır. Temelleri açığa çıkan bazı yapılarda, duvarlardan temele geçişte basamak yapılarak genişliğin arttırıldığı gözlenmiştir. Örtüden fazla yük almayan duvarlarda, temelin çok geniş olmasına gerek duyulmamıştır. Semiz Ali Paşa ve Cafer Ağa medreselerinde, beden duvarlarından temele geçişte, düzenli yatay derzli, kaba yonu taş örgülü bir basamak bulunmaktadır. Zemine büyük yükler aktaran duvarların temelle bağlantısı ise, birden fazla basamakla gerçekleştirilmiştir. 1957 yılında yapılan kazıyla incelenen Süleymaniye Camisi temellerinin, mihrap duvarı altında 590 santimetre derinliğe kadar indiği saptanmıştır. Temelin en altında, içi ızgara düzeninde yerleştirilen ahşap kirişlerle pekiştirilen, 20 cm kalınlığında bir horasan harcı tabakası bulunmaktadır.

Duvar örgüleri, yapılan işin önemine ve bu iş için ayrılan ödeneğe bağlı olarak farklılık göstermektedir. Mevcut yapılardan izlenebildiği kadarıyla, ahşap hatılı moloz taş duvardan başlayarak, düzenli yatay derzli kaba yonu taş, taş tuğla almaşık

ve düzenli bloklardan oluşan kesme taş duvar şeklinde sıralanabilecek bir kademelenme vardır. Aynı yapının değişik cephelerinde, cephenin konumuna ve önem derecesine göre değişebilen malzeme ve işçilik uygulanmıştır. Örneğin anayol ve avlu cephesi kesme taş, diğer cepheler taş/tuğla almaşık, ya da düzgün yatay derzli kaba yonu örgülü olabilmektedir Buna benzer bir hiyerarşiyi aynı külliye içinde yer alan farklı işlevli yapılarda da gözlemek olasıdır. Külliyenin en önemli yapısı olarak cami kesme taş, diğer yapılardan bir bölümü kesme taş, bir kısmı taş/tuğla almaşık, ya da daha aşağı nitelikte örgüye sahip olabilmektedir. Aynı avlu civarında bulunan cami-medrese birleşimlerinde de benzer uygulama gözlenmektedir. Duvar kalınlığı örtüden gelen yüklere göre değişmektedir

İstanbul ve civarında Mimar Sinan tarafından yapılan yapılarda en fazla kullandığı duvar malzemesi küfeki taşıdır. Edirne'de bademli küfeki, Kocaeli'nde kireç ve od taşı gibi yöresel yapı taşlarını değerlendiren Sinan, olanaklara göre daha büyük boyutlu ve nitelikli taş kullanmaya özen göstermiştir.. Tümüyle mermer kaplamalı cepheler Kanunî Sultan Süleyman, II. Selim gibi Osmanlı sultanlarının türbelerine özgü uygulamalardır. Çini kaplama ise, hava koşullarına dayanıksızlığı nedeniyle çoğu kez saçakla korunmuş alanlarda, türbe giriş cephelerinde, son cemaat yerlerinde ve iç mekânlarda yer almıştır (Ahunbay, 1988).



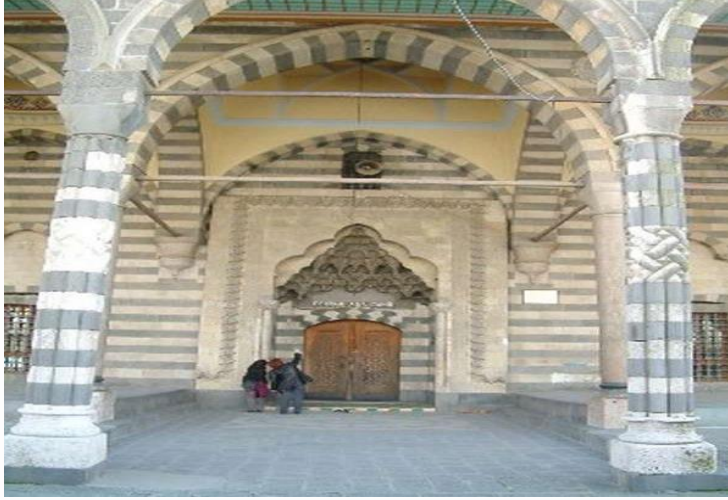
Şekil 4.9. Haseki Cami

olarak yapılan yapıdaysa, pek çok kez destekleme düzeni dışarıya yansıtılmamış Dış duvarlara plastır veya prizmatik kuleler şeklinde bitişen payanda kütleleri, kesme taş örgülü duvarları olan yapılarda duvarlarla aynı örgü kullanılmıştır. Taş-tuğla almalı örgülü duvarları, içte kalan duvar-ayaklarla çözümlenmiştir. Şekil 4.10'da görülen Zal Mahmut Paşa Camisinde farklı bir durum gözlemlenmektedir. Beden duvarları taş-tuğla almalı olduğu halde, payandalar, duvarlardan daha özenli olarak yüksek ihtimalle dayanımlarını arttırmak için- kesme taş örgülü olarak inşa edilmişlerdir. (Ahunbay, 1988).



Şekil 4.10 Zal Mahmut Paşa Cami (Mimar Sinan/1577)

Sütunlar, cami, medrese, darüşşifa vb. yapıların avlu revak ve girişlerinde, ayrıca iç mekânlarda, kemer, kubbe ve ahşap çatılara mesnet olarak kullanılmışlardır. Kubbe kemerlerinin mesnetlendiği sütunlar genelde dayanıklı taşlardan, yapılmışlardır. Ayrıca Marmara mermeri, serpantin breşi, puding taşı ve değişik mermerlerden faydalanılmıştır. Devşirme taşların fazlaca kullanıldığı bilinmektedir. Sütunlarda en yaygın kesit biçimi dairedir Kare, sekizgen ve daha fazla kenarlı çokgen planlı sütun kullanımı sınırlıdır. Sütunlar çoğunlukla tek parçalıdır. Camilerde üst üste konulan tamburlarla oluşturulmuş sütunlar ana veya tali taşıyıcılar olarak kullanılmışlardır.



Şekil 4.11. Behram Paşa Cami (Mimar Sinan/1572)

Cami, medrese, kervansaray gibi yapılarda, örtüyü taşıyan öğeler olarak ayaklar değişik boyut ve kesitlerde inşa edilmişlerdir. Dörtgen, altıgen, sekizgen, onikigen gibi düzenli geometriye sahip ayakların yanı sıra, birleşik kesitli veya özel biçimi olan ayaklar da kullanılmıştır. Ayakların çoğunluğunda dayanımı arttırmak için kesme taş örgü kullanıldığı gözlenmektedir. Taş ve tuğladan oluşan almaşık örgü uygulaması azdır. Özenli yapılarda ayakların düşey yüzeyleri profillerle zenginleştirilmiştir.

Taşıyıcı ayakların çini ile kaplandığı tek uygulama şekil 4.12’de verilen İstanbul’da bulunan Rüstem Paşa camisidir. Kireç taşı ayaklarda en yaygın kullanılan malzemedir. Mermerin kullanımı ise çok sınırlıdır (Ahunbay, 1988).



Şekil 4.12. Rüstem Paşa Cami (Mimar Sinan)

## 5. MATERYAL ve YÖNTEM

### 5.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler

Literatürde yapılan incelemeler sonucunda en uygun bağlayıcı/agrega oranı 1/2 olarak belirlenmiştir. Yapılan deney çalışmalarında agrega tipi olarak dere kumu kullanılmıştır. Dere kumunun yanında onarım harçlarında genel olarak kireç kullanıldığından kireç ile doğal ve yapay puzolanların etkisini görmek için zeolit, tuğla tozu ve yüksek fırın cürufu kullanılmıştır.

Deneylerde kullanılan kireç Tokat-Niksar'da üretim yapan Nimsan Kireç Fabrikasından temin edilen CI80S kirecidir. Yüksek fırın cürufu İskenderun'daki fabrikalardan temin edilmiş olup, kimyasal özellikleri Şinasi Bingöle ait doktora tezinden alınmıştır. Zeolit ise İzmir'de üretim yapan Gördes Zeolit firmasından temin edilmiştir. Tuğla tozu ise atık makine tuğlaları öğütülerek elde edilmiştir. Malzemelere ait fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 5.1 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Kullanılan Malzemelerin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

| <b>Kimyasal özellikleri</b>                          |                            |               |              |                   |
|--|----------------------------|---------------|--------------|-------------------|
| <b>Ana element (%)</b>                               | <b>Yüksek Fırın Cürufu</b> | <b>Zeolit</b> | <b>Kireç</b> | <b>Tuğla Tozu</b> |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>                               | 38,89                      | 73,53         | 2            | 40,15             |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>                   | 13,48                      | 12,54         | 0,1          | 15,28             |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>                   | 1,36                       | 1,45          | 0,1          | 13,62             |
| <b>CaO</b>   | 28,94                      | 2,85          | 85           | 11,34             |
| <b>MgO</b>   | 5,53                       | 0,82          | 2            | 6,34              |
| <b>SO<sub>3</sub></b>                                | 1,51                       | 3,25          | 2            | -                 |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>                                | 0,78                       | 2,7           |              | -                 |
| <b>Kızdırma kaybı</b>                                | -                          | 3,51          | 3            | -                 |
| <b>Fiziksel Özellikleri</b>                          |                            |               |              |                   |
| <b>90 mikron altı (%)</b>                            | 100                        | 100           | 90           | 76                |
| <b>Özgül ağırlık (gr/cm<sup>3</sup>)</b>             | 2,88                       | 2,03          | 2,45         | 2,65              |
| <b>Özgül Yüzey Alanı (Blaine)(cm<sup>2</sup>/gr)</b> | 5990                       | 9660          | 1580         | -                 |

## 5.2. Deney Programı

Deneyisel çalışmalar için üç seri numune ile sadece kireç ve kum kullanılarak hazırlanan referans numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan tüm serilerde esas bağlayıcı olarak kireç, agrega olarak da dere kumu kullanılmıştır. Bunun yanı sıra numunelere doğal ve yapay puzolanik katkı maddeleri de ilave edilmiş ve değişen parametrelerin etkisinin incelenebilmesi için fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır.

İlk olarak karışımlarda kullanılacak su oranlarının belirlenmesi amacıyla yayılma tablası deneyleri yapılmıştır. Bu deney için daha önce miktarları belirlenen malzemeler ve belli oranda su mikser yardımıyla karıştırılmıştır. İki sefer yapılan karıştırma işlemi bittikten sonra harç kepçe yardımıyla kalıba iki eşit tabaka halinde doldurulmuştur. Doldurma esnasında her tabaka sıkıştırma çubuğu ile 10 defa hafifçe tokmaklanarak sıkıştırılmıştır. Kalıb doldurduktan sonra kalıp seviyesinden taşan numunemizi alıp etrafını temizleme işlemini bitirince kalıp kaldırılmıştır. Kalıp kaldırıldıktan sonra 2 saniyeden az, 5 saniyeden fazla olmamak üzere 15 düşüş yapılarak yayılma değerleri ölçülmüştür incelenmiştir. Yayılma değeri 160-180 mm arasında olacak şekilde harç numunelerine ait su oranı belirlenmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Yayılma Tablası Deney Aleti



Yayıma tablası deneyi yardımıyla miktarını belirlenen su ve oranlarını önceden belirlenen malzemeler mikser yardımıyla karıştırmak suretiyle harç numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan harç numuneleri 4x4x16 cm'lik ayarı yapılmış ve yağlanmış kalıplara sarsma cihazı yardımıyla her seferde TS EN 196-1 standardına uygun olacak şekilde 60 devir/dakikalık sarsma periyodunda ve 15 milimetre yüksekten düşüş yaptırarak iki seferde doldurulmuştur. Daha sonra mala yardımıyla yüzeyleri düzeltilmiş ve numuneler prizini alması için laboratuvar ortamı koşullarında üzerleri kapatılarak bir gün bırakılmıştır. Hazırlanan bu numuneler daha sonra nemini koruması için laboratuvarda bulunan ağzı kapalı kaplara alınmıştır.



Şekil 5.2 Harçlarımızı hazırlamak için kullanılan mikser ve numune kalıbı

Sonuçların güvenilirliği için, tüm deneylerde her karışımdan üçer adet numune kullanılmış ve sonuçların aritmetik ortalaması alınmıştır. Fiziksel deneyler numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş, numunelerin kılcallık katsayıları, su emme, özgül ağırlık, birim hacim ağırlık ve acık gözeneklilik değerleri tespit edilmiştir. Ultra ses hızı tayini 28,60 ve 90 günlük numuneler üzerine yapılmıştır ancak sonuçlar değişmediği için tek çizelge olarak. Mekanik deneyler, %85-%95 nem içeren kür ortamındaki numuneler için 28, 60 ve 90. günlerde yapılırken, laboratuvar ortamında nem kürü şartları oluşturulmayan numuneler için 28 ve 60. günlerde yapılmıştır. Eğilme deneyi sonrasında ikiye bölünen numunelerin biri üzerinde

basınç deneyi uygulanırken, diğeri üzerinde kılcallık ve su emme deneyleri yapılmak üzere yetmiş derecede olan etüve konulmuştur.

### 5.3. Harç Karışım Oran ve Özellikleri

Hazırlanan harçlar üzerinde yapılan deneyler ve sonuçları iki farklı parametreye göre değerlendirilmiştir. Birincisi, numunelerdeki fiziksel ve mekanik değişiklikleri incelemek için harca puzolanların ilave edilmesi, diğeri ise her serinin kendi içinde malzeme oranlarının değiştirilmesidir. Numuneleri kıyaslamak için bir seride referans numunesi hazırlanmıştır.

Referans numunesinde agrega olarak kum ve bağlayıcı olarak kireç kullanılmıştır. Referans numunesi üzerinde yapılan yayılma deneyi sonucu 385 ml su kullanılmış ve 180 mm yayılma değeri elde edilmiştir.

Seri 1’de hazırlanan harçta agrega olarak kum, bağlayıcı olarak kireç ve puzolan olarak zeolit kullanılmıştır. İsimlendirme artan zeolit oranına göre yapılmıştır. Numuneler artan zeolit oranına göre kodlanmıştır. Örneğin 100 gram zeolit içeren numune “KZ10” olarak adlandırılmıştır. Söz konusu isimlendirme ile birlikte kullanılan malzeme miktarı ve yayılma değerleri çizelge 5.2 ‘de verilmiştir.

Çizelge 5.2 KZ Numunelerine Ait Malzeme Miktarları ve Yayılma Değerleri

| <i>Numune Adı</i> | <i>Kum (g)</i> | <i>Kireç (g)</i> | <i>Zeolit (g)</i> | <i>Su (ml)</i> | <i>Yayılma (mm)</i> |
|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------|---------------------|
| <i>KZ5</i>        | 1000           | 450              | 50                | 400            | 165                 |
| <i>KZ10</i>       | 1000           | 400              | 100               | 425            | 165                 |
| <i>KZ15</i>       | 1000           | 350              | 150               | 425            | 165                 |
| <i>KZ20</i>       | 1000           | 300              | 200               | 425            | 160                 |
| <i>KZ25</i>       | 1000           | 250              | 250               | 425            | 160                 |

Seri 2’de hazırlanan harçta agrega olarak kum, bağlayıcı olarak kireç ve puzolan olarak kireç ve zeolit ile tuğla tozu kullanılmıştır. İsimlendirme artan zeolit ve tuğla



tozu oranına göre yapılmıştır. Örneğin 100 gram zeolit ve tuğla tozu içeren numune “KZT10” olarak adlandırılmıştır. Söz konusu isimlendirme ile birlikte kullanılan malzeme miktarı ve yayılma değerleri çizelge 5.3 ‘de verilmiştir.

Çizelge 5.3 KZT Numunelerine Ait Malzeme Miktarları ve Yayılma Değerleri

| <i>Numune Adı</i> | <i>Kum (g)</i> | <i>Kireç (g)</i> | <i>Zeolit (g)</i> | <i>Tuğla Tozu (g)</i> | <i>Su (ml)</i> | <i>Yayılma (mm)</i> |
|-------------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------------|----------------|---------------------|
| <i>KZT5</i>       | 1000           | 400              | 50                | 50                    | 350            | 165                 |
| <i>KZT10</i>      | 1000           | 300              | 100               | 100                   | 350            | 160                 |
| <i>KZT15</i>      | 1000           | 200              | 150               | 150                   | 350            | 160                 |
| <i>KZT20</i>      | 1000           | 100              | 200               | 200                   | 360            | 160                 |

Seri 3’de hazırlanan harçta agrega olarak kum, bağlayıcı olarak kireç, yüksek fırın cürufu ve zeolit kullanılmıştır. İsimlendirme artan yüksek fırın cürufu ve zeolit oranına göre yapılmıştır. Söz konusu isimlendirme ile birlikte kullanılan malzeme miktarı ve yayılma değerleri çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4 KZY Numunelerine Ait Malzeme Miktarları ve Yayılma Değerleri

| <i>Numune Adı</i> | <i>Kum (g)</i> | <i>Kireç (g)</i> | <i>Zeolit (g)</i> | <i>Yüksek Fırın Cürufu (g)</i> | <i>Su (ml)</i> | <i>Yayılma (mm)</i> |
|-------------------|----------------|------------------|-------------------|--------------------------------|----------------|---------------------|
| <i>KZY5</i>       | 1000           | 400              | 50                | 50                             | 350            | 165                 |
| <i>KZY10</i>      | 1000           | 300              | 100               | 100                            | 350            | 160                 |
| <i>KZY15</i>      | 1000           | 200              | 150               | 150                            | 350            | 160                 |
| <i>KZY20</i>      | 1000           | 100              | 200               | 200                            | 360            | 160                 |

Karışımlar hazırlanırken ilk olarak malzemeler hassas terazide tartılarak karıştırılmış ve yayılma tablası deneyine göre belirlenen su miktarı katılarak mikserde karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi bittikten sonra daha önceden ayarı yapılmış ve yağlanmış kalıplarımıza dökülüp mala ile düzeltme işlemi yapılmıştır. Kalıptan

Çıkarılan numuneler nemini koruması için laboratuvarda bulunan ağız kapalı kaplara alınarak, deney zamanları gelene kadar muhafaza edilmiştir. Karşılaştırma yapmak amacıyla aynı numunelere birer takım daha hazırlanarak direk laboratuvar ortamına bırakılmıştır. Böylece kr şartlarının numuneler üzerindeki etkisi irdelenmiştir.



şekil 5.3 Numunelerin deney gününe kadar bekletildiği ortam

## 5.4. Deneyler

### 5.4.1. Ultrases hızı deneyi

Duyulabilen ses titreşimleri 16-16.000 Hz arasında bulunmaktadır. Frekansı 16.000 Hz'den yüksek olan ve kulakla duyulamayacak ses dalgaları "ultrases" olarak isimlendirilmektedir. Ultrases dalgalarını yayılabilmesi için cismin katı, sıvı veya gaz halinde olması gerekmektedir. Çünkü ultrases dalgaları boşlukta yayılmamaktadır.(Postacıoğlu,1981)

1880de Curie' ler tarafından keşfedilen piezoelektrik olaylar sayesinde ortaya çıkan ultrases yönteminin kullanım alanları çok fazladır. Beton üzerine uygulanan, mekanik yolla oluşturulan titreşimlerin hız ölçümleri ise ilk defa USA 'da 1940'lı yılların ortalarında rapor edilmiştir. Test metodunun uygulanmaya başlanmasının ardından ilk zamanlarda ölçüm konusunda sorunlar ortaya çıkmıştır. Ancak birkaç yıl sonra Fransa'da mekanik titreşim cihazı geliştirilmiş ve bu yöntem zamanla modern ultrases metodu haline gelmiştir. Günümüzde, beton testleri büyük oranda, içinden geçme tekniğini kullanan titreşim hız ölçümlerine dayanmaktadır (Bungey ve diğ, 2006).

Prizma şeklinde ve belirli bir L uzunluğunda numune alınarak, numunenin bir ucuna prob adı verilen ultrases üreten verici, diğer tarafında malzeme içinden geçen ses dalgalarını toplayan alıcı yerleştirilerek, cismin içinde ultrases hızı tayini yapılmaktadır. Ses dalgaları, alıcı prob tarafından toplanır ve ossilografa aktarılarak, sesin iki uç arasında geçiş süresi saniyenin milyonda biri olan mikrosaniye cinsinden tespit edilir. Buna bağlı olarak ses geçiş hızı aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır (Postacıoğlu, 1981; TS EN 14579, 2006).

$$V=L/t_1$$

V: Ultrases hızı (km/s)

L: Ses hızının geçtiği numunenin boyu (mm)

t<sub>1</sub>: Uzunluk boyunca sinyalin aldığı mesafe (µs)

Ultrases deneyini uygularken bazı konularda dikkatli olmak gerekmektedir. Dikkat edilecek hususlar arasında en önemlisi, alıcı ve verici problemlerin malzemeye temas ettikleri yüzeylerde boşluk kalmamasıdır. Problemlerin temas ettikleri yüzeyde boşluk bulunması durumunda ultrases dalgaları yansıtacağı için, ses dalgalarını cismin içine sokmak mümkün olmayacaktır. Bundan ötürü alıcı ve verici ile malzeme yüzeyi arasına vazelin, sıvı sabun ve makine yağı gibi malzemeler sürülerek boşluk kalması engellenmektedir (Postacıoğlu, 1981; Bungey ve diğ, 2006).

İkinci önemli husus, deney yapılacak olan numunenin uzunluğu (L), belirli bir değerin altında olmamalıdır. Üretilen malzemede kullanılan en büyük agrega boyutunu D kabul edersek,  $L_{min} = 3.5D$  olmalıdır. Numunenin L uzunluğu  $L_{min}$  den daha kısa olduğu takdirde, bulunan ultrases değerlerinde sapmalar meydana gelebilmektedir (Postacıoğlu,1981).

Ultrases hızı deneyi sonucunda bulunan V hızı, malzemenin cinsi ve yapısal özellikleri hakkında bilgi vermektedir. Ses geçiş hızının çok düşük değerlerde olması, deney yapılan malzemenin yapısında çok fazla boşluk olduğunun göstergesidir (Postacıoğlu,1981).

Ultrases hızının tespiti, malzemenin boşluk yapısı hakkında bilgi verdiği gibi, malzemedeki çatlak oluşumu, bozulmalar, katman kalınlığı, elastiklik modülü, dayanım ve dayanım artışının takibi gibi konularda da bilgi vermektedir. Ancak elde edilen mukavemet değerleri yaklaşık olarak belirlenebilmektedir. Boşluk miktarına bağlı olarak malzeme mukavemetini daha az hata payı ile tahmin etmek istersek, malzemenin yaşı, bağlayıcı dozajı ve su/bağlayıcı oranı gibi faktörleri de göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Postacıoğlu,1981).

Bu bilgiler doğrultusunda, ultrases hızı deneyleri, 4x4x16cm'lik prizmatik numuneler üzerinde 28. günde %85- %95 nem içeren kür ortamından çıkarılarak ağırlık ve kumpasla en boy ölçümleri yapıldıktan sonra ultrases deneyleri yapılmıştır. Seri numaralarına göre değişen sonuçlar belirlenmiştir.

#### **5.4.2. Fiziksel deneyler**

##### Kılcallık Deneyi

Kılcallık deneyinde, sabit kütleye kadar kurutulan deney numunesinin yüzeylerinden bir tanesi,  $3 \pm 1$  mm su içerisine daldırılarak su emdirilir ve kütledeki artış zamanın fonksiyonu olarak ölçülür.

Kurutma sonrasında numuneye su emme yapılacak yüzeyin alanı hesaplanır. Numune su haznesindeki kısmen mesnet vazifesi görecektir dayanakların üzerine

oturtulur. Ardından numunenin tabanı  $3\pm 1$  mm su içerisine daldırılır ve kronometre çalıştırılır.

Haznedeki su seviyesini sabit tutmak amacıyla deney boyunca su eklenmelidir. Belirli zaman aralıklarında numune sudan çıkarılır ve üzerindeki su damlacıkları hafifçe kurularak 0.01 gr yaklaşımla tartılır. Her bir tartım arasındaki zaman aralığı kaydedilir (TS EN 1925, 2000).

Ölçüm yapılması için uygun süreler 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81, 100, 121, 144 ve 169 dakika olacak şekilde belirlenmiştir.

Bu bilgiler doğrultusunda, 60, günlük  $4\times 4\times 16$ cm ebatlarındaki numunelerin kuru olarak ağırlıkları kaydedilmiştir. Bu numuneler üzerinde kılcallık deneyine başlanmış ve belirlenen zamanlarda ağırlıkları ölçülmüş ve tespit edilen ağırlıkları kaydedilmiştir. Numunelerin emdikleri suyun miktarına ve sureye bağlı olarak, belirli formüllerle kılcallık katsayıları belirlenmiştir.

$$N = \frac{Q}{\sqrt{t} \cdot A}$$

Q: emilen suyun ağırlığı ( $\text{cm}^3$ )

A: su değen yüzeyin alanı ( $\text{cm}^2$ )

N: kılcallık katsayısı ( $\text{cm}/\sqrt{\text{dak}}$ )

t: zaman (dakika)



Şekil 5.4 Kılcallık Deneyi Yapılan Numuneler

### Su Emme Deneyi

Su emme deneyinden önce numuneler 70 °C' ye ayarlanmış olan etüve koyularak 24 saat etüvde bekletilmiştir. Daha sonra numuneler etüvden çıkartılıp tarttıktan sonra üzerini kapatacak şekilde suya konulup 24 saat daha bekletilmiştir. Sudan çıkartılan numuneler bezle hafifçe kurulanıp tartı işlemi tekrarlanır. En son olarak da suyun içine konulan numuneler tartı ve mekanizma yardımıyla tartılmıştır.

Su emme deneyi 4x4x16 ebatlarındaki numuneler üzerinde 60. günde yapılarak su emme yüzdesi formüllerine göre sonuçlar hesaplanmıştır.



Şekil 5.5 Su Emme Deneyinden Bir Kare

### Birim Hacim Ağırlık Deneyi

Bir cismin birim hacim ağırlığı, kuru numune kütlesinin görünür hacme oranı olarak ifade edilmektedir. Birim hacim ağırlık kuru numune kütlesinin dolgunlaştırılmış numune kütlesi ile su içerisine batırılmış numune kütlesi arasındaki farka bölünmesi ile elde edilir.

### 5.4.3. Mekanik deneyler

TS EN 196-1' e uygun olarak deney günlerinde 4x4x16 cm prizmatik harç numunelerine eğilme ve basınç deneyleri yapılmıştır. Eğilme dayanımı deneyinde, 4x4x16 cm boyutlarındaki numune, deney cihazına yan yüzeylerinden biri mesnet silindirleri üzerine gelecek şekilde, boyuna eksenini mesnet silindirlerine dik olarak yerleştirilir. Eğilme dayanımı testi yapıldıktan sonra iki parçaya ayrılan numunelerin her birine basınç dayanım testi uygulanır.

Basınç dayanımı deneyinde numune parçaları boyuna yönde yükleme plakaları arasına yatay konumda yerleştirilir. Malzemenin bu plakalardan çıkıntısı 10 mm aşmamalıdır.



Şekil 5.6 Eğilme ve Basınç Deney Aleti

## 6. BULGULAR ve TARTIŞMA

Tarihi yapıların onarımında özgün malzemelerin minimum müdahale ile korunması, modern korunmanın temelini oluşturur. Tarihi yapıların onarımında kullanılan çimento katkılı harçlar, farklı fiziksel kimyasal ve mekanik özelliklerinden dolayı özgün eserlerde bozulma sorunları ortaya çıkarmış ve bazen geri dönüşü olmayan durumlar oluşmuştur. Bu yüzden, tarihi yapı onarımında kullanılacak olan onarım harçları, özgün harçlar ile benzer özelliklere ve hammadde kompozisyonlara sahip olmalıdır.

Bu bilgiler ışığında literatüre yeni bir malzeme kazandırmak ve tarihi yapı onarımlarında kullanılacak malzemelerin gelişimine katkı sağlamak amacıyla yola çıkılan çalışmamızda, literatür üzerinde yapılan çalışmalardan sonra metoda karar verilmiş ve çeşitli karışımlar ile harçlar oluşturulup, hazırladığımız bu harçlara laboratuvar ortamında çeşitli deneyler yapılmıştır. Yapılan bu araştırmalar ve deneyler sonucunda ortaya birçok veri çıkmıştır. Bu verileri yorumlayabilmek en az çalışmanın kendisi kadar önemlidir.

Deney numunelerinin normal bir harç numunesine farkını görebilmek için bir seri referans numunesi hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler laboratuvar ortamında ve aradaki farkı görebilmek amacıyla kür ortamı hazırlanmadan laboratuvar ortamına bırakılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar ile hazırlanan harç numuneleri, kendi arasında ve diğer serilerle kıyaslanarak en iyi karışım oranı bulunmaya çalışılmıştır.

### 6.1. Mekanik Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

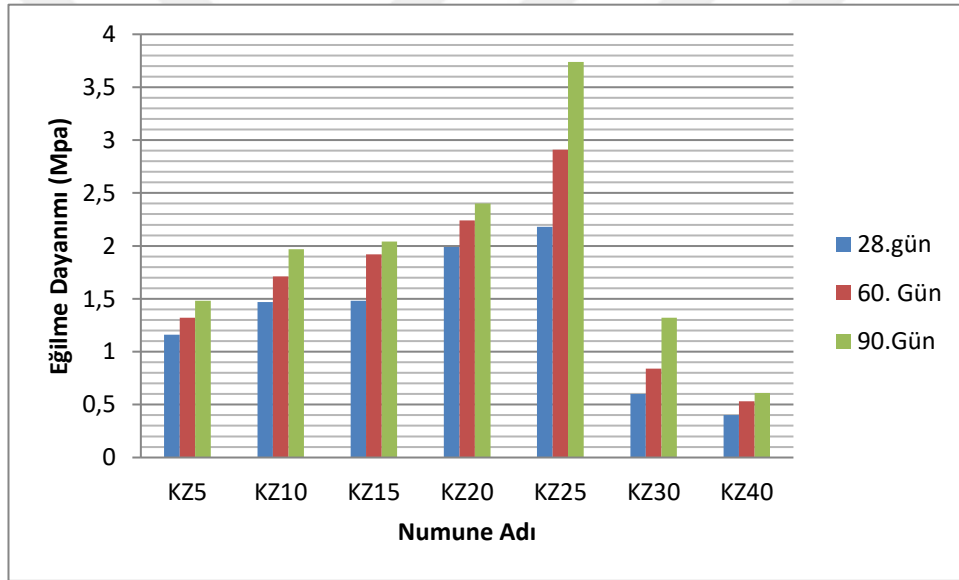
Referans numunesi ve üç ayrı seri olarak hazırlanan numunelerin, değişen kür şartlarına ve sürelerle bağlı olarak mekanik dayanımları irdelenmiştir. %85-%95 nem içeren kür ortamı oluşturularak hazırlanan numunelere 28, 60 ve 90 günlük dayanım deneyleri uygulanırken, kür ortamı hazırlanmadan direk laboratuvar ortamına bırakılan numunelere 28 ve 60 günlük dayanım deneyleri uygulanmıştır.



İlk seri olan “KZ” serisinde birleşim 1000 gram kum ve toplam 500 gram olacak şekilde kireç ve zeolitten oluşmaktadır.

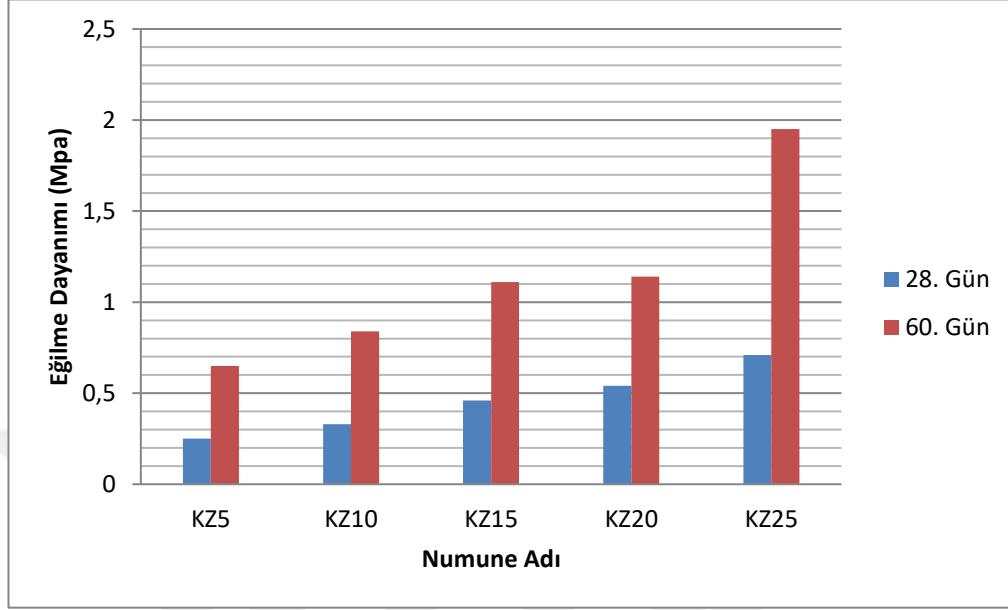
KZ serisinin kür ortamında bırakılan numunelerine 28,60 ve 90 günlük, laboratuvar ortamında bırakılan numunelereyse 28 ve 60 günlük eğilme ve basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Bu deneylerin sonuçları Şekil 6.1, 6.2, 6.3 ve 6.4 de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Şekil 6.1 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZ Numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları



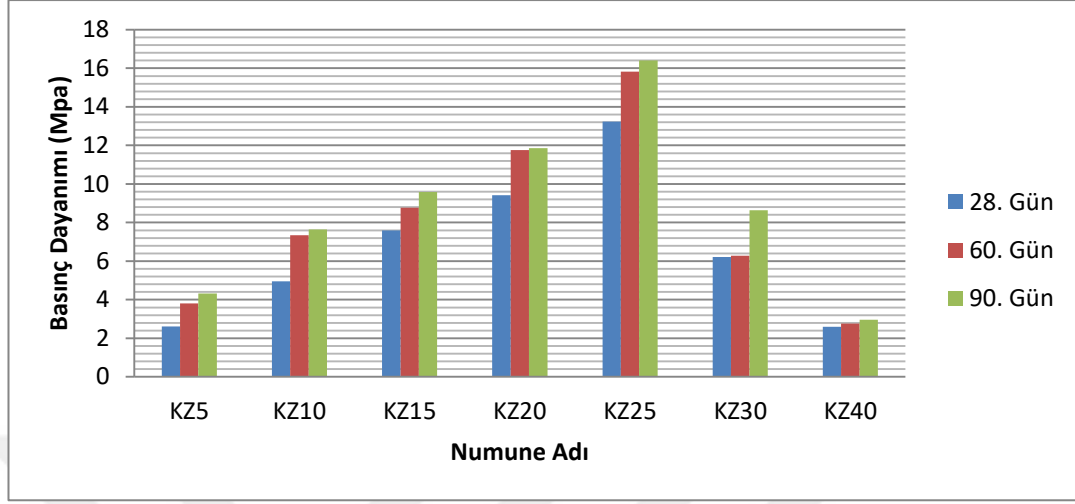
KZ serisine ait eğilme dayanımı deney sonuçları incelendiğinde süre uzadıkça eğilme dayanımının genel olarak arttığı görülmüştür. KZ40 numunesine ait eğilme dayanımı 28,60 ve 90 günlük eğilme deneylerinde 1 değerinin altında kalmıştır. KZ 30 numunesine ait eğilme dayanımı değeri ise sadece doksanıncı günde yapılan eğilme deneyinde 1 değerinin üzerine çıkmıştır ve eğilme dayanımı 1.32 mpa çıkmıştır. Seri incelendiğinde 250 gram zeolit içeren KZ25 numunesinde kadar eğilme dayanımı değerlerinde artış olup, en yüksek eğilme dayanımı değerleri KZ25 numunesine aittir. 250 gramdan fazla zeolit içeren numunelerde ise düşüş gözlenmiştir.

Şekil 6.2 Laboratuvar Ortamında Bırakılan KZ numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları



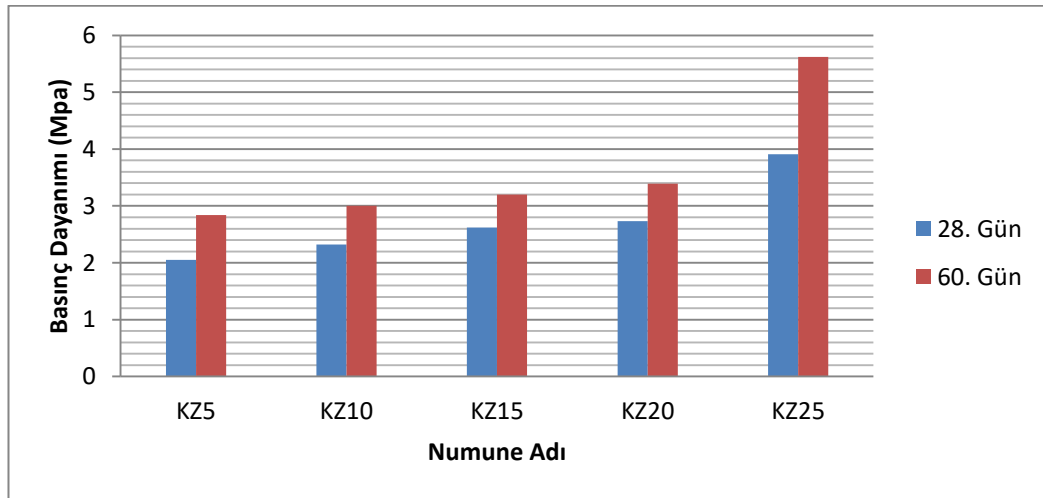
Laboratuvar ortamına bırakılan KZ serisi numuneler incelendiğinde eğilme dayanım değerlerinin kür ortamında bırakılan KZ serisi numunelerine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Tüm numunelerin 28 günlük eğilme dayanım değerleri birin altında kalmıştır. Yapılan 60 günlük eğilme dayanımı deneylerinde ise, laboratuvar ortamında bırakılan 50 gram zeolit içeren KZ5 ve 100 gram zeolit içeren KZ10 numunelerinin yine eğilme dayanım değerleri birden küçük çıkarken; 150 gram zeolit içeren KZ15 numunesinin eğilme dayanımı 1.11, 200 gram zeolit içeren KZ20 numunesinin eğilme dayanımı 1.14 ve 250 gram zeolit içeren KZ25 numunesinin eğilme dayanımı ise 1.95 mpa çıkmıştır. Laboratuvar ortamında bırakılan numunelerde de en yüksek eğilme dayanımına sahip numune KZ25 olmuştur. KZ30 ve KZ40 numuneleri içi laboratuvar ortamı deneyleri yapılmamıştır.

Şekil 6.3 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZ Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları



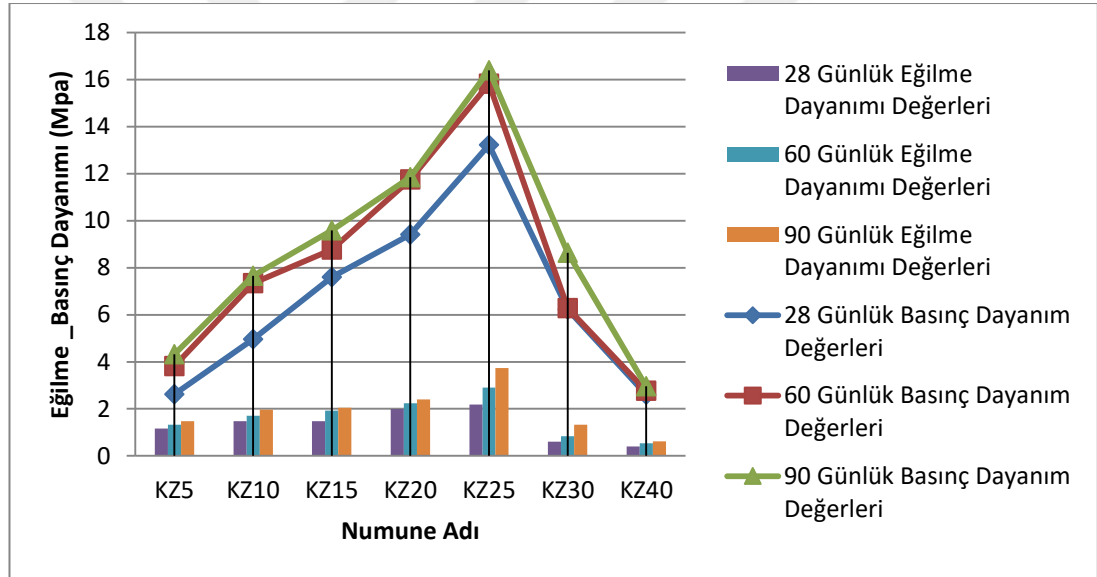
Kür ortamında bulunan KZ serisine ait basınç dayanımı deney sonuçları incelendiğinde süre uzadıkça tıpkı eğilme dayanımında olduğu gibi dayanım değerlerinin arttığı görülmüştür. Eğilme dayanımı deneylerinde bir değerinin üzerine 90 günlük deneylerde çıkan KZ30 numunesine ait basınç dayanım değerleri incelendiğinde 2.36 mpa artışla 60 ile 90 günlük deneyler arasında basınç dayanımında ciddi artış görülmüştür. Eğilme dayanımı değerleri seride en yüksek olan KZ25 numunesine ait basınç dayanım değerleri de serideki en yüksek değerlerdir. En düşük basınç dayanım değerlerine ise KZ40 numunesi sahiptir.

Şekil 6.4 Laboratuvar Ortamında Bırakılan KZ Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları



Laboratuvar ortamına bırakılan KZ serisi numuneler incelendiğinde basınç dayanım değerlerinin kür ortamında bırakılan KZ serisi numunelerine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Laboratuvar ortamında bırakılan KZ numunelerinin 60 günlük basınç dayanım değerleri 28 günlük basınç dayanım değerlerinden fazladır. Laboratuvar ortamında bırakılan numuneler içinde de en yüksek basınç dayanımı değerleri KZ25 numunesinde bulunmuştur. Kür ortamı oluşturulan numuneler ile kür ortamı oluşturulmadan laboratuvar ortamında bırakılan numuneler arasında en düşük fark 0.97 mpa ile KZ5 numunesinde iken, en yüksek fark ise 10.21 mpa ile KZ25 numunesinde ölçülmüştür.

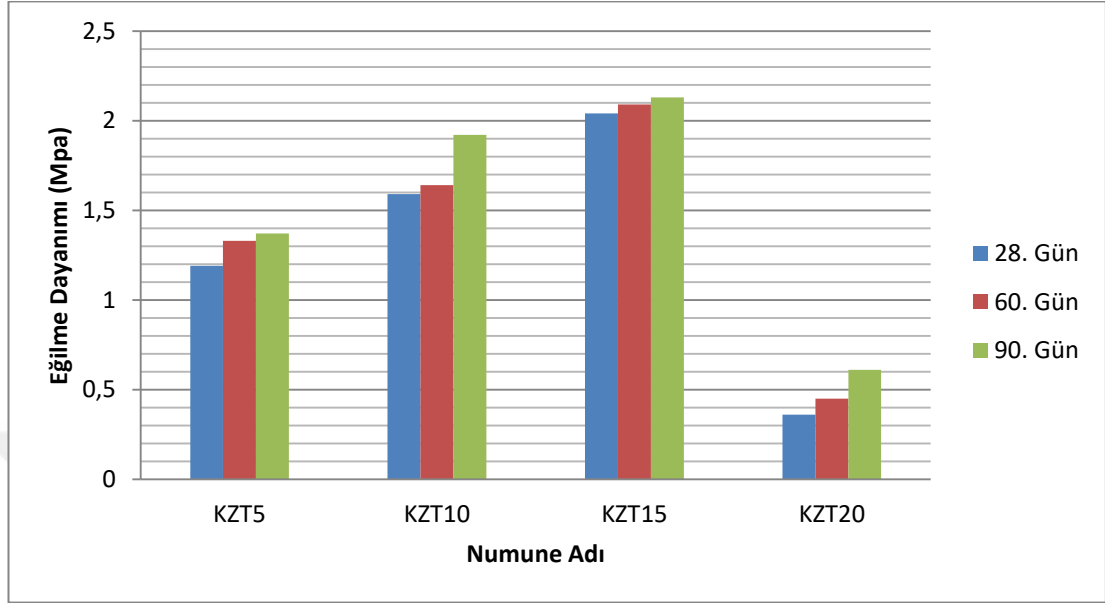
Şekil 6.5 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZ Numunelerine Ait Eğilme- Basınç Dayanımı Deney Sonuçlarının Karşılaştırılması



İkinci seri olan “KZT” serisinde birleşim 1000 gram kum ve toplam 500 gram olacak şekilde kireç ile zeolit ve tuğla tozundan oluşmaktadır. Numuneler artan zeolit ve tuğla tozu oranına göre kodlanmıştır.

KZT serisinin %85-%95 nem içeren kür ortamında bırakılan numunelerine 28,60 ve 90 günlük, laboratuvar ortamında bırakılan numunelereyse 28 ve 60 günlük eğilme ve basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Bu deneylerin sonuçları Şekil 6.6, 6.7, 6.8 de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

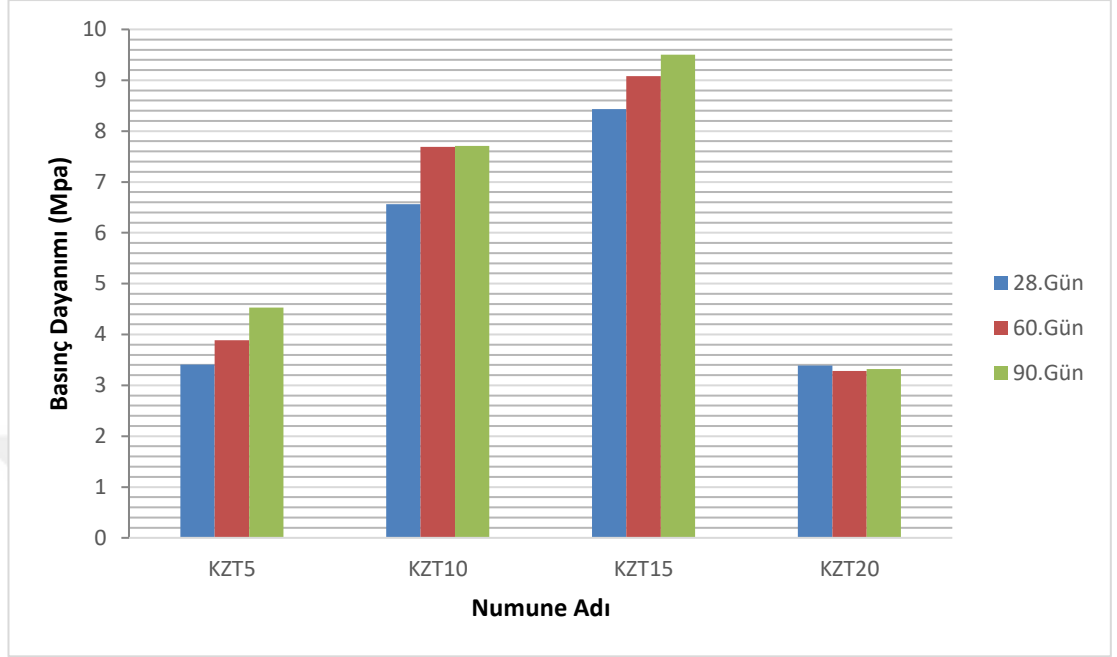
Şekil 6.6 %85- %95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZT numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları



%85-%95 nem içeren kür ortamında bulunan KZT serisine ait numunelerin eğilme dayanımı deney sonuçları incelendiğinde süre uzadıkça eğilme dayanımının genel olarak arttığı görülmüştür. Ancak bu artış diğer serilere oranla düşük bir artıştır. Eğilme dayanımı değerlerinde en fazla artışın 0.28 mpa değeri ile KZT10 numunesinin 60 ve 90 günlük deneyleri arasında olduğu gözlemlenmiştir. KZT20 numunesine ait eğilme dayanımı 28.60 ve 90 günlük eğilme deneylerinde 1 değerinin altında kalmıştır. Seri incelendiğinde 150 gram zeolit ve 150 gram tuğla tozu içeren KZT15 numunesinde kadar eğilme dayanımı değerlerinde artış olup, en yüksek eğilme dayanımı değerleri KZT15 numunesine aittir.

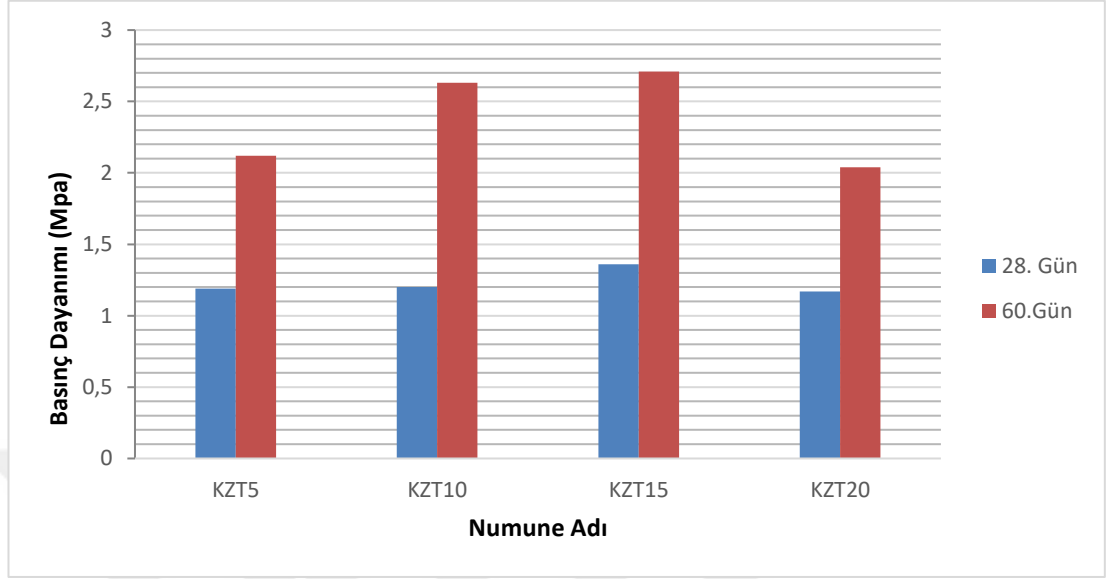
Laboratuvar ortamına bırakılan KZT numunelerine ait 28 ve 60 günlük eğilme dayanımı değerleri birin altında kalmıştır. Bu sebeple laboratuvar ortamında bulunan KZT numunelerinin eğilme dayanımı ile ilgili yorum yapılamamıştır.

Şekil 6.7 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZT numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları



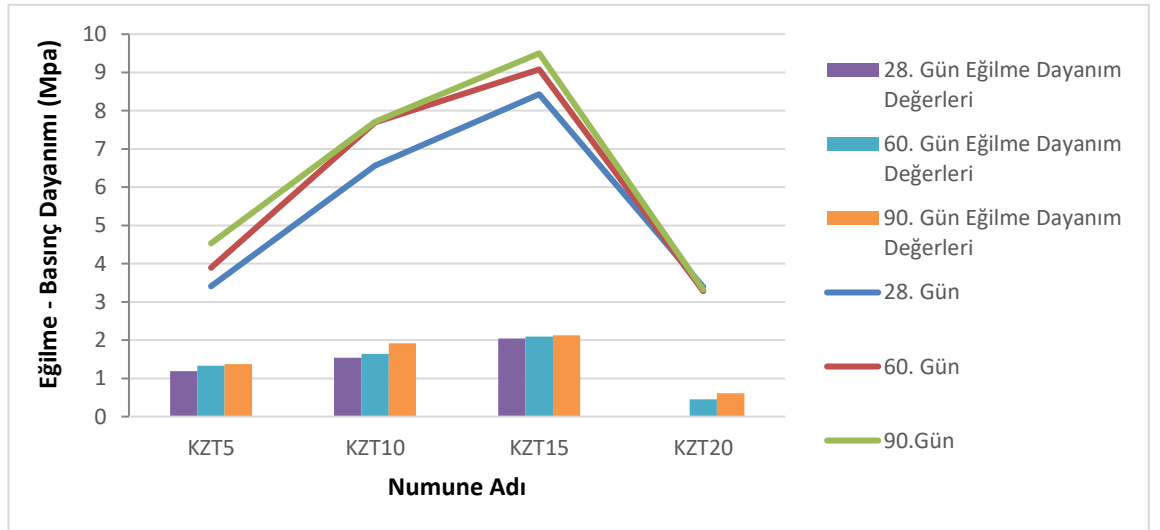
%85-%95 nem içeren kür ortamında bulunan KZT numuneleri incelendiğinde 28 günlük deneyler sonucunda bulunan dayanım değerleri ile 90 gün sonunda bulunan dayanım değerleri arasında KZT20 numunesi haricinde kalan numunelerde çok fark olmasa da artış olduğu gözlenmiştir. KZT5 numunesinin 28 günlük deneyler ile 90 günlük deneylerdeki basınç dayanımı arasında 1.12 mpa, KZT10 numunesinin 28 günlük deneyler ile 90 günlük deneylerdeki basınç dayanımı arasında 1.15 mpa ve KZT15 numunesinin 28 günlük deneyler ile 90 günlük deneylerdeki basınç dayanımı arasında 1.07 mpa fark olduğu görülmüştür. Seri incelendiğinde en yüksek dayanım değerine en yüksek eğilme dayanımı değerine de sahip olan KZT15 numunesinde ulaşılmıştır. KZT20 numunesi serinin en düşük basınç dayanımına sahip numunesi olup dayanımı çok az miktarda düşüş göstermiştir. KZT20 numunesinin 28 günlük basınç dayanım değeri 3.39 mpa iken, 90 günlük basınç dayanım değeri 3.32 mpa'dır.

Şekil 6.8 Laboratuvar Ortamında Bırakılan KZT numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları



Laboratuvar ortamına bırakılan KZT serisi numuneler incelendiğinde basınç dayanım değerlerinin kür ortamında bırakılan KZT serisi numunelerin basınç dayanım değerlerine kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Laboratuvar ortamında bırakılan KZT numunelerinin 60 günlük basınç dayanım değerleri 28 günlük basınç dayanım değerlerinden fazladır. Laboratuvar ortamında bırakılan numuneler içinde de en yüksek basınç dayanımı değerleri, kür ortamında bulunan numunelerde olduğu gibi KZT15 numunesinde gözlemlenmiştir.

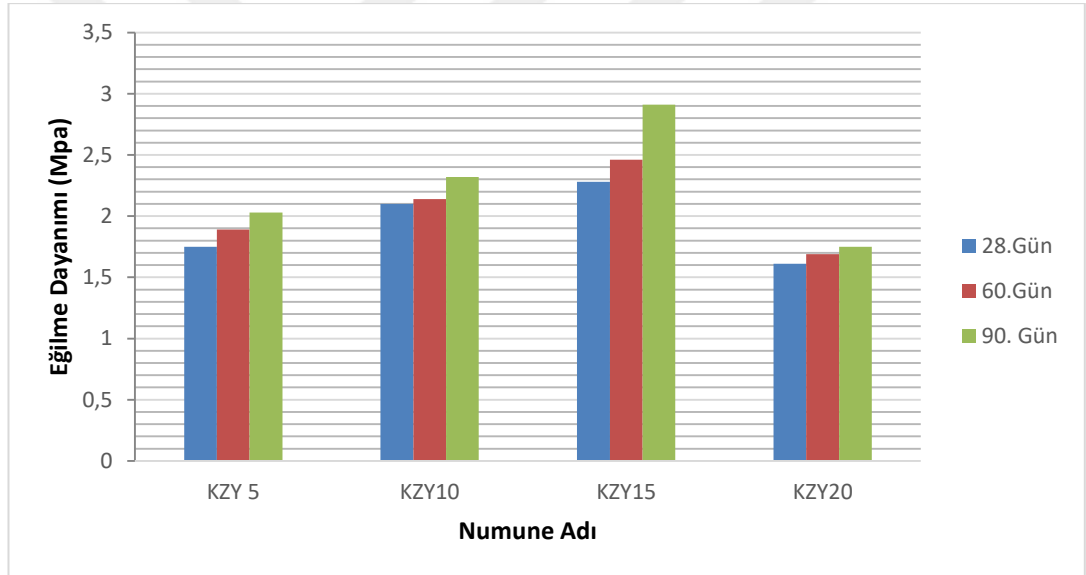
Şekil 6.9 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZT Numunelerine Ait Eğilme- Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçlarının Karşılaştırılması



Üçüncü seri olan “KZY” serisinde birleşim 1000 gram kum ve toplam 500 gram olacak şekilde kireç ile zeolit ve yüksek fırın cürufundan oluşmaktadır. Numuneler artan zeolit ve yüksek fırın cürufu oranına göre kodlanmıştır. Örneğin 100 gram zeolit ve yüksek fırın cürufu içeren numune “KZY10” olarak adlandırılmıştır.

KZY serisinin kür ortamında bırakılan numunelerine 28,60 ve 90 günlük, laboratuvar ortamında bırakılan numunelereyse 28 ve 60 günlük eğilme ve basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Bu deneylerin sonuçları Şekil 6.10, 6.11 6.12 de karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Şekil 6.10 %85- %95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

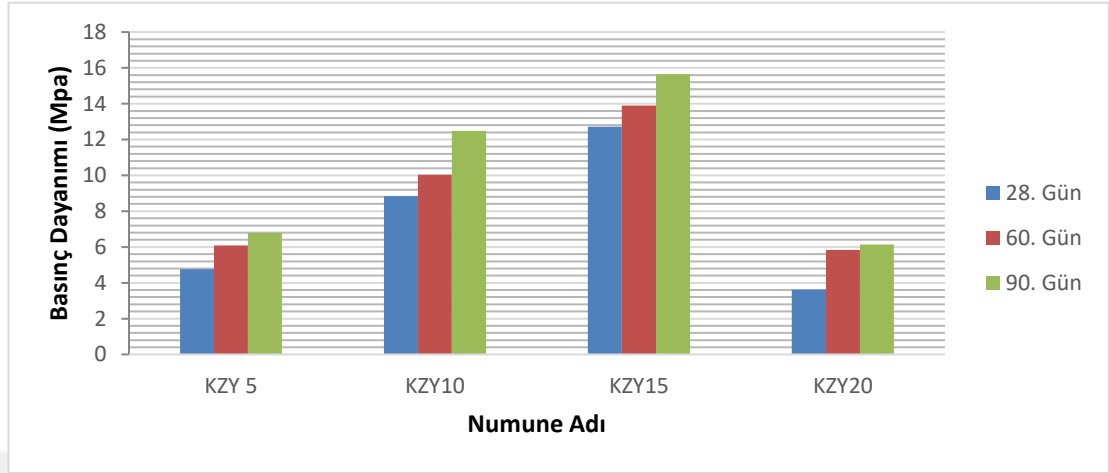


KZY serisine ait eğilme dayanımı deney sonuçları incelendiğinde süre uzadıkça eğilme dayanımının genel olarak arttığı görülmüştür. KZY serisinde diğer serilerden farklı olarak eğilme dayanımı bir değerinin altında numune bulunmamaktadır. Seri incelendiğinde 150 gram zeolit ve 150 gram yüksek fırın cürufu içeren KZY15 numunesinde kadar eğilme dayanımı değerlerinde artış olup, KZY20 numunesine ait eğilme dayanımı değerlerinde düşüş gözlenmiştir. Seri içerisinde en yüksek eğilme dayanımı değerleri KZY15 numunesine aittir.

Laboratuvar ortamına bırakılan KZY numunelerine ait 28 ve 60 günlük eğilme dayanımı değerleri 1 mpa'nın altında kalmıştır. Bu sebeple laboratuvar ortamında bulunan KZY numunelerinin eğilme dayanımı ile ilgili yorum yapılamamıştır.

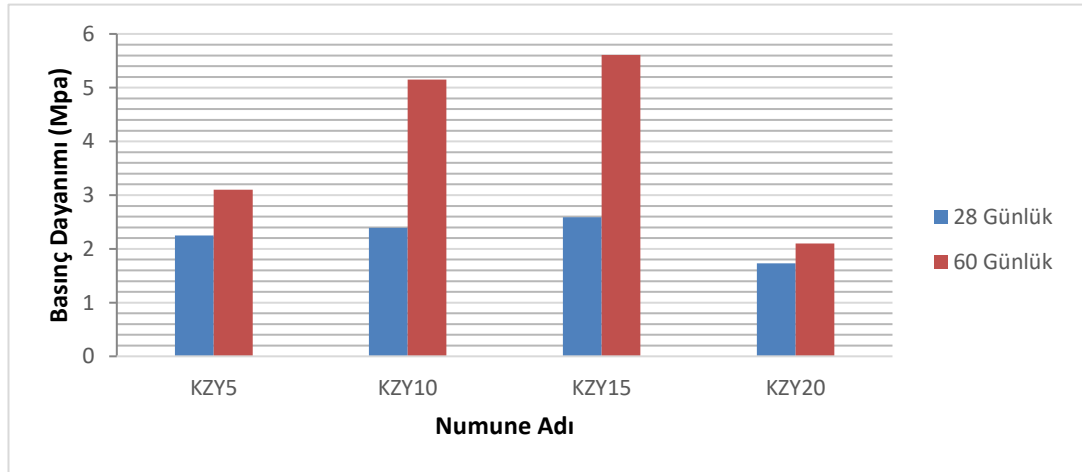


Şekil 6.11 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları



%85- %95 nem içeren kür ortamında bulunan KZY numuneleri incelendiğinde zamana bağlı olarak numunelerin basınç dayanım değerlerinde artış olduğu gözlemlenmiştir. Seri incelendiğinde en yüksek dayanım değerine en yüksek eğilme dayanımı değerine de sahip olan KZY15 numunesinde ulaşılmıştır. Eğilme dayanımına ait deney sonuçlarında seri içerisinde en düşük dayanımına sahip olan KZY20 numunesi, basınç dayanımına ait sonuçlarda da en düşük değerlere sahiptir.

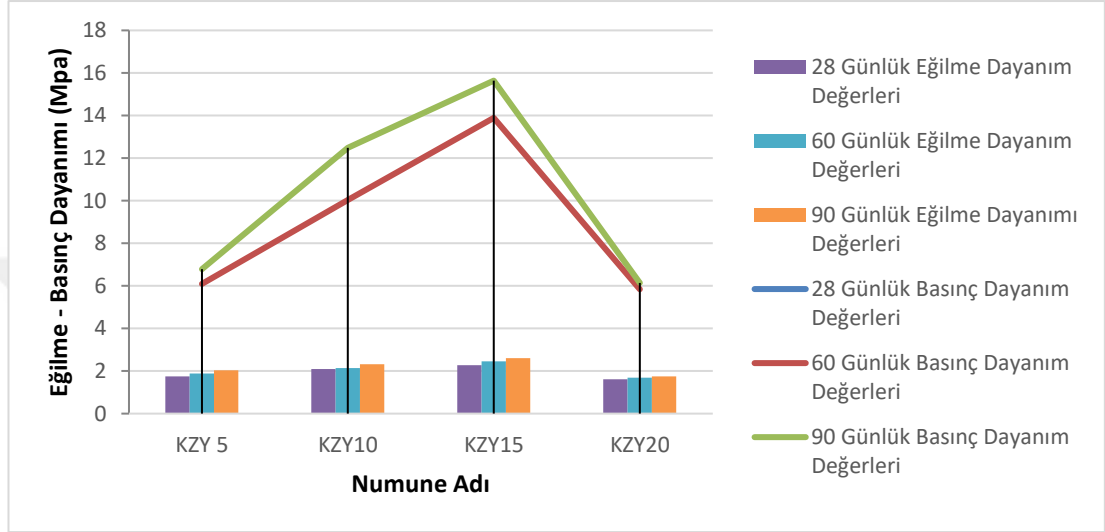
Şekil 6.12 Laboratuvar Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Basınç Dayanımı Deneyi Sonuçları



Laboratuvar ortamına bırakılan KZY serisi numuneler incelendiğinde basınç dayanım değerlerinin kür ortamında bırakılan KZY serisi numunelerin basınç dayanım değerlerine kıyasla daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Laboratuvar ortamında bırakılan KZY numunelerinin 60 günlük basınç dayanım değerleri 28

günlük basınç dayanım değerlerinden fazladır. Laboratuvar ortamında bırakılan numuneler içinde de en yüksek basınç dayanımı değerleri, kür ortamında bulunan numunelerde olduğu gibi KZY15 numunesinde gözlemiştir.

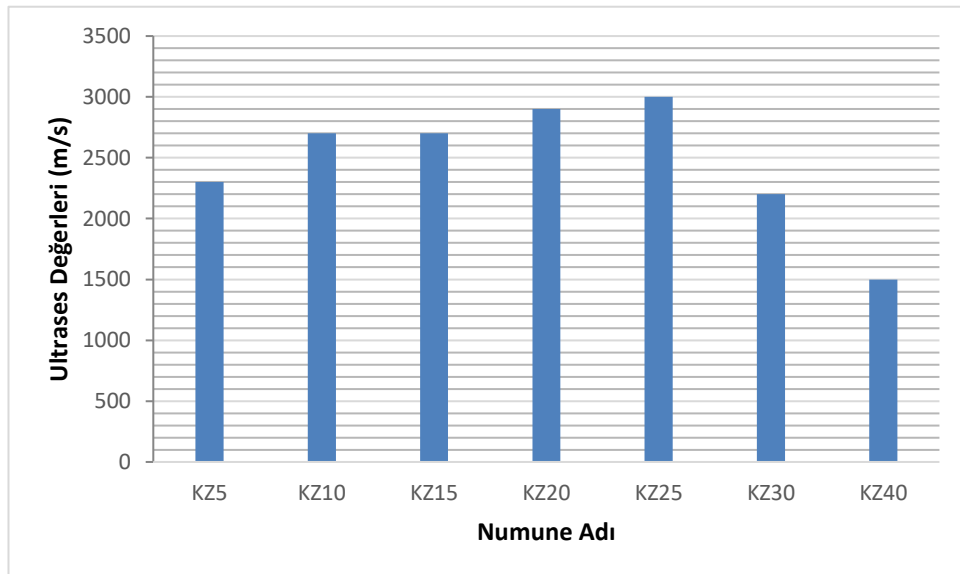
Şekil 6.13 %85-%95 Nem İçeren Kür Ortamında Bulunan KZY Numunelerine Ait Eğilme - Basınç Dayanımı DeneY Sonuçlarının Karşılaştırılması



## 6.2. Ultrases DeneY Sonuçlarının Değerlendirilmesi

%85-%95 nem içeren kür ortamında bıraktığımız numunelerimizin ölçüm işlemlerini yaptıktan sonra ultrases deneYleri yapılmıştır. Her bir seri için 28 günlük numuneler üzerinde ultrases deneYleri yapılmıştır.

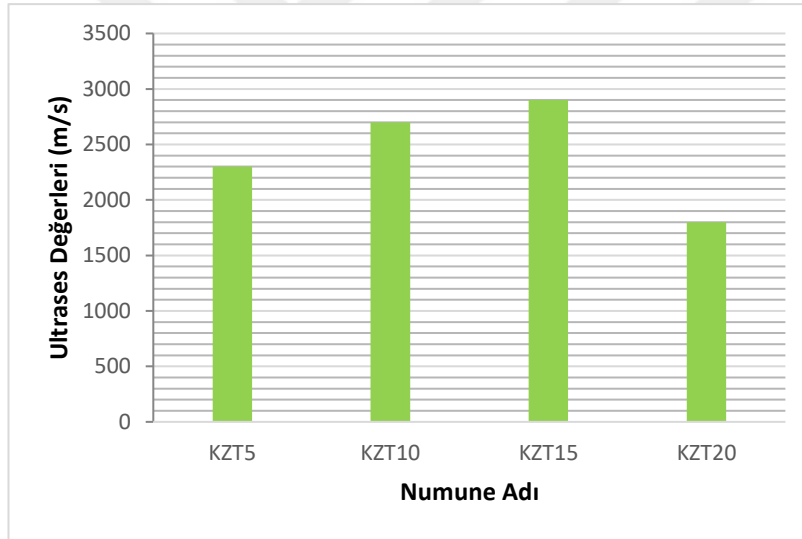
Şekil 6.14 KZ Numunelerine Ait Ultrases DeneY Sonuçları



Birinci seri olan KZ numunelerine ait ultrases deney sonuçlarını incelediğimizde basınç ve eğilme dayanımı serinin diğer numunelerinden yüksek olan KZ20 ve KZ25 numunelerinin ultrases deney sonuçlarının da diğer numunelerden iyi olduğu gözlemlenmiştir. Basınç ve eğilme dayanımı düşük olan KZ40 numunesinin ultrases değerleri seri içinde yine en düşük değerlere sahiptir.

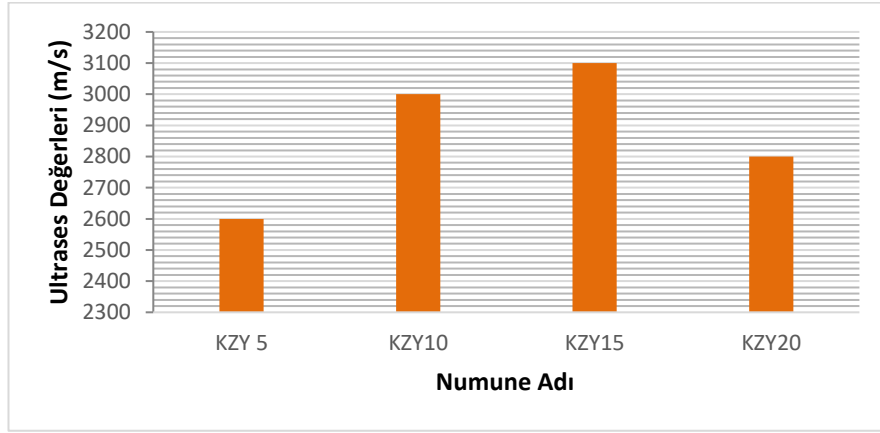
Ultrases deney sonuçları incelendiğinde KZ25 numunesinden sonra ultrases değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Başka bir deyişle karışım içindeki kireç oranı ve zeolit oranı yarı yarıya olduğunda en yüksek ultrases değeri elde edilmiştir. Karışımında zeolit oranı 250 gramdan daha fazla arttığında tıpkı basınç ve eğilme dayanımı değerlerinde olduğu gibi ultrases değerlerinde de düşüş olmuştur.

Şekil 6.15 KZT Numunelerine Ait Ultrases Deney Sonuçları



İkinci seri olan KZT numunelerine ait ultrases deney sonuçlarını incelediğimizde basınç ve eğilme dayanımı serinin diğer numunelerinden yüksek olan KZT15 numunelerinin ultrases deney sonuçlarının da diğer numunelerden iyi olduğu gözlemlenmiştir. Basınç ve eğilme dayanımı düşük olan KZT20 numunesinin ultrases değerleri seri içinde yine en düşük değerlere sahiptir.

Şekil 6.16 KZY Numunelerine Ait Ultrases Deney Sonuçları



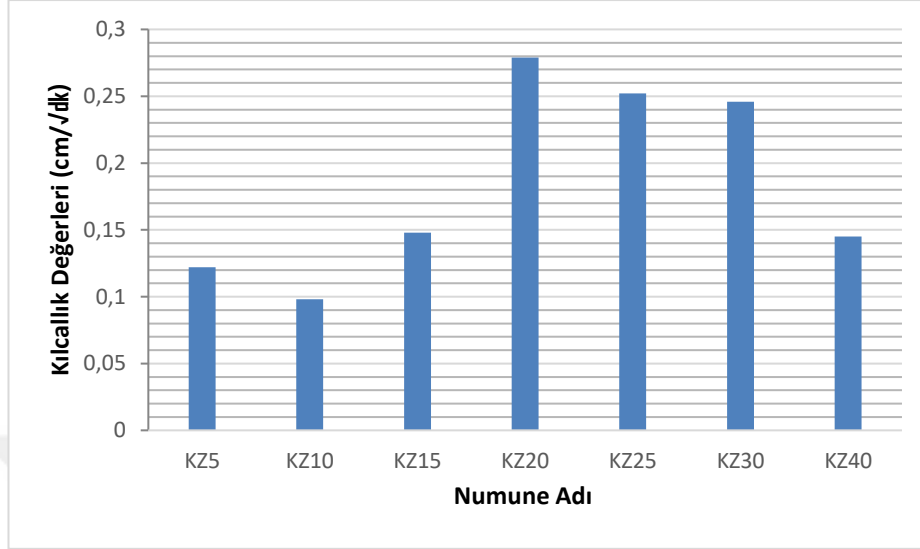
Üçüncü seri olan KZY numunelerine ait ultrases deney sonuçlarını incelediğimizde basınç ve eğilme dayanımı serinin diğer numunelerinden yüksek olan KZY15 numunelerinin ultrases deney sonuçlarının da diğer numunelerden iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Ultrases deney sonuçları açısından incelediğimizde ikinci seri olan KZT numunesinin aksine üçüncü seri olan KZY numunelerinde kireç oranı düşüğe ultrases değerleri düşüş göstermemiştir. Üçüncü seri olan KZY numunelerinde kireç oranının 400 gram ile en yüksek oranda kullanıldığı KZY5 numunesi en düşük ultrases değerlerine sahiptir. Basınç ve eğilme dayanımı açısından KZY20 numunesinden az da olsa yüksek değerlere sahip olan KZY5 numunesinin ultrases değerleri daha düşük değere sahiptir.

### 6.3. Fiziksel Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

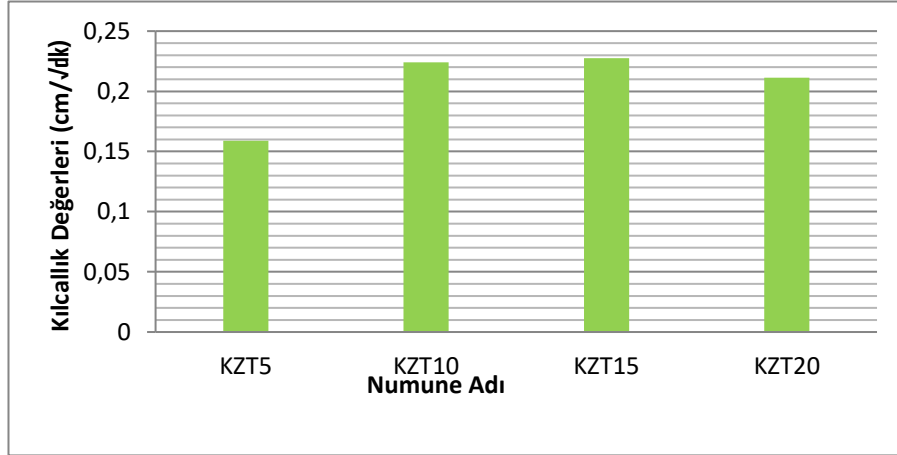
%85-95 nem içeren kür ortamında bıraktığımız 60 günlük numunelerimize fiziksel deneyler uygulanmıştır.

Şekil 6.17 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan KZ Numunelerine Ait Kılcallık Deney Sonuçları



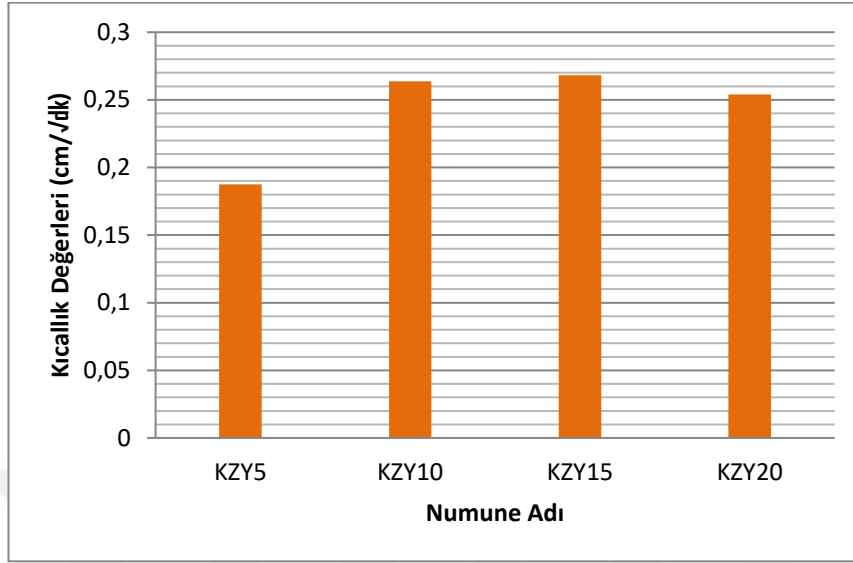
Birinci seri olan KZ numunelerini incelediğimizde en yüksek kılcallık değerine KZ20 numunesinin sahip olduğunu gözlemlemekteyiz. Seri içerisinde en düşük kılcallık değerine ise KZ10 numunesi sahiptir.

Şekil 6.18 85-%95 Nem İçeren KZT Numunelerine Ait Kılcallık Deney Sonuçları



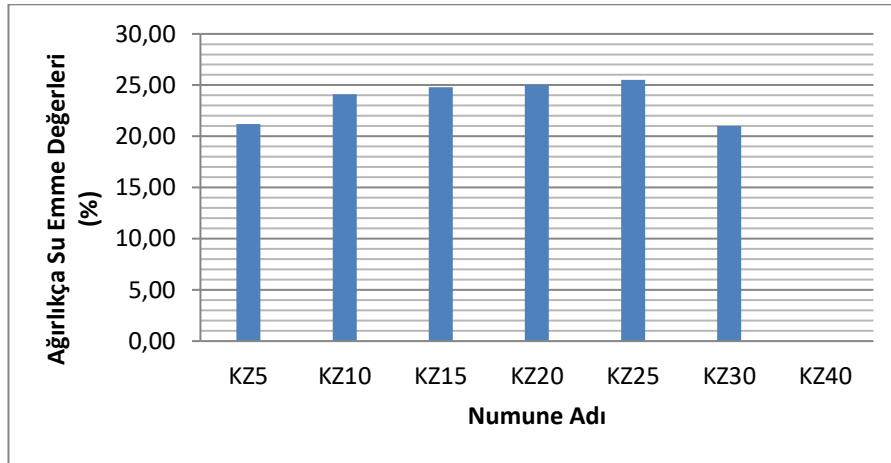
İkinci seri olan KZT numunelerine ait kılcallık deney sonuçları incelendiğinde KZT5 numunesi haricindeki numunelerin kılcallık değerleri yakın çıkmıştır.

Şekil 6.19 %85-%95 Nem İçeren KZY Numunelerine Ait Kılcallık Deney Sonuçları



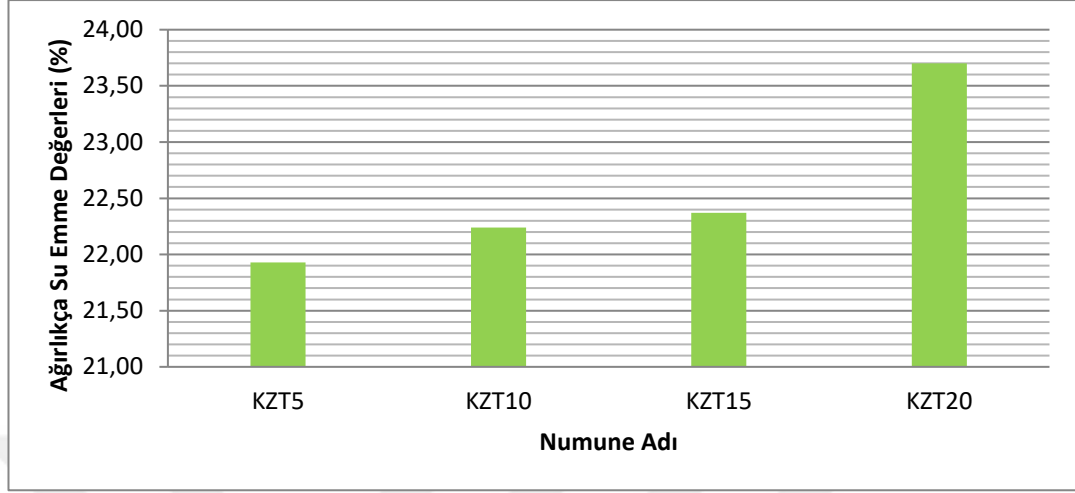
Üçüncü seri olan KZY numunelerine ait kılcallık deney sonuçları incelendiğinde KZY5 numunesi haricindeki numunelerin kılcallık değerleri yakın çıkmıştır.

Şekil 6.20 %85-%95 Nem İçeren KZ Numunelerine Ait Ağırlıkça Su Emme Deney Sonuçları



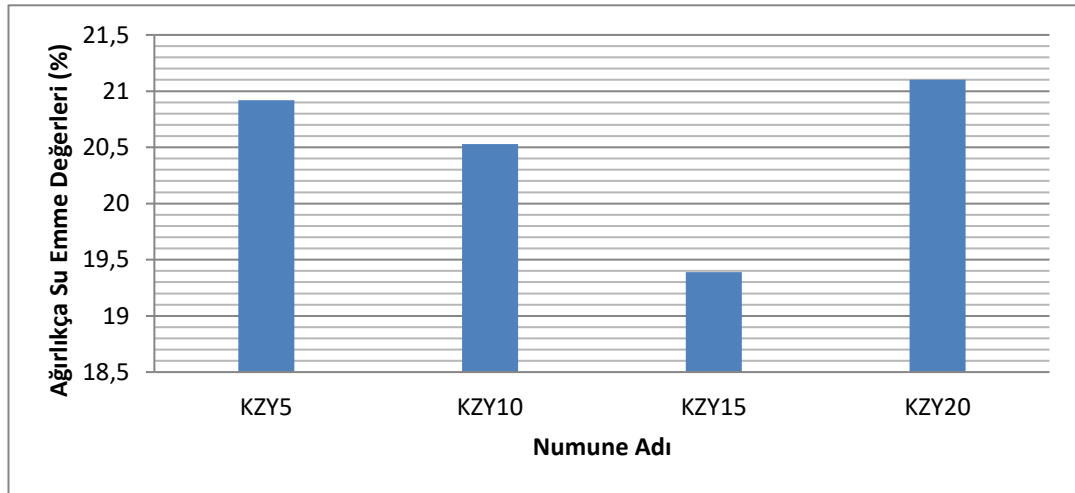
Birinci seri olan KZ numunelerini incelediğimizde ağırlıkça su emme değerlerinin %21.20 ile %25.50 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. KZ40 numunesi dağıldığı için KZ40 üzerinde deney yapılamamıştır.

Şekil 6.21 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan KZT Numunelerine Ait Ağırlıkça Su Emme Deney Sonuçları



İkinci seri olan KZT numunelerini incelediğimizde ağırlıkça su emme değerlerinin birbirine yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir. Numunelerin ağırlıkça su emme değerlerinin %21.93 ile %23.70 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

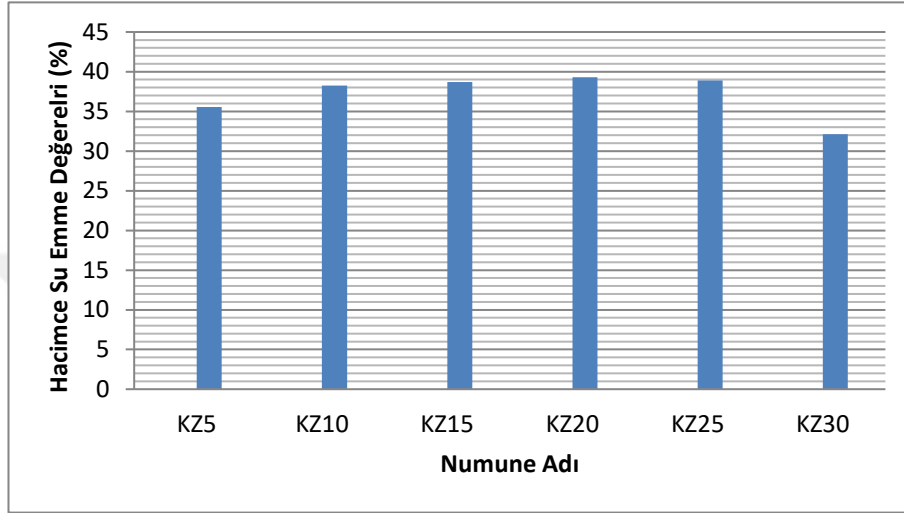
Şekil 6.22 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan KZY Numunelerine Ait Ağırlıkça Su Emme Deney Sonuçları



Üçüncü seri olan KZY numunelerini incelediğimizde ağırlıkça su emme değerleri, diğer serilere benzer olarak birbirine yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir. Numunelerin ağırlıkça su emme değerlerinin %19.39 ile %21.10 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

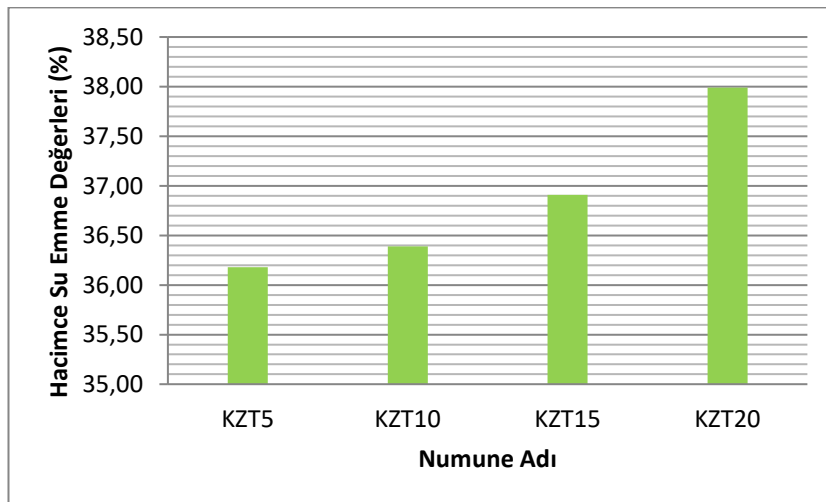
Her üç seri içinde ağırlıkça su emme değerlerinin birbirine yakın değerler çıktığı gözlemlenmiştir. Harçlarımızı hazırlarken yayılma değerlerini belirli oranda tutarak su miktarını değiştirmenin bunda etkili olduğu düşünülmektedir.

Şekil 6.23 %85-%95 Nem İçeren KZ Numunelerine Ait Hacimce Su Emme Deney Sonuçları



Birinci seri olan KZ numunelerini incelediğimizde hacimce su emme değerlerinin %32.12 ile %39.31 arasında değiştiği gözlemlenmiştir. KZ40 numunesi dağıldığı için KZ40 üzerinde deney yapılamamıştır. KZ serisine ait sonuçlar incelendiğinde aynı ağırlıkça su emme değerlerinde olduğu gibi sonuçların birbirine yakın çıktığı gözlemlenmiştir.

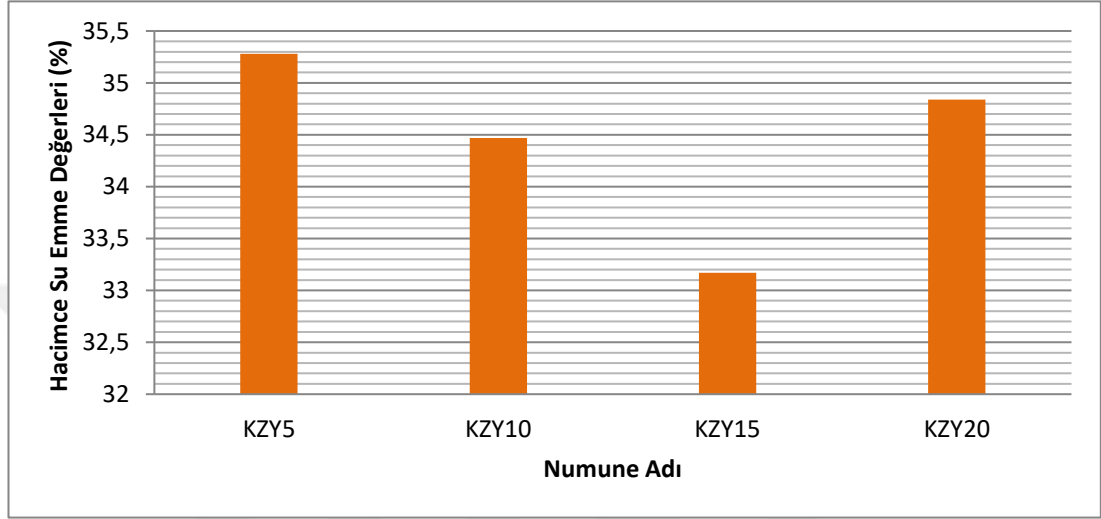
Şekil 6.24 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan KZT Numunelerine Ait Hacimce Su Emme Deney Sonuçları





İkinci seri olan KZT numunelerini incelediğimizde hacimce su emme değerlerinin %36.18 ile %37.99 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

Şekil 6.25 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan KZY Numunelerine Ait Hacimce Su Emme Deney Sonuçları

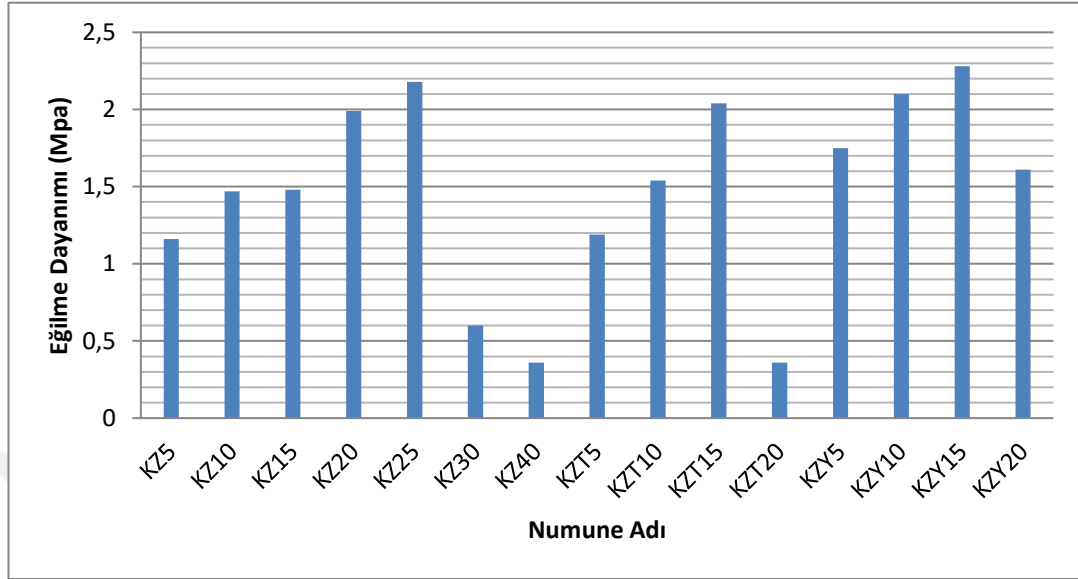


Üçüncü seri olan KZY numunelerini incelediğimizde hacimce su emme değerlerinin %33.17 ile %35.28 arasında değiştiği gözlemlenmiştir.

#### 6.4.Numune Gruplarının Sonuçlar Bakımından Kıyaslanması

Serilerde kullanılan malzemelerin çeşitlerini ve oranlarını değiştirmenin deney sonuçlarına yaptığı etkiyi daha iyi görmek ve istenilen özelliklerde kürler oluşturmak için kullanılan malzeme odaklı olarak serileri birbirleri ile kıyaslamak daha doğru sonuçlar verecektir. Bunun için kireç ve zeolitin yanı sıra, değişik oranlarda yüksek fırın cürufu ve tuğla kırığı kullanılarak hazırlanan harç numunelerine ait deney sonuçlarını kıyaslayıp deney sonuçlarını değerlendirmek gerekmektedir.

Şekil 6.26 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan Numunelere ait 28 Günlük Eğilme Dayanımı Değerleri

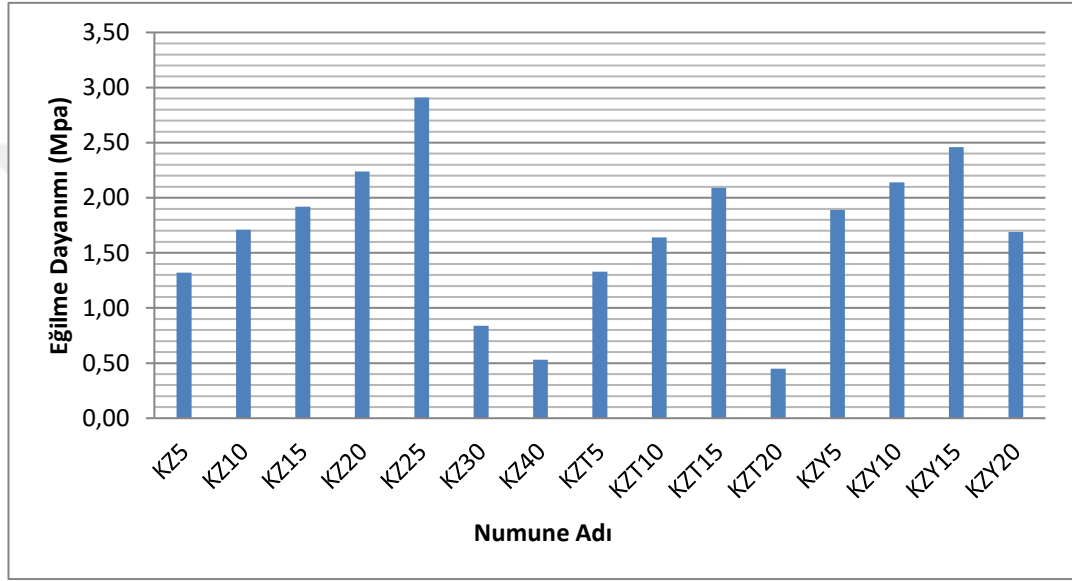


Serilere ait 28 günlük eğilme dayanımı incelendiğinde en iyi sonucun KZY15 numunesinde olduğu görülmektedir. KZ30, KZ40 ve KZT 20 numunesine ait eğilme dayanımları bir değerinin altında kalırken, KZY serisinde bir değerinin altında numune bulunmamaktadır. 28 günlük eğilme dayanımı değerleri irdelendiğinde yüksek fırın cürufunun eğilme dayanımına katkısının tüm oranlarında iyi olduğu görülmektedir. Zeolit ise harç karışımında 200-250 gram kullanıldığında 28 günlük deneyler için iyi sonuç vermiş olmakla beraber 250 gramdan fazla kullanıldığında eğilme dayanımına katkısı olmamıştır. KZT serisinde 150 gram zeolit ve 150 gram tuğla tozu içeren karışım en iyi sonuçları vermiştir. 200 gram zeolit ve 200 gram tuğla tozu içeren karışım ise tıpkı referans numunesi gibi bir değerinin altında kalmıştır.

Aynı miktarda kireç içeren numuneleri kıyasladığımızda ise en iyi sonuçların KZY serisinde olduğu görülmüştür. 100 gram kireç içeren KZ40, KZT20 ve KZY20 kıyaslandığında, KZ40 ve KZT20'ye ait eğilme dayanımı değerleri birden düşük çıkarken, KZY20 numunesinin eğilme dayanımı 1.61 mpa ölçülmüştür. 200 gram kireç içeren KZ30, KZT15 ve KZY15 numunelerini incelediğimizdeyse, KZ30 numunesinin 28 günlük eğilme dayanımı değerinin birin altında kaldığı ve KZY15 numunesinin eğilme dayanımı değerinin KZT15 numunesine ait eğilme

dayanımından iyi olduğu görülmüştür. 300 gram kireç içeren numuneler arasında yine en iyi dayanım değeri KZY serisinde bulunan KZY10 numunesine ait olmakla beraber KZ serisinde bulunan KZ20 nin KZT serisi numunesi olan KZT10'a göre eğilme dayanımı daha yüksektir. 400 gram kireç içeren numuneler arasında da en yüksek eğilme dayanımına KZY serisine ait KZY5 numunesi sahiptir.

Şekil 6.27 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan Serilere ait 60 Günlük Eğilme Dayanımı Değerleri



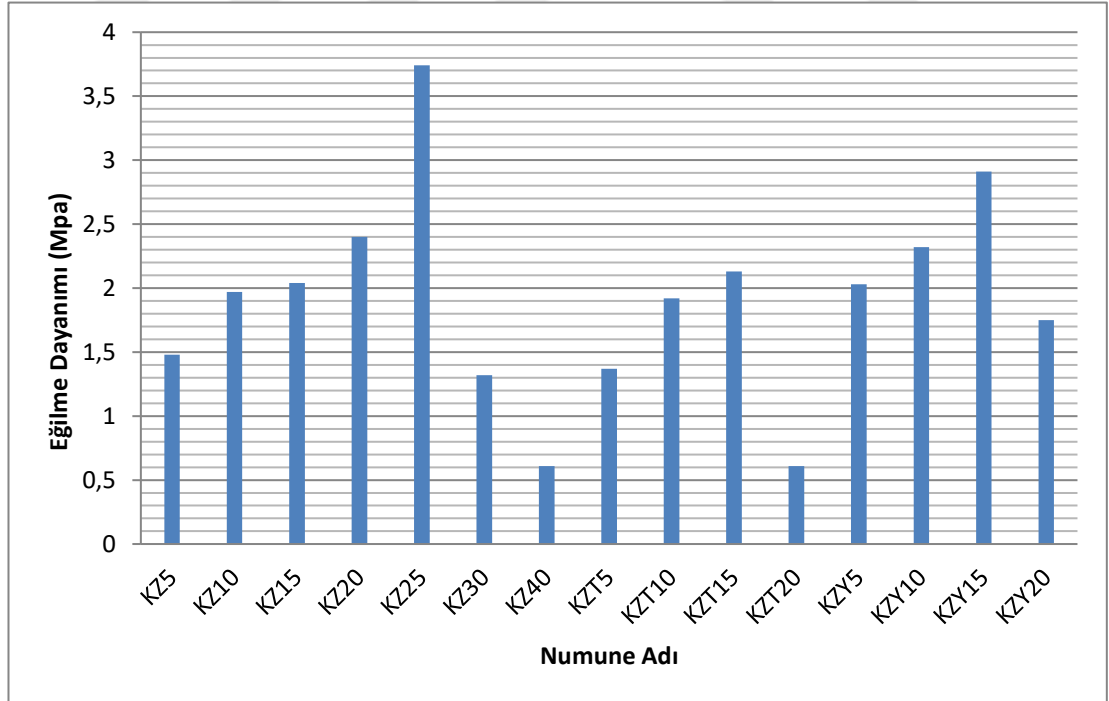
Serilere ait 60 günlük eğilme dayanımı incelendiğinde en iyi sonucun KZ25 numunesinde olduğu görülmektedir. 28 ve 60 günlük deneyler bir arada incelendiğinde en fazla artış KZ25 numunesinde olmuştur. KZY serisinin eğilme dayanımındaki artış miktarı KZT serisine göre daha belirgindir.

KZ30, KZ40 ve KZT 20 numunesine ait eğilme dayanımları bir değerinin altında kalırken, KZY serisinde bir değerinin altında numune bulunmamaktadır. 60 günlük eğilme dayanımı değerleri irdelendiğinde yüksek fırın cürufunun eğilme dayanımına katkısının tüm oranlarında iyi olduğu görülmektedir. Zeolit ise harç karışımında 200-250 gram kullanıldığında 60 günlük deneyler için iyi sonuç vermiş olmakla beraber 250 gramdan fazla kullanıldığında eğilme dayanımına katkısı olmamıştır. KZT serisinde 150 gram zeolit ve 150 gram tuğla tozu içeren karışım en iyi sonuçları

vermiştir. 200 gram zeolit ve 200 gram tuğla tozu içeren karışım ise tıpkı referans numunesi gibi bir değerinin altında kalmıştır.

Aynı miktarda kireç içeren numuneleri kıyasladığımızda ise en iyi sonuçların 300 gram kireç içeren seri haricinde KZY serisinde olduğu görülmüştür. 300 gram kireç içeren serileri karşılaştırdığımızda KZ20 numunesinin 2.24 mpa lık eğilme dayanımı ile en iyi değere sahip olduğu görülmektedir. 300 gram kireç içeren KZY10 numunesi ise 2.14 mpa eğilme dayanımına sahiptir. 100 gram kireç içeren KZ40, KZT20 ve KZY20 kıyaslandığında, tıpkı 28 günlük deneylerde olduğu gibi bir değerinin üzerine sadece KZY20 numunesi çıkmıştır. KZY20 numunesinin eğilme dayanımı 1.69 mpa ölçülmüştür. Diğer kireç miktarları için bulunan sıralama 28 günlük eğilme dayanımı deneyleri ile aynıdır. KZT serisi tıpkı 28 günlük deneylerde olduğu gibi 200 gram kireç içeren numuneler arasında KZ serisinden daha iyi eğilme dayanımına sahiptir.

Şekil 6.28 %85-%95 Nem İçeren Ortamda Bulunan Serilere ait 90 Günlük Eğilme Dayanımı Değerleri



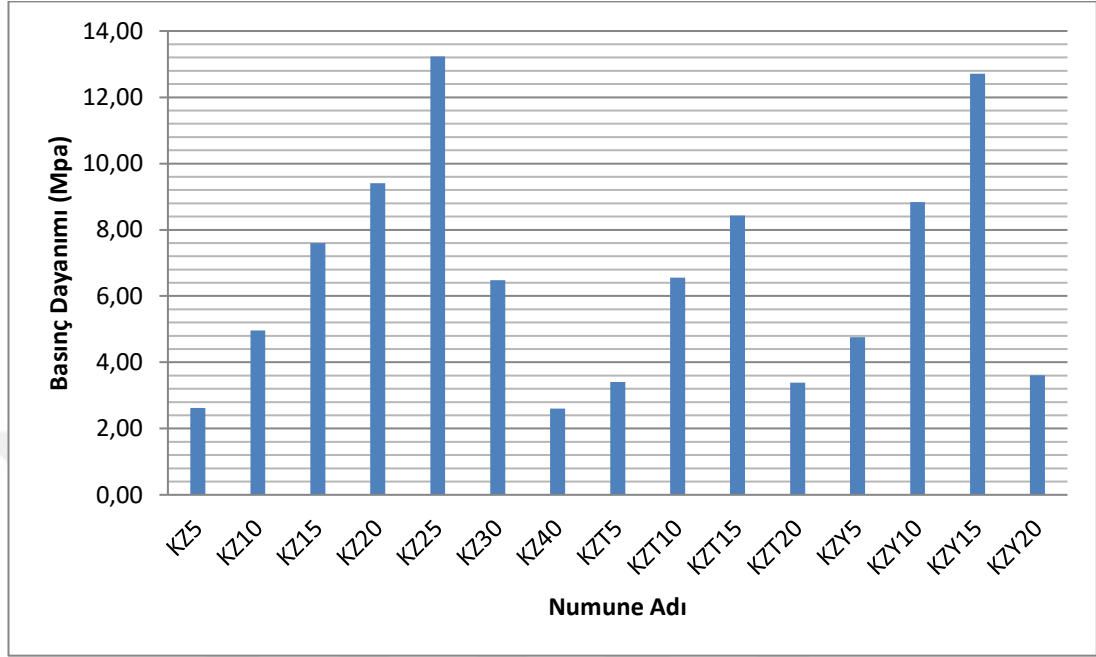
Serilere ait 90 günlük eğilme dayanımı incelendiğinde en iyi sonucun KZ25 numunesinde olduğu görülmektedir. Onu 90 günlük eğilme dayanımı 2.91 mpa olan

KZY15 numunesi takip etmektedir. 28 ve 90 günlük deneyler bir arada incelendiğinde en fazla artış KZ25 numunesinde olmuştur. KZ25 numunesinin 28 günlük eğilme dayanımı değeri 2.18 mpa iken, 90 günlük eğilme dayanımı değeri 3.74 mpa'dır. KZY serisinin eğilme dayanımındaki artış miktarı KZT serisine göre daha belirgindir.

KZ40 ve KZT 20 numunesine ait eğilme dayanımları bir değerinin altında kalırken, KZY serisinde bir değerinin altında numune bulunmamaktadır. 90 günlük eğilme dayanımı değerleri irdelendiğinde 300 gram zeolit içeren KZ30 numunesinin 1.32 mpa değeriyle bir değerinin üzerine çıkmıştır. Zeolit ise harç karışımında 200-250 gram kullanıldığında 90 günlük deneyler için iyi sonuç vermiştir. KZT serisinde 150 gram zeolit ve 150 gram tuğla tozu içeren karışım en iyi sonuçları vermiştir. 200 gram zeolit ve 200 gram tuğla tozu içeren karışım ise tıpkı referans numunesi gibi bir değerinin altında kalmıştır.

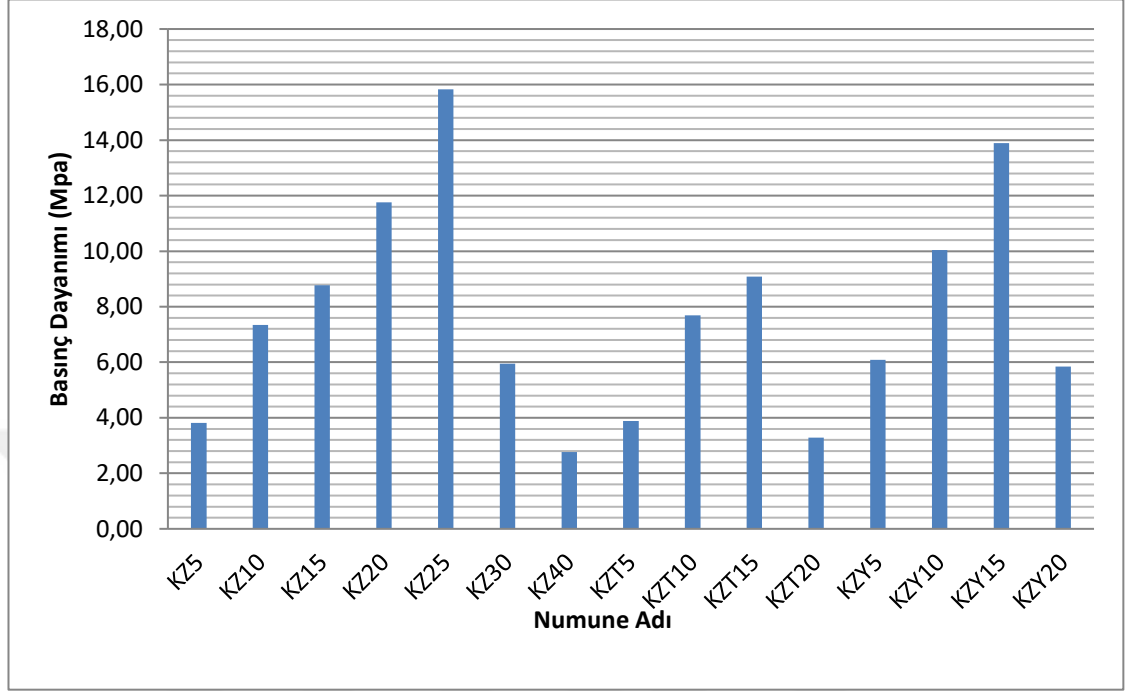
Tıpkı 28 günlük ve 60 günlük deneylerde yaptığımız gibi aynı miktarda kireç içeren numuneleri kıyasladığımızda ise en iyi sonuçları, 60 günlük deneylerde olduğu gibi 300 gram kireç içeren numuneler hariç KZY serisinde olduğu görülmüştür. 100 gram kireç içeren KZ40, KZT20 ve KZY20 kıyaslandığında, tıpkı 28 günlük deneylerde olduğu gibi bir değerinin üzerine sadece KZY20 numunesi çıkmıştır. KZY20 numunesinin eğilme dayanımı 1.75 mpa ölçülmüştür. 200 gram kireç içeren numunelerde ise KZ30, 90 günlük deneylerde ilk kez bir değerinin üstüne çıkmıştır. KZ30 numunesinin eğilme dayanımı 1.32 mpa ölçülmüştür. Fakat 28 ve 60 günlük eğilme dayanımı deneylerinde olduğu gibi 200 gram kireç içeren numuneler arasında en düşük değer KZ30 numunesinde elde edilmiştir.

Şekil 6.29 %85-%95 Nem İçeren Ortamdaki Numunelere ait 28 Günlük Basınç Dayanımı Değerleri



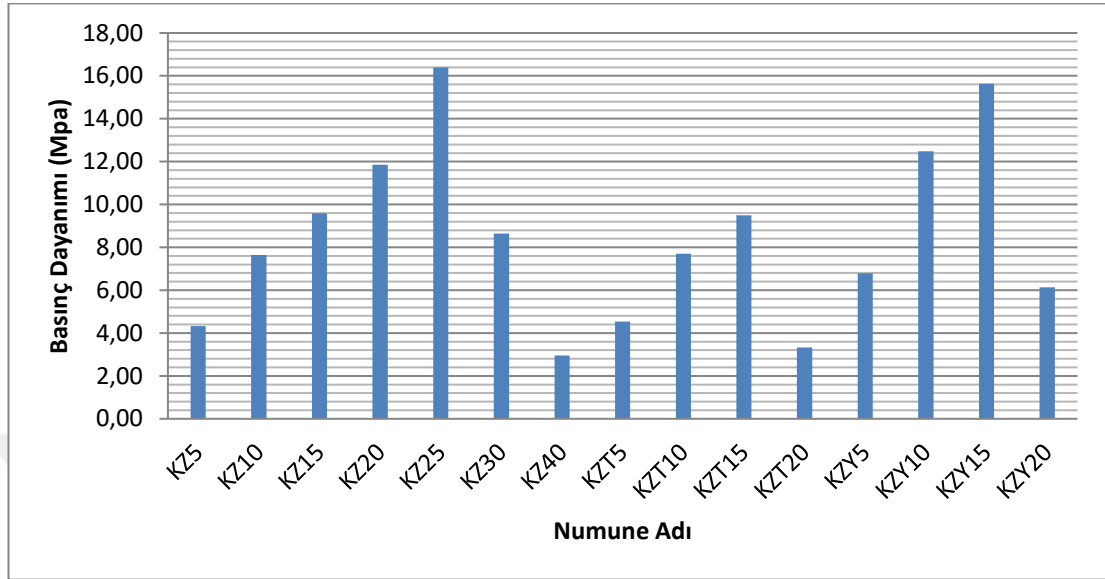
Serilere ait 28 günlük basınç dayanımı incelendiğinde en iyi sonucun KZ25 numunesinde olduğu görülmektedir. Zeolit aynı oranlarda kullanıldığı KZ5, KZ10, KZ15, KZ20 ile KZT5, KZT10, KZT15, KZT20 ve KZY5, KZY10, KZY15, KZY20 kıyaslandığında, KZT20 ve KZY20 haricindeki numunelerde sadece zeolit kullanılan numunelere göre tuğla ve yüksek fırın cürufu içeren numuneler daha iyi sonuçlar vermiştir. Yüksek fırın cürufu içeren numunelerin basınç dayanımları, tuğla tozu içeren numunelere göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Ultrases değerleri ve eğilme dayanımları yüksek olan numunelerin basınç dayanımları da yüksek çıkmıştır.

Şekil 6.30 %85-%95 Nem İçeren Ortamdaki Numunelere ait 60 Günlük Basınç Dayanımı Değerleri



%85-%95 nem içeren ortamda bulunan serilere ait 60 günlük basınç dayanımı incelendiğinde en iyi sonucun tıpkı 28 günlük sonuçlarda olduğu gibi KZ25 numunesinde olduğu görülmektedir. 28 ve 60 günlük deneyler bir arada incelendiğinde en fazla artış 2.60 mpa artışla KZ25 numunesinde olmuştur. 28 ve 60 günlük deneyler incelendiğinde tüm numunelerin 28 günlük basınç dayanımına göre 60 günlük basınç dayanım değerleri KZT20 numunesi hariç daha yüksek çıkmıştır. KZT20 numunesinin 28 günlük basınç dayanım değeri 3.39 mpa iken 60 günlük basınç dayanım değeri 3.28 mpa'dır. KZT serisindeki diğer serilere göre daha düşük kalmıştır.

Şekil 6.31%85-%95 Nem İçeren Ortamdaki Serilere ait 90 Günlük Basınç Dayanımı Değerleri



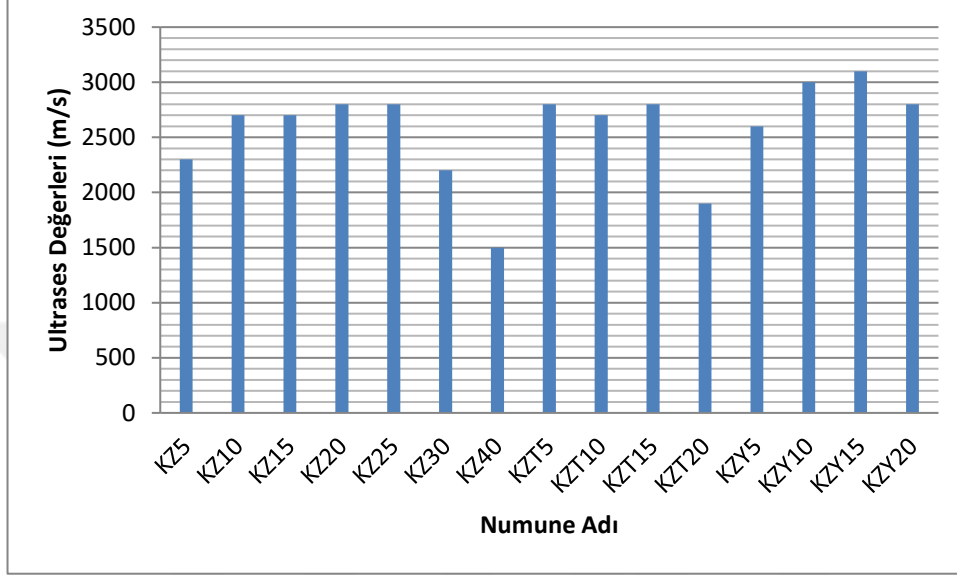
Serilere ait 90 günlük basınç dayanımı incelendiğinde en iyi sonucun tıpkı diğer iki deney olan 28 ve 60 günlük deney sonuçlarında olduğu gibi KZ25 numunesinde olduğu görülmektedir. KZ serisinde en bariz artış 2.36 mpa ile KZ30 numunesinde olmuştur. Eğilme dayanımı deneylerinde de 90 günlük deney sonuçlarında bir değerini geçen KZ30 numunesi 60 ve 90 günlük sonuçlar arasındaki artışla bu sonuç arasında bağlantı kurulabilir. Zeolit aynı oranlarda kullanıldığı KZ5, KZ10, KZ15, KZ20 ile KZT5, KZT10, KZT15, KZT20 ve KZY5, KZY10, KZY15, KZY20'ye ait 90 günlük basınç dayanımları kıyaslandığında, KZT20 ve KZY20 haricindeki numunelerde sadece zeolit kullanılan numunelere göre tuğla ve yüksek fırın cürufu içeren numuneler daha iyi sonuçlar vermiştir. KZT20 numunesinde 60 günlük deneye oranla 0.04 mpa'lık artış olsa dahi 28 günlük basınç dayanım değerini yakalayamamıştır.

Laboratuvar ortamında kür şartları oluşturulmadan bırakılan numunelerden sadece KZ15, KZ20 ve KZ25 in eğilme dayanımları bir değerinin üzerine çıkmıştır. Kür ortamında bulunan numunelerin basınç dayanımları ise kür ortamı oluşturulmadan bırakılan numunelerden çok daha iyi sonuçlar vermiştir. Günümüzde beton ile ilgili birçok kez gündeme gelen kür şartlarının, kür ortamına sahip numunelerle direk kür



şartları oluşturulmadan laboratuvar ortamına bırakılan numuneler arasında oluşan farkla tarihi yapı harçları içinde büyük öneme sahip olduğu görülmüştür.

Şekil 6.32 %85-%95 Nem İçeren Ortamdaki Serilere Ait Ultrases Değerlerinin Karşılaştırılması



Numunelere ait ultrases değerlerini incelediğimizde basınç ve eğilme dayanımı yüksek olan numunelerin ultrases değerlerinin de yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Basınç ve eğilme dayanımı bir değerinin altında kalan referans numunelerinin ölçülen ultrases değeri 1100'dür. Referans numunesi haricinde en düşük ultrases değerine sahip numune KZ40 numunesidir. Ultrases deneyinde ölçülen değeri 1500 olan KZ40 numunesi üç seri içerisinde en düşük basınç ve eğilme dayanımına sahip numunedir. En yüksek ultrases değerine KZY15 numunesi sahipken onu KZ25 numunesi takip etmektedir.

Numuneler ait kılcallık değerlerini incelediğimizde kireç miktarı azaldıkça kılcallık değerlerinin genellikle arttığı görülmektedir. Referans numunesine ait kılcallık değeri KZ5,KZ10,KZ15,KZ40, KZT5 ve KZY5 numunelerine göre daha iyi sonuç vermiştir. Kireçle birlikte kullanılan malzemeler belirli oranı geçtikten sonra kılcallığa daha iyi katkı sağlamışlardır. KZ serisinde yüksek basınç ve eğilme dayanımlarına sahip KZ20 ve KZ25 numuneleri seride en yüksek kılcallık değerlerine sahiptir. KZT ve KZY serilerinde KZT5 ve KZY5 numuneleri hariç sonuçlar yakın çıkmıştır. KZY serisine ait kılcallık değerleri tıpkı basınç-eğilme dayanımı ve ultrases deney sonuçlarında olduğu gibi KZT serisinden yüksek

çıkıştır. 100 gram kireç içeren numuneler içinde en düşük kılcallık değerine KZ40 numunesi sahiptir. Basınç ve eğilme dayanımı deneylerinin aksine kılcallık deneylerinde sonuçların yakın çıkması, numuneler hazırlanırken su oranında değişiklik yapılmasının etkili olduğu düşündürmektedir. Aynı karışım oranlarında su oranı sabit tutularak aynı kür ortamında deney yapmak bu konuda daha iyi fikir sahibi olmamızı sağlayabilir.

Serilere ait su emme deneylerini incelediğimizde ise, sonuçların yakın çıktığını görmekteyiz. Yayılma sabit tutmak amacıyla, harç karışımlarını hazırlarken kullanılan su miktarının değişiklik yapılmasının bu durumda etkili olduğu düşünülmektedir. Aynı karışım oranlarında su oranı sabit tutularak aynı kür ortamında deney yapmak bu konuda daha iyi fikir sahibi olmamızı sağlayabilir. Sadece KZ40 numunesi dağıldığı için KZ40 numunesine ait su emme değerleri hakkında yorum yapılamamaktadır.

## 7. SONUÇLAR

Tüm seriler incelendiğinde ultrases değerleri açısından en iyi sonuçları KZ20,KZ25,KZT15,KZY10 ve KZY15 numuneleri vermiş olup, karışımlarda kullanılan kirecin 200-300 gram aralığında olduğunda ultrases geçirimi açısından olumlu sonuçlar doğurduğu kanısına varılmıştır.

Kılcallık açısından numuneler incelediğinde basınç ve eğilme dayanımı iyi olan numunelerin biraz daha iyi sonuçlar verdiği görülmekle beraber sonuçlar birbirine yakın çıkmıştır. Tıpkı ultrases deneyinde olduğu gibi karışımlarda 200-300 gram kireç kullanıldığında kılcallık deneylerinde de diğer numunelere göre iyi sonuçlar elde edilmiştir. Basınç ve eğilme dayanımı deneylerinin aksine kılcallık deneylerinde sonuçların yakın çıkması, numuneler hazırlanırken su oranında değişiklik yapılmasının etkili olduğu düşündürmektedir. Aynı karışım oranlarında su oranı sabit tutularak aynı kür ortamında deney yapmak bu konuda daha iyi fikir sahibi olunmasını sağlayabilir.

Serilere ait su emme deneyleri incelendiğinde ise, sonuçların yakın çıktığını görülmektedir. Yayılma sabit tutmak amacıyla, harç karışımlarını hazırlarken kullanılan su miktarının değişiklik yapılmasının bu durumda etkili olduğu düşünülmektedir. Aynı karışım oranlarında su oranı sabit tutularak aynı kür ortamında deney yapmak bu konuda daha iyi fikir sahibi olunmasını sağlayabilir. Sadece 400 gram zeolit ile 100 gram kireç içeren numune dağıldığı için bu numuneye ait su emme değerleri hakkında yorum yapılamamaktadır.

Ölçülen ultrases değerlerinin, eğilme ve basınç dayanımı değerleri ile karşılaştırıldığında örtüştüğü, ultrases geçirgenliği açısından yüksek sonuçlar veren numunelerin eğilme ve basınç dayanımı açısından da yüksek dayanım sağladığı görülmüştür. Bunun bu tür harçlarda, ultrases ölçümü ile ön bilgi edinilebileceği bilgisini vermiştir. Numunelerin eğilme dayanımı değerleri arttıkça da basınç dayanımı değerlerinde de artış görülmüştür.

Araştırmalar, deneyler ve testler sonucunda yüksek fırın cürufu, zeolit ve tuğla tozu hakkında birçok bilgi edinilmiştir. Bu bilgiler dâhilinde malzemeleri yorumlayacak olursak aynı miktarda kireç kullanılan numuneler arasında sadece zeolit içeren numunelere oranla tuğla tozu ve yüksek fırın cürufu içeren numunelerin değerleri daha iyi gelmiştir. Özellikle yüksek fırın cürufu içeren KZY serisine ait değerler tuğla tozu içeren KZT serisine göre daha iyidir. Zaman geçtikçe oluşan artış oranları da KZY serisinde daha iyidir. Tüm numuneler düşünüldüğünde ise en yüksek dayanım değerlerine 250 gram zeolit ve 250 gram kireç içeren numuneye aittir.

Özellikle yüksek fırın cürufunun gelecekte, onarım harçları için ideal özelliklere sahip bir yapay puzolan olarak kullanılabilir bir malzeme olduğu tespit edilmiştir. Bu malzemenin düşük maliyetle ve kolay erişilebilir olması ayrıca çevreye zarar verebilecek durumda iken hammadde durumuna dönüşmesi dünya ve gelecek nesiller için oldukça faydalı sonuçlar doğuracaktır. Zeolit gibi ülkemizde bol miktarda bulunan doğal bir puzolanın bu alanda kullanımını ile ilgili yapılacak çalışmalar, bu malzemeye ayrı bir değer katacaktır. Ayrıca lkemizde imento kullanılarak tarihi yapılara verilen zararlar düşünüldüğünde bu malzemeler üzerinde yapılan çalışmaların değeri bir kat daha artmaktadır.

## 8.KAYNAKLAR

- Açıkgenç M., Karataş M. ve Ulucan Z. Ç., (2013), Elazığ Yöresine Ait Tuğla ve Kireç Taşı Tozunun Kendiliğinden Yerleşen Harcın Mühendislik Özelliklerine Etkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, (19), (249-255)
- Akgün Y ve Yazıcıoğlu Ö.F., İki Farklı Doğal Zeolit Katkısının Çimento Harç Aşınma Dayanımına Etkisi, Ordu Üniversitesi Bil. Tek. Derg., 6.(1),94-104
- Ahunbay Z. (1988) Mimar Sinan Yapılarında Kullanılan Yapım Teknikleri ve Malzeme, Mimarbaşı Koca Sinan: Yaşadığı Çağ ve Eserleri, 531-538
- Albayrak M.,2010, Manisa (Gördes) Bölgesi Zeolitlerinin Mineralojik, Kimyasal ve Teknolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Kibited 1(4) 273-285,
- Alsaç, Ü. (1992). Türkiye’de Restorasyon, İletişim Yayınları, İstanbul, 47.
- Aruntaş H.Y. 2006. Uçucu Küllerin İnşaat Sektöründe Kullanım Potansiyeli, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 21.(1), 193-203
- Bektaş F., Uzal B. ve Turanlı L., 2003, Öğütülmüş Doğal Zeolitın Doğal Alkali-Silika Reaksiyonu ve Sülfat Etkisi ile Genleşmesinin İncelenmesi, 5. Ulusal Beton Kongresi, İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, 403-409
- Bideci Ö.S.Bideci A ve Oymael S., 2009 , Zeolit Katkılı Çimentoların Özelliklerinin İncelenmesi, SDU International Technologic Science, 5.(3), 70-76
- Bilim C. 2011. Çimento Harçlarında İkame Malzemesi Olarak Zeolit ve Silis Dumanı Kullanımı, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(4): 339-345
- Binan, C. (2001). Türkiye’de Anıtsal Mimari Mirasın Restorasyonu ve Özgünlüğünün Korunması ile İlgili Riskler, Taç Vakfı’nın 25. Yılı, İstanbul, 109 -110-111.
- Binan, C. (2005). Sinan Genim’e Armağan, Cumhuriyet Dönemi’nde Türkiye’de Mimari Koruma Üzerine Yorumlar, Taç Vakfı’nın 25. Yılı, İstanbul, 198 - 199 - 202.
- Bingöl Ş, (2018),Alkali ile Aktivite Edilmiş Yüksek Fırın Cürufu Geopolimer Harçların Mekanik ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erciyes Üniversitesi
- Binici H., Durgun M.Y. ve Yardım Y., 2010, Kerpiç Yapılar Depreme Dayanıklı mıdır? Avantajları ve Dezavantajları Nelerdir?, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(2), 1-11
- Bungey, J., Millard, S., ve Grantham, M., 2006. Testing of Concrete in Structures (4.b.), New York: Taylor & Francis Group.
- Çağatay H.İ ve Özdemir E., 2009, PÇ ve Granüle Yüksek Fırın Cürufu Mineral Katkısını İçeren Harç Numunelerinin Bazı Özelliklerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,24(1) 1-2 41-50
- Çal, H. (1997). Osmanlı Devletinde Asar-i Atika Nizamnameleri, Vakıflar Dergisi, Ankara, 393.
- Çavuş M, Dayı M. Ulusu H. ve Aruntaş H.Y.,2015, Sürdürülebilir Bir Yapı Malzemesi Olarak Kerpiç, Second International Sustainable Building Symposium
- Çizer, Ö., Böke H ve İpekoğlu, B.,2004, “Bazı Osmanlı Dönemi Hamam Yapılarının Kubbe ve Duvarlarında Kullanılan Kireç Harçlarının Özellikleri” II.Ulusal

- Malzeme Kongresi ve Sergisi, TMMOB Mimarlar Odası Büyükkent Şubesi, İstanbul,
- Erdem E., Donat R. ve Çetişli H., 1999, Hydration and Mechanical Properties of Cement Containing Zeolite, Cement and Concrete World, 3(18), 22-28
- Erdoğan S.T. ve Erdoğan T. Y., 2007, Bağlayıcı Malzemelerin ve Betonun On bin Yıllık Tarihi, ODTÜ Yayıncılık
- Erdoğan S.T. ve Erdoğan T. Y., 2008, Puzolanik Mineral Katkılar ve Tarihi Geçmişleri, 2. Yapılarda Kimyasal katkıları Sempozyumu,
- Eriç, M. 1980, “Kerpiç Eserlerin Onarımı ve Kullanılmasında Bir Araştırma”, 3.Uluslararası Kerpiç Koruma Sempozyumu, Ankara
- Esen, S., Tunç, N., Telatar, S., Tavukçuoğlu, A., Caner Saltık, E. ve Demirci, Ş., 2004, Manisa Çukur Hamam’ın Onarımına Yönelik Malzeme Çalışmaları, II.Ulusal Malzeme Kongresi ve Sergisi, TMMOB Mimarlar Odası Büyükkent Şubesi, İstanbul,
- Eskici B., 2007 “Mimari Onarımlarda Malzeme Kullanımı ve Yöntem Sorunları”, 1.Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Ankara
- Güleç A., 1992, Bazı Tarihi Anıt Harç ve Sıvaların İncelenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Gülen J ve Zorbay F, Arslan S, 2012, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, 63-68
- Hasol D. ,2016, Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayınları, 494
- Işık B.,2003, Depreme Dayanıklı Yapı Elde Edilmesi İçin Alker Duvarın Tasarım Kriterlerinin Araştırılması, Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı. 26-30 Mayıs İstanbul:CD Bildiri No:AE-048
- Kleiner E.E.D. 2009, Roma Mimarlığı Ders Notları- Yale Koleji
- Mahrabel H.A. 2006, Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Mavi Ö., 2000, Kireç Harç ve Sıvaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Mavioğlu Ülkü Aydın, 2011, Farklı Puzolanik Katkılar ile Hazırlanan Horasan Harçlarının Değişen Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Moropolou, A., Bakolas, A. ve Anagnostopoulou, S.,2004 “Composite Materials in Ancient Structures” www.elsevier/locate/ Cement and Concrete Composites, 2004.
- Postacıoğlu, B., 1981. Cisimlerin Yapısı ve Özellikleri- İçyapı ve Mekanik Özellikler ( 1), İTÜ matbaası, İstanbul.
- Seyhan E.C, 2007 “Tarihi Yapıların Onarımında Hazır Harçların Kullanımı”, 1.Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu, Ankara
- Sevim U.K. ve Okumuş N., 2011, Zeolit ve Silika Dumani Katkılı Betonların Mekanik ve Geçirimsizlik Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi , 26(2) 57-63
- Sickels, L. B.,1981, Organics and Synthetics: Their Use as Additives in Mortars, Cement and Grouts Used in The Conservation of Historic Buildings, Proceedings of Symposium in Rome.,25-52,

- TDK., 2019, [www.sozluk.gov.tr](http://www.sozluk.gov.tr)., 09.08.2019
- TS EN 12390-1, 2013, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 1: Deney numunesi ve kalıplarının şekil, boyut ve diğer özellikleri, TSE, Ankara.
- TS EN 12390-2, 2013, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması Ve Kürlenmesi, TSE, Ankara.
- TS EN 12390-4, 2013, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 4: Basınç Dayanımı - Deney Makinelerinin Özellikleri, TSE, Ankara.
- TS EN 12390-5, Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 196-1, 2016, Çimento Deney Metotlar - Bölüm 1: Dayanım, TSE, Ankara.
- TS EN 196-2, 2016, Çimento Deney Metotlar - Bölüm 2: Çimentonun Kimyasal Analizi, TSE, Ankara.
- TS EN 196-3, Çimento Deney Metotlar - Bölüm 3: priz Süresi ve Hacim Genleşme Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 459-2, 2012, Yapı kireci - Bölüm 2: Deney yöntemleri, TSE, Ankara.
- TS EN 1015-1, 2000, Kâgir Harcı - Deney Metotları - Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini (Elek Analizi Yoluyla ), TSE, Ankara.
- TS EN 480-5, 2001, Kimyasal Katkılar - Beton, Harç ve Şerbet İçin- Deney Metotlar Bölüm5: Kılcal Su Emme Tayini, TSE, Ankara.
- TS EN 12504-4, 2012, Beton deneyleri - Bölüm 4: Ultrases geçiş hızının tayini, TSE, Ankara
- Uçarkuş Özlem, Anıt Eserlerin Proje ve Uygulamalarında Karşılaşılan Sorunlar, Yüksek Lisans tezi, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi 2017
- Yalçın M., 2000, Doğal Taş- Bağlayıcı Yapı Malzemeleri Ders Notları
- Web 1. <https://gaiadergi.com/doga-dostu-kerpicin-faydalari-ve-dunyadaki-kerpic-yapilar> 30.05.2019
- Web 2 <http://ayasofyamuzesi.gov.tr/tr/content/tarih%C3%A7e>, 30.05.2019

## 9. ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı:** YUNUS DAĞCI

**Doğum Tarihi:** 01.09.1989

**Doğum Yeri :** Merkez /TOKAT

### **Eğitim Bilgileri;**

**Yabancı Dil :** İngilizce

**Lise:** Tokat Anadolu Lisesi

**Lisans:** Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

**İş :** Tokat Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü

2013-2016 Proje- Yapım Şube Müdürlüğü

2016-Yapı Denetim ve Yapı Malzemeleri Şube Müdürlüğü

**Sertifikaları:** Piyasa Gözetim ve Denetim Uzmanlığı

İmar Denetçisi Sertifikası

Osmanlıca Temel Seviye Okuma ve Yazma

AMP Hakediş Programı