

**ALTERNATİF SIVA HARÇLARININ YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNE  
DAYANIKLILIĞI**

**Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2012  
ANKARA**



**ALTERNATİF SIVA HARÇLARININ YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNE  
DAYANIKLILIĞI**

**Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2012  
ANKARA**

Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR tarafından hazırlanan “ALTERNATİF SIVA HARÇLARININ YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNE DAYANIKLILIĞI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Metin ARSLAN

.....

Tez Danışmanı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Metin ARSLAN

.....

Yapı Eğitimi ABD, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. İlhami DEMİR

.....

İnşaat Mühendisliği ABD, Kırıkkale Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK

.....

Yapı Eğitimi ABD, Gazi Üniversitesi

Tarih: 13/01/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR

**ALTERNATİF SIVA HARÇLARININ YÜKSEK SICAKLIK ETKİSİNE  
DAYANIKLILIĞI  
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
Ocak 2012**

**ÖZET**

Bu çalışmada, sıva yapımında kullanılan harçların yüksek sıcaklık etkisi altındaki mekanik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla çimento, kireç, alçı ve melez harcı olmak üzere 4 tip sıva harcı üretilmiştir. Harçların üretiminde standart CEN kumu, sönmüş kireç, Portland çimentosu, alçı ve içme suyu kullanılmıştır. Deneysel çalışma; Örnek üretimi, kürü, sıcaklık etkisi, soğutma süreci ve mekanik deneyler olmak üzere beş aşamada gerçekleştirilmiştir. Harçlar TS EN 196-1 standardına göre mikserle karıştırılarak elde edilmiştir. Harçların kıvamı, akma tablasında  $110 \pm 5$  mm yayılma dikkate alınarak tespit edilmiştir. Harçlar laboratuarda üretildikten sonra TS EN 196-1 standardına göre  $40 \times 40 \times 160$  mm boyutlarında prizma örnekleri elde edilmiş ve  $21 \pm 2$  °C sıcaklık ve % 50-60 bağıl neme sahip laboratuvar ortamında 28 ve 90 gün süreyle kür edilmiştir. Harç örnekleri 20, 125, 250, 500, 600 ve 900 °C olmak üzere altı sıcaklık etkisine maruz bırakılmıştır. 20 °C sıcaklıkta bekletilen harç örnekleri referans harç kabul edilmiştir. Harçların soğutma işlemi havada ve suda olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmiştir. Harç örnekleri oda sıcaklığına geldikten sonra eğilme ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Yüksek sıcaklık etkisine maruz kalan sıva harçlarının içyapısında meydana gelen değişimler makro düzeyde araştırılmıştır. Deney sonuçları istatistiksel olarak incelenmiş ve yüksek sıcaklığın harçlar üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Üretilen harç örneklerinin

eğilmede çekme ve basınç dayanımlarında referansa göre 125 °C sıcaklığa kadar sürekli artış göstermiştir. Bu sıcaklıktan sonra harçların eğilmede çekme ve basınç dayanımlarında harç değerleri arasında sürekli azaldığı görülmüştür. Havada ve suda soğutulan harç örneklerinin eğilmede çekme ve basınç dayanımı değerleri arasında istatistikî açıdan anlamlı bir fark olduğu ve dayanımlarının bütün harçlar için havada soğutulan örneklerde gerçekleştiği görülmüştür. Sonuç olarak, üretilen harçlar arasında en yüksek dayanımları çimento harcının gösterdiği ve yüksek sıcaklığa maruz harçlarda havada soğutma işlemlerinin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

**Bilim Kodu** : 714.3.036  
**Anahtar Kelimeler** : Sıva harçları, yüksek sıcaklık, mekanik özellikler  
**Sayfa Adedi** : 109  
**Tez Yöneticisi** : Prof. Dr. Metin ARSLAN

# **THE RESİSTANCE OF THE ALTERNATIVE PLASTER MORTARS TO THE HIGH TEMPERATURE EFFECT**

**(M.Sc. Thesis)**

**Oğuzhan Yavuz BAYRAKTAR**

**GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

**January 2012**

## **ABSTRACT**

**In this study, the changes in the mechanical characteristics of the mortars used for the plaster made under the high temperature effect have been researched. For this reason, four types of plaster mortars, including lime, cement, gypsum and hybrid mortar have been produced. Standart CEN sand, slaked lime, Portland cement, gypsum and drinking water were used for the production of mortars. The experimental study was carried out by five stages such as the sample production, cure, the effect of the temperature, cooling period and the mechanical experiments. Mortars were obtained from mixturing according to TS EN 196-1 standart. By taking into account of  $110\pm5$  mm propagation on the pour tray, the consistencies of the mortars were detected. After the mortars had been produced in the laboratory, the prism samples of 40x40x160 mm were obtained according to TS EN 196-1 and were cured in the laboratory setting which had the relative humidity of 50-60 % at  $21\pm2$  °C temperature for 28 and 90 days. The mortar samples were exposed to six temperature effects including 20, 125, 250, 500, 600 and 900 °C. The mortar samples at 20 °C was accepted as the referance mortar. The cooling process of the mortars were performed in two groups including in air and in water. After the mortar samples were at the room temperature, tensile strength of bending, compressive strength experiments were made. The results of the experiment were searched statistically and the effect of the high temperature on the mortars was identified.**

The produced mortar samples have demonstrated the continuous increase up to 125 °C temperature according to the reference in tensile strength of bending, compressive strength. It has been observed that the values of the mortars in tensile strength of bending, compressive strength decreased permanently after this temperature. It has been observed that there was statistically significant difference between the values of the tensile strength of bending, compressive strength of the mortar samples which were cooled in air and in water and the compressivenesses of all mortars were performed in the samples which were cooled in air. As a result, It has been observed that the cement mortar showed the highest compression among the produced mortars and that the cooling process in air had better results in the mortars exposed to the high temperature.

**Science Code : 714.3.036**

**Key Words : Plaster mortars, high temperature, mechanical characteristics.**

**Page Number : 109**

**Adviser : Prof. Dr. Metin ARSLAN**

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca ilgisini ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren değerli hocam Prof. Dr. Metin ARSLAN'a, tez çalışması boyunca tecrübelerinden yararlandığım hocalarım Prof. Dr. H. Yılmaz ARUNTAŞ, Doç. Dr. Salih YAZICIOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ, Öğr. Gör. İlknur BEKEM'e, arkadaşlarım Gülsüm SAĞLAM ve Ahmet BABAOĞLU' na, maddi ve manevi destekleriyle çalışmalarım boyunca beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                    |       |
|----------------------------------------------------|-------|
| ÖZET.....                                          | iv    |
| ABSTRACT.....                                      | vi    |
| TEŞEKKÜR.....                                      | viii  |
| İÇİNDEKİLER.....                                   | ix    |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                          | xii   |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                            | xvi   |
| RESİMLERİN LİSTESİ.....                            | xvii  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                       | xviii |
| 1. GİRİŞ.....                                      | 1     |
| 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI .....   | 3     |
| 2.1. Bağlayıcılar .....                            | 3     |
| 2.1.1. Kireç .....                                 | 3     |
| 2.1.2. Çimento .....                               | 8     |
| 2.1.3. Alçı .....                                  | 13    |
| 2.2. Harçlar .....                                 | 19    |
| 2.2.1. Yapılarda harç kullanımının amacı .....     | 21    |
| 2.2.2. Harcın bileşenleri.....                     | 22    |
| 2.2.3. Harcın mekanik ve fiziksel özellikleri..... | 23    |
| 2.2.4. Harçta bulunması gereken özellikler .....   | 27    |
| 2.2.5. Harcın dayanıklılığı .....                  | 29    |
| 2.2.6. Kireç harcı .....                           | 30    |
| 2.2.7. Çimento harcı .....                         | 30    |

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| 2.2.8. Alçı harcı .....                              | 30 |
| 2.2.9. Melez ( Temditli) harç .....                  | 31 |
| 2.3. Sıvalar .....                                   | 31 |
| 2.3.1. Sıva türleri .....                            | 32 |
| 2.3.2. Sıvalarda bulunması gereken özellikler.....   | 38 |
| 2.3.3. Yapıda kullanım yeri ve amacı.....            | 39 |
| 2.3.4. Yüzeylerin sıvaya hazırlanması.....           | 40 |
| 2.3.5. Sıva yapım kuralları .....                    | 40 |
| 2.3.6. Sıvalarda görülen arızalar ve nedenleri ..... | 42 |
| 2.4. Yüksek Sıcaklık .....                           | 43 |
| 2.4.1. Yüksek sıcaklık kaynakları.....               | 44 |
| 2.4.2. Yüksek sıcaklık etkileri .....                | 45 |
| 3. MALZEMELER VE YÖNTEMLER .....                     | 56 |
| 3.1. Malzemeler .....                                | 56 |
| 3.1.1. Çimento .....                                 | 56 |
| 3.1.2. Kireç .....                                   | 56 |
| 3.1.3. Alçı .....                                    | 57 |
| 3.1.4. Standart CEN kumu.....                        | 58 |
| 3.1.5. İçme suyu.....                                | 58 |
| 3.2. Yöntemler .....                                 | 59 |
| 3.2.1. Harçların su ihtiyacı.....                    | 59 |
| 3.2.2. Harç örneklerinin üretimi .....               | 59 |
| 3.2.3. Yüksek sıcaklık uygulaması .....              | 62 |
| 3.2.4. Soğutma uygulamaları .....                    | 62 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.5. Eğilmede çekme dayanım deneyi .....           | 62  |
| 3.2.6. Basınç dayanımı değerleri .....               | 63  |
| 3.2.7. İstatistikî yöntemler .....                   | 63  |
| 4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME.....                    | 64  |
| 4.1. Harç Çubukları Üzerindeki Deney Bulguları ..... | 64  |
| 4.1.1 Eğilme dayanımı .....                          | 64  |
| 4.1.2 Basınç dayanımı.....                           | 78  |
| 5. SONUÇLAR.....                                     | 92  |
| KAYNAKLAR .....                                      | 95  |
| EKLER.....                                           | 99  |
| EK-1 Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları .....     | 100 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                        | 109 |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                                                | Sayfa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 2.1. Kirecin fiziksel ve mekanik özellikleri .....                                                             | 6     |
| Çizelge 2.2. Portland çimento çeşitleri .....                                                                          | 12    |
| Çizelge 2.3. Hacimce harç karışım oranları .....                                                                       | 20    |
| Çizelge 2.4. Harçların yapıda kullanım şekli ve yeri .....                                                             | 21    |
| Çizelge 3.1. CEM I 42,5 R çimentosunun fiziksel özellikleri ve kimyasal kompozisyonu .....                             | 56    |
| Çizelge 3.2. Kirecin kimyasal özellikleri .....                                                                        | 57    |
| Çizelge 3.3. Alçının özellikleri .....                                                                                 | 57    |
| Çizelge 3.4. Standart Cen kumu özellikleri .....                                                                       | 58    |
| Çizelge 3.5. Ankara şehir içme suyunun kimyasal özellikleri .....                                                      | 58    |
| Çizelge 3.6. Üretilen örneklerin malzeme karışım miktarları .....                                                      | 60    |
| Çizelge 3.7. Sıva harcı deney planı .....                                                                              | 61    |
| Çizelge 4.1. Harç numunelerinin 28 günlük eğilme dayanımları .....                                                     | 65    |
| Çizelge 4.2. Harç numunelerinin 90 günlük eğilme dayanımları .....                                                     | 65    |
| Çizelge 4.3. 28 günlük havada soğutulan harçların eğilmede çekme dayanımına göre varyans çözümleme sonuçları .....     | 68    |
| Çizelge 4.4. 90 günlük havada soğutulan harçların eğilmede çekme dayanımına göre varyans çözümleme sonuçları .....     | 68    |
| Çizelge 4.5. 28 ve 90 günlük suda soğutulan harçların eğilmede çekme dayanımına göre varyans çözümleme sonuçları ..... | 69    |
| Çizelge 4.6. 28 günlük havada soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu ..... | 69    |
| Çizelge 4.7. 28 günlük havada soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....   | 70    |

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.8. 28 günlük havada soğutulan kireç harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....    | 70 |
| Çizelge 4.9. 28 günlük havada soğutulan alçı harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....     | 71 |
| Çizelge 4.10. 90 günlük havada soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu ..... | 71 |
| Çizelge 4.11. 90 günlük havada soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....   | 72 |
| Çizelge 4.12. 90 günlük havada soğutulan kireç harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....   | 72 |
| Çizelge 4.13. 90 günlük havada soğutulan alçı harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....    | 73 |
| Çizelge 4.14. 28 günlük suda soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....   | 73 |
| Çizelge 4.15. 28 günlük suda soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....     | 74 |
| Çizelge 4.16. 90 günlük suda soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....   | 74 |
| Çizelge 4.17. 90 günlük suda soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....     | 75 |
| Çizelge 4.18. Çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....                | 75 |
| Çizelge 4.19. Melez harçlarının eğilmede çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....                  | 76 |
| Çizelge 4.20. Kireç harçlarının eğilmede çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....                  | 77 |
| Çizelge 4.21. Alçı harçlarının eğilmede çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu .....                   | 77 |
| Çizelge 4.22. Harç numunelerinin 28 günlük basınç dayanımları .....                                                     | 78 |
| Çizelge 4.23. Harç numunelerinin 90 günlük basınç dayanımları .....                                                     | 79 |

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.24. 28 günlük havada soğutulan harçların basınç dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları .....       | 82 |
| Çizelge 4.25. 90 günlük havada soğutulan harçların basınç dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları .....       | 82 |
| Çizelge 4.26. 28 ve 90 günlük havada soğutulan harçların basınç dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları ..... | 83 |
| Çizelge 4.27. 28 günlük havada soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....      | 83 |
| Çizelge 4.28. 28 günlük havada soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....        | 84 |
| Çizelge 4.29. 28 günlük havada soğutulan kireç harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....        | 84 |
| Çizelge 4.30. 28 günlük havada soğutulan alçı harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....         | 85 |
| Çizelge 4.31. 90 günlük havada soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....      | 85 |
| Çizelge 4.32. 90 günlük havada soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....        | 86 |
| Çizelge 4.33. 90 günlük havada soğutulan kireç harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....        | 86 |
| Çizelge 4.34. 90 günlük havada soğutulan alçı harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....         | 87 |
| Çizelge 4.35. 28 günlük suda soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....        | 87 |
| Çizelge 4.36. 28 günlük suda soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....          | 88 |
| Çizelge 4.37. 90 günlük suda soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....        | 88 |
| Çizelge 4.38. 90 günlük suda soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu .....          | 89 |
| Çizelge 4.39. Çimento harçlarının basınç dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu.....                      | 89 |

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.40. Melez harçlarının basınç dayanımı verilerine ait varyans<br>çözümleme tablosu..... | 90 |
| Çizelge 4.41. Kireç harçlarının basınç dayanımı verilerine ait varyans<br>çözümleme tablosu..... | 91 |
| Çizelge 4.42. Alçı harçlarının basınç dayanımı verilerine ait varyans<br>çözümleme tablosu.....  | 91 |

**ŞEKİLLERİN LİSTESİ**

| <b>Şekil</b>                                                                                                    | <b>Sayfa</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 4.1. Harçların 28.günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama eğilmede çekme dayanım grafiği..... | 67           |
| Şekil 4.2. Harçların 90.günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama eğilmede çekme dayanım grafiği..... | 67           |
| Şekil 4.3. Harçların 28.günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama basınç dayanım grafiği.....         | 81           |
| Şekil 4.4. Harçların 90.günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama basınç dayanım grafiği.....         | 81           |

## RESİMLERİN LİSTESİ

| Resim                                                                            | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Resim 1.1. Örnek üretiminde kullanılan çimento, kireç ve alçı tipleri .....      | 100   |
| Resim 1.2. Harç üretiminde kullanılan standart CEN kumu.....                     | 100   |
| Resim 1.3. Harçların su ihtiyacının tespit edilmesi.....                         | 101   |
| Resim 1.4. Harçların sarsma tablasındaki akma miktarının tespit edilmesi .....   | 102   |
| Resim 1.5. Harç karışımlarında belirlenen su miktarının terazide tartılması..... | 102   |
| Resim 1.6. Harç karışımlarının hazırlanması ve mikserde karıştırılması .....     | 103   |
| Resim 1.7. Harç karışımlarının kalıplara yağlanarak konulması .....              | 103   |
| Resim 1.8. Harç karışımlarının kalıplara yerleştirilmesi .....                   | 104   |
| Resim 1.9. Harç karışımlarının laboratuvar koşulunda kür edilmesi.....           | 104   |
| Resim 1.10. Yüksek sıcaklık öncesi örneklerin etüv fırınında kurutulması .....   | 105   |
| Resim 1.11. Yüksek sıcaklık fırınından bir görünüm .....                         | 105   |
| Resim 1.12. Harç örneklerinin yüksek sıcaklık fırınına yerleştirilmesi.....      | 106   |
| Resim 1.13. Harç örneklerinin soğutma süreci .....                               | 106   |
| Resim 1.14. Harç örneklerinin eğilmede çekme deneyi .....                        | 107   |
| Resim 1.15. Harç örneklerinin basınç deneyi .....                                | 108   |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler                            | Açıklama                          |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| °C                                  | Santigrat derece                  |
| CaO                                 | Kalsiyum oksit                    |
| MgO                                 | Magnezyum oksit                   |
| CaO <sub>2</sub>                    | Karbondiyoksit                    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | Alüminyum oksit                   |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>      | Demir oksit                       |
| SiO <sub>2</sub>                    | Silisyum oksit                    |
| CaCO <sub>3</sub>                   | Kalsiyum karbonat                 |
| CaSO <sub>4</sub>                   | Kalsiyum sülfat                   |
| MgCO <sub>3</sub>                   | Magnezyum karbonat                |
| H <sub>2</sub> O                    | Su                                |
| Ca(OH) <sub>2</sub>                 | Kalsiyum hidroksit                |
| CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | Kalsiyum magnezyum karbonat       |
| C <sub>3</sub> A                    | Trikalsiyum alüminat              |
| C <sub>3</sub> S                    | Trikalsiyum silikat               |
| C <sub>2</sub> S                    | Dikalsiyum silikat                |
| Kısaltmalar                         | Açıklama                          |
| CEM I                               | Portland çimentosu                |
| DPT                                 | Devlet Planlama Teşkilatı         |
| ASKİ                                | Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi |
| REF                                 | Referans                          |
| TSE                                 | Türk Standart Enstitüsü           |

## 1. GİRİŞ

İnsanların barınmak, çalışmak ve de en önemlisi yaşayabilmek için çeşitli yapılara gereksinimleri vardır. Bu yapıların amaca uygun, emniyetli, ekonomik ve güzel olması istenir. Diğer bir deyişle yapı hangi amaç için tasarlanmışsa o amaç için kullanılabilmesi, kullanım sırasında veya zamanla yıkılmadan aşırı derecede şekil değişikliğine uğramadan yeterli bir emniyetle ayakta durabilmeli. Ancak bu emniyet koşulunu sağlarken ekonomik olarak inşa edilmeli ve bunların hepsine ek olarak yapı göze hoş görünmelidir [Demir, 2008].

İnsanoğlu, teknolojinin gelişmesiyle birlikte ilkel yapı elemanlarından başlayarak bu gelişime ayak uydurmuş ve bu gün teknolojiye uygun yapı elemanları üretmiştir. Yapılar çeşitli mekanik, fiziksel, kimyasal ve atmosferik etkiler altında zamanla özelliklerini kaybederler. Bu etkiler altında kalan yapılarda uzun zaman içerisinde bozulmalar oluşmaktadır. Ancak yangın ve depremin yapı üzerindeki etkileri ani ve kısa zaman dilimi içerisinde oluşur. Dolayısıyla yangının sıva harçları üzerindeki zararlı etkilerini bu kısa süre içerisinde azaltmak gerekmektedir [Demir, 2008].

Yangın olayı geçmişten günümüze kadar insanları daima etkilemiştir. İnsanlar ilk çağlarda ateşi bularak ondan yararlanmayı bilmişler ve aynı zamanda ateşten korkmuşlardır. Ateş kontrol altında tutulduğunda enerjisinden ve ısısından yararlanılan fakat kontrol dışına çıkınca da afete dönüşen deprem gibi hatta depreme göre daha sık olma olasılığı olan bir afettir. İnsanların küçük gruplar halinde yaşadığı devirlerde yangın tehlikesi oldukça azdır. Zamanla medeniyetin gelişmesi ile şehirlerin kurulması, insanların kalabalık bir şekilde yaşamaları, yanıcı malzemelerden oluşan evlerde oturmaya başlamaları ile yangın tehlikesi de artmaya başlamıştır. İnsanlar yine oldukça eski çağlardan beri bazı kurallara uymak koşulları ile yangın tehlikesinin azaltılabileceğini öğrenmişlerdir. Teknolojinin zamanla gelişmesi ile yanıcı olmayan yapı malzemeleri daha çok kullanmaya, binalarda ahşap taşıyıcı sistem yerine kâgir veya betonarme veya çelik taşıyıcı sistemi kullanmaya ve taşıyıcı sistemde yangına karşı gerekli önlemleri almaya başlamışlardır [Eren, 2006].

Yapılarda dayanıklılık problemine yol açan başlıca fiziksel etkilerden biri de yüksek sıcaklıktır. Bu etki yapılarda kalıcı hasarlar oluşturarak yapının servis dışı kalmasına, can ve mal kaybına neden olabilmektedir [Aydın ve Baradan, 2003]. Yüksek sıcaklığın kaynaklarından biri olan yangının; betona, betonarme yapılara ve harçlara etkisi 1922' den günümüze kadar araştırılmaktadır. Yapılan araştırmalarda yangın sırasında ve sonrasında malzemenin karmaşık davranışı, yapısal güvenlik ve yapının bütünlüğü anlaşılmaya çalışılmıştır [Khoury, 2000].

İnşaat sektöründeki işlevini gün geçtikçe artıran sıvalar, yapının her alanında önemli bir yer işgal etmektedir. Gelişen koşullar yapı sektöründe de etkisini gösteriyor. Buna bağlı olarak günümüz inşaat uygulamalarının kalite ve dayanıklılığı da artmaktadır. Ayrıca geliştirilen yeni ürün ve hizmetler sayesinde istenmeyen ve üstesinden gelinemeyen sorunlara çözümler bulunmaktadır. Sıvalar da bu gelişmelerden olumlu anlamda etkilenmektedir. Genel olarak sıvalar; duvarların dayanıklılığını artırmak, dış tesirlere karşı korumak, düzgün düzlemsel yüzeyler elde etmek amacıyla yapılmasının yanında yüksek sıcaklık etkisine maruz kaldığı durumda ne gibi durumlarla karşılaşacağı merak konusu olmuştur.

Yapılan literatür çalışmasında sıva harçlarının yüksek sıcaklık karşısındaki davranışlarını inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı ise; sıva harçlarının yüksek sıcaklık etkisi altında mekanik özelliklerindeki değişimleri incelemek ve soğutma yöntemlerinin etkilerini belirlemektir

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Bağlayıcılar

İnce toz halinde olan ve su eklenmesi ile hamur haline geldikten sonra zamanla plastikliğini kaybedip sertleşen, bağlayıcı özelliği olan malzemelere bağlayıcı malzemeler denir. Bağlayıcı malzemeler toz (kireç, çimento, alçı vb.) ve sıvı olarak isimlendirilirler.

İnşaat sektöründe, bilinen ve kullanılan belli başlı bağlayıcı malzemeler; kireç, çimento ve alçı olarak bilinmektedir. Bu malzemeler genel anlamda havada ve suda sertleşen bağlayıcı özellikte olan, en yaygın, en ucuz üretim ve kullanım maliyetlerine sahip, piyasada alışlagelmiş kullanılan malzemelerdir. Bağlama görevini bünyelerinden su kaybederek sağlamaları nedeniyle, bu maddelere hidrolik bağlayıcılar da denilmektedir [Özdemir, 2007].

Bağlayıcı malzemeler havada ve suda priz yapma özelliği olan ve suda erimeyen hidrolik bağlayıcılar ve yalnızca havada priz yapma özelliği olan hava bağlayıcıları olmak üzere 2' ye ayrılırlar. Hidrolik bağlayıcılara çimento, hava bağlayıcılara ise yağlı kireç örnek olarak verilebilir.

#### 2.1.1 Kireç

Kireçtaşının ( $\text{CaCO}_3$ - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) çeşitli derecelerde ( $850 - 1400 \text{ C}^\circ$ ) pişirilmesi sonucu elde edilen, suyla karıştırıldığında tipine göre hava veya suda katılaşma özelliği gösteren, beyaz renkli, inorganik esash bir bağlayıcı türüdür.

Ana maddesi Kalker (Kalsiyum karbonat  $\text{CaCO}_3$ ) olan, kireç taşı adı' da verilen; bünyesinde başka maddeler de içerebilen taşların özel fırınlarda veya basit fırınlarda çalı+çırpı veya kömür ya da yanıcı bir gaz yakılmak suretiyle pişirilmesi sonucu elde edilen ürün Kireç (Kalsiyum Oksit  $\text{CaO}$ ) olarak tanımlanır. 3,4 yoğunlukta amorf

beyaz ve katı bir maddedir. Sıcaklık etkisiyle ayrışmaz; 2580 °C'da erir [Beydemir, 2006].

Kireç bilinen en eski bağlayıcılardan biridir. Eski Babil, Mısır, Finikeliler, Hitit ve Persler tarafından hava kireci yapıda bağlayıcı malzeme olarak kullanılmıştır. Romalılar devrinde su kireci bulunmuş ve su içi inşaatlarında kullanılmıştır. Bu arada Puzolan Kireç (volkanik esaslı, killi, kalkerli toprak) ile Türkler tarafından da tuğla kırıkları (pişmiş kil) öğütülüp kireçle karıştırılarak “Horasan harcı” adı altında kullanılmıştır. Ayrıca bu tür bağlayıcı Mısır'da Homra, Hindistan'da Surkhi adı altında bilinmektedir. Bizans'ta ise kireç sıva fresk tekniği altında uygulanmıştır. Ortaçağ'da bu sanayide daha fazla bir ilerleme görülmez [Eriç, 1994].

IX-XII. yüzyılda puzolan bile Avrupa'da kaybolmuştur. Smeathon 1756 yılında bir deniz feneri yaparken killi bir kireci pişirerek su kireci ve hidrolik bağlayıcı fikri üzerinde önemli adımlar atmıştır. Bu başlangıç sonradan çimentonun gelişmesi için de önemli rol oynamıştır. Günümüzde kireç; sıva, bağlayıcı boya malzemesi, gazlı beton ve özellikle plastik endüstrisinde hammadde olarak önemini korumaktadır. Kireç taşları ocaktan çıkarılıp belli büyüklükte kırıldıktan sonra kömürle tabakalar şeklinde istif edilerek meydana getirilen yığınlar halinde veya fırınlarda (aralıklı veya çalışan kule tipi) yapılan pişirilme sonucu sönmemiş kireç olarak elde edilir [Eriç, 1994].

Kireci kullanmadan önce kuyuda bekletme ve dinlendirme sürelerine kesinlikle uyulması gerekir. Kireç badana yapımında aderansı artırıcı özellik sağlamak amacıyla bazı katkı maddeleri (tutkal, zeytinyağı, tuz vs.) ilave etmek mümkündür. Hava ve su kireçlerinin hacim artışlarının zararlı etkilerini azaltmak üzere kumla karıştırılarak tabakalar halinde kullanılması CO<sub>2</sub> gazının nüfuzu için gereklidir. Kalın tabakaların iç kısımları havadan CO<sub>2</sub> alamadıkları için sertleşemezler. Hava kireçleri yapı içinde suya maruz olmayan yerlerde, su kireçleri yapı dışında ve su içinde kullanılabilir niteliktedir. Kireç piyasada sönmemiş kireç veya sönmüş toz kireç olarak bulunur [Eriç, 1994].

### Kirecin özellikleri

Kirecin özellikleri şunlardır:

- Verimlilik: 10 kg sönmemiş hava kirecinden minimum 20 lt. kaymak kireç elde edilmelidir.
- Hacim Sabitliği: Hacim sabitliği deneyi yapıldığında ağ şeklinde çatlamlar yoksa kireç sabit hacimli olarak kabul edilir.
- İncelik: Toz halinde satılan kireç  $\text{cm}^2$ 'sinde 4900 göz bulunan elekten %15'ten fazla kalıntı bırakmayacak şekilde öğütülmüş olmalıdır.
- Renk: Yapıda kullanılacak kireç yağlı, taze ve tam kıvamında pişmiş olacak toz, toprak, kum, çakıl vb. yabancı maddelerle fazla pişmiş parçaları içinde bulundurmamalıdır. Rengi ise beyaz olmalıdır [Güner, 2000].

Kirecin diğer özellikleri ve dikkate alınması gereken konular aşağıda ele alınmıştır: Uygun bulunan kireç toprakları yapı yerinde bekletilmemeli, derhal söndürülerek ve süzülerek akıtılmalıdır. Söndürülmüş kireç içerisinde %3'ten fazla yabancı madde bulunmamalıdır. Uygun şekilde söndürülen kireç süzildükten sonra harç işlerinde kullanılacaksa en az 10 gün, sıva işlerinde kullanılacaksa en az 1 ay çukurda bekletilmelidir. Çukurda kirecin sönme işi tamamlanıp, kireç koyu hamur kıvamını almadıkça ve çatlamadıkça kullanılmamalıdır [Güner, 2000].

Hava kireçlerinin bünyesinde reaksiyon kabiliyeti olan  $\text{CaO} + \text{MgO}$  miktarı %80'den fazla (beyaz kireçte  $\text{MgO}$  %6) olmalıdır. Ancak dolomitli kireçte  $\text{MgO}$  miktarı %4'ten büyük olabilir. Su kirecinde ise reaksiyona giren  $\text{CaO} + \text{MgO}$  miktarı %45-60 oranındadır.

İncelik kirecin su ile hidratasyona girmesinde önemli rol oynayan bir husustur. Hava kireçlerinin katılaşma özelliği göstermesi bünyesine  $\text{CO}_2$  olarak kalsiyum hidroksit haline dönüşme olayıdır. Bu olayda hava ile temas eden yüzey şekli ve kalınlık önem kazanır. Hava kireçlerinin diğer bir özelliği ise suda erimesidir [Güner, 2000].

Kil içinde bulunan silisin kireç ile birleşmesi neticesinde kalsiyum silikat meydana gelir. Bu nedenle su kireçleri sudan etkilenmeyen ve su içinde katılaşma özelliği gösteren bir kireç türüdür. Hava ve su kireçlerinin fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 2.1’ de verilmiştir [Güner, 2000].

Çizelge 2.1 Kirecin fiziksel ve mekanik özellikleri

| Kireç Çeşidi |                        | Bileşimindeki Kil Oranı (%) | Fiziksel Özellikler gr/cm <sup>3</sup> |               |                  | Mekanik Özellikler N/mm <sup>2</sup> |       |
|--------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|---------------|------------------|--------------------------------------|-------|
|              |                        |                             | Birim Ağırlık                          | Özgül Ağırlık | Katılaşma Süresi | Basınç                               | Çekme |
| Hava Kireci  | Yağlı Beyaz            | 0                           | 0,6                                    | 2,2           | -                | 0,7                                  | -     |
|              | Gri, Zayıf (Dolomitli) | 0-2                         | 0,75                                   | 2,4           | -                | -                                    | -     |
| Su Kireci    | Kuvvetli               | 15-19                       | 0,7                                    | 2,7           | 2-7 gün          | 1,5                                  | 0,3   |
|              | Normal                 | 19-22                       | 0,8                                    | 2,8           | 24-48 saat       | 6-8                                  | 0,9   |

Genellikle kireçlerin diğer bir özelliği de kâğır malzeme ile yüksek aderans göstermesi ve deformasyon kabiliyetlerinin üstünlüğüdür. Bu nedenle kireç harçları plastik bir bünyeye sahip olduklarından işlenebilme ve yerleşme özellikleri yüksek değerdedir. Kireç harcı yapımında beyaz kireç ağırlığının %75'i, dolomitli kireç %65'i, su kireci %50'si oranında suya ihtiyaç gösterir [Beydemir, 2006].

### Kireç çeşitleri

#### Hava kireci

Kireçte alçı gibi çok eski bir bağlayıcıdır. Kireç sadece havada dayanım kazanır, su karşısında dayanıksızdır. Düşük mukavemetlidir. Kireç veya yağlı kireç kalker taşı, tebeşir v.b. gibi CaCO<sub>3</sub> (kalsiyum karbonat) kökenli kütlelerin veya dolomit gibi CaCO<sub>3</sub>, MgCO<sub>3</sub>’dan oluşan kütlelerin 900° C’ nin üstünde pişirilmesi ile reaksiyonda meydana gelen ayrışma sonucunda elde edilir. Eğer kireç tamamen söndürülmeden yapılarda kullanılırsa söndürme olayı yapıda tamamlanır ki, bu durum bir hacim artmasına buda kirecin kullanıldığı yerlerde çatlaklar, döküntüler, kabuklaşmalar meydana getirir. Kirecin sertleşmesi olayı üç aşamada olur;

- Kuruma,
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  formülünde kristalleşme,
- Karbonatlaşma (havanın  $\text{CO}_2$  ile birleşerek)

Kuruma ve kristalleşme geçicidir. Su ile karıştırılınca kireç tekrar yumuşar. Asıl sertleşme karbonatlaşma sonucudur; Kireç havada sertleşen bir bağlayıcıdır. Kireç harcı düşük dayanımlı, suya dayanıksız ve su içinde çözündüğünden kireç tek başına bağlayıcı olarak kullanılmaz, muhakkak çimento ile kullanılır. Kirecin sıva ve duvar harcında çimento ile kullanılmasının bazı yararları vardır. Kireç sayesinde malaya yapışmayan, duvara yapışan ve perdahlanma esnasında çatlamayan bir sıva elde edilir. Kireç hakkında bilinmesi gereken başka bir durum kirecin kaynatılması halinde suda eriyikliğinin azalmasıdır. Kalorifer kazanlarının ve borularının tıkanmasındaki neden kirecin bu özelliğidir [Aydın, 2006].

#### Su kireci

Su kireci içinde % 10 - % 25 kil bulunan kalkerin pişirilmesi ile elde edilir. Bu pişirme sonunda kalkerin ayrışması sonucu meydana gelen kireç kilin içinde bulunan silis ve alüminle birleşir. Bu bağlayıcı malzemelerin toz haline getirilmesi öğütme ile değil doğrudan doğruya kirecin söndürülmesi ile sağlanır. Fırından çıkan parçalar su ile temas ettirildiği takdirde kirecin yaptığı reaksiyon sonucunda meydana gelen hacim artışı bunların ince toz haline geçmesine neden olur. Bu olayın olması için su kirecindeki  $\text{CaO}$  miktarının %10'dan büyük olması gerekir ki bu şart her zaman yerine gelmektedir [Aydın, 2006].

TS EN 459-1 (2010)' e göre  $\text{CaO} + \text{MgO}$  su kirecinin % 45 - % 60'ını oluşturmaktadır. Bu bağlayıcı malzeme,  $\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$  karmaşık bileşenini içinde bulundurmasından dolayı su içinde katılaşabilir ve sertleşir. Bu nedenle su yapılarında da kullanılabilir. Yağlı kirecin 28 günlük basınç dayanımı  $7 \text{ kgf/cm}^2$  iken su kirecinin ki  $60 \text{ kgf/cm}^2$ ' dir. Birim ağırlığı:  $0,78\text{-}0,8 \text{ gr/cm}^3$ , özgül ağırlığı:  $2,7\text{-}2,8 \text{ gr/cm}^3$ 'dür [Aydın, 2006].

### Kirecin yapıda kullanıldığı alanlar

Pişmiş haldeki hava kireci (CaO) söndürülmeden kullanılmaz. Söndürüldükten sonra ise havada sertleşmesi sebebiyle hava bağlayıcıları sınıfında olan kireç, suya direnci olmayışı ve düşük mukavemeti dolayısıyla tek başına kullanılmaz. Kum ve suyla karıştırılarak yapıda sıva ve duvar harcı yapımında, badana işlerinde kullanılır. Tarım ve ziraat işleri, hava kirliliği olan bölgelerde kirliliği azaltmak amacıyla yakıtlara karıştırılması diğer kullanım alanlarındandır. Kireç harçlarının tuğla, taş, beton gibi yüzeylere kolay yapışarak işçilikten tasarruf sağlaması, sertleşme sonrası binada oluşacak deformasyonlara uyum sağlayacak şekil değiştirme yeteneğine sahip olması ise kullanım avantajlarını oluşturur [Akman ve Postacıoğlu, 1990].

Kireç sıvalar düşük mukavemetli ancak yüksek aderanslı elastik bir yapıya sahip olduğundan özellikle tavan ve iç duvar yüzeyleri için uygun bir sıva malzemesidir. Suya karşı dayanımlarının zayıf olması nedeni ile dış duvarlarda ve yapının su basman hatılı dâhil zemin seviyesi altındaki bodrum dış duvarlarında kullanılmaması gereklidir. Kireç badana uygulaması ise eski önemini kaybetmekle birlikte hijyenikliği, teneffüs ettirme kabiliyeti, ucuzluğu ve uygulama kolaylığı açısından günümüzde kullanılmaktadır [Beydemir, 2006].

### **2.1.2. Çimento**

Portland çimentosu, killi ve kalkerli hammaddelerin pişirilmeleriyle elde edilen klinkerin az miktarda (%3 - %6 oranında) alçıtaşı ile birlikte çok ince parçacıklar oluşturabilecek derecede öğütülmesi sonucunda elde edilen ve su ile birleştiğinde bağlayıcı özellik kazanan bir üründür. Portland çimentosu, gerek kendi başına gerekse yanı sıra katılan kum, çakıl, kırma taş, gibi malzemelerle birlikte su ile birleştiğinde önce yumuşak, plastik bir karışım elde edilmekte ve zamanla sertleşerek katı, taş gibi bir duruma gelmektedir. Kireç, alümin, demir oksit ve silis bileşimli hammaddelerin uygun oranda karıştırılıp yüksek sıcaklıkta ( 1350–1450 °C ) pişirilmeleri sonucunda elde edilen ürüne “klinker” adı verilmektedir. Klinker, yaklaşık olarak 1–25 mm. çapında pürüzlü ve gözenekli yüzeye sahip, sert ve

yuvarlak şekildedir; karakteristik olarak, parlak ve yeşilimsi-koyu gri renktedir. Portland çimentosu, klinkerin küçük bir miktar alçıtaşı ile birlikte öğütülmüş şeklindedir. Alçıtaşı, klinker öğütülmesi safhasında katılır ve klinker ile birlikte öğütülür. Çimento üretiminde, klinker öğütülürken bir miktar alçıtaşı katılmasındaki amaç; çimentonun su ile birleştiğinde göstereceği katılma (priz) hızını kontrol edebilmektir [Akman, 1992].

### Çimentonun özellikleri

Alüminli çimentolar, hammaddesi boksit ( $Al_2O_3 + nH_2O$ ) olan farklı bir çimento türüdür. Portland çimentolarının aksine asit ortamlara ve sülfatlara dayanıklılık sağlarlar ve bir iki gün içinde son mukavemetlerine ulaşırlar, ancak ilk günlerdeki hidratasyon ısı portland çimentolarının 3-4 katıdır. Bu nedenle, büyük kütleler halinde dökülmezler ve üretim sırasında sıcaklık yükselmesi denetim altında tutulur [Akman, 1992].

Betonun sürekli fazını oluşturan çimento, mineral kökenli, hidrolik bağlayıcıdır. Mineral kökenli bağlayıcılar genel olarak toz haldedir. Suyla karıştırılan toz bağlayıcılar önce viskoz sıvı veya hamur haldedir, daha sonra katılaşır ve zaman içinde sertleşerek dayanım kazanırlar. Bağlayıcı maddelerin sıvı halden katı hale geçmesi olayına "priz" denir. Priz olayı, bağlayıcı ile suyun karşılaştığı anda başlar, ancak belirgin değildir. Pratik yönden katılaşmanın belirgin bir düzeye varması durumuna "priz başlangıcı" denir. Priz olayını sadece havada yapabilen bağlayıcılara "hava bağlayıcıları", hem havada, hem de su içinde katılaşabilen bağlayıcılara ise "hidrolik bağlayıcılar" denir [Akman, 1990].

### Çimento çeşitleri

TS EN 197-1 kapsamındaki 27 farklı genel çimento aşağıdaki beş ana tipte olmak üzere gruplandırılmıştır.

- CEM I Portland çimentosu
- CEM II Portland-kompoze çimento
- CEM III Yüksek Fırın Cürufu çimento
- CEM IV Puzolanlı çimento
- CEM V Kompoze çimento

#### Portland Çimentosu (PÇ)

Yapay çimento olarak da bilinen portland çimentosu ilkel kalker (kireçtaşı) ve kil’ dir. Portland çimentosu üretiminde belirli miktarda kireç ( $\text{CaO}$ ), silis ( $\text{SiO}_2$ ), alümin ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) ve demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) içeren hammaddeler belirli oranlarda karıştırılır, erime (sinterleşme) sıcaklığına kadar pişirilir, fırından çıkan ve klinker denilen fındık veya ceviz büyüklüğündeki malzeme soğutulur ve öğütülür. Öğütme işleminde priz süresini ayarlamak için belirli oranda alçıtaşı eklenir ve Portland çimentosu elde edilir. Pişirilmek üzere hazırlanan %23 – 31 oranı kil içeren portland çimentosunun bileşimi;

- Silisyum oksit ( $\text{SiO}_2$ ) % 20 – 23
- Alümin ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) % 6,5 – 8,5
- Demir oksit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) % 2 – 4
- Kireç ( $\text{CaO}$ ) % 60 – 65
- Magnezyum oksit ( $\text{MgO}$ ) % 2’den az
- Kalsiyum sülfat (anhidrit) ( $\text{CaSO}_4$ ) % 2’den az içerir.
- Portland çimentoları, 28 günlük basınç dayanımlarına göre ;
- Portland çimentosu 32,5 (PÇ 32,5)
- Portland çimentosu 42,5 (PÇ 42,5)
- Portland çimentosu 52,5 (PÇ 52,5) olmak üzere üç tiptir [Mavi, 2002].

#### Yüksek Fırın Cüruf Çimentosu (YFCC)

Yüksek fırında demir cevheri işlenerek pik demirle aynı anda ortaya çıkan, ani soğutulmayla puzolanik aktivite kazanan ve granül hale gelen içeriğiyle kalsiyum,

magnezyum ve alüminyum silikatları olan bazik karakterli maddeye granüle yüksek fırın cürufu denir. Yüksek fırın cüruf çimentosu ise kütlece %20-80 portland çimento klinkeri ve %80- 20 granüle yüksek fırın cürufunun bir miktar alçıtaşı –kalsiyum sülfat dihidrat- ile birlikte ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) öğütülmesi sonucu elde edilen hidrolik bağlayıcıdır [Mavi, 2002].

#### Uçucu Küllü Çimento (UKÇ)

Ağırlıkça karşılıklı olarak %10-30 oranında uçucu kül ve %90-70 oranında Portland çimento klinkerinin bir miktar alçıtaşı – kalsiyum sülfat dihidrat – ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) ile birlikte öğütülmesiyle elde edilen hidrolik bağlayıcıdır [Mavi, 2002].

#### Portland Cürufllu Çimento (PCÇ)

Belirli oranlarda Portland çimentosu klinkeri ve katkı maddelerinin, priz düzenleyici olarak da alçıtaşı – kalsiyum sülfat dihidrat – ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) katılarak öğütülmesi ile elde edilen bir bağlayıcıdır [Mavi, 2002].

#### Portland Kalkerli Çimento (PLÇ)

Belirli oranda Portland çimentosu klinkeri ile kalkerin, priz düzenleyici olarak da alçıtaşı – kalsiyum sülfat dihidrat – ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) katılarak öğütülmesi sonucunda elde edilen çimentodur [Mavi, 2002].

#### Portland Silis Dumanlı Çimento (PSFÇ)

Belirli oranlarda Portland çimentosu klinkeri ile silis dumanının, priz önleyici olarak da alçıtaşı – kalsiyum sülfat dihidrat – ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) katılarak öğütülmesi sonucunda elde edilen çimentodur [Mavi, 2002].

### Portland Kompoze Çimento (PKÇ)

Portland kompoze çimento, belirli oranlarda Portland klinkerinin ve katkı maddelerinin, priz düzenleyici olarak da alçıtaşı – kalsiyum sülfat dihidrat – ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) katılarak öğütülmesi neticesinde elde edilen çimentodur. Günümüzde en yaygın kullanılan çimento türü Portland çimentosudur. Amerikan standartlarında Portland çimentoları beş tipe ayrılır. Çizelge 2.2' de bu tiplerin birleşim nitelikleri ve kullanım yerleri belirtilmiştir [Mavi, 2002].

Çizelge 2.2. Portland çimento çeşitleri

| Tip | Birleşim Özelliği                                                                      | Hidratasyon Isısı 72 Saate cal/gr | Kullanım Alanı                              |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| 1   | Sınırlama yok                                                                          | 68                                | Özelliği olmayan tüm işlerde                |
| 2   | $\text{C}_3\text{A} < \%8$<br>$\text{C}_3\text{A} + \text{C}_3\text{S} < \%58$         | -                                 | Zayıf sülfat etkisi bulunan yerlerde        |
| 3   | $\text{C}_3\text{A} < \%15$ $\text{C}_3\text{S}$ yüksek                                | 83                                | Yüksek mukavemet istenen yerlerde           |
| 4   | $\text{C}_3\text{A} < \%7$<br>$\text{C}_3\text{S} \%35$<br>$\text{C}_2\text{S} > \%40$ | 47                                | Düşük hidratasyon ısı gerektiren durumlarda |
| 5   | $\text{C}_3\text{A} < \%5$                                                             | -                                 | Sülfata dayanıklı çimento                   |

### Puzolanik Çimento (PZÇ)

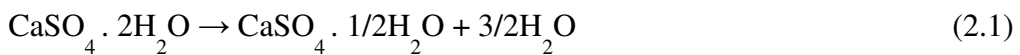
Farklı özellikteki birçok hidrolik bağlayıcının veya hidrolik bağlayıcılarla kimyasal bakımdan atıl maddelerin miktarları usulüne göre tespit edilmiş, mükemmelen homojenleştirilmiş ve çok ince öğütülmüş olan karışımlardan meydana gelir. Hidrolik bağlayıcılardan birisi ile volkanik puzolanlardır. Tras, pişmiş kül vb. yüksek fırın letyesinden başka puzolanların karışımı, %65-89 veya %45-64 oranında Portland çimentosu klinkeri ile %11-35 veya %36-55 oranında katkı maddelerinin, priz düzenleyici olarak da alçıtaşı – kalsiyum sülfat dihidrat – ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) katılarak öğütülmesi neticesinde elde edilen çimentodur [Mavi, 2002].

### Çimentonun yapıda kullanıldığı alanlar

Çimento ya yalnız başına su ile karıştırılarak şerbet veya hamur şeklinde kullanılır veya ufak malzeme (agrega = kum ve çakıl) ile karıştırılıp su ile yoğrularak harç ve beton yapımında kullanılır. Yalnız su ile karıştırılıp şerbet veya hamur halde: derz dolgularında, enjeksiyon işlerinde, temel takviyelerinde, sızdırmaz perde imalinde kullanılır. Pahalı olduğundan ve priz yaparken rötre çatlakları yaptığından gerekmeden yalnız başına teknik ve ekonomik nedenler yüzünden kullanmamak gerekir [Saraylı, 1975].

#### **2.1.3. Alçı**

Alçı taşının (jips:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) çeşitli derecelerde pişirilmesi sonucu elde edilen, su ile karıştırıldığında kısa süre içinde katılaşma özelliği gösteren beyaz renkli inorganik esaslı bir bağlayıcı türüdür [Eriç, 1994]. Alçının hammaddesi jips, alçıtaşının sulu türüdür. Alçıtaşı bir kalsiyum sülfat mineralidir. Çift sulu bileşiğine jips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), susuz türüne ise anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ) adı verilir. Isıtılan jips yapısındaki kristal suyunun bir parçasını ya da tümünü yitirir [Ülkay, 1990].



İlk evrede oluşan ürün, kimyasal adıyla yarım hidrat, yaygın adıyla da alçıdır. Kristal suyunun tümünün uçurulduğu ikinci evre sonunda elde edilen ürün ise anhidrittir [Ülkay, 1990].

#### Alçı çeşitleri

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

Kaba Alçı (Adi Alçı): İçerisinde bulunan yabancı madde miktarı %40'a yaklaşır. Tavan ve duvar sıvalarında, onarım işlerinde kullanılır. Kaba olarak öğütülmüştür [Beydemir, 2006].

Birinci Alçı: İçerisindeki yabancı madde miktarı kaba alçıya oranla azdır. Kaba alçının kullanıldığı yerlerde kullanılırlar [Beydemir, 2006].

Ekstra Alçı: İçerisinde yabancı madde miktarı %5-10'dur. Beyaz renkli, ince öğütülmüş alçıdır. Mermer kaplama, alçı perdahı kartonpiyer işlerinde kullanılır. İnce alçıda denilmektedir [Beydemir, 2006].

Ekstra-Ekstra Alçı: İçerisindeki yabancı madde miktarı %5'ten azdır. İtinayla pişirilip, öğütülmüşlerdir. Kalıp alma, suni mermer ve süsleme işlerinde kullanılır [Beydemir, 2006].

Şaplı Alçı: Alçı taşı önce adi alçı taşı üretiminde olduğu gibi pişirilip öğütülür, sonra içerisinde %10-12 oranında şap bulunan su ile yoğrulur. Hazırlanan hamur, biriketler halinde kalıplandıktan sonra 1100-1200 °C' de pişirilir. Biriketlerin öğütülüp elenmesiyle şaplı alçı elde edilir. Alçının şap ile karıştırılıp öğütüldükten ve yüksek sıcaklıkta pişirildikten sonra öğütülüp elenmesiyle de elde edilir. Şaplı alçı ağırlığının %30-35'i kadar su ile yoğrulur. Hamuru geç donar. Fakat donduktan sonra adi alçıdan çok daha sert ve yüksek mukavemetli bir kütle meydana gelir. Rutubetten daha az etkilenir. Katılaşırken hacim değiştirmezler [Beydemir, 2006].

Döşeme Alçısı: Alçı taşı 1100-1200 °C ' de pişirildiğinde kükürt trioksit ve kalsiyum oksit ayrışır. Böylece bir miktar serbest kireç alçı içerisinde dağılır. Geç donan ve donduktan sonra alçıdan çok daha sert ve yüksek mukavemetli bir kütle meydana getiren bu maddeye döşeme alçısı denir. Alçı, M.Ö. 3000 yıllarında Ortadoğu ve Mısır'da, harç ve sıva olarak yoğun olarak kullanılmıştır. Alçının hammaddesini oluşturan alçıtaşı, kaya tabakaları şeklinde bulunur. Taş, ezilip öğütüldükten sonra, içerdiği suyun %75'ini kaybedene kadar ısıtılarak, harç ve sıva olarak kullanılan alçıya dönüşür. Bağlayıcı yapı malzemesi olarak alçının 'Mısır'da Gizza piramidinde

ve Sakkura mezarında kullanıldığı, Yunan ve Roma yapıtlarında duvar sıvası olarak yer aldığı bilinmektedir [Beydemir, 2006].

### Alçının özellikleri

Alçının sahip olduğu başlıca özellikler şunlardır;

- Yanmazlık
- Nem düzenleyici özelliği
- Isı iletkenlik özelliği
- Ses düzenleyici etkisi

**Yanmazlık:** Alçı inorganik bir madde olduğu için yanmaz. Bir yangın anında alevle karşılaşan alçı, elemanın boşluklarındaki nem ile bünyesindeki kristal suyu ayrıştırmak için ısı enerjisinin büyük bir bölümünü absorbe eder. Ayrışan ve buharlaşan su, alev ile alçı elemanın arasında bir buhar tabakası oluşturur. Suyun buharlaşma sürecinde alçı elemanın yüzeyindeki sıcaklık 140 °C üzerine çıkmaz. İki saat yoğun ateşe maruz kalan 15 cm kalınlığındaki bir alçı elemanın dış yüzeyindeki sıcaklık 1000 °C iken, iç yüzeyinde 55 °C'dir. Alçı, yanmazlığı ve dayanıklılığı ile tüm dünyada bina ve yangın sigorta otoriteleri tarafından kabul görmektedir [Gürdal, 1976].

**Nem düzenleyici özelliği:** Kapalı bir hacimde bulunan su buharı, hacmi çevreleyen dış yapı elemanlarının yüzeylerine temas ettiğinde soğuyarak yoğunlaşır ve yapı elemanlarının ıslanmasına, dolayısıyla elemanın yüzeyinde su lekelerine ve çiçeklenmelere neden olur. Alçı ise ısı iletkenliğinin düşük olması dolayısıyla yalnız yoğunlaşmayı geciktirmekle kalmaz, aynı zamanda boşluklarında önemli bir oranda ortam nemini ve yoğunlaşma suyunu absorbe edip, iç hacimde bağıl nemin azalmasını sağlayarak yoğunlaşmayı azaltır. Buna ek olarak nem azaldığında alçı kendi bünyesindeki nemi ortama vererek ortamın yeterli derecede nemli kalmasını sağlar ve bu suretle kaloriferli evlerde yaşam koşullarının iyileştirilmesine katkıda bulunur [Gürdal, 1976].

Isı iletkenlik özelliği: Alçı, yapılarda kullanıldığından beri sıcak temaslı bir malzeme olarak bilinmektedir. Günümüzde ısı iletkenlik değerleri saptandığında, alçının ısı iletkenlik değerinin doğal malzemeler arasında ahşaba çok yakın olduğu ve diğer doğal malzemelerden daha az ısı iletmediği görülmüştür. TS 825'e göre birim hacim kütlesi  $800 \text{ kg/m}^2$  olan bir ahşap malzemenin ısı iletkenlik değeri  $0,17 \text{ W/mK}$  dir. Alçının ısı iletkenlik dereceleri alçı hamurunun birim hacim ağırlığına bağlı olarak değişkenlik gösterir. Birim hacim ağırlığı, hamura katılan alçı/su oranına bağlıdır. Alçı hamurundaki alçı oranı fazlalaşıp su oranı azaldıkça alçının birim hacim ağırlığı artar. Binalarda ısı yalıtım kurallarını tanımlayan TS 825'te alçı hamurlarının gözenekli ve yoğun oluşuna göre birim ağırlığına bağlı olarak verilen ısı iletkenlik değeri  $0,6-1,20 \text{ kg/m}^3$  arası yoğunluk için  $0,29-0,53 \text{ W/mK}$  değerleri arasında değişmektedir [Gürdal, 1976].

Geleneksel bir yapı malzemesi olan alçı, ısı yalıtımı ve diğer olumlu özellikleri nedeniyle günümüzdeki yapıların duvar konstrüksiyonlarının estetik, konfor ve insan sağlığı açısından standardını yükseltecek niteliktedir. İnşaat sektöründe, doğadan kolayca elde edilip işlenebilen alçı malzeme kullanımının artması ile minimum enerji sarfiyatıyla yüksek performanslı ürün elde edilebilecek ve binalardaki ısı kaybı da azalacaktır. Alçı malzeme doğru olarak ve uygun yerlerde uygulandığında, mimariye çok geniş imkânlar tanıyan ve yüzyıllarca bozulmadan kalan bir malzemedir. Ayrıca sanıldığı gibi aksine alçı malzeme çimento ve kireç esaslı malzemelerden maliyet açısından daha ekonomiktir [Gürdal, 1976].

Ses düzenleyici etkisi: Alçı yapı elemanı, çok küçük boşluklar içermesi nedeniyle üzerine gelen ses dalgalarını azaltarak yansıtır. Özellikle akustik amaçlarla üretilmiş elemanlar yardımıyla, hacim içinde ses düzeni ve hacimler arasındaki ses geçişi, iyi bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Bu alanda yapılan araştırmalarda, alçı elemanlarla yapılmış bir duvar tertibinde,  $700 \text{ Hz}$ 'lik bir sesi % 50'ye kadar yuttuğu, bu tertibe bilinen lifsel malzeme eklendiğinde % 90'a varan bir ses yutuculuğu yaptığı ortaya çıkmıştır. Yapılar, mekânlar, yapı malzemeleri ve tesisatlarda alçılı malzemelerin değerlendirmesini yapabilmek için belirli ölçütlerin önceden

belirlenmiş olması gerekmektedir. Genellikle kabul edilen bu ölçütleri yedi grupta toplamak mümkündür [Gürdal, 1976].

- Üretim sırasında gereksinim duyulan enerji miktarı,
- Üretim aşamasında atık madde veya yan ürün olarak çıkan zararlı maddeler,
- Malzemenin geri dönüşebilirliği,
- Malzemenin tekrar kullanılabilirliği,
- Yerel kaynaklardan sağlanabilirliği,
- Merkezi büyük tesisler dışında üretim ve uygulama olanakları,
- Kişi sağlığı ve ortamın konfor düzeyi üzerindeki etkileri;

Buna göre alçılı yapı malzemeleri için uygun nitelikte bir malzemedir denilebilir. Alçının yukarıda bahsedilen özellikleri yanında diğer yapı malzemelerine göre üstünlüklerini sıralamak gerekirse;

- Alçının ve alçı elemanının elde edilişi, uygulanması, bakımı kolay ve ucuzdur,
- Alçı, tam bitmiş olarak yapıya girer, ek emek ve masraf gerektirmez,
- Alçı, hazır yapı elemanı üretimine elverişli bir malzemedir. Duvar ve tavan kaplamalarının önceden hazırlanmasına olanak sağlar. Deprem, yangın ve sel baskını gibi afet durumlarında konut ihtiyacının arttığı ve karşılanmasının kısa sürede gerçekleşmesinin zorunlu olduğu hallerde kullanılmak üzere depo edilebilecek yapı elemanları hazırlanabilir.
- Alçıdan üretilen yapı elemanları, aranan fiziksel ve ekonomik özelliklere sahip, çağın inşaat usullerine uygun, çabuk kuruyan, hafif yapı elemanlarının üretimini sağlayan yapı malzemeleri arasında önemli bir yer tutar.
- Alçı malzemesi en az enerji kullanımı ile elde edilebilir, tasarımda öngörülen konfor ve estetik koşullarını sağlar, çevre kirliliği yaratmaz.
- Alçı doğal hammadde kaynaklarından elde edilmektedir. Bu malzemeler ülke ölçeğinde yeterli olduğu gibi, ülke dışına da ihraç edilerek ülke ekonomisine katkıda bulunulabilir.
- Teknolojik gelişmelere uyum sağlar ve hazır yapı elemanları üretimine elverişlidir.
- Standartlara uygun malzeme kolaylıkla üretilebilir.

- Alçı malzemesi kolaylıkla işlenebilir. Bu özellik, tasarımda ve yapımda esneklik sağlar. Dolayısıyla zaman içinde ortaya çıkabilecek kullanıcının değiştirme istek ve gereksinimleri kolaylıkla karşılanabilir.
- Alçı malzemeleri üretim yerinden şantiyeye kolaylıkla taşınabilir ve kolay uygulanabilir. İşçilik masrafı ve maliyeti azdır. Taşıma ve kullanma sırasında tahrip olmuş malzeme veya yapı elemanları kolay onarılabilir [Koçak, 2010].

Yapılarda kullanılacak malzemelerin seçiminde ise enerji-malzeme üretim teknikleri dikkate alınmalı, karbondioksit ile hava ve çevre kirlenmesi dengeleri hesaba katılmalıdır. Alternatiflerden en az zararlısı seçilmelidir. Bu nedenle mimarlar, mühendisler ve tüketiciler yapı malzemelerini seçerken üretim aşamasında en az enerji kullanan, çevre ile uyumlu malzemeleri seçmek durumundadırlar. İnsan yaşama ortamını kendi istekleri yönünde değiştirirken doğadan kopmamaya ve doğaya zarar vermemeye özen göstermek zorundadır. Eğer üretimi ve işlenmesi sırasında en az enerji harcanan, kullanım ömrünü tamamlayınca doğa tarafından kolayca dönüşüme uğratılan, hem üretim aşamasında, hem de yakılması sırasında doğayı kirletmeyen ve kanserojen maddelerin ortaya çıkmasına neden olmayan malzemeler seçmeye özen gösterilirse doğal dengeyi korumaya katkı sağlamaktadır. [Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001].

#### Alçının yapıda kullanıldığı alanlar

Günümüzde alçı taşı kullanımında, genel toplamın % 5'i zirai amaçlı, % 10-15' i ise endüstriyel kullanım olarak adlandırılabilir uygulamalarda tüketilmektedir. Geri kalan alçı taşının tamamı inşaat sektöründe kullanılan alçı türlerinin imalatında tüketilir. Bu gün inşaat sektöründe kullanılan sıva alçısı, kartonpiyer alçısı, saten perdah alçısı ve makine sıva alçısı gibi toz alçı ürünleri kullanım miktarları gün geçtikçe artmaktadır. Alçı, hazır bina bölme duvarları, panolar, blok kiriş ve tavanların yapımında kullanılmaktadır. Alçının inşaat malzemesi olarak sağladığı avantajları son yıllarda fark eden ülkemiz 2000' li yılları geçerken 1 milyon ton alçıyı yapılarda kullanır hale gelmiştir. Ancak ülkemizin çağdaş konut ihtiyacının rasyonel

bir biçimde karşılanabilmesi için çok daha fazlasını kullanması gerekmektedir. Kimya sanayinde alçı taşının kullanılması, bundan 40 yıl kadar önce pratik olarak hiç bir alanda kullanılmayan anhidritin (susuz alçı), “İngiltere Imperial Chemical Industries” şirketinin bu hammaddeyi amonyum sülfata dönüştürmesi ile başlanmıştır. Bu yöntemde havanın azotu amonyağa dönüştürülerek anhidrit ile birleşmekte ve elde edilen amonyum sülfat tarımda gübre olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra alçı tıpta, cerrahide, dişçilikte, cam sanayi, sondajcılık, hayvan yemi ve böcek ilacı üretimi, yapay kükürt, tutkal, plastik üretimi, gıda gibi çok çeşitli faaliyet alanlarında kullanılmaktadır. Alçının diğer kullanım alanları şu şekildedir.

- Ham jips çimento sanayinde prizi dengeler
- Nikel izabesinde eritmeyi kolaylaştırır.
- Bira sanayinde mayalandırma için kullanılır.
- Alçı, tıpta cerrahide ve dişçilikte kullanılır.
- Alçı porselende ve kiremit üretiminde kalıp aşamasında kullanılır.
- Kimya sanayinde amonyum sülfat, kükürt, kükürt oksit ve sülfat asidi elde etmek için kullanılır.

Halen İskoçya’da anhidrit ve alçıdan faydalanılarak sülfirik asit üretilmektedir. Yan ürün olarak portland çimentosu imal edilmektedir [Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001].

## **2.2. Harçlar**

Bağlayıcı malzeme, dolgu malzemesi ve suyun belirli oranlarda karışımı ile elde edilen, katılaşma özelliğindeki hamurlara “harç” denir. Bir başka tanımda ise; bağlayıcı malzeme, kum, su ve gerektiğinde katı maddelerin karıştırılmasından meydana gelmiş, doluluk, mukavemet, geçirimsizlik, aderans, dış etkilere dayanıklılık gibi mekanik ve fiziksel özellikler gösteren inorganik hamurlara “harç” denir [Eriç, 2002].

Harç, yapılarda bağlayıcı bir malzeme olarak kullanılır. Yapılarda kullanım yeri, şekli ve özelliğine göre farklılık göstermesine rağmen yapılarda kullanılan vazgeçilmez bir malzemedir. Harçlar, sıvalar yapı elemanlarını meydana getiren taş, tuğla ahşap gibi yapı malzemelerini bütünleyici, onları bir arada tutucu, dış etkilere karşı koruyucu ve dekoratif fonksiyonlarla kullanılmışlardır [Beydemir, 2006].

Harç, yapıdaki kullanılma şekli ve yerine göre ağırlıkça veya hacimce önceden tespit edilen miktarda bağlayıcı malzeme ve kumun kuru olarak karıştırılması, bu karışıma hidratasyon ve işlenebilme özelliği sağlayıcı nitelikte gerekli miktarda suyun ilave edilmesi ve tekrar karıştırılması suretiyle elde edilir. Gerekli hallerde mineral esaslı boya pigmenti ve katkı maddeleri ilave edilmesi mümkündür. Harç üretiminde kullanılacak malzeme oranları ağırlık esasına, hacim esasına veya bu ikisini birden dikkate alan sisteme göre belirlenir. Hacim esasına göre yapılan harçlarda bir hacim bağlayıcıya birkaç hacim kum katılmak sureti ile harç karışımı elde edilir; Su istenen işlenebilmeyi sağlayacak miktarda konur. Çizelge 2.3’ de hacimce harç karışım oranları verilmiştir [Beydemir, 2006].

Çizelge 2.3 Hacimce harç karışım oranları

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

Su bağlayıcının ağırlıkça %20-30'u yoğurma suyu kumun ağırlıkça %3-8'i kadar da ıslanma suyu olarak alınmalıdır. Agreg aapı büyüdükçe ıslanma suyu azalır, küçüldükçe artar. Çünkü ıslanacak özgül yüzey artmaktadır. Nemli kumlardan nem kadar suyu azaltmak gerekir [Saraylı, 1975].

Harçlar yapılarına giren bağlayıcı malzeme çeşidine göre kil, alçı, kireç, çimento, melez harç olmak üzere beş gruptur. Yapıda kullanım yerlerine göre duvar harçları, sıva harçları, şap ve şerbet olmak üzere dört grupta toplanabilir [Mavi, 2002].

### 2.2.1. Yapılarda harç kullanımının temel amacı

Yapıda harç kullanımının temel amacı, yapı bileşenlerini meydana getiren elemanların, birbirleri ile bağlantısını sağlayarak bir bütün oluşturmaktır. Böylece, bileşene gelen basınç yüklerinin dağılımını gerçekleştiren harç, bileşenin esnemesine de yardımcı olur. Taş veya tuğladan yapılmış olan, birçok eski eserin kalın duvarlarında kullanılmış olan harçlar, sınırlı basınç dayanımına sahip olsa da, bunun bir harç için oldukça iyi olduğu bilinmektedir. Harç kullanımının diğer bir sebebi ise, yapı elemanlarını fiziksel dış etkilerden korumaktır. Duvar harçları, kâgir elemanları birleştirmek ve yatay yükleri almak amacıyla hazırlanan çimento, kireç veya melez harçlarıdır. Çizelge 2.4' de harçların yapıda kullanım şekli ve yeri gösterilmektedir.

Yapılarda harç kullanım şekli;

- Taşıyıcı duvarlarda 300 kg çimento dozajlı harç
- Zararlı su ile temas eden yerlerde 400-600 kg çimento dozajlı harç
- Taşıyıcı niteliği çok önemli olmayan yerlerde melez harç
- Taşıyıcı niteliğinin yanında su etkisinin bulunmadığı yerlerde kireç harcı
- Duvarlarda ise iri kumlu harç tercih edilir [Eriç, 2002].

Çizelge 2.4 Harçların yapıda kullanım şekli ve yeri

| Özellği                                            | Kullanım Yeri                | Harç Çeşidi          |
|----------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| Aderans, kolay İşlenebilme                         | Tavan, duvar sıvası          | Kireç, Melez harçlar |
| Mukavemet, geçirimsizlik                           | Zemin kaplaması, Tecrit, Şap | Çimento harçlar      |
| Sudan zarar görür düzgün yüzeyler, dekoratif işler | İç sıva, süsleme             | Alçı harçlar         |

### 2.2.2. Harcın bileşenleri

Harçlar, bileşiminde bir katkı malzemesi bulunmadığı durumlarda çoğunlukla üretimleri için kullanılan bağlayıcıların niteliğine göre isimlendirilirler. (örneğin çimento harç ve sıvaları, kireç harç ve sıvaları, alçı harç ve sıvaları, melez harç vb.) [Mavi, 2002].

#### Genel bağlayıcı türleri

Bağlayıcılar, kırma taş, tuğla kırıkları, çakıl, kum gibi dolgu maddelerini birbirine bağlayarak, bir anlamda yapıştırarak, yapay taş oluşumuna imkân veren malzemelere verilen addır. Bağlayıcı malzemeler genel olarak toz halindedir. Bir başka tanımda ise, çimento, kireç, alçı gibi su ile karıştırıldığında plâstik bir hamur veren, bir süre katılaştıktan sonra sertleşme özelliğine sahip olan ve bundan dolayı taş ve kumu bağlamada kullanılan malzemeler olarak tarif edilmişlerdir. Kimyasal özellikleri ve bağlama mekanizmaları değişik olan bağlayıcı türleri genel olarak alçı, kireç, çimento başlıkları altında toplanabilir [Ceran, 2008].

#### Dolgu malzemeleri

Dolgu malzemeleri, harç ve sıva yapımında, bağlayıcı maddelerle birlikte kullanılan, mineral kökenli, farklı boyutlara sahip malzemelerdir. Doğal veya yapay yollarla elde edilmeleri mümkündür. Kum ve çakıllar tâbii agregaları oluştururken, kırma taşlar, yüksek fırın cürufları, kazan külleri, pişmiş killeri ve bunların geliştirilmesiyle elde edilen maddeler sunî agregaları oluşturur. Agregaları, ince ve iri agrega olmak üzere, iki gruba ayırmak mümkündür. İnce agrega boyutları 4 mm' den küçük olan tanelerden meydana gelir. İri agrega ise boyutları 4 mm' den büyük olan tanelerden oluşur [Erdoğan, 2005].

### 2.2.3. Harcın mekanik ve fiziksel özellikleri

Harç yapılırken bileşenleri ve kullanım yeri doğrultusunda harçtan beklenen farklı fiziksel ve mekanik özellikler vardır. Mekanik ve fiziksel özellikler bir harcı tanımlamaya yetecek özelliklerdir.

#### Harcın mekanik özellikleri

Malzemenin dış kuvvetlerin etkisi altında değişik zorlamalar karşısında malzemede oluşan şekil değişiklikleri ve bu etkiler altında malzemenin gösterdiği dayanma gücü özelliklerine mekanik özellikler adı verilir. Bu özellikler taşıyıcı malzeme olarak kullanılan yapı malzemelerinde olduğu gibi aynı zamanda sıva ve harçlar içinde büyük ölçüde önem taşır. Yapının dış kuvvetlere karşı uzun süre karşı koyması, fonksiyonlarını yerine getirmesi büyük ölçüde malzemenin mekanik özelliklerine bağlıdır. Harcın mekanik özellikleri şunlardır;

- Basınç, çekme, eğilme dayanımı
- Yapışma dayanımı
- Aşınma dayanımı
- Darbe dayanımı

Basınç, çekme, eğilme dayanımı: Mekanik mukavemet hallerinin başında basit mukavemet durumları adı verilen basınç, çekme ve kayma dayanımları gelir. Malzemenin bu özelliklerini saptamak için söz konusu malzeme örneklerini yük altında denemek gerekir. Statik deneme yöntemlerinde malzemeye etkiyen dış kuvvetler arttırılır. Deneylerde yük artımı sabit bir hızda uygulanır ve her an için iç ve dış kuvvetler birbirine eşittir. Kesin sonuç elde edilene kadar yük arttırılır [Ceran, 2008].

Yapışma dayanımı: Yapışma dayanımı, alt tabaka üzerine uygulanmış sıva ve örgü harçlarına yüzeye dik olarak doğrudan yük uygulanmasıyla meydana gelen en büyük çekme gerilmesi olarak belirlenir. Çekme yükü, harç yüzeyindeki deney alanına

yapıştırılan çekme başlıklı tanımlanmış plâka vasıtasıyla uygulanır. Elde edilen yapışma dayanımı, kopma yükünün yük uygulanan alana bölümüdür. Yapışma dayanımı harç ve sıvaların önceden hazırlanmış tabakayla ilişkili olarak tespit edilir. Deneysel yöntemlerin tümünde, bir alt tabaka önceden hazırlanır ve sıva bu tabakaya uygulanır. Dayanım testlerinde ayrıca kopma yükü tespit edilir [Ceran, 2008].

Aşınma dayanımı: Üzerinde belirli bir hareketli yükün mevcut olduğu beton, asfalt veya harç zeminlerde aşınma olasıdır. Aşınmanın yük etkisinde olduğu, aynı zamanda çevresel ve su ile ilgili problemlerinde malzemenin aşınmasına zamanla yardımcı olduğu saptanmıştır. Sıcaklık değişimi, su emme-bırakma olaylarının birbiri ardına takibi, bağlayıcının zayıflamasına dolayısıyla bir yük etkisinde aşınmanın artmasına sebep olur. Özellikle hava alanları gibi yoğun beton yüzeyleri mevcut zeminlerde, yüzeyde malzemeden kopan agrega parçacıklarının dış yükler yardımıyla zemini aşındırdığı ve maliyeti yüksek tamiratlara sebep olduğu bilinmektedir [Ceran, 2008].

Darbe dayanımı: Yapı malzemeleri bazı koşullarda, örneğin ağır bir cismin düşmesi veya darbe etkisi yaratacak diğer kuvvetlerce aşınmaya, yırtılmaya, kırılmaya, burulmaya vs. maruz kalırlar. Düşey ve yatay yapı elemanlarına uygulanan sıvalarda darbeye karşı dayanım hesapları mutlak suretle yapılmaktadır. Dış cephelerde mantolama üstü olarak tabir edilen sıva katmanlarında analizler mutlak suretle yapılmakta ve darbeye dayanım sonuçları sürekli iyileştirilmektedir. Üzerinde ağır sanayi makineleri bulunan şap zeminlerde genellikle sürekli darbelere maruz bir zemin mevcuttur. Tahribat süreye, yüke ve titreşime bağlı olarak önceden test yöntemleriyle tespit edilip ona göre malzeme kullanılabilir. Aynı zamanda kuvvetin uygulama hızı, gerilme yığılmasının şiddeti, çevresel etkiler (sıcaklık gibi) darbe dayanımını etkileyen faktörlerdir [Ceran, 2008].

#### Harcın fiziksel özellikleri

Malzemenin fiziksel özelliklerini bilmek taşıyıcı malzeme olarak kullanılan yapı malzemelerinde olduğu gibi aynı zamanda sıva ve harçlar içinde büyük ölçüde önem

taşıır. Yapının dış kuvvetlere karşı uzun süre karşı koymasın, fonksiyonlarını yerine getirmesinin bir diğér ölçüsü de malzemenin mekanik özelliklerin yanında fiziksel özelliklerine de bağılıdır. Harcın fiziksel özellikleri şunlardır;

- Birim hacim ağırlık ve yoğunluk
- Özgöl ağırlık
- Su emme oranı ve kılcallık
- Geçirimsilik
- Hacim değışikliğı ve rötre

Birim hacim ağırlık ve yoğunluk: Malzemenin boşluklarını da içeren birim hacminin ağırlığına, birim hacim ağırlık denir. Birimi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )' tür. Malzemenin boşlukları çıktıktan sonraki, cismin ağırlığının katılar hacmine oranına yoğunluk denir. Yoğunluğun birimi ise ( $\text{gr}/\text{cm}^3, \text{kg}/\text{m}^3, \text{kg}/\text{lt}$ )' dir. Boşluksuz bir malzemede birim hacim ağırlık ve yoğunluk birbirine eşittir [Baradan, 2003].

Özgöl ağırlık: Özgöl ağırlık bir malzemenin yoğunluğunun aynı hacimdeki suyun  $+4^\circ\text{C}$  deki yoğunluğuna oranı olarak tanımlanır. Malzemelerin herhangi bir birim hacimdeki toplam ağırlığını, içindeki su miktarı porozite, tanelerin ya da katı kısımların mineralojisi, kimyasal bileşimi ile ayrışma derecesi belirlemektedir. Birim hacim ağırlıkları fazla olan malzemelerin poroziteleri ve su emme değeri düşük, özgöl ağırlıkları yüksektir. Malzemede iki tür birim hacim ağırlık tarifi vardır. Bunlardan birincisi kuru birim hacim ağırlık diğeri ise suya doymun birim hacim ağırlıktır [Baradan, 2003].

Su emme oranı ve kılcallık: Boşluklu bir malzeme, su içinde kalınca veya su ile temas halinde bulunması durumunda dışa açık boşlukları oranında bir miktar su emer. Malzemenin fazla miktarda su emmesi birçok özelliklerinin genellikle zararlı yönde değışmesine neden olur. Malzemenin emdiği su miktarı mekanik özelliklerini ve dona dayanıklılığını önemli ölçüde etkiler. Her numune için emilen su miktarının, numunenin kuru ağırlığına oranı o numunenin ağırlıkça su emme oranını vermektedir. Aynı şekilde emilen su miktarının, numunenin hacmine oranı hacimce

su emmeyi vermektedir. Malzemenin su emme miktarı veya rutubeti cismin içinde bulunduğu ortamın nem derecesi ile ilişkilidir. Malzemenin uygun seçimi durumunda; örneğin iyi bir sıva malzemesi ortamın rutubetini dengeleyici bir görev yapabilir [Baradan, 2003].

Kılcallık (kapilarite); yapı elemanlarının (örneğin sıvalar) bir yüzeyiyle temas eden su bazı koşullar yerine getirildiği takdirde malzeme bünyesinden yukarılara doğru çıkar. Bu olay kılcal boşluklar sayesinde meydana gelir ve adına “kapilarite” denir [Baradan, 2003].

Geçirimsizlik: Harç numunelerde, bir basınç farkı etkisiyle suyu veya buharı bir taraftan diğer tarafa geçirme yeteneğidir. Bu özellik, belirtilen koşullarda birim alandan birim zamanda geçen su miktarı ile tanımlanır ve geçirimsizlik (permeabilite) katsayısı ile ifade edilir. Geçirimsizlik; harçtaki poroziteye, agreganın granülometresine, boşlukların birbiri ile bağlantılı olmasına, bağlayıcı dozajına bağlıdır. Geçirimsizlik, buhar geçirgenliği, su geçirgenliği olarak tanımlanabilir. Buhar geçirimsizliği; değişik koşullarda iki farklı hacim arasındaki buhar basıncı da farklı değerler verir. Sıcaklık değerlerine bağlı olarak farklı değerler gösteren buhar basıncı, yüksek basınçtan alçak basınca doğru akım oluşturur. Bu buhar basıncı sonucu malzemelerin, bünyelerinden buhar akımı geçirmelerine “difüzyon” denir. Buhar akımının geçişi buhar difüzyon katsayılarına bağlıdır [Ceran, 2008].

Su geçirimsizliği; malzemenin bir basınç farkı etkisiyle suyu bir taraftan diğer tarafa geçirme yeteneğidir. Bu özellik, belirtilen koşullarda birim alandan, birim zamanda geçen su miktarı ile tanımlanır ve permeabilite katsayısı ile ifade edilir [Ceran, 2008].

Hacim değişikliği ve rötre: Bağlayıcının cinsine göre harçta meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucu hacim değişikliği görülür. Örneğin: Yağlı kireç harçları bünyesine CO<sub>2</sub> aldığından hacim artmasına, çimento harçları ise hidrasyon olayı sonucu hacim eksilmesine (rötre) uğrar. Çimento harcında meydana gelen rötre değeri %0,08-0,12 arasındadır. Rötre dolayısıyla meydana gelen çatlaklar

geçirimsizliği artırıcı ve mukavemeti düşürücü niteliktedir. Rötreye fazla, melez harçta az görülür. Çimento harcında rötrenin azaltılması için çimento miktarını azaltmak, kumu çoğaltmak, parafin veya havadan nem çekici tuzlar ilave etmek, ayrıca katılma bittikten sonra iki hafta kadar nemli ortamda tutmak yararlıdır [Babadağ, 2008].

#### **2.2.4. Harçta bulunması gereken özellikler**

Bir harçta bulunması gereken özellikleri basınç mukavemet, doluluk, geçirimsizlik, aderans, katılma sırasında hacim değişikliği göstermemesi, aşınmaya ve dış etkilere karşı direncinin yüksek olması şeklinde sayabiliriz. Kullanılma yerine göre bu özelliklerden bazıları diğerlerine göre daha fazla önem kazanmaktadır. Bu özellikleri gerçekleştirebilmek için gerekli faktörler ise bağlayıcı cinsi ve miktarının kumun cinsinin seçimi ve granülometrisinin düzenlenmesi, yoğurma suyunun cins ve miktarının seçimi, iyi işçilik şartlarının (karıştırma, taşıma, yerleştirme, bakım) sağlanmasıdır [Eriç, 2002].

**Basınç mukavemeti:** Basınç mukavemeti, sertleşmiş harcın içine koyulan bağlayıcı malzeme miktarı ve harcın başlıca fiziksel bütünlüğü ile ilgilidir. Harcın mukavemetinin yüksek olması harcın içindeki malzemelerin uygun seçilmesi ve bağlayıcı malzemelerin optimum şekilde uygulamasının yapıldığının göstergesidir [Babadağ, 2008].

**Doluluk:** Doluluk, katılmış olan harca ortak fiziksel özellik, basınç mukavemetinde yükselme, geçirgenliğin azalması ve dış etkenlere dayanıklılık gibi özelliklerini pekiştirmesine yardımcı olur [Babadağ, 2008].

**Geçirimsizlik:** Granülometri şartlarının iyi düzenlenmemesi ve bünyesinde fazla su bulunması harcın geçirimsizliğinin artmasında rol oynar. Bu nedenle çimento harçlarında rötreyi arttırmayacak oranda bağlayıcı miktarını yükseltmek veya kauçuk, balmumu, parafin, bitüm, sabun, tras, kalsiyum klorür, sika, silistom gibi çeşitli katkı maddeleri kullanmak suretiyle geçirimsizlik sağlamak mümkündür.

Ancak kalsiyum klorürünün rötreyi %50-100 arttırması özelliği nedeni ile harca %1'den fazla katılmamalıdır. Harcın türleri içinde çimento ve puzolanik harçların geçirimsizliği yüksektir [Babadağ, 2008].

Aderans: Yapıda birlikte kullanılan iki farklı malzeme, meydana gelen etkiler nedeniyle şekil değiştirir ve iki malzeme arasında gerilmelerin geçişi meydana gelir. Arada kayma olmadan bu tür geçişin ortaya çıkmasına aderans denir. Harçlarda aderans, uygulandığı yüzeyin pürüzlülüğüne ve bağlayıcı miktarına göre uygulandığı yüzeye tutunma gücüdür. Plastik kıvamdaki harç kurumuş ve taze haldeki harçlara oranla daha yüksek aderansa sahiptir. Harcın türleri içinde yüksek aderansa sahip olarak kireç ve melez harçlar söylenebilir [Eriç, 2002].

Hacim değişikliği: Bağlayıcının cinsine göre harçta meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucu hacim değişikliği görülür. Örneğin: Yağlı kireç harçları bünyesine CO<sub>2</sub> aldığından hacim artmasına, çimento harçları ise hidratasyon olayı sonucu hacim eksilmesine (rötre) uğrar. Çimento harcında meydana gelen rötre değeri %0,08-0,12 arasındadır. Rötre dolayısıyla meydana gelen çatlaklar geçirimsizliği arttırıcı ve mukavemeti düşürücü niteliktedir. Rötre şapta fazla, melez harçta az görülür. Çimento harcında rötrenin azaltılması için çimento miktarını azaltmak, kumu çoğaltmak, parafin veya havadan nem çekici tuzlar ilave etmek, ayrıca katılma bittikten sonra iki hafta kadar nemli ortamda tutmak yararlıdır [Babadağ, 2008].

Dış etkilere dayanıklılık: Sertleşmiş harç ve sıvaların donmaya karşı davranışı yapısında bulunan su ve boşluklu yapısıyla ilgilidir. Don durumunda suyun malzeme içindeki ilerleyişi önemlidir. Don durumunda bağlayıcı jelin içindeki su sıfır derecenin altında donmaz. Ancak kapiler boşluklarda bulunan su, donmaya başlayınca, jel boşluklarının içindeki suyu da çeker ve kendi hacmini artırır. Hacmi genişleyen buz, boşluğun çeperlerine basınç uygulama başlar ve çatlamasına neden olur. Donmaya dayanıklılık, harç karışımı içindeki su/çimento oranına ve yapısında bulunan sürüklenmiş hava miktarına bağlıdır [Eriç, 2002].

### 2.2.5. Harcın dayanıklılığı

Harcın dış etkilere dayanıklılığını anlayabilmek için öncelikle bina cephelerini etkileyen faktörleri bilmek gereklidir. Bu faktörler;

- Meteorolojik faktörler;
- Mekanik faktörler;
- Kimyasal faktörler;
- Biyolojik faktörler:

Harcın sertleşmesi sırasında su, hidrasyon için gereklidir. Ancak uzun süreli suya maruz kalan cephelerde aşınmalar meydana gelir. Kar, cephelerde donmaya sebep olur. Harcın yapısına giren su donarken genişler ve mikro çatlaklar oluşur. Bu mikro çatlaklar zamanla genişleyerek harcı çatlatır. Dolu ise mekanik darbe etkisi yaptığı için yüzeyde aşınmalar oluşturur. Güneş ve rüzgâr sertleşme sırasında gereken suyu buharlaştırdığı için hidrasyonu etkiler. Hidrasyonunu tamamlayamayan harç gereken mukavemete ulaşamaz. Ayrıca güneşin radyasyonu da cephelerde önemli kirlenmelere sebep olmaktadır. Özellikle polimer katkılı harçların radyasyona direnci zayıftır. Bu sayılan faktörlere göre harçta bulunması gereken özellikler; geçirimsiz ve gözeneksiz, yani doluluğu yüksek olmalı, yüzeyi nefes alabilmeli, buhar geçirgenliği yüksek olmalıdır, mekanik etkilere dayanımı ve aderansı iyi olmalıdır, yüzeyi kaygan olmalı ve gelen suyu duvar bünyesine geçirmemelidir. Hacim değişikliklerinde çatlamları önleyecek kadar elastik olmalıdır, ısı değişimleri karşısında hacmi değişmemelidir [Mavi, 2002].

Sıva harçları, taşıyıcı ya da bölme amaçlı olarak üretilmiş yapı elemanlarını dış etkilere karşı korur. Sıva harcının yüksek sıcaklığa dayanıklı olması, yapı elemanının ya da bölme amaçlı olarak kullanılan duvarın sıcaklık karşısında mukavemetini ve bütünlüğünü belli bir süre kaybetmemesini sağlar.

### 2.2.6. Kireç harcı

Belirli oranlarda kum, sönmüş kireç ve suyun karıştırılması sonucu elde edilen harçtır. Günümüz inşaat sektöründe sık kullanılmamakla birlikte, bazen iç bölme duvarlarında ve rutubet almayan yerlerde kullanılır. İç sıva için yeterli sağlamlıkta olduğundan, binaların içerisindeki sıvalarda kullanılır. Kireç harcının hazırlanmasında kum halka şeklinde yayılır. İçerisine kumun 1/3'ü kadar kireç hamuru konulur. Önce kireç hamuru su ile iyice eritilir ve sonra küreğin tersiyle iç taraftan başlanarak harç içeriye doğru karıştırılır. Harcın tamamı bu şekilde karıştırıldıktan sonra bir defada kürekle aktarılacak suretiyle kullanılmaya hazır duruma getirilir. Fazla dayanıklı olması beklenmeyen ve geçici olarak yapılan binaların iç sıvalarında kullanılır. Sıva yapımına başlamadan önce, kireç harcı yapılır ve 3-5 gün dinlendirilir [Gürer, 2006].

### 2.2.7. Çimento harcı

Dayanıklı olması istenilen dış sıvaların yapımında kullanılır. Bu harca, su ve rutubete karşı yalıtım malzemesi de konulabilir. Çimento ile su miktarı sıvanın yapılacağı yere göre değişir. [Sıva Yapım Kuralları, 1998]. Gerektiğinden fazla su harcın dayanıklılığını azaltır. Harç içinde yeterli su olmadığı zamanda katılaşma iyi olmaz. Bu nedene çimento harçlarında kullanılacak su miktarı önceden hesaplanmalı ve bir defada karıştırılmalıdır [Noğay, 1991]. Bu şekildeki ısınmalar donma tesirlerini yok ederek düşük hava sıcaklıklarında faydalı olmaktadır [Özışık, 2000].

### 2.2.8. Alçı harcı

Bu sıva, su ve rutubete karşı dayanıklı olmadığından iç sıvalarda kullanılır. Bu harçta genellikle kum kullanılmaz. Alçı sıva, alçıya su katılarak elde edilen harçtan yapılır. Alçı harcında mukavemetin azalmaması için su miktarı alçı ağırlığının % 80'ini geçmemelidir Alçının hammaddesi doğadaki alçı taşı veya jips ile anidrittir. Alçının hidrasyonu çok hızlıdır [Kamanlı ve Balık, 2003].

### 2.2.9. Melez (Temditli) harç

Sıva yapımında çimento harcının kısa zamanda prize başlamasını önlemek, işlenebilirliğini artırmak amacıyla az miktarda sönmüş kireç ilave edilerek elde edilen harçtır. Çimento-kireç karışımı harçlarda; harcın içerisindeki çimento miktarı arttıkça, harcın katılaşması hızlanır. Sıvanın dış tesirlere karşı dayanıklılığı artar. Harcın içerisindeki kireç miktarı arttıkça sıva yaparken harcın işlenebilirliği yani yapışma özelliği artar. Harcın içerisindeki çimento miktarı azaldığından dış tesirlere karşı dayanıklılığı azalır. Çimento-kireç karışımı oranı kullanma amacına uygun olacak oranda ayarlanmalıdır. Harcın hazırlanmasında, önce kireç harcı hazırlanır, çimento ise kullanılacağı zaman karıştırılır. Çimento karıştırılan harç 2-3 saat içerisinde kullanılmalıdır [Gürer, 2006].

### 2.3. Sıvalar

Yapılarda sıva uygulamasına tarih öncesi devirden beri rastlanmaktadır. Değişik yörelerde kullanılan kil esaslı, saman katkılı sıva harçlarının yanı sıra kireç hamuru katkılı kil harçlar ve kireç bağlayıcı kullanılarak oluşturulan harçlar sıva olarak kullanılmıştır.

Çimentonun 19.yy' dan itibaren piyasada yer alarak yapıda kullanıma girmesi ile birlikte, sıvalar da çimento bağlayıcı olarak kullanılmıştır. Bu uygulama hızla yaygınlaşmıştır [Eriç ve ark., 1989].

Çimentonun sıvaya getirdiği dayanımın dış koşullara dayanıp ve nispeten geçirimsizlik özelliklerinin yanında çatlamlar açısından çok hassas oluşu ve kireç ile üretilmiş harçlardaki plastisiteye sahip olmayışı ile bir ölçüde kullanıcıları bu tür mahsurları bertaraf edilmesinin yollarını aramaya yöneltmiştir. Zaman içerisinde bünyesinde bağlayıcıların oranları düzeyinde onların özelliklerini de gösteren alçı, kireç, kireç-çimento melez sıva harçları yapılır ve uygulanır olmuştur [Eriç ve ark., 1989].

Sıva harcı, duvar veya tavanlarda kâgir ve hımmış yüzeyleri düzgünleştirmek ve korumak için kullanılan bir çeşit harç diye tarif edilir. Bir başka tanımda ise yapıda iç ve dış duvar yüzeylerine ve tavanlara belirli bir kalınlıkta uygulanan harç esaslı sürekli kaplamalara “sıva” denir. Plastik kıvamda iken duvarlara ve tavana uygulanan ve daha sonra sertleşen sıvalar genellikle çimento, kireç, alçı ve su karışımından oluşurlar. Bir sıva başlıca, dolgu malzemesi, bağlayıcı ve sudan oluşur. Sıvaları boyalardan ayıran özellik, dolgu olarak kullanılan agreganın iri olması, bağlayıcı olarak çoğu kez kireç ve çimento kullanılmasıdır [Ersoy ve ark., 2001].

Yapıda kullanılan sıvaların başlıca iki görevi vardır:

- Estetik bir görünüş kazandırır. Sıvanmış bir duvar, sıvanmamış bir duvardan çok daha güzeldir.
- Duvarı ve yapıları, yağmurdan, yeraltı suyundan, hava tesirinden korumakta, termik (ısı) izolasyonunu (yalıtımını) artırmaktadır.

Genel olarak sıvaların bu iki görevi birlikte görmesi, çatlamaması, sert bir yüzey meydana getirmeleri, dökülmemeleri ve su buharını geçirebilmeleri istenir. Sıvaların bu özellikleri gerçekleştirmeleri iki-üç tabaka halinde yapmakla sağlanabilir. Sıvalarda kullanılan kum tanelerinin ölçüsü 0,5-1,5 mm arasında değişmektedir [Gökdemir, 1997].

### **2.3.1. Sıva türleri**

Sıva, üretim şekillerine göre yerinde karışım yapılan (geleneksel) sıvalar, fabrika üretimi yapılan hazır sıvalar olmak üzere 2’ ye ayrılır. Bağlayıcı özelliklerine göre mineral bağlayıcılı, sentetik reçine bağlayıcılı, uygulandığı duvar yüzeyine göre beton duvar yüzeyi, tuğla duvar yüzeyi, gaz beton duvar yüzeyi, yalıtım yapılmış duvar yüzeyi, ahşap duvar yüzeyi, uygulandığı yere göre iç sıva, dış sıva başlıkları altında incelenebilir.

### Fabrikada üretilen sıvalar

Fabrikalarda üretilerek piyasada özel ambalajlar içinde satılan kopolimer, akrilik emülsiyon esaslı, yapısındaki malzemeden dolayı desen verilebilme özelliğine sahip, suya dayanıklı, dekoratif görünümlü malzemelerdir.

Bünyesindeki suyun buharlaşmasıyla kuruyarak devamlı bir film tabakası oluşturur. Atmosfer etkilerine doğrudan maruz kalan, yapıların dış cephelerinde ve genellikle yapılarda iç ve dış sıva uygulamalarında kullanılır. Harcın yüzeye uygulaması püskürtme ve mala uygulama yönteminde farklılık göstermektedir.

Hazır sıva çeşitleri şunlardır;

- Mineral esaslı düz veya desenli görünen hazır sıvalar
- Granit tipi hazır sıvalar
- Hazır ipek sıvalar
- Perlit sıvalar
- Hazır kenitex püskürtme sıvalar
- Sentetik reçine bağlayıcılı sıvalar [Akın, 1997].

### Yerinde karışımı yapılan (Geleneksel) sıvalar

#### Düz sıvalar

Binayı dış etkilerden koruyan ve binanın mimari güzelliğini teşkil eden, yapının dış cephelerine yapılan sıvalardır. Ortalama 2 cm kaba sıva üzerine 0.8 cm ince sıva olmak üzere çoğunlukla iki tabaka halinde yapılan, harca katılan bağlayıcı cinsine ve miktarına göre isimlendirilen sıvadır.

### Kaba sıva

3 mm lik elekten geçen kum ile bağlayıcılar su ile birlikte karıştırılarak elde edilirler. Kaba sıva, iki tabaka halinde yapılır. Birinci tabaka, duvar yüzeyine harcın kolay yapışması için ince fakat çimento oranı yüksek, kalınlığı 1-1,2 cm civarında olan sıvadır. İkinci tabaka, birinci tabakanın üzerine yapılan ve toplam kalınlığı 2-2,5 cm civarında olmalıdır. İç duvarlarda, kireç harcı veya takviyeli harç kullanılır. Dış duvarlarda ise, genellikle takviyeli harç kullanılır. Bu harçlarda, çimento miktarı değişkenlik gösterebilir, bu değişkenlik hava koşullarına ve rutubete bağlıdır [Erdoğan, 2003].

### İnce Sıva

1 mm'lik elekten geçen veya piyasada mil ismiyle tanımlanan kum ile bağlayıcının, su ile karıştırılmasıyla elde edilen harç ile yapılır. İnce sıva aynı zamanda kaba sıvadan meydana gelen boşlukları doldurmak ve yüzeyi perdahlamak için yapılır. Genellikle kireç harcı veya takviyeli harç kullanılır. Kalınlığı en fazla 10 mm'dir [Erdoğan, 2003].

### Çimento takviyeli sıva

Çimento sıva, içerisinde çimento bulunan harç kullanılarak yapılan bir sıva çeşididir. Çimento, bağlayıcı özelliğe sahip bir malzemedir. Çimentonun sağlayabileceği bağlayıcılık özelliği, bu malzemenin su ile birlikte karıştırılması sonucunda elde edilmektedir. Üzerine kaplama yapılacak yerlerde yalnız kaba sıva yapılır ve yüzeyi mala ile çizilerek pürüzleştirilir [Erdoğan, 2003].

### Metal deplüvaye (Rabitz) sıva

Bu sıvalar duvar yüzeylerine ve gerektiğinde tavanlara uygulanır. Her ikisinde de uygulama sistemi aynıdır. Çelik veya ahşap iskeletli yapılarda duvar veya tavan iskelet elemanları arasındaki boşluklu bölmelere, önce sıva tabanı olarak ızgara

elemanları çakılır, sonra üzerine galvanizli rabbitz teli veya plâstik esaslı file kaplanarak sıva uygulamalarına geçilir. Izgara elemanları ahşap latalardan veya metal çubuklardan olup, normalde 20x20 cm aralıklarla monte edilebilir. Rabbitz teli veya file metal ızgara çubuklarına telle iyice bağlanır ve ahşap ızgara latalarına çivi ile çakılır. Bu uygulama yöntem ve tekniği metal yüzeylere sıva yapımında da kullanılabilir. Sıva malzemesi, içine keten katılmış çimento esaslı olmalıdır. Galvanizli de olsa rabbitz teli üzerine alçı malzeme ile sıva yapılmamalıdır. Çünkü alçı metallerde kuvvetli bir şekilde korozyonu artırır. Fakat plâstik esaslı file malzemesi üzerine alçı sıva uygulanabilir [Erdoğan, 2003].

#### Bağdadi sıva

Ahşap iskeletli yapıların veya ahşap bölmelerin yüzeylerine sıva yapılabilmesi için sıva tabanının hazırlanması gerekir. Sıva tabanını elde etmek üzere bağdadi veya kamışlar ahşap dikme veya kirişlere çakılır. Bağdadilerin kesitleri yamuk şeklinde, 20x20 mm veya 25 x 25 mm olup, 10 veya 20 mm aralıklarla çakılır ve üzerine sıva yapılır [Babadağ, 2009].

#### Alçı sıva

İnce kum veya ince taneli agregalar kullanılarak saf alçı ile yapılır. Alçı harcında mukavemetin azalmaması için su miktarı alçı ağırlığının % 80'ini geçmemelidir. Alçının hammaddesi doğadaki alçı taşı veya jips ile anidrittir. Alçının hidratasyonu çok hızlıdır [Kamanlı ve Balık, 2003]. Alçı şaplı veya kireçli olursa işlenebilirlik açısından daha iyi sonuçlar verir. Alçı, dış sıva olarak kullanılacak ise, tamamen dehidrate olmuş alçı taşından veya aktive edilmiş doğal anhidritten oluşturulur. 1 m<sup>3</sup> kuma 150 kg çimento ve 0.200 m<sup>3</sup> kireç hamuru katılarak hazırlanan harçla ortalama 2 cm kalınlığında kaba sıva, üzerine 750 kg ince alçı ve yeteri kadar su katılarak elde edilen harç ile ortalama 0.6 cm kalınlığında ince sıvanın tahta mala kullanılması ile uygulanır [Babadağ, 2009].

### Kamış üzerine sıva

Birbirlerine tellerle bağlanmış olan hazır kamış levhalar, taşıyıcı konstrüksiyona metal deplüvaye gibi galvanizli tellerle sık sık bağlanmalıdır. Kamışlar levha halinde değilse, teker teker çatal çivilerle veya ince yatay çıtalar çakılmak suretiyle tespit edilmelidir. Elde edilen kamış yüzeye sıva, metal deplüvaye sıva şartnamesindeki şartlarla üç kat olarak uygulanmalıdır. Kamışların çapları 20 veya 25 mm' dir. Kamışlar 60 veya 100 cm aralıklarla ince tellerle birbirine bağlanarak levhalar haline getirilir. Kamış hazır levhalar ahşap dikme veya kirişlere tel çivilerle çakılır ve üzeri sıvanır [Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985].

### Kumlu, kireç - alçı sıva

Kumlu kireç- alçı sıva, mil kumunun ya da dişli kumun alçı ile uygun oranlarda ve kuru olarak karıştırılması ve bu karışımın ahşap tekniği içinde hazırlanmış olan uygun miktardaki kirecin eritilmesi ile elde edilen sıvadır. Kum ile alçı karışımına su katılmaz, kum alçı karışımı suya ağır ağır katılır. Bu sırada da, alçı sıvada olduğu gibi özellikle çabuk sertleşen alçılar kullanılır. Prizin geciktirilmesi istendiği takdirde alçı teknik şartnamesinde yazılı malzemeler kullanılır. Kumlu alçı sıva mevcut kaba sıva üzerine ortalama 5 ile 7 mm kalınlığında yapılacaktır. Sıva kalınlığı, tahta mala ile uygulanarak ve masterına getirilerek elde edilir [Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985].

### Yaprak sıva

Malzeme olarak belirli oranlarda 0–1 mm dane büyüklüğü sınıfı kum veya mermer tozu, çimento, sönmüş kireç hamuru ve gerektiğinde toz boya kullanılıp yeni sıvanmış harç yüzeyine sünger veya top haline getirilen bez parçası basılıp çekilmek suretiyle yapılan sıvadır.

### Serpme püskürtme sıva

Malzeme olarak belirli oranlarda kum, sönmüş kireç, iri ve ince agrega, mermer pirinci, mermer tozu, çimento ve gerektiğinde toz boyanın karışımından meydana gelen sıvanın püskürtme makinesi kullanılarak uygulanması suretiyle yapılan sıvadır. Püskürtme sıvalar, özel püskürtme makinesi ile takviyeli kaba sıva üzerine uygulanır. İçinde kireç, çimento, kum iri ince agrega vardır. Renkli hazırlanan harç, cephenin her yerinde sıvanın aynı kalınlıkta olması için kat kat vurulur [Babadağ, 2009].

### Mermer tozu sıva

Yüzeyin düz ve parlak olması istenen, dış ve bazen de iç yüzeylerde kaba ve ince olmak üzere iki tabaka halinde uygulanan sıvadır [Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985]. Çimento, sönmüş kireç, agrega olarak mermer tozu ve renklendirici katılmak suretiyle kaba sıva üzerine uygulanan rijit bir sıvadır. Kaba sıva üzerine 4-6 mm kalınlığında vurulur [Babadağ, 2009].

### Mozaik Sıva

Binaların genellikle dış ve nadiren iç yüzeylerinde düz veya renkli olarak 15 mm veya 20 mm kalınlığında olup uygulama mala ile yapılır. Çimentonun prizinden sonra murç, düz veya dişli kalemlerle taraklanarak işlenir [Babadağ, 2009].

### Merdane sıva

Binaların düz ve mermer sıva yüzeylerinin düzgün pürüzlü olması istendiğinde perdahlanan yüzeyde merdanenin aşağıdan yukarı çekilmesi suretiyle, renkli ve renksiz yapılan sıvadır [Babadağ, 2009].

### Edelputz sıva

Bu sıva malzeme ve gerekse estetik yönden önceden duvarda hazırlanmış örneklerinden, beğenilerek uygulanır. Homojen renkte ve büyüklükte elenmiş özel çakıl (Edelputz çakılı) ve en az söndürüldükten sonra bir ay dinlendirilmiş beyaz kireç (mermer kireci) hamuru ve bütün cephe için aynı rengi haiz çimento kullanılarak yapılan sıvadır [“Sıva Genel Teknik Şartnamesi”, 1985]. Belirli oranlarda malzemenin karıştırılmasından elde edilen harçla yapılan kaba ve üzerine uygulanan ince sıvanın prizden sonra taraklanarak yapılan türüdür. İstenilen renkte olabilir özel bir dokusu vardır [Babadağ, 2009].

### Perlitli sıvalar

Perlit sıvası, alçı veya çimento bağlayıcılarla genleştirilmiş perlit agregasının karışımı ile elde edilir. Normal sıva yapım tekniği ile yapılan ve normal sıvalardaki kumun yerine perlit agregası konularak oluşturulan bu sıvaların hafiflik, ısı yalıtımı, yangına dayanıklılık gibi üstünlükleri vardır. Çimentolu perlit sıvaları, normal sıva uygulamalarının yanında çelik konstrüksiyonların yangına karşı korunmasında kullanılır. Alçılı perlitli sıvalar ise iç duvarların ve tavanların sıvanmasında kullanılmaktadır. Bunun dışında tavan ve tabanlardaki yangına karşı korunması gerekli elemanların ve çelik konstrüksiyonun da dayanım kazanması alçılı perlitli sıva tatbikatları ile mümkündür [Sıva Genel Teknik Şartnamesi, 1985].

### 2.3.2. Sıvalarda bulunması gereken özellikler

- Geçirimsiz olmalı
- Gözeneksiz olmalı
- Yüzey nefes alabilmeli, buhar geçirgenliği yüksek olmalıdır.
- Duvar iç, dış ve kendi bünyesindeki fiziksel, kimyasal ve mekanik etkilere korunmalıdır.

- Aderansı iyi olmalıdır. Katmanlar arası sürtünme kuvveti fazla olmalı, tutunma kabiliyeti yüksek olmalıdır. Uygulanan yüzeye yapışmalı ama çok kalın ve sert olmamalıdır.
- Yüzeyi kaygan olmalı, gelen suyu duvar bünyesine geçirmemeli, kısa sürede ve kolayca aşınmamalıdır.
- Yeteri kadar mukavemetli ancak hacim değişikliklerinde çatlamaları önleyecek kadar elastik, duvarın hava ve nem alışverişini sağlayacak kadar gözenekli olmalıdır.
- Isı değişimleri sırasında genleşme büzülme yapmamalı, çatlamalar olmamalıdır.
- Malzeme seçimleri istenen performansa uygun olmalı, akamalıdır. Renkleri solmamalıdır.
- Küfe ve rutubete dayanıklı olmalıdır [Gürdal ve Karagüler, 2001].

### 2.3.3. Yapıda kullanım yeri ve amacı

Sıvalar, tatbik edildikleri yapı elemanlarının yüzeylerini örtmeleri ve düzgün göstermelerinin yanı sıra, kaplamış bulundukları kısımları, dolayısıyla yapının tümünü atmosfer koşullarından koruma, ısı yalıtımı ve ses yutuculuk gibi işlevlere sahiptir.

Sıvalar içte ve dışta olmak üzere iki türde yapılabilir: İçte uygulanan sıvalar, koruyuculuk amacı yanında ve daha fazla düzgün, duvar gövdesini gizleyen, toz ve kir tutmayan dekoratif bir yüzey elde etmek amacıyla yapılır. Duvarın dış tarafına yapılan sıvalar ise, atmosfer etkilerine maruz duvar elemanlarının bu etkenlerden korunması, yapının bünyesine suyun girmesinin önlenmesi ve yapının karakterine uygun bir dış görünüm verilmesi amacı ile yapılır [Eriç, 1992].

Dış yüzeydeki yağmur suyunu kesite almayacak sıvanın, duvar kesitindeki su buharının dış ortama çıkışına yüksek direnç göstermeyecek asgari bir buhar geçirgenlik değerine sahip olması gerekmektedir. Sıvaların dayanıklılığını sağlayan en önemli faktör sıva harcının doluluğudur. Doluluğu sağlanmış bir sıva harcının

mukavemet ve geçirimsizlik ile dekoratif yüzeyler elde edilmesi gibi çeşitli amaçlarla ele alınması halinde, sıva bünyesindeki bağlayıcının bu özellikleri sağlayacak şekilde seçilmesi ön görülmektedir [Eriç, 1992].

#### **2.3.4. Yüzeylerin sıvaya hazırlanması**

Sıva yapılacak yüzeylerin (duvar veya tavan) daha önceden sıva işlemine hazırlanması gereklidir. Bu nedenle sıva yapılacak yüzeyde aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

- Yüzeylerde toz olmamalı
- Yüzeylerde yağ, deterjan, kir vb. olmamalı
- Yüzeylerde asit sızıntısı olmamalı
- Kavlayan, çatlayan birimler tel fırça ve spatula ile dökülerek tamiri yapılmalı
- Sıva öncesi yüzeyler ıslatılmalı
- Farklı genleşen malzemelerin ek yerlerine file örgü konulmalı
- Donmuş yüzeylere sıva yapılmamalı [Eriç, 1992].

#### **2.3.5. Sıva yapım kuralları**

İnorganik ve organik bağlayıcı esaslı sıva uygulamalarında özellikle dikkat edilmesi gereken önemli hususlar vardır.

- Kireç, alçı, çimento, takviyeli kireç ve çimento gibi inorganik esaslı bağlayıcılarla yapılmış sıvalar için öncelikle dikkat edilmesi gereken nokta doluluk oranı yüksek ve standardına uygun karışıma sahip olmalıdırlar.
- Özellikle duvar sıvasına duvar işlendikten ve prizini aldıktan sonra başlanmalı, önce iç sıva sonra dış sıva tatbikatına geçilmelidir.
- Yeni uygulanan sıvanın aşırı güneş, rüzgâr, yağmur ve don etkisine maruz kalmamasına dikkat edilmeli özellikle 5 °C ısı altında uygulama yapılmamalıdır.

- Uygulanacak her yeni sıva tabakasının bir evvelkinden daha düşük dozajda olması ve yeterli sertleşme sağlanması için tatbik edilen her yeni tabaka için en az 24 saat beklenmesi gerekmektedir.
- Sıva harcının uygulamada mümkün mertebe kuru olarak ve yüzeye kuvvetle çarparak çekilmesi bir tabaka için en az 20 mm kalınlığında ve daima iki tabakalı yapılması yüzeydeki taşmış harçlar ve muhtemel kil ve tozların temizlenmesi yüzeyin ıslatılması farklı cins malzemelerin birleşme yerlerinde veya yapının deplasman gösterebilecek derzlerinde sıva telli tatbik edilerek sıvaya geçilmesi gereklidir.
- Yapının bütün işleri bittikten sonra sıra sıvaya gelmeli, sıva yapıldıktan sonra içte yapılacak sulu harç, döşeme tesviyesi gibi işlemlerle malzemenin içerden duvarı ıslatması önlenmelidir.
- Sıva yapılacak yüzey, artıklardan, fazla harçlardan temizlenmelidir.
- Sıva iskelesinin sıvanacak yüzeye ilişkisi olmamalıdır.
- Bir cepheye yetecek harç, bir kerede harman halinde hazırlanmalıdır. Sıvalar yağmur altında veya yağmur tehlikesi olan günlerde yapılmamalıdır. Sıva yapılan yerde çevre sıcaklığı 5°C 'nin altına düşmemeli, 35 °C'nin üzerine çıkmamalıdır.
- Sıvanmaya başlayan cephenin bir gün içerisinde mutlaka bitirilmesi gerekir. Eğer cephe bitirilemeyecek kadar büyükse, dilatasyon derzlerinin bulunduğu yerlerde veya girintisi-çıkıntısı çok olan yerlerde veya pencere boşluklarının fazla olduğu yerlerde, sıva kalınlığında çita çakarak sıva yüzeyi sınırlandırılır.
- Dış sıvaların yapımından sonra ıslatılmaya devam edilmelidir.
- Dış sıvaya taraklanarak bir doku verilecekse taraklama işleminin sıvanın kıvamında yapılması gerekir.
- Dış sıvalar tamir kabul etmeyeceğinden sıva yukarıdan aşağıya doğru yapılmalıdır.
- Sıva öncelikle temiz yüzeye, yeterli bilgi ve kaliteli işçilik şartları altında uygulanmalıdır.
- Uygulandığı yüzeyi tesviye edebilir şekilde tatbik edilmelidir.

- Yapının bütününe uygun estetik görünüm kazandırmak veya bu amaca uygun bir bitirme malzemesine zemin hazırlayabilecek nitelikte olmalıdır [Eriç, 1992].

### 2.3.6. Sıvalarda görülen arızalar ve nedenleri

Binalarda kaba yapı elemanlarının yüzeylerini kaplayarak dış etkenlerden korunmak ve güzel görünmelerini sağlamak üzere iç ve dış sıvaların yapılmasında gerekli kurallara uyulmadığında çeşitli arızalar ortaya çıkabilir. Sıva arızaları genellikle yüzeyde çatlama, aşınma, renk dalgaları, lekelenme, kabarma, kavlama ve dökülme şekillerinde görülebilir. Bu arızalara sebep olan faktörler sıvanın yüzeyini oluşturan kaba yapı elemanı, sıva malzemesi ve işçiliği olmak üzere üç başlık altında toplanabilir [Memiş, 2007].

#### Sıvanan yüzeyin sıvayı etkilemesi

Sıvanın yüzeyini oluşturan yapı elemanının aşağıdaki şekillerde kusurlu olması, üzerinde yapılan sıvayı çeşitli şekillerde( çatlama, dökülme gibi) etkiler ve arızalar ortaya çıkarır. Bunlar:

- Kaba yapı elemanının çatlaması,
- Kaba yapı elemanının yapıldığı malzemenin kusurlu olması,
- Sıvanan yüzeyin sıvanan harcın yapışmasını engellemesi,
- Sıvanan elemanının su ve nem almasıdır [Memiş, 2007].

#### Sıva malzemesinin sıvayı etkilemesi

Sıva harcının yapılmasında kullanılan agreganın, bağlayıcıların ve katkı maddelerinin kusurlu olması sıvada arızalara neden olur. Bu kusurlar:

- Kullanılan malzemelerinin temiz olmaması,
- Bağlayıcıların iyi kalitede olmaması,

- Bağlayıcıların su ve nem alması,
- Kullanılan suyun uygun olmaması,
- Karışımın gerekli dozajından az veya fazla olmasıdır [Memiş, 2007].

#### İşçilik hatalarının sıvayı etkilemesi

Sağlam ve iyi yapılmış kaba yapı yüzeylerine istenilen nitelikte malzeme ile yapılan sıva işçiliğinin iyi olmaması, sıva kusurlarının oluşmasındaki nedenlerden bir diğer grubu oluşturur. Bu kusurlar ise:

- Sıvanacak yüzeyin iyi hazırlanamaması,
- Hazırlanan yüzeye sulu serpmeye atılmaması,
- Sıvanın ince tabakalar halinde yapılmaması,
- Sıvanın uygun olmayan hava sıcaklığında yapılması [Memiş, 2007].

#### **2.4. Yüksek Sıcaklık**

Yapılarda dayanıklılık problemine yol açan başlıca fiziksel etkilere biri de yüksek sıcaklıktır. Bu etki yapılarda kalıcı hasarlar oluşturarak yapının servis dışı kalmasına, can ve mal kaybına neden olabilmektedir [Aydın ve Baradan, 2003]. Yüksek sıcaklığın kaynaklarından biri olan yangının betona betonarme yapılara ve harçlara etkisi 1922’ den günümüze kadar araştırılmaktadır. Yapılan araştırmalarda yangın sırasında ve sonrasında malzemenin karmaşık davranışı, yapısal güvenlik ve yapının bütünlüğü anlaşılmaya çalışılmıştır [Khoury, 2000].

Ülkemizde yangın olayları sık yaşanmakta, yapılar ve yapı elemanları doğrudan olduğu gibi dolaylı olarak da yüksek sıcaklıktan etkilenmektedir. Literatürde yapı elemanlarını oluşturan beton, betonarme ve harçların yüksek sıcaklık etkisi karşısındaki dayanıklılıkları konusunda çalışmalar bulunmaktadır.

### 2.4.1. Yüksek sıcaklık kaynakları

Yapıya ve malzemeye zarar veren, hasara yol açan yüksek sıcaklık kaynakları, yangın, özel üretimlerden dolayı endüstri fırın bacalarında görülen sıcaklık ve hava alanı pistlerinde sürtünmenin neden olduğu ısınma ve nükleer reaktörler olarak gösterilebilir[Gölce, 2009]. Bu etkiler aşağıda sırası ile açıklanmıştır.

#### Yangın

Yanma, yakacakların oksijenle hızlı bir şekilde reaksiyona girerek, yakacak içinde depolanmış bulunan enerjinin, ısı enerjisi biçiminde açığa çıktığı kimyasal bir işlemdir. Bu işlem sırasında çıkan enerji, genellikle sıcak gazlar şeklinde olmasına rağmen, çok küçük miktarlarda elektromanyetik (ışık), elektrik (serbest iyonlar ve elektronlar) ve mekanik (ses) enerjiler şeklinde de ortaya çıkmaktadır. Yanma, yanıcı maddelerin oksijen ile kimyasal reaksiyon hızına, oksijen miktarına ve yanma bölgesindeki sıcaklığa bağlıdır [Mahsanlar, 2006].

Yüksek sıcaklığa neden olan yangın ise katı, sıvı ve/veya gaz halindeki maddelerin kontrol dışı yanması olayıdır. Araştırmalar, tabii bir yangının genel olarak ateşleme, yavaş yanma, ısınma ve soğuma olmak üzere dört fazdan oluştuğunu göstermektedir. Ateşleme ve yanma fazları tüm parlama öncesi, ısınma ve soğuma fazları ise tüm parlama sonrası fazları olarak adlandırılmaktadır. Tüm parlama öncesi fazı gelişmekte olan yangın, tüm parlama sonrası fazı ise gelişmiş olan yangın durumunu göstermektedir [Aköz F., Yüzer, 1994].

#### Endüstri fırın bacaları

Endüstri fırın bacalarında sıcaklığın 1250-1300 °C ye ulaştığı bilinmektedir. Günümüzde bacalardaki artık ısı enerjisinin geri kazanımı için ısı eşanjörleri, ısı reküperatörleri, döner tip ısıtıcılar, ısı boruları ve ısı pompaları gibi araçlar kullanılarak sıcaklık yaklaşık 200 °C' ye kadar düşürülebilmektedir [Avcı 1984].

### Hava alanı pistleri

Uçakların kalkış ve inişlerindeki sürtünmeler ve jet motorlarından 260 km/saat hızla çıkan 196 °C deki egzoz gazları, hava alanı pistlerinde sıcaklığın artmasına sebep olmaktadır. İniş ve kalkışlardaki tekrarlı ısınma ve soğuma etkisi ile pistlerde aşınma ve tozlanma görülmektedir. Pistler bu durumda yük alma kapasitelerini muhafaza etseler de hava alanının işlevleri kısıtlanır [Ramakrishnan 1991].

### Nükleer Reaktörler

Nükleer reaktörlerde, sistemin sıcak parçalarından transfer olan ısı ve nötron ve gama ışınlarının baskısı ile oluşan sıcaklık nedeniyle, reaktörü koruyan beton yüksek sıcaklığa maruz kalır. Radyasyon, koruyucu betona önemli zarar vermez ancak beton sıcaklık nedeniyle daha zayıf hale gelir ve nötron baskısına karşı etkisi azalır. Hızlı nötron ve gama ışınları yavaşlatılırken reaktör çekirdeğinden açığa çıkan enerji, koruyucu malzemede tutulur ve ısı şeklinde salıverilir. Bu ısı özellikle reaktör çekirdeğine yakın bölgeleri etkiler. Sodyum yakma havuzlarının etkisi ile tipik bir sodyum-beton reaksiyonu 400 °C’de başlar ve yarım saat sonra sıcaklık 800 °C’den daha yüksek bir değere ulaşır [Sakr K., EL-Hakim, 2005].

#### **2.4.2. Yüksek sıcaklık etkisi**

Birçok yapı ve inşaatlarda potansiyel risklerden biri de yangın kalıntılarıdır. Yapılarda beton oldukça fazla kullanılan bir yapı malzemesi olduğu için, beraberinde betonda yangın etkisini araştırma talebini de doğurmuştur. Ancak yapı elemanlarında yangın etkisini benzetmek oldukça zordur. Çünkü betonlar yangın sırasında karmaşık, yüksek, geçici sıcaklık etkisinde kaldıklarından dolayı gerçek yangınların şiddetinin ve davranışının tahmin edilmesi güçtür.

Yangın koşullarının belirtildiği değişik ülke standartları vardır. Bunlardan birisi BS 476: Kısım 20: 1987 betonda yangın etkisini araştıran çalışmalar için deney koşulları

standardıdır. Yangın, betonda artan yüksek sıcaklık deneylerindeki belli bir noktaya kadar benzerlik göstermektedir.

Yapılan çalışmalar da, deneysel çalışmaların artan sıcaklık koşullarında yapıldığını göstermektedir. Her ne kadar bu koşullar standart yangın koşullarından farklıda olsa, bu araştırmalar betonda yangın etkisinin önemli bir kısmının anlaşılmasını sağlayabilmiştir. Bu nedenle, betonda yangın etkisinden daha çok yüksek sıcaklık etkisi çalışmaları yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır [Özbey, 2009].

#### Yüksek sıcaklığın çimento hamurunun özelliklerine etkisi

Lea ve Stradling 1920'lerde betonda yüksek sıcaklık etkisi araştırmalarıyla öncü olmuştur. 800 °C' de beton dayanımını etkileyen faktörleri araştırmışlardır. Agrega ile çimento hamuru arasındaki ısı uyumsuzluğun yıkıcı faktörlerini öne sürmüşlerdir. Agrega ile çimento hamuru arasındaki ısı uyumsuzluğun bozucu etkisini ilk olarak ortaya koyan da bu iki bilim adamıdır. Küresel bir toprak parçasını çimento hamuru ile sarma temeline dayalı olarak yaptıkları elastik gerilme analizi sonucu betonun 100 °C civarında bozulacağını fakat bununla beraber 300 °C' ye kadar dayanımında artış olabileceğini belirtmişlerdir. Lea ve Stradling kalsiyum hidroksit ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) kirece ( $\text{CaO}$ ) dönüştüğünü ve soğutulduktan sonra kirecin hidratasyonda genişmesiyle ısıtma süresinde suyun betonda ciddi zararlara yol açabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca soğutma süresince çatlak gelişimine ve agrega ile çimento hamuru arasında ayrışma olabileceğine dikkat çekmişler ve soğutma hızının etkisini ortaya koymuşlardır. Lea ve Stradling'i takiben yüksek sıcaklık uygulamalarında betonun en zayıf noktasının kalsiyum hidroksit problemi olduğu anlaşılmıştır. Bu olay sıradan uygulamalarda Portland çimentosunun, ateşe dayanıklılık gerektiren uygulamalarda da alüminli çimentonun kullanılmasına öncü olmuştur. Çünkü beton için problem teşkil eden kalsiyum hidroksit alüminli çimentolarda hidratasyonun bir ürünü değildir [Özbey, 2009].

Kalsiyum hidroksitin ayrışması 350-400 °C nin altında gerçekleşmez. Daha yüksek sıcaklık etkilerinde serbest kirecin hidratasyonuna bağlı olarak soğutmadan sonra problem ortaya çıkar. Bu nedenle konu hakkında daha fazla açıklamalara gereksinim duyulmuş ve 1950 ve 1960`larda araştırmacılar agrega ile çimento hamuru arasındaki uyumsuzlığa dikkat çekmişlerdir. Yapılan çalışmalar 400-500 °C` lerinde betonda hasara neden olanın kalsiyum hidroksitin bozulması sonucuna işaret etmişlerdir, çünkü kireç soğutmadan sonra hidratasyon süresince genişlemektedir. Soğutma süresince çimento hamuru ile agrega arasındaki ayrışmadan dolayı çatlamlar meydana gelmektedir [Özbey, 2009].

1964`de D.T Hannant ve 1967`de D. Campbell-Allen et al. sırasıyla nükleer reaktör koşulları altında 150 ile 300 °C sıcaklıklarında kullanılan silindir numunelerde beton dayanımını araştırmışlardır. Campbell-Allen et al. sertleşmiş çimento hamuru ile agrega arasındaki bağın bozulması ile mekanik özelliklerin kötüleştiğini bulmuşlardır. Onlar çimento hamurundaki fiziksel ve kimyasal değişimlerin açıkça kanıtlanamadığını öne sürmüşlerdir. Agregadaki dengenin kötüleşmesinin ilerleyebileceği uyarısında bulunmuşlardır [Özbey, 2009].

Schenieder ve Weiss (1980) çalışmalarında sertleşmiş çimento hamurundaki öncelikle yer alan reaksiyonları ve bir seri değişimleri belirtmişlerdir. Yüksek sıcaklığın çimento hamurundaki bir seri reaksiyonları etkilediğini belirtmişlerdir. Bu reaksiyonlar gözenekli sistemde kurutma tamamlandığında başlar, bundan sonra sıcaklık artışıyla hidratasyon ürünlerinin ayrışması ve jel yapısının yok olması şeklinde tamamlanır. 1970`den beri yüksek sıcaklık etkisinde kalan sertleşmiş çimento hamurunun mikro yapısı hakkında artan bilgiler geniş bir şekilde XRD ve MIP teknikleri kullanarak araştırılmıştır [Özbey, 2009].

Crock and Murrey (1970) yüksek sıcaklığın çimento hamurundaki boşluk büyüklüğüne ve dağılımına etkisini araştırmışlardır. Yüksek sıcaklık altındaki çimento hamuru içindeki boşluklar büyümekte ve dayanım azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca çimento hamurunun hidratasyonunun ve oluşan kılcal boşlukların

dayanım azalmasına önemli etkileri vardır. Ayrıca çalışmalarında yüksek sıcaklık etkisindeki çimento hamuru ve betonun yeniden kür edilerek orijinal basınç dayanımının çoğunu yeniden kazandığını bunun nedeninin meydana gelen karbonatlaşma olayının olduğunu belirtmişlerdir [Özbey, 2009].

Çimento hamuru, betonun ilk ısıtma esnasında çok istikrarsız olan bir bileşenidir. Çünkü önemli fiziksel ve kimyasal dönüşümler geçirir. Yapısındaki serbest su yaklaşık 100-200 °C ye varan düşük sıcaklıklarda buharlaşır. Yaklaşık 300 °C ve üzerinde yapısındaki bağlı su kaybı ve kimyasal çözülme önemlidir. Isıl etkiler yaklaşık 600 °C'nin üstünde erimeyle sonuçlanarak önem kazanır [Khoury, 1992]. Yüksek sıcaklık etkisi altında kalmış sertleşmiş çimento hamurunun mekanik özelliklerine ilişkin bir araştırma da Dias et al. (1990a) tarafından yapılmıştır. Yaklaşık 120 °C de çimento hamurunun sıcak ve bağıl dayanımları en küçük değerlerdir. Dayanımın 50-120 °C aralığında en küçük düzeyde olmasının nedeni bünyesindeki suyun buharlaşma eğilimi ile hamurun şişerek aderans kaybına yol açtığı düşünülmektedir. Bundan sonra çimento hamurunun 300 °C'ye kadar olan sıcaklığa kadar dayanımın iyileştiği görülmektedir. Yapılan çalışmalarda artan sıcaklıkla beraber sertleşmiş çimento hamurunda ağırlık kaybı artar. Statik ve dinamik elastisite modülleri kademeli olarak düşer [Özbey, 2009].

#### Yüksek sıcaklığın agregâ üzerine etkileri

Yüksek sıcaklıklarda yaygın olarak kullanılan agregaların pek çoğunda fiziksel ve/veya kimyasal değişimler meydana gelir ve parçalanırlar. Beton hacminin %60-80'ini agregâ bileşeni meydana getirdiği için, seçiminde titizlik gösterilmelidir. Agregâ gereken dayanıma sahip olmalı ve dış etkilere dayanıklılık gösterebilmelidir. Agregânın fiziki ve mekanik özellikleri istenilen şartları karşılayabilecek nitelikte olmalıdır [Erdoğan, 1993].

Örneğin nehir çakılı 350 °C civarında içeriğindeki bileşen minerallerin diferansiyel ısıl genişmesi sonucu parçalanır. Agregalarda meydana gelen bu parçalanma betonda önemli genişleme ve parçalanmaya neden olur. Çoğu tortul kayalar,

başkalaşım kayaları ve volkanik kayalar genellikle düşük sıcaklıklarda renk değiştirmezler. Renk değişikliğinin beton dayanımının azalmasında önemli etkileri olabilir [Cülfik, 2001].

Yaygın olarak kullanılan agregaların birçoğu belirli sıcaklıklarda ısıtıldığında fiziksel olarak bozulur. Örneğin, kumların büyük çoğunluğunu oluşturan kuvarz 570 °C'de polimorfik bir değişime uğrar, kireç taşı ve bazalt agregaları 650 °C'ye kadar ısıtıldığında kalıcı termal genleşmeler gösterir. Karbonat kökenli agregalar 700 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda CaO ve CO<sub>2</sub>'e ayrışır. Artan sıcaklıklarda agregada görülen bütün bu kimyasal ve fiziksel değişiklikler betonda önemli sorunlar oluşturur [Topçu ve Demir, 2007].

Abrams (1971) yaptığı araştırmasında karbonatlı, silisli ve % 60 ince agregası doğal kumla yer değiştirmiş hafif agrega olarak üç tip agrega kullanmıştır. Karbonatlı ve hafif agregalı betonların yüksek sıcaklık altındaki iyi performansları çimento hamuru ile agrega arasındaki güçlü bağ ve agrega ile çimento hamuru arasındaki termik genleşme katsayılarının arasındaki farkın az olması sonucuna bağlamaktadır. Ancak problem 400 °C üzerindeki yüksek sıcaklıklarda bu sıcaklığa kadar olan performansını kaybetmiş olmasıdır. Bazı araştırmalar kimyasal değişimler, nem miktarı ve sertleşmiş çimento hamurunun mikro yapısında oluşan değişikliklerin buna etken olduğunu belirtmektedir [Demir, 2008].

Demirel ve Özkan (2003)'e göre, yüksek sıcaklık dayanım süresi betonun içerisinde bulunan karışım oranlarına ve kullanılan agregaların tiplerine bağlıdır. Yapısal olarak içerisinde kil, arduaz gibi malzemeler kullanılan beton, normal betondan çok daha yüksek yangın dayanımına sahiptir [Demir, 2008].

#### Yüksek sıcaklığın harçlar üzerine etkileri

Durmuş ve Arslan (2010) yaptıkları çalışmada, yüksek sıcaklık etkisi altında kalmış çimento harçlarının farklı soğutma koşullarında eğilmede çekme dayanımı, basınç

dayanımı ve boşluk oranı değişimini incelemişlerdir. Çimento harç örneklerine 100, 300, 500, 700 ve 900 °C sıcaklıklar uygulanmışlar ve soğutma işlemini havada ve suda olmak üzere iki şekilde gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, harç örneklerinin eğilmede çekme ve basınç dayanımlarında 100 °C’de bir miktar artış olmasına rağmen bundan sonraki sıcaklıklarda sıcaklık ortalamasına bağlı olarak azalma eğilimi görmüşlerdir. Soğutma koşullarına göre; 500 °C’deki eğilmede çekme dayanımının havada soğutulmuş örneklerde % 29, suda soğutulmuş da ise % 58; basınç dayanımının havada soğutulmuş örneklerde % 10, suda soğutulmuş da ise % 35 oranında azaldığı görülmüştür. Aynı zamanda boşluk oranının havada soğutulmuş örneklerde % 3.3, suda soğutulmuş örneklerde ise % 9 oranında arttığını gözlemlemiştir [Durmuş ve Arslan, 2010].

Durmuş (2008) çalışmasında, Portland çimentosu ve Portland kompoze çimentosu ile üretilen harçların yüksek sıcaklıktaki mekanik dayanımlarını yapay sinir ağı ile tespit etmeye çalışmıştır. Deneysel çalışmasında, numune üretimi, kürü, sıcaklık etkisi, soğutma süreci, fiziksel ve mekanik deneyleri ve yapay sinir ağı olmak üzere altı aşamada gerçekleştirmiştir. Yüksek sıcaklığın mekanik özelliklere etkilerini araştırmak için hazırladığı harç numunelerini 7, 28 ve 90. günlerde 20, 100, 300, 400, 500, 600, 700 ve 900 °C olmak üzere sekiz farklı sıcaklıkta yüksüz olarak ısıtmış ve harçların soğutma işlemi havada ve suda olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan numunelerde ultrases geçiş hızı, özgül ağırlık, dinamik elastisite modülü, boşluk yüzdesi, eğilme ve basınç dayanım değerleri bulunmuştur. Yüksek sıcaklık etkisinde kalan betonlardaki bozulmaların neden olduğu içyapı değişimleri araştırılmıştır. Deney sonuçları istatistik ve yapay sinir ağlarıyla incelenmiş ve yüksek sıcaklığın harçlar üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Sonuç olarak, 300 °C’ ye kadar olan basınç dayanımının kontrol numunelerine göre artış gösterdiği ve bu sıcaklıktan sonra dayanımın sürekli düştüğü görülmüştür. Ayrıca, sıcaklık uygulanmış harç örneklerinin hava ve su ile soğutulmasında istatistikî olarak fark olduğu ve yapay sinir ağı ile yapılan bir değerlendirmede en yüksek % 8 hata payı ile eğilme ve basınç dayanımının tahmin edilebileceği sonucuna varmıştır [Durmuş, 2008].

Kızılkıranat ve Yüzer (2008) yaptıkları deneysel çalışmada, örnek üretimi, kr, ısıtma-soğutma süreci, fiziksel ve mekanik deneyler olmak üzere dört aşamada gerçekleştirmişlerdir. rnek retiminde silis ve kalker esaslı agregalar, CEM I 42.5 imentosu, silis dumanı, uçucu kül, cüruf ve silis esaslı agrega olarak Standart CEN kumu ve aynı granülometride kalker esaslı agrega kullanmışlardır. Puzolan malzemeleri harca imento ağırlığının %10'u oranında ikameli olarak ilave etmişlerdir. Her sıcaklık için üç adet olmak üzere toplam 336 adet 40x40x160 mm boyutlu harç örnek üretimi yapılmıştır. Harçlarda yayılmanın sabit tutulması amacı ile katkı madde miktarı %38 olan melamin esaslı süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi farklı oranlarda kullanarak, su/bağlayıcı oranını 0.5 ile sabit tutmuşlar ve TS EN 196-1'e uygun olarak üretilen harçları 24 saat sonra kalıptan çıkarıp, 28. güne kadar  $20 \pm 1$  °C sıcaklıkta saklamışlardır. Örnekler, kullanılan agrega, puzolan türü ve soğutma şekline göre kodlanmış, kalker esaslı agrega ile üretilen numuneler 900 °C' ye kadarki sıcaklıklarda silis esaslı agrega ile üretilen örneklerle göre daha iyi performans göstermişlerdir. Silis esaslı agreganın kullanıldığı örneklerin basınç dayanımında 600 °C' den sonra önemli ölçüde azalma görülmüştür. Kalker esaslı agreganın kullanıldığı gruplarda ise dayanımdaki bu belirgin azalma 900°C 'den sonra gzlendiğı tespit edilmiştir. Silis dumanı ile kalker esaslı agrega, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu ile silis esaslı agrega kullanılarak üretilen harçlar, yüksek sıcaklık etkisine maruz kaldıklarında basınç dayanımı açısından iyi sonuçlar verdiğı tespit edilmiştir. [Kızılkıranat ve Yüzer, 2008].

Topçu ve Demir (2007) alışmalarında farklı imento tipleri kullanarak ürettikleri harç örneklerinde yüksek sıcaklık sonrası meydana gelen fiziksel ve mekanik zeliklerindeki değışimleri incelemişlerdir. Harç retiminde kullanılan agrega aynı olması nedeniyle ortaya çıkan farklılıklar farklı imento hamurlarının yüksek sıcaklık sonrası değışimlerine bağılıdır. Amaç deneyler sonucu ortaya çıkan farklılıkları, imento tipi, farklı yüksek sıcaklık uygulama sürelerini ve soğutma şekli göz önünde bulundurarak ortaya koymak ve kendi aralarında bir değıerlendirme sunmaktır. TS EN 196-1'e uygun olarak üretilen 40x40x160 mm boyutlu harç örnekleri 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış, 28. güne kadar  $20 \pm 2$  °C sıcaklıktaki kirece doygun suda saklanmıştır. Karışımın imentonun tipine, yüksek sıcaklığa bırakılma sürelerine ve

soğutma şekillerine göre isimlendirilmiştir. Havada soğutulanlar (HS), suda soğutulanlar ise (SS) olarak kodlandıktan sonra parantez içinde yüksek sıcaklık uygulama süreleri belirtilerek üretildiği çimentonun 28 günlük basınç dayanımı bu grupların sonuna konularak toplam on iki ana grup oluşturulmuştur. Örneğin CEM II/BM (P-L) 32.5 R çimentosu ile üretilip 1 saat yüksek sıcaklık etkisinde kalan ve sonrasında suda soğutulan grubun isimlendirilmesi SS(1) 32.5 şeklinde iken; CEM I 42.5 R çimentosu ile üretilen, yüksek sıcaklık uygulama süresi 5 saat olan ve havada soğutulan grubun isimlendirilmesi HS(5) 42.5 şeklinde yapılmıştır [Topçu ve Demir, 2007].

Isıtma ve soğutma süreci, örneklerin yüksüz olarak istenilen sıcaklık derecesine kadar ısıtılması ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra kontrol deneylerinin yapılması prensibine göre planlanmıştır. 28. günde sudan çıkarılan örnekler önce etüvde ( $100 \pm 5$  °C) 48 saat bekletilmiş, daha sonra her gruptan üçer adet örnek TS EN 1363- 1'e göre ısınma hızı 6 °C/dak. olan fırında 150, 300, 400, 600 ve 900 °C sıcaklıklara kadar ısıtılmıştır. Bu sıcaklıklarda yüksek sıcaklık uygulama süreleri tüm gruplar için 1, 3 ve 5 saat olmak üzere üç farklı sürede yapılmıştır. Soğutma, havada yavaş ve suda hızlı olmak üzere iki grupta gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan örneklerde, birim ağırlık, ultrases hızı, dinamik elastisite modülü, kılcal su emme katsayısı, ağırlıkça su emme, eğilme ve basınç dayanımı değerleri belirlenmiştir. Arta kalan dayanımlara 1-3 saat uygulanan yüksek sıcaklığın önemli etkisinin olduğu, uygulama süresinin artmasıyla etkinin azaldığı, bu nedenle meydana gelen büyük dayanım azalmalarının ilk iki saat içerisinde gerçekleştiği sonucu ortaya çıkmıştır. [Topçu ve Demir, 2007].

Baradan ve Aydın (2006) yaptıkları bu çalışmalarında pomza kumu, tuğla kırıkları ve uçucu kül kullanarak yüksek sıcaklıklara dayanıklı, sıva gibi çeşitli yerlerde kullanılabilecek çok amaçlı bir harç geliştirmeye uğraşmışlardır. Deneylerinde bu malzemeleri değişik oranlarda kullanarak çeşitli harç karışımları hazırlamışlardır. Agregada olarak pomza kumu ve tuğla kırıkları, bağlayıcı olarak çimento ve uçucu kül kullanılmıştır. Agregada\Bağlayıcı oranı 3 alınarak 4 ana karışım oluşturulmuştur. Birinci grup %100 TK, İkinci grup %50 TK + %50 PK, üçüncü grup %25 TK +

%75 PK, dördüncü grup %100 PK içermektedir. Her grup için UK\Ç oranı 0-0.5-1-1.5 alınarak karışımlar hazırlanmıştır. Ayrıca kıyaslama yapabilmek amacıyla doğal kum ve çimento ile standart harç karışımı (SHK) hazırlanarak aynı deneylere tabii tutulmuştur. Yüksek sıcaklıktan en az oranda etkilenen karışım %100 PK agregası içeren UK\Ç oranı 1 olan karışımdır. Bu karışımın basınç dayanımında sıcaklık etkisiyle artışlar gözlenirken eğilme dayanımında % 13 oranında azalma tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık etkisi geçirmiş örnekler içerisinde en yüksek dayanım değerleri uçucu külün kullanılmadığı (UK/Ç=0) agregası olarak %50 TK + %50 PK ve %25 TK + %75 PK içeren karışımlarda elde edilmiştir. Basınç dayanımı değerleri sırasıyla 41.6 MPa ve 39.7 MPa iken eğilme dayanımı her iki karışım içinde 6.1 MPa olarak tespit edilmiştir [Baradan ve Aydın, 2006].

Topçu ve Demir (2007) çalışmalarında standart harç örneklerinde çimento yerine % 0, 10, 20 ve 30 oranlarında uçucu kül kullanmışlardır. Hazırladıkları harç serilerini TS 7748'e göre 3 saat süreyle 20, 150, 300, 400, 600 ve 900 °C' lik sıcaklıklarda tutarak ve sonrasında havada soğumaya bıraktıktan sonra fiziksel ve mekanik özellikleri her sıcaklık için belirleyip değerlendirmişlerdir. Bu çalışmalarını örnek üretimi, kürü, yüksek sıcaklığa bırakılma, fiziksel ve mekanik deneyler olmak üzere dört aşamada gerçekleştirmişlerdir. Örnek üretiminde PÇ 42.5 çimentosu, Standart CEN kumu kullanılarak hazırladıkları çimento harçlarını TS EN 196-1'e uygun üretmiş olup 24 saat sonra kalıptan çıkartarak 28. güne kadar 23 °C sıcaklıktaki kirece doygun suda bekletmişlerdir. Kür süresinin sonunda ortalama olarak 6.7°C/dak. ısıtma hızıyla ve üçer adet 40x40x160 mm boyutlu üretilen harç örneklerini yüksek sıcaklık etkisi altında bekletmişlerdir. Belirli yüzdelerde betona çimento ile beraber katılan UK' nın; yangın ve yüksek sıcaklık etkisinde betona, 600 °C' ye kadar olan sıcaklıklarda tatmin edici özellikler kazandırdığını, fakat kazandırdığı bu özellik yanında eğilme ve çekme dayanımlarında azalmalar meydana getirdiğini bu çalışma sonunda tespit etmişlerdir [Topçu ve Demir 2007].

Türker ve ark. (2001), kuvarsit, kalker ve pomza agregaları ile üretilmiş harç örneklerinin dayanımının yüksek sıcaklıklar ile değişimini incelemişlerdir. Hazırlanan harç karışımları 28 günün sonunda, ısıtma için harcanan süre de dâhil

olmak üzere 4 saat süreyle 100, 250, 500, 700 ve 850 °C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Fırın içinde yavaş olarak soğutulan örnekler üzerinde basınç deneyi yapılarak arta kalan dayanımlar kıyaslanmıştır. Deneyler sonucunda kuvarsit ve kalker agregaları ile üretilen harçlar benzer davranış gösterirken, pomza agregası ile üretilen harçlar daha farklı bir davranış sergilemiştir. Dayanım kayıplarının tüm örneklerde 250 °C' nin üzerindeki sıcaklıklarda başladığını tespit etmişlerdir [Türker ve ark., 2001].

Gülce (2009) hazırladığı harçlarda yüksek sıcaklık etkisine karşı çimento tipleri ve soğutma türlerini kıyasladığı bu çalışmada üretimde dört farklı tip portland çimentosu kullanılmıştır. Yüksek sıcaklığın harcın fiziksel ve mekanik özelliklerine etkilerini araştırmak için harç örnekleri 28 günlük ve 56 günlük kür sürelerinin sonunda, 150, 300, 450, 600 ve 900 °C olmak üzere beş farklı sıcaklıkta ısıtılmış, soğutma işlemi havada ve suda olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığına kadar soğutulan örneklerde birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, eğilme dayanımı ve basınç dayanımı değerleri belirlenmiştir. Çimento tipleri arasında büyük farklılıklar gözlenmese de yüksek sıcaklığa maruz kalacağı öngörülen yapılarda Cem III tipi çimento kullanılmasını önermektedir. Soğutma türleri açısından havada soğutmanın her dört çimento tipi içinde daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir ve farklı soğutma türlerinin etkilerini ayrıca incelemiştir. Deney sonuçlarından harç örneklerinin yüksek sıcaklıklarda önemli dayanım kayıplarına uğradığı görülmüştür. Özellikle kayıpların 450 °C ile 900 °C arasında daha fazla olduğu dikkat çekmiştir. [Gülce, 2009].

Karaduman (2008) Bu çalışmada, TS EN 197-1 standardına uygun olarak hazırladığı 7 farklı tip çimento ve alüminli çimentoyla dökülen harç örneklerinin değişen derecelerde yüksek sıcaklıklara maruz bırakılması sonucunda fiziksel ve mekanik özelliklerindeki değişimleri incelemiştir. Yüksek sıcaklık etkisinden önce iki değişik kür rejimi uygulanmıştır. Bu amaçla, bir kısım örneğe atmosferik basınç altında 60 °C 'de 24 saat sıcak su kürü uygulandıktan sonra 28 gün havada bekletilmiş ve 20, 300, 600 ve 900 °C sıcaklıklara tabi tutulmuştur. Diğer bir kısım örnek ise standart kür (28 gün-suda) işlemini takiben 28 gün de havada bekletilmiştir.

Bu örnekler, sırasıyla 20, 150, 300, 450, 600 ve 900 °C sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Örneklerin eğilme ve basınç dayanımları, elastisite modülleri ve ağırlıklarındaki değişim tespit edilmiştir. Böylece farklı tip çimentoların yüksek sıcaklıklara karşı direnci incelenmiştir. Bu çalışmada genel olarak bakıldığında tüm örneklerin basınç dayanımları, eğilme dayanımları, elastisite modülleri ve ağırlıkları yüksek sıcaklıktan olumsuz etkilendiği tespit edilmiştir [Karaduman, 2008].

### 3. MALZEMELER VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Malzemeler

Alternatif sıva harçlarının yüksek sıcaklık etkisine dayanıklılığını belirlemek amacıyla; CEM I 42.5 R çimento, standart CEN kumu, sönmüş kireç, sıva alçısı, şehir içme suyu olmak üzere beş tip malzeme kullanılarak çimento harcı, kireç harcı, alçı harcı, melez (temditli) harç üretimi gerçekleştirilmiştir.

##### 3.1.1. Çimento

Çimento ve melez sıva harcı karışımlarında kullanılmak üzere, CEM I 42,5 R Portland çimentosu kullanılmıştır. Fabrika raporlarından alınan sonuçlar TS 196-1 "Çimentoların fiziki ve mekanik deney metotları ve TS 196-2 Çimentoların kimyasal analiz metotları standartlarına göre kullanılan çimentonun standartlara uygun olduğu görülmektedir. CEM I 42,5 R çimentosunun özellikleri Çizelge 3.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. CEM I 42,5 R çimentosunun özellikleri

| Analiz      | Oksit                          | Değer | Analiz   | Deneyle                         | Değer |
|-------------|--------------------------------|-------|----------|---------------------------------|-------|
| Kimyasal, % | SiO <sub>2</sub>               | 20,41 | Fiziksel | Özgöl yüzey, cm <sup>2</sup> /g | 3320  |
|             | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 5,35  |          | Hacim genleşme, (mm)            | 1,2   |
|             | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,3   |          | Su ihtiyacı, (gr)               | 28,5  |
|             | CaO                            | 63,5  |          | Priz başlama süresi, (dk)       | 163   |
|             | MgO                            | 1,65  |          | Priz bitiş süresi, (dk)         | 240   |
|             | SO <sub>3</sub>                | 2,93  |          | Yoğunluk, (g/cm <sup>3</sup> )  | 3,12  |
|             | Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,15  | Mekanik  | Gün                             | MPa   |
|             | K <sub>2</sub>                 | 0,71  |          | 3.gün                           | 28,2  |
|             | Cl                             | 0,011 |          | 7.gün                           | 42,7  |
|             | HCl                            | 0,28  |          | 28.gün                          | 51,4  |

##### 3.1.2. Kireç

Kireç harcı karışımlarında kullanılmak üzere TS EN 459-1' e uygun özellik taşıyan hazır toz torba sönmüş kireç kullanılmıştır [TS EN 459-1, 2010]. Bu kullanılan kirecin kimyasal özellikleri Çizelge 3.2' de görülmektedir.

Çizelge 3.2. Kirecin kimyasal özellikleri

| Analiz                                          | Ortalama Değerler (%)    |
|-------------------------------------------------|--------------------------|
| CaO + MgO                                       | % 85                     |
| MgO                                             | % 1.5                    |
| SO <sub>3</sub>                                 | % 0.8                    |
| CO <sub>2</sub>                                 | % 5                      |
| Asitte çözünmeyen madde + SiO <sub>2</sub>      | % 1                      |
| Metal Oksitler (R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | % 0.5                    |
| Nem                                             | % 0.2                    |
| 630 mikron elek üstü                            | % 0                      |
| 90 mikron elek üstü                             | % 5                      |
| Yoğunluk                                        | 460 (g/cm <sup>3</sup> ) |

### 3.1.3. Alçı

Alçı harcı hazırlamada kullanılmak üzere TS EN 13279-1 / TS EN 13279-2' ye uygun sıva alçısı kullanılmıştır. Bu kullanılan alçının özellikleri Çizelge 3.3' de görülmektedir.

Çizelge 3.3. Alçının özellikleri

|                                   |                                             |
|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| Su/Alçı oranı                     | 6/ 10                                       |
| Priz başlangıç süresi             | >20 dakika (TS EN 13279-1' e göre)          |
| Kullanım süresi                   | 60 dakika                                   |
| Donma süresi                      | 150 dakika                                  |
| Tüketim miktarı                   | Her 1 cm kalınlıkta 9-9,5 kg/m <sup>2</sup> |
| Basınç dayanımı en az             | 25 kgf/cm <sup>2</sup> (4x4 cm blok)        |
| Eğilmede kırılma dayanımı en az   | 10 kgf/cm <sup>2</sup> (4x4x16 cm blok )    |
| 1000 mikron elekten geçen         | %100                                        |
| 150 mikron elekten geçen (en az)  | %60                                         |
| Gevşek birim hacim ağırlığı (toz) | 750-800 kg/m <sup>3</sup>                   |
| Kuru birim hacim ağırlığı         | 950-1000 kg/m <sup>3</sup>                  |
| Isı iletkenlik değeri             | 0,34 W/mK (TS 825'e göre)                   |
| Yangına tepki                     | A1 (TS EN 13279-1 'e göre)                  |

### 3.1.4. Standart CEN kumu

Harç örneklerinin hazırlanmasında; Limak Ankara Çimento Fabrikası üretimi olan TS EN 196–1 Rilem-Cembureau standart kumu kullanılmıştır [TS EN 196-1, 2002]. Bu kullanılan standart CEN kumunun özellikleri Çizelge 3.4’ de görülmektedir.

Çizelge 3.4 Standart CEN kumu özellikleri

| Oksit                          | Kimyasal Kompozisyon (%) | Elekt. Göz Açıklığı (mm) | Kalan (mm) |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 93,05                    | 2                        | -          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,11                     | 1,6                      | 5,23       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,37                     | 1                        | 33,02      |
| CaO                            | 0,17                     | 0,5                      | 65,74      |
| MgO                            | 0,03                     | 0,16                     | 86,21      |
| SO <sub>3</sub>                | 0,07                     | 0,08                     | 99,12      |
| K <sub>2</sub> O               | 1,50                     | Nem                      | 0,11       |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,10                     | Kızdırma Kaybı           | 0,57       |

### 3.1.5. İçme suyu

Harç karışımlarında çimentoya zararlı olabilecek organik madde ve madensel tuzları ihtiva etmeyen Ankara şehir içme suyu kullanılmıştır. Karışım suyunun, ASKİ’nin resmi internet sitesinden alınan, kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.5’ de verilmiştir [<http://www.aski.gov.tr/lab3.pdf>].

Çizelge 3.5. Ankara şehir içme suyunun kimyasal özellikleri

| Parametre               | Analiz Sonucu | TS266’ca izin verilebilir değer | Sağ. Bak. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmelik Değerleri |
|-------------------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Bulanıklık (NTU birimi) | 0,58          | 5                               | 1                                                          |
| Koku                    | Yok           | Yok                             | Yok                                                        |
| Bakiye Klor (mg/l)      | 0,6           |                                 | En çok 0,5                                                 |
| İletkenlik              | 17,87         | 250                             | 250                                                        |
| Amonyum(mg/l)           | 0,06          | 0,5                             | 0,5                                                        |
| Nitrit(mg/l)            | 0,006         | 0,5                             | 0,5                                                        |
| Sülfat(mg/l)            |               | 250                             | 250                                                        |
| Demir (mg/l)            | <3            | 200                             | 200                                                        |
| Alüminyum (mg/l)        |               | 200                             | 200                                                        |

### 3.2. Yöntemler

Çalışmada kullanılan yöntemler akma tablası deneyi, harç karışımlarının hazırlanması, harç kalıplarının dökülmesi ve kürü, yüksek sıcaklık uygulamaları, soğutma uygulamaları, eğilmede çekme dayanımı ve basınç dayanımlarının tespiti ve örneklerde istatistikî yöntemler safhalarından oluşmaktadır. Harç deneyleri üretiminde Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü beton laboratuvarlarında yapılmıştır.

#### 3.2.1. Harçların su ihtiyacı

Harç karışımlarının su ihtiyacı ASTM-C1437 “Test method for flow of hydraulic cement mortars” ‘a göre sarsma tablası kullanılarak ve TS EN 1015-3 standardındaki yayılma  $110 \pm 5$  akma olacak şekilde tespit edilmiştir. Yapılan bu deneyde harçta su/bağlayıcı oranı belirlenmiştir. Yayılma deneyi, akma tablası üzerine yerleştirilen tabanı 10 cm çaplı içi boş koni içine iki kerede şişlenerek yerleştirilen harcın, koni kaldırıldıktan sonra akma tablasının 15 saniye içinde 25 kere düşürülmesi şeklinde uygulanmıştır. Birkaç deneme yapılarak optimum su oranı tespit edilmiştir. Deney istenilen akma değeri elde edilinceye kadar farklı örneklerle tekrarlanmıştır. Son denemede bulunan değerler üretimde kullanılmıştır.

#### 3.2.2. Harç örneklerinin üretimi

Üretilen 4 harç grubundan, çimento harcı için 450 g çimento 1350 g standart kum, kireç harcı için 450 g kireç 1350 g standart kum, melez harç için 450 g çimento 112.5 g kireç 1350 g standart kum, alçı harcı için 1240 g alçı kullanılmıştır. Karışımlara giren su miktarı, akma oranına göre her harç için ayrı ayrı deney yapılarak belirlenmiştir. Harçlar Ele marka otomatik karıştırıcıda TS EN 196-1’ e göre üretilmiştir. Harçların üretimi standartlara uygun olarak 40x40x160 mm boyutlarında üçlü çelik harç kalıpları kullanılarak yapılmıştır. CEN standart kumu ile hazırlanan dört farklı gruptaki harç ile her sıcaklık için üç adet olmak üzere toplam 288 adet harç prizması örnekleri üretilmiştir. Üretimden 48 saat sonra kalıplardan çıkarılan bütün örnekler deneylerin yapılacağı 28. ve 90. deney gününe kadar

21±2°C’ de nemi % 50-60 olan rüzgârsız laboratuvar ortamında bekletilmiştir. Deneylerde kullanılacak karışım oranları sıva çeşitlerine bağlı olarak, TS EN 13914-2 belirtilen bağlayıcı/kum oranı değerleri dikkate alınarak belirlenmiş ve karışım hesapları yapılmıştır. Çizelge 3.6’ da üretilen örneklerin malzeme karışım miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 3.6. Üretilen örneklerin malzeme karışım miktarları

| Örnek adı     | Standart CEN kumu (gr) | Çimento miktarı (gr) | Kireç miktarı (gr) | Alçı miktarı (gr) | Su miktarı (gr) |
|---------------|------------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| Çimento Harcı | 1350                   | 450                  | -                  | -                 | 225             |
| Melez Harcı   | 1350                   | 450                  | 112.5              | -                 | 240             |
| Kireç Harcı   | 1350                   | -                    | 450                | -                 | 337.5           |
| Alçı Harcı    | -                      | -                    | -                  | 1240              | 810             |

Bağlayıcı / kum olarak: çimento - kum karışımlı sıva için 1:3, çimento-kireç-kum karışımlı sıva için 1:1/4:3 ve kireç-kum karışımlı sıva grubu içinde 1:3 oranlarında olacak şekilde üç adet karışım grubu oluşturulmuş ve bu oranlar, TS EN 13914-2 standardında belirtilen sıva karışım oranları göz önüne alınarak belirlenmiştir. Aşağıda her bir harç örneği için belirlenen çalışma planı açıklanmış olup, Çizelge 3.7’de verilmiştir.

Çizelge 3.7 Sıva harcı deney planı

| Gün      | Sıva harcı türü | Yüksek sıcaklık uygulaması | Soğutma uygulaması | Örnek sayısı | Eğilme dayanımı | Basınç dayanımı |
|----------|-----------------|----------------------------|--------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| 28 ve 90 | Çimento harcı   | 20 °C (referans)           | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 125 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 250 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 500 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 600 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 900 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          | Melez harç      | 20 °C (referans)           | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 125 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 250 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 500 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 600 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 900 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          | Kireç harcı     | 20 °C (referans)           | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 125 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 250 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 500 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 600 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 900 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          | Alçı sıva harcı | 20 °C (referans)           | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 125 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 250 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 500 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 600 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |
|          |                 | 900 °C                     | Havada             | 3            | 3               | 6               |
|          |                 |                            | Suda               | 3            | 3               | 6               |

### 3.2.3. Yüksek sıcaklık uygulamaları

Harç örnekleri 28 ve 90 günlük kür sürelerinin ardından yüksek sıcaklığa maruz bırakılmadan önce (24 saat) etüvde ( $105\pm 5^{\circ}\text{C}$ ) bekletilmiştir. Kür sürelerini dolduran harç örnekleri yüksek sıcaklık etkisinin belirlenmesi amacıyla Protherm marka TS EN 1363- 1'e göre ısınma hızı  $10^{\circ}\text{C}/\text{dk.}$  olan  $1600^{\circ}\text{C}$  kapasiteli yüksek sıcaklık fırına yerleştirilmiştir. Her bir sıcaklık derecesi için yüksek sıcaklık fırınında 20, 125, 250, 500, 600, 900  $^{\circ}\text{C}$  sıcaklık değerlerinde 24 adet sıva harcı örnekleri yüksek sıcaklık fırına yerleştirilerek 2 saat süre ile yüksek sıcaklığa maruz bırakılmıştır.

### 3.2.4. Soğutma uygulamaları

Yüksek sıcaklık uygulamasında 2 saat süreyle 20, 125, 250, 500, 600, 900  $^{\circ}\text{C}$ ' lerde bekletilen 24 örnekten 12 adedi havada (laboratuar ortamında,  $21^{\circ}\text{C} \pm 2$ ), diğer 12 adedi ise yağmurlama (su püskürtme) usulüne göre soğutulmuştur. Harç örnekleri soğuma işleminden sonra eğilmede çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Havada soğumaya bırakılmış harç örnekleri sıcaklık derecesine bağlı olarak 20-150 dk arasında  $20^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa gelinceye kadar laboratuar ortamında bekletilmiştir. Suyu daldırılarak yapılan soğutma işleminde harç örnekleri sıcaklık derecesine bağlı olarak 20-80 dk arasında  $20^{\circ}\text{C}$  sıcaklığa gelinceye kadar laboratuar ortamında bekletilmiştir.

### 3.2.5. Eğilmede çekme dayanım deneyi

Eğilmede çekme dayanımı deneyleri, Ele Autotest 250 marka deney cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerde 28. ve 90. günlerde eğilmede çekme dayanımını belirlemek üzere her harç grubu için 3 deney örneği kırılarak aritmetik ortalamaları dayanım değeri olarak alınmıştır. Eğilmede çekme deneyinde  $40\times 40\times 160$  mm boyutlu prizma biçimindeki örnekler açıklığı 100 mm olan iki mesnet üzerine, yan yüzlerden biri mesnetler üzerine oturacak şekilde yerleştirilmiş ve yük  $50\pm 10$  N olacak şekilde uygulanmıştır.

### 3.2.6. Basınç dayanımı deneyi

Basınç dayanımı deneyleri Ele Autotest 250 marka deney cihazı kullanılarak TS EN 196-1'e uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Eğilmede çekme dayanımı deneyi uygulanarak ikiye bölünen harç prizmaları üzerinde, bu deneyden hemen sonra gerçekleştirilmiştir. Deneyde yük  $2400 \pm 200$  N/s hızla yüklenmiştir. Deney numunelerinin 28. ve 90. günde altı adet dayanım değerleri kırıldıktan sonra aritmetik ortalamaları alınmıştır.

### 3.2.7. İstatistikî yöntemler

Çalışmada harç örneklerine uygulanan altı adet sıcaklık seviyesinde (20, 125, 250, 500, 600 ve 900 °C), zaman faktörünün iki seviyesi (28 ve 90 gün) ve soğuma faktörünün de iki seviyesi (havada ve suda soğuma) ile dört farklı harç türü için tekrarlanan ölçümlü varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiş ve gruplar arasında Duncan çoklu karşılaştırma testleri gerçekleştirilip istatistiksel veriler elde edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılık kararına varılırken  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyi esas alınmıştır.

## 4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Farklı sıva harçları ile üretilen örneklerin yüksek sıcaklık etkisine karşı göstereceği mekanik dayanımın araştırıldığı bu çalışmada elde edilen deney sonuçları verilmiştir. Deneylerden alınan veriler ile ilgili hesaplamalar yapılmış, bulunan değerler sıcaklık artışına bağlı olarak değerlendirilmiş ve istatistiksel olarak irdelenmiştir. Kireç ve alçı harcında suda soğutulan örneklerde 28. ve 90. günlerin bütün sıcaklıklarında suda erimeleri ve kireç harcının 28. günde havada soğutulan örneklerinde 900 °C' ye bırakılan gruplarında sıcaklık etkisinden dağılma meydana geldiğinden mekanik dayanım göstermemiş ve hesaplamalar yapılamamıştır.

### 4.1. Harç Çubukları Üzerindeki Deney Bulguları

#### 4.1.1. Eğilme dayanımı

Hazırlanan örnekler eğilme deneyine tabi tutularak kırma yükü belirlenmiştir. Örneklerin eğilmede çekme dayanımları bağıntıya göre hesaplanmış sonuçlar Çizelge 4.1, 4.2' de verilmiştir. Zaman faktörünün iki seviyesi (28 ve 90 gün), sıcaklık faktörünün altı seviyesi (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) ve soğutma faktörünün iki seviyesi (hava ve su) uygulanan örneklerin tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucuna göre eğilmede çekme dayanım değerlerinin  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde anlamlı olup olmadığına bakılmıştır. Varyans testinin sonucuna göre istatistiksel varsayımlarımızın normal dağıldığı ve varyansların homojen olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3, 4.4 ve 4.5). Duncan testinde ise gruplar arasında karşılaştırma yapılarak bir farklılık olup olmadığına bakılmış ve anlamlı olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4.6 - 4.17). Bu harç örneklerinin gün ve sıcaklık, gün ve soğutma, sıcaklık ve soğutma şartlarına göre etkileşimleri sırasıyla Çizelge 4.18, 4.19, 4.20, 4.21' de verilmektedir.

Çizelge 4.1 Harç numunelerinin 28 günlük ortalama eğilme dayanımları (MPa).

| Sıcaklık<br>(°C) | ALÇI HARCI |      | ÇİMENTO HARCI |      | KİREÇ HARCI |      | MELEZ HARCI |      |
|------------------|------------|------|---------------|------|-------------|------|-------------|------|
|                  | H          | S    | H             | S    | H           | S    | H           | S    |
| 20 (Ref)         | 0,56       | 0,56 | 6,16          | 6,16 | 0,64        | 0,64 | 5,75        | 5,75 |
| 125              | 0,66       | -    | 6,42          | 5,95 | 0,77        | -    | 6,04        | 5,55 |
| 250              | 0,54       | -    | 5,86          | 4,98 | 0,51        | -    | 5,51        | 4,58 |
| 500              | 0,44       | -    | 4,14          | 2,26 | 0,37        | -    | 3,82        | 1,98 |
| 600              | 0,42       | -    | 3,04          | 1,68 | 0,19        | -    | 2,72        | 1,45 |
| 900              | 0,28       | -    | 1,43          | 0,63 | -           | -    | 1,27        | 0,53 |

Çizelge 4.2 Harç numunelerinin 90 günlük ortalama eğilme dayanımları (MPa).

| Sıcaklık<br>(°C) | ALÇI HARCI |      | ÇİMENTO HARCI |      | KİREÇ HARCI |      | MELEZ HARCI |      |
|------------------|------------|------|---------------|------|-------------|------|-------------|------|
|                  | H          | S    | H             | S    | H           | S    | H           | S    |
| 20 (Ref)         | 0,80       | 0,80 | 8,29          | 8,29 | 0,91        | 0,91 | 7,88        | 7,88 |
| 125              | 0,90       | -    | 8,48          | 7,84 | 0,97        | -    | 8,07        | 7,43 |
| 250              | 0,78       | -    | 8,45          | 6,84 | 0,79        | -    | 8,05        | 6,44 |
| 500              | 0,68       | -    | 7,37          | 4,79 | 0,64        | -    | 6,96        | 4,39 |
| 600              | 0,66       | -    | 5,87          | 3,82 | 0,32        | -    | 5,46        | 3,42 |
| 900              | 0,47       | -    | 2,17          | 0,52 | 0,19        | -    | 2,01        | 0,46 |

Havada soğutulmuş örneklerin 28. ve 90. gündeki ortalama eğilmede çekme dayanımları incelendiğinde;

- 28. günde bütün harçlarda 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olmasına rağmen bundan sonraki bütün sıcaklıklarda azalma eğilimi olduğu,
- 90. günde bütün harçlarda 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda alçı ve kireç harcının eğilmede çekme dayanımlarının azalma gösterdiği ancak çimento ile melez harcının azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C' nin de referans örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra eğilmede çekme dayanımı değerlerinin azaldığı,
- Tüm sıcaklıklarda 90. güne ait eğilmede çekme dayanımı değerlerinin 28. günden yüksek olduğu,

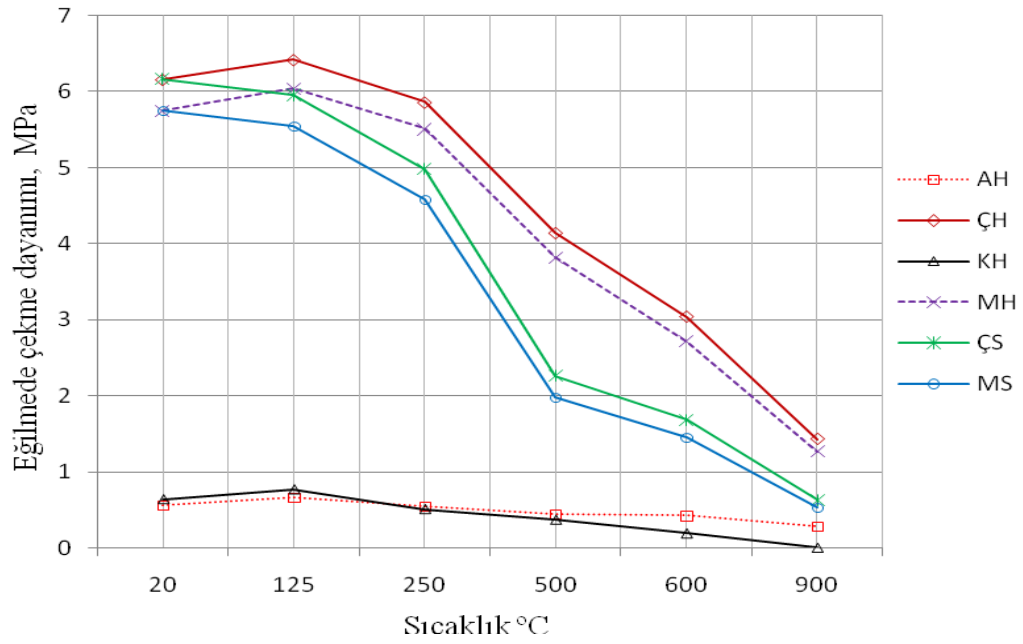
- 28. ve 90. günde 600 °C ve 900 °C arasında eğilmede çekme dayanımı değerlerinde önemli bir azalma olduğu görülmüştür.

Suda soğutulmuş örneklerin 28. ve 90. gündeki ortalama eğilmede çekme dayanımları incelendiğinde;

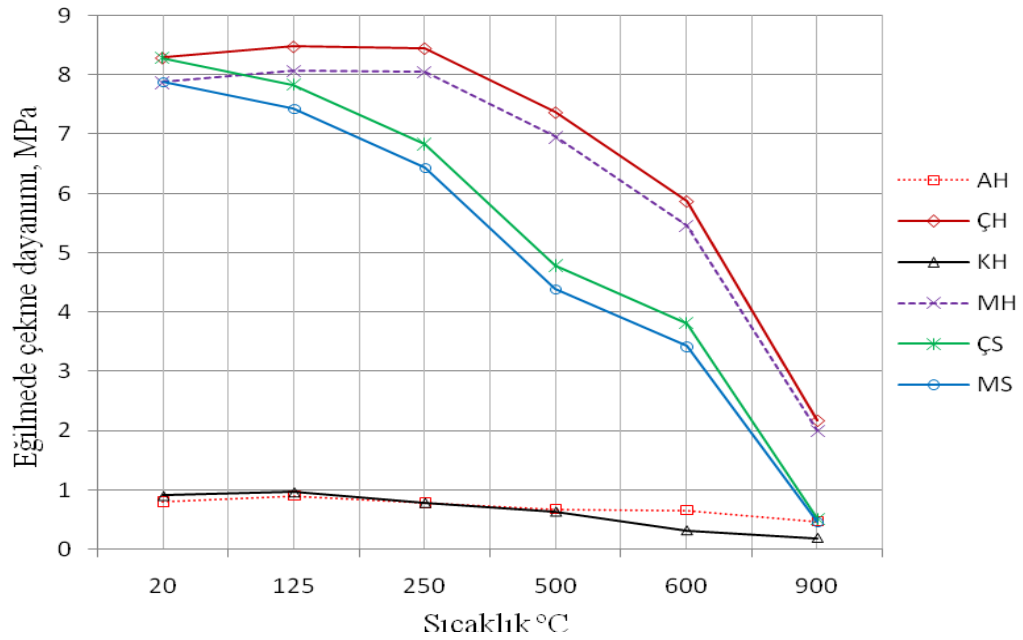
- Kireç ve alçı harcında bütün sıcaklık ve gün koşullarındaki örneklerde suda soğutulan gruplarında soğutma esnasında dağılmaya uğradıklarından bu örnekler mekanik dayanım göstermemiş ve hesaplamaları yapılamamıştır.
- Çimento ve melez harçlarında bütün sıcaklık ve gün koşullarındaki örneklerde soğutulan örneklerde eğilmede çekme dayanımlarında azalma olduğu,
- Çimento ve melez harç örneklerinin ise 20 °C (referans), 125, 250, 500 ve 600 °C' de 90. günde elde edilen eğilmede çekme dayanımının 28. gündeki eğilmede çekme dayanımından yüksek olduğu,
- 900 °C' ler de 28. günde elde edilen çimento ve melez harcın eğilmede çekme dayanımı 90. gündeki eğilmede çekme dayanımından yüksek olduğu görülmüştür.

28. ve 90. günde örneklerin yüksek sıcaklık uygulamasının ardından maruz bırakıldıkları soğutma şartına göre;

- 28. günde yüksek sıcaklık uygulamasının ardından bütün sıcaklıklarda havada soğutulan örneklerin eğilmede çekme dayanımlarının suda soğutulan örneklere göre yüksek değerde olduğu,
- 90. günde yüksek sıcaklık uygulamasının ardından bütün sıcaklıklarda havada soğutulan örneklerin eğilmede çekme dayanımlarının suda soğutulan örneklere göre yüksek değerde olduğu, belirlenmiştir. Eğilmede çekme dayanımı değerlerini gösteren çizgi grafik Şekil 4.1, 4.2'de görülmektedir.



Şekil 4.1. Harçların 28.günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama eğilmede çekme dayanım grafiği



Şekil 4.2. Harçların 90. günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama eğilmede çekme dayanım grafiği

Çizelge 4.3. 28 günlük havada soğutulan harçların eğilmede çekme dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları

| 28 günlük havada soğutulan örnekler |               | Kareler Toplamı | Serbestlik dereceleri | Kareler ortalaması | F- testi | Anlamlılık düzeyi |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|----------|-------------------|
| Çimento harcı                       | Gruplar arası | 59,905          | 5                     | 11,981             | 448,31   | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,321           | 12                    | 0,027              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 60,226          | 17                    |                    |          |                   |
| Melez harcı                         | Gruplar arası | 55,326          | 5                     | 11,065             | 243,64   | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,545           | 12                    | 0,045              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 55,871          | 17                    |                    |          |                   |
| Kireç harcı                         | Gruplar arası | 1,228           | 5                     | 0,246              | 199,52   | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,015           | 12                    | 0,001              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 1,243           | 17                    |                    |          |                   |
| Alçı harcı                          | Gruplar arası | 0,260           | 5                     | 0,052              | 61,98    | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,010           | 12                    | 0,001              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 0,270           | 17                    |                    |          |                   |

Çizelge 4.4. 90 günlük havada soğutulan harçların eğilmede çekme dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları

| 90 günlük havada soğutulan örnekler |               | Kareler Toplamı | Serbestlik dereceleri | Kareler ortalaması | F- testi | Anlamlılık düzeyi |
|-------------------------------------|---------------|-----------------|-----------------------|--------------------|----------|-------------------|
| Çimento harcı                       | Gruplar arası | 91,183          | 5                     | 18,237             | 811,52   | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,270           | 12                    | 0,022              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 91,453          | 17                    |                    |          |                   |
| Melez harcı                         | Gruplar arası | 84,479          | 5                     | 16,896             | 625,74   | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,324           | 12                    | 0,027              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 84,803          | 17                    |                    |          |                   |
| Kireç harcı                         | Gruplar arası | 1,540           | 5                     | 0,308              | 212,99   | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,017           | 12                    | 0,001              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 1,557           | 17                    |                    |          |                   |
| Alçı harcı                          | Gruplar arası | 0,296           | 5                     | 0,059              | 16,85    | <b>0,00</b>       |
|                                     | Gruplar içi   | 0,042           | 12                    | 0,004              |          |                   |
|                                     | Toplam        | 0,338           | 17                    |                    |          |                   |

Çizelge 4.5. 28 ve 90 günlük suda soğutulan harçların eğilmede çekme dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları

| 90 günlük suda soğutulan örnekler |               | Kareler<br>Toplamı | Serbestlik<br>dereceleri | Kareler<br>ortalaması | F- testi | Anlamlılık<br>düzeyi |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|----------|----------------------|
| Çimento harcı                     | Gruplar arası | 128,940            | 5                        | 25,788                | 213,58   | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 1,449              | 12                       | 0,121                 |          |                      |
|                                   | Toplam        | 130,389            | 17                       |                       |          |                      |
| Melez harcı                       | Gruplar arası | 119,461            | 5                        | 23,892                | 667,51   | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 0,430              | 12                       | 0,036                 |          |                      |
|                                   | Toplam        | 119,891            | 17                       |                       |          |                      |
| 28 günlük suda soğutulan örnekler |               | Kareler<br>Toplamı | Serbestlik<br>dereceleri | Kareler<br>ortalaması | F- testi | Anlamlılık<br>düzeyi |
| Çimento harcı                     | Gruplar arası | 84,719             | 5                        | 16,944                | 670,08   | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 0,303              | 12                       | 0,025                 |          |                      |
|                                   | Toplam        | 85,022             | 17                       |                       |          |                      |
| Melez harcı                       | Gruplar arası | 76,721             | 5                        | 15,344                | 424,56   | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 0,434              | 12                       | 0,036                 |          |                      |
|                                   | Toplam        | 77,154             | 17                       |                       |          |                      |

Çizelge 4.6. 28 günlük havada soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 3 | 1,43           |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 3,04 |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |                |      | 4,14 |      |      |
| 250 °C   | 3 |                |      |      | 5,86 |      |
| 125 °C   | 3 |                |      |      |      | 6,42 |
| 20 °C    | 3 |                |      |      |      | 6,16 |

- 28 günlük havada soğutulan çimento harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 1,43 MPa ile en düşük, 125 °C de 6,42 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.7. 28 günlük havada soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|---------------|------|------|------|------|
|          |   | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 3 | 1,27          |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |               | 2,72 |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |               |      | 3,82 |      |      |
| 250 °C   | 3 |               |      |      | 5,51 |      |
| 125 °C   | 3 |               |      |      |      | 6,05 |
| 20 °C    | 3 |               |      |      |      | 5,75 |

- 28 günlük havada soğutulan melez harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 1,27 MPa ile en düşük, 125 °C de 6,05 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.8. 28 günlük havada soğutulan kireç harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |      |      |      |      |      |
|----------|---|---------------|------|------|------|------|------|
|          |   | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 900 °C   | 3 | 0,00          |      |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |               | 0,19 |      |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |               |      | 0,37 |      |      |      |
| 250 °C   | 3 |               |      |      | 0,51 |      |      |
| 125 °C   | 3 |               |      |      |      |      | 0,77 |
| 20 °C    | 3 |               |      |      |      | 0,64 |      |

- 28 günlük havada soğutulan kireç harcının eğilmede çekme dayanımında her bir sıcaklık arasında farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 0 MPa ile en düşük, 125 °C de 0,77 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.9. 28 günlük havada soğutulan alçı harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    |
| 900 °C   | 3 | 0,28           |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 0,42 |      |      |
| 500 °C   | 3 |                | 0,44 |      |      |
| 250 °C   | 3 |                |      | 0,54 |      |
| 125 °C   | 3 |                |      |      | 0,66 |
| 20 °C    | 3 |                |      | 0,56 |      |

- 28 günlük havada soğutulan alçı harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 250 °C arasında ve 500 °C ile 600 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 0,28 MPa ile en düşük, 125 °C de 0,66 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.10. 90 günlük havada soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    |
| 900 °C   | 3 | 2,17           |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 5,87 |      |      |
| 500 °C   | 3 |                |      | 7,37 |      |
| 250 °C   | 3 |                |      |      | 8,45 |
| 125 °C   | 3 |                |      |      | 8,48 |
| 20 °C    | 3 |                |      |      | 8,29 |

- 90 günlük havada soğutulan çimento harcının eğilmede çekme dayanımında 20, 125, 250 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 2,17 MPa ile en düşük, 125 °C de 8,48 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.11. 90 günlük havada soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    |
| 900 °C   | 3 | 2,01           |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 5,46 |      |      |
| 500 °C   | 3 |                |      | 6,96 |      |
| 250 °C   | 3 |                |      |      | 8,05 |
| 125 °C   | 3 |                |      |      | 8,07 |
| 20 °C    | 3 |                |      |      | 7,88 |

- 90 günlük havada soğutulan melez harcının eğilmede çekme dayanımında 20, 125, 250 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 2,01 MPa ile en düşük, 125 °C de 8,07 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.12. 90 günlük havada soğutulan kireç harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 3 | 0,19           |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 0,32 |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |                |      | 0,64 |      |      |
| 250 °C   | 3 |                |      |      | 0,79 |      |
| 125 °C   | 3 |                |      |      |      | 0,97 |
| 20 °C    | 3 |                |      |      |      | 0,91 |

- 90 günlük havada soğutulan kireç harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 0,19 MPa ile en düşük, 125 °C de 0,97 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.13. 90 günlük havada soğutulan alçı harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    |
| 900 °C   | 3 | 0,47           |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 0,66 |      |      |
| 500 °C   | 3 |                | 0,68 |      |      |
| 250 °C   | 3 |                |      | 0,78 |      |
| 125 °C   | 3 |                |      |      | 0,87 |
| 20 °C    | 3 |                |      | 0,80 |      |

- 90 günlük havada soğutulan alçı harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 250 °C arasında ve 500 °C ile 600 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 0,47 MPa ile en düşük, 125 °C de 0,87 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.14. 28 günlük suda soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 3 | 1,43           |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 3,04 |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |                |      | 4,14 |      |      |
| 250 °C   | 3 |                |      |      | 5,86 |      |
| 125 °C   | 3 |                |      |      |      | 6,42 |
| 20 °C    | 3 |                |      |      |      | 6,16 |

- 28 günlük suda soğutulan çimento harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 1,43 MPa ile en düşük, 125 °C de 6,42 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.15. 28 günlük suda soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|---------------|------|------|------|------|
|          |   | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 3 | 0,53          |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |               | 1,45 |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |               |      | 1,98 |      |      |
| 250 °C   | 3 |               |      |      | 4,58 |      |
| 125 °C   | 3 |               |      |      |      | 5,55 |
| 20 °C    | 3 |               |      |      |      | 5,75 |

- 28 günlük suda soğutulan melez harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığı, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 0,53 MPa ile en düşük, 20 °C de 5,75 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.16. 90 günlük suda soğutulan çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|---------------|------|------|------|------|
|          |   | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 3 | 0,52          |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |               | 3,82 |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |               |      | 4,79 |      |      |
| 250 °C   | 3 |               |      |      | 6,84 |      |
| 125 °C   | 3 |               |      |      |      | 7,84 |
| 20 °C    | 3 |               |      |      |      | 8,29 |

- 90 günlük suda soğutulan çimento harcının eğilmede çekme dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 0,52 MPa ile en düşük, 20 °C de 8,29 MPa ile en büyük eğilmede çekme değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.17. 90 günlük suda soğutulan melez harçlarının eğilmede çekme dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
| 900 °C   | 3 | 0,46           |      |      |      |      |      |
| 600 °C   | 3 |                | 3,42 |      |      |      |      |
| 500 °C   | 3 |                |      | 4,39 |      |      |      |
| 250 °C   | 3 |                |      |      | 6,44 |      |      |
| 125 °C   | 3 |                |      |      |      | 7,43 |      |
| 20 °C    | 3 |                |      |      |      |      | 7,88 |

- 90 günlük havada soğutulan melez harcının eğilmede çekme dayanımında her bir sıcaklık arasında farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 0,46 MPa ile en düşük, 20 °C de 7,88 MPa ile en büyük değere eğilmede çekme değerine olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Çimento harçlarının eğilmede çekme dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|                      | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi  | Anlamlılık düzeyi |
|----------------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|-------------------|
| Gün                  | 23,453          | 1                   | 23,453       | 540,419  | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık             | 203,362         | 5                   | 40,672       | 937,187  | <b>0,00</b>       |
| Soğutma              | 70,893          | 1                   | 70,893       | 1633,529 | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık        | 8,138           | 5                   | 1,628        | 37,505   | <b>0,00</b>       |
| Gün*Soğutma          | 149,558         | 1                   | 149,558      | 3446,163 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık *Soğutma    | 37,620          | 5                   | 7,524        | 173,371  | <b>0,00</b>       |
| Gün*Sıcaklık*Soğutma | 24,704          | 5                   | 4,941        | 113,846  | <b>0,00</b>       |

- Çimento harcının eğilmede çekme verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.18) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün ve soğutma şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,

- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin sıcaklık şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün-sıcaklık ve soğutma şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin sıcaklık ve soğutma değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu istatistiksel analizler sonucu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Melez harçlarının eğilmede çekme dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|                      | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi  | Anlamlılık düzeyi |
|----------------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|-------------------|
| Gün                  | 69,030          | 1                   | 69,030       | 1912,821 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık             | 315,701         | 5                   | 63,140       | 1749,620 | <b>0,00</b>       |
| Soğutma              | 23,440          | 1                   | 23,440       | 649,520  | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık        | 10,672          | 5                   | 2,134        | 59,146   | <b>0,00</b>       |
| Gün*Soğutma          | 1,218           | 1                   | 1,218        | 33,758   | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık *Soğutma    | 9,151           | 5                   | 1,830        | 50,713   | <b>0,00</b>       |
| Gün*Sıcaklık*Soğutma | 0,463           | 5                   | 0,093        | 2,568    | <b>0,04</b>       |

- Melez harcının eğilmede çekme verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.19) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün-sıcaklık ve soğutma şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,

- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin sıcaklık ve soğutma değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir.
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün ve soğutma değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu istatistiksel analizler sonucu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Kireç harçlarının eğilmede çekme dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|               | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi | Anlamlılık düzeyi |
|---------------|-----------------|---------------------|--------------|---------|-------------------|
| Gün           | 0,450           | 1                   | 0,450        | 336,569 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık      | 2,740           | 5                   | 0,548        | 409,478 | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık | 0,028           | 5                   | 0,006        | 4,121   | <b>0,08</b>       |

- Kireç harcının eğilmede çekme verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.20) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olmadığı, istatistiksel analizler sonucu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Alçı harçlarının eğilmede çekme dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|               | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi | Anlamlılık düzeyi |
|---------------|-----------------|---------------------|--------------|---------|-------------------|
| Gün           | 0,462           | 1                   | 0,462        | 212,078 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık      | 0,553           | 5                   | ,0111        | 50,831  | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık | 0,003           | 5                   | 0,001        | 0,268   | <b>0,93</b>       |

- Alçı harcının eğilmede çekme dayanımı verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.21) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900

°C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,

- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Eğilmede çekme dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olmadığı, istatistiksel analizler sonucu tespit edilmiştir.

#### 4.1.2. Basınç dayanımı

Eğilme deneyinde kırılarak ikiye ayrılan örneklerin 3000 kN kapasiteli basınç aletinde 28. ve 90. günlerde basınç deneyi yapılmıştır. Örneklerin basınç dayanımları Çizelge 4.22 ve 4.23’ de verilmiştir. Zaman faktörünün iki seviyesi (28 ve 90 gün), sıcaklık faktörünün altı seviyesi (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) ve soğutma faktörünün iki seviyesi (hava ve su) uygulanan örneklerin tekrarlanan ölçümlü varyans analizi sonucuna göre basınç dayanım değerlerinin  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyinde anlamlı olup olmadığına bakılmıştır. Varyans testinin sonucuna göre istatistiksel varsayımlarımızın normal dağıldığı ve varyansların homojen olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.24, 4.25 ve 4.26). Duncan testinde ise gruplar arasında karşılaştırma yapılarak bir farklılık olup olmadığına bakılmış ve anlamlı olduğu tespit edilmiştir. (Çizelge 4.27 - 4.38). Bu harç örneklerinin gün ve sıcaklık, gün ve soğutma, sıcaklık ve soğutma şartlarına göre etkileşimleri sırasıyla Çizelge 4.39, 4.40, 4.41, 4.42’ de verilmektedir.

Çizelge 4.22 Harç numunelerinin 28 günlük ortalama basınç dayanımları (MPa).

| Sıcaklık<br>(°C) | ALÇI HARCI |      | ÇİMENTO HARCI |       | KİREÇ HARCI |      | MELEZ HARCI |       |
|------------------|------------|------|---------------|-------|-------------|------|-------------|-------|
|                  | H          | S    | H             | S     | H           | S    | H           | S     |
| 20 (Ref)         | 1,29       | 1,29 | 40,14         | 40,14 | 1,59        | 1,59 | 33,41       | 33,41 |
| 125              | 1,41       | -    | 42,38         | 35,60 | 1,93        | -    | 36,17       | 28,67 |
| 250              | 1,38       | -    | 39,81         | 33,04 | 1,77        | -    | 32,99       | 26,12 |
| 500              | 1,16       | -    | 33,86         | 21,26 | 1,65        | -    | 26,99       | 14,18 |
| 600              | 0,91       | -    | 28,23         | 15,51 | 1,20        | -    | 21,90       | 9,40  |
| 900              | 0,60       | -    | 14,11         | 7,18  | -           | -    | 10,95       | 4,30  |

Çizelge 4.23 Harç numunelerinin 90 günlük ortalama basınç dayanımları (MPa).

| Sıcaklık<br>(°C) | ALÇI HARCİ |   | ÇİMENTO HARCİ |       | KİREÇ HARCİ |   | MELEZ HARCİ |       |
|------------------|------------|---|---------------|-------|-------------|---|-------------|-------|
|                  | H          | S | H             | S     | H           | S | H           | S     |
| <b>20 (Ref)</b>  | 1,51       |   | 56,79         |       | 2,27        |   | 46,38       |       |
| <b>125</b>       | 1,63       | - | 59,06         | 57,70 | 2,61        | - | 48,61       | 45,78 |
| <b>250</b>       | 1,57       | - | 58,81         | 52,42 | 2,53        | - | 48,38       | 40,15 |
| <b>500</b>       | 1,36       | - | 52,54         | 41,17 | 2,19        | - | 42,11       | 29,61 |
| <b>600</b>       | 1,11       | - | 46,91         | 30,40 | 1,72        | - | 36,76       | 18,01 |
| <b>900</b>       | 0,74       | - | 22,22         | 4,48  | 1,23        | - | 17,59       | 2,64  |

Havada soğutulmuş örneklerin 28. ve 90. gündeki ortalama basınç dayanımları incelendiğinde;

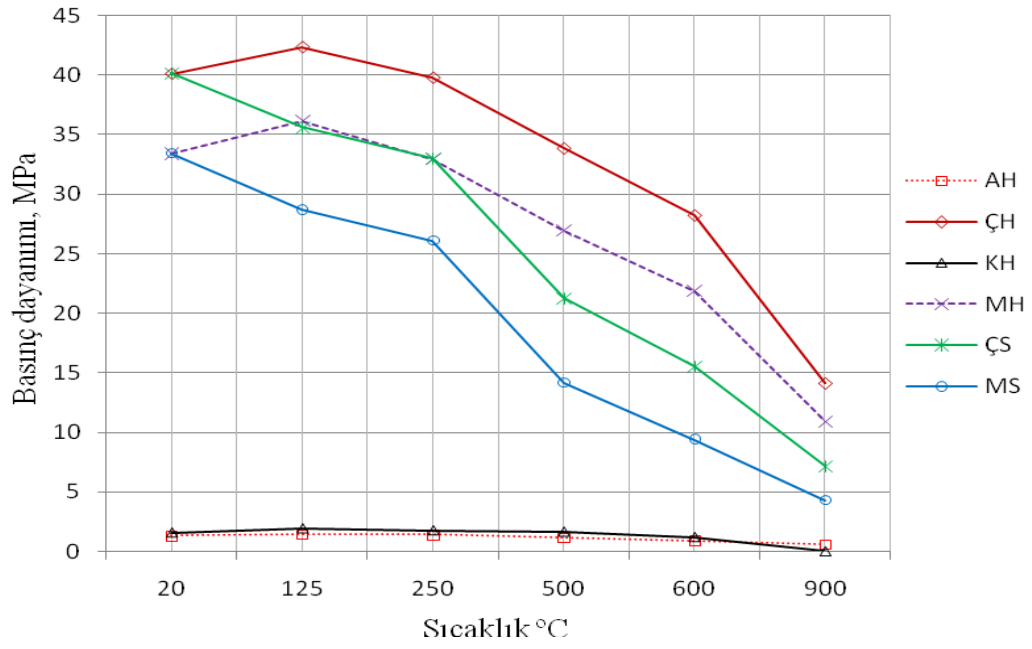
- 28. günde bütün harçlarda 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda çimento ile melez harcın basınç dayanımlarının azalma gösterdiği ama alçı ve kireç harcının azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C' nin de referans örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra basınç dayanımının azaldığı,
- 28. günde 900 °C sıcaklıkta kireç harcında havada soğutulan örneklerinde soğutma esnasında dağılmaya uğradıklarından bu örnekler mekanik dayanım göstermemiş ve hesaplamaları yapılamamıştır.
- 90. günde bütün harçlarda 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda, bütün harçların basınç dayanımlarının azalma gösterdiği ama harçların azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C' nin de 20 °C (referans) örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra basınç dayanımı değerlerinin azaldığı,
- Tüm sıcaklıklarda 90. güne ait basınç dayanımı değerlerinin 28. günden yüksek olduğu,
- 28. ve 90. günde 600 °C ve 900 °C arasında önemli bir azalma olduğu görülmüştür.

Suda soğutulmuş örneklerin 28. ve 90. gündeki ortalama basınç dayanımları incelendiğinde;

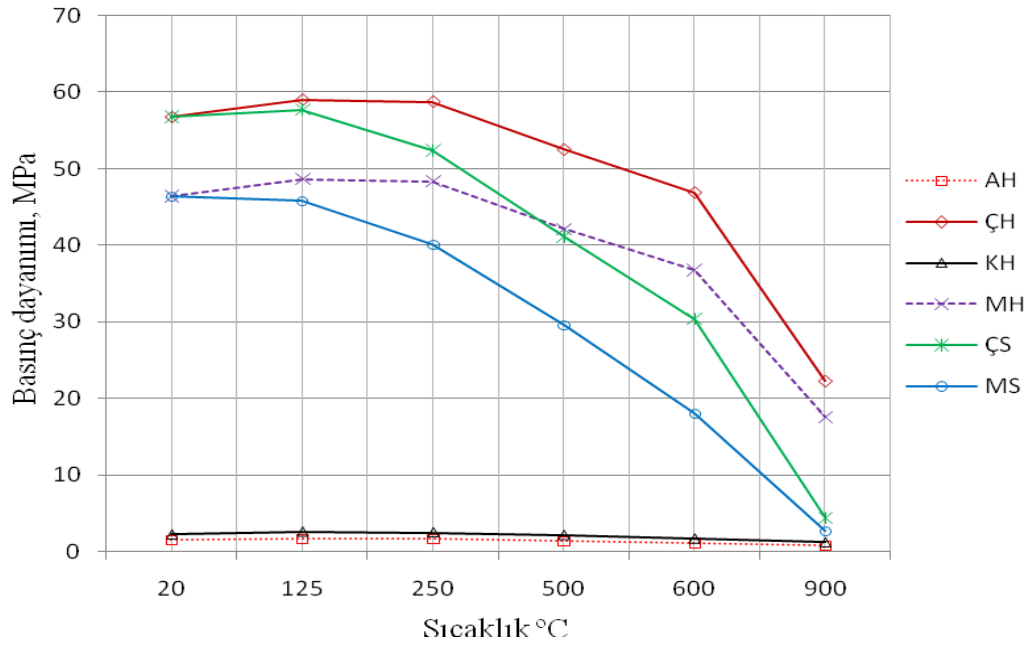
- 90. günde bütün harçlarda 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda, bütün harçlarda azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C' nin de referans örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra basınç dayanımı değerlerinin azaldığı görülmüştür.
- Kireç ve alçı harcında bütün sıcaklık ve gün koşullarındaki örneklerde suda soğutulan gruplarında soğutma esnasında dağılmaya uğradıklarından bu örnekler mekanik dayanım göstermemiş ve hesaplamaları yapılamamıştır.
- Çimento ve melez harç örneklerinin ise 20 °C (referans) sıcaklık, 125, 250, 500 ve 600 °C' de 90. günde elde edilen basınç dayanımının 28. gündeki basınç dayanımından yüksek olduğu,
- 900 °C' ler de 28. günde elde edilen çimento ve melez harcın basınç dayanımlarının 90. gündeki basınç dayanımlarından yüksek olduğu görülmüştür.

28. ve 90. günde örneklerin yüksek sıcaklık uygulamasının ardından maruz bırakıldıkları soğutma şartına göre;

- 28. günde yüksek sıcaklık uygulamasının ardından bütün sıcaklıklarda havada soğutulan örneklerin basınç dayanımlarının suda soğutulan örneklere göre yüksek değerde olduğu,
- 90. günde yüksek sıcaklık uygulamasının ardından bütün sıcaklıklarda havada soğutulan örneklerin basınç dayanımlarının suda soğutulan örneklere göre yüksek değerde olduğu görülmüştür. Basınç dayanımı değerlerini gösteren çizgi grafik Şekil 4.3, 4.4' de görülmektedir.



Şekil 4.3. Harçların 28.günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama basınç dayanım grafiği



Şekil 4.4. Harçların 90.günde havada ve suda soğutulma türüne göre ortalama basınç dayanım grafiği

Çizelge 4.24. 28 günlük havada soğutulan harçların basınç dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları

| 28 günlük havada soğutulan örnekler | Kareler Toplamı | Serbestlik dereceleri | Kareler ortalaması | F- testi | Anlamlılık düzeyi |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|----------|-------------------|
| Gruplar arası                       | 3394,395        | 5                     | 678,879            | 626,11   | <b>0,00</b>       |
| Çimento harcı Gruplar içi           | 32,528          | 30                    | 1,084              |          |                   |
| Toplam                              | 3426,924        | 35                    |                    |          |                   |
| Gruplar arası                       | 2668,201        | 5                     | 533,640            | 332,06   | <b>0,00</b>       |
| Melez harcı Gruplar içi             | 48,211          | 30                    | 1,607              |          |                   |
| Toplam                              | 2716,412        | 35                    |                    |          |                   |
| Gruplar arası                       | 15,099          | 5                     | 3,020              | 467,81   | <b>0,00</b>       |
| Kireç harcı Gruplar içi             | 0,194           | 30                    | 0,006              |          |                   |
| Toplam                              | 15,293          | 35                    |                    |          |                   |
| Gruplar arası                       | 2,934           | 5                     | 0,587              | 65,29    | <b>0,00</b>       |
| Alçı harcı Gruplar içi              | 0,270           | 30                    | 0,009              |          |                   |
| Toplam                              | 3,204           | 35                    |                    |          |                   |

Çizelge 4.25. 90 günlük havada soğutulan harçların basınç dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları

| 90 günlük havada soğutulan örnekler | Kareler Toplamı | Serbestlik dereceleri | Kareler ortalaması | F- testi | Anlamlılık düzeyi |
|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|----------|-------------------|
| Gruplar arası                       | 5946,363        | 5                     | 1189,273           | 873,15   | <b>0,00</b>       |
| Çimento harcı Gruplar içi           | 40,862          | 30                    | 1,362              |          |                   |
| Toplam                              | 5987,225        | 35                    |                    |          |                   |
| Gruplar arası                       | 4212,729        | 5                     | 842,546            | 575,59   | <b>0,00</b>       |
| Melez harcı Gruplar içi             | 43,914          | 30                    | 1,464              |          |                   |
| Toplam                              | 4256,643        | 35                    |                    |          |                   |
| Gruplar arası                       | 8,338           | 5                     | 1,668              | 185,95   | <b>0,00</b>       |
| Kireç harcı Gruplar içi             | 0,269           | 30                    | 0,009              |          |                   |
| Toplam                              | 8,607           | 35                    |                    |          |                   |
| Gruplar arası                       | 3,450           | 5                     | 0,690              | 62,72    | <b>0,00</b>       |
| Alçı harcı Gruplar içi              | 0,330           | 30                    | 0,011              |          |                   |
| Toplam                              | 3,781           | 35                    |                    |          |                   |

Çizelge 4.26. 28 ve 90 günlük havada soğutulan harçların basınç dayanımlarına göre varyans çözümleme sonuçları

| 28 günlük suda soğutulan örnekler |               | Kareler<br>Toplamı | Serbestlik<br>dereceleri | Kareler<br>ortalaması | F- testi | Anlamlılık<br>düzeyi |
|-----------------------------------|---------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|----------|----------------------|
| Çimento harcı                     | Gruplar arası | 4960,515           | 5                        | 992,103               | 983,51   | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 30,262             | 30                       | 1,009                 |          |                      |
|                                   | Toplam        | 4990,777           | 35                       |                       |          |                      |
| Melez harcı                       | Gruplar arası | 4096,097           | 5                        | 819,219               | 488,65   | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 50,295             | 30                       | 1,677                 |          |                      |
|                                   | Gruplar içi   | 4146,392           | 35                       |                       |          |                      |
| 90 günlük suda soğutulan örnekler |               | Kareler<br>Toplamı | Serbestlik<br>dereceleri | Kareler<br>ortalaması | F- testi | Anlamlılık<br>düzeyi |
| Çimento harcı                     | Gruplar arası | 12618,24           | 5                        | 2523,647              | 1840,43  | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 41,137             | 30                       | 1,371                 |          |                      |
|                                   | Toplam        | 12659,37           | 35                       |                       |          |                      |
| Melez harcı                       | Gruplar arası | 9067,444           | 5                        | 1813,489              | 1530,63  | <b>0,00</b>          |
|                                   | Gruplar içi   | 35,544             | 30                       | 1,185                 |          |                      |
|                                   | Toplam        | 9102,988           | 35                       |                       |          |                      |

Çizelge 4.27. 28 günlük havada soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |       |       |       |       |
|----------|---|----------------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1              | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 900 °C   | 6 | 14,11          |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |                | 28,23 |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |                |       | 33,86 |       |       |
| 250 °C   | 6 |                |       |       | 39,81 |       |
| 125 °C   | 6 |                |       |       |       | 42,38 |
| 20 °C    | 6 |                |       |       | 40,14 |       |

- 28 günlük havada soğutulan çimento harcının basınç dayanımında 20 °C ile 250°C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 14,11 MPa ile en düşük, 20 °C de 40,14 MPa ile en büyük değere sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.28. 28 günlük havada soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |       |       |       |       |
|----------|---|---------------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 900 °C   | 6 | 10,95         |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |               | 21,90 |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |               |       | 26,99 |       |       |
| 250 °C   | 6 |               |       |       | 32,99 |       |
| 125 °C   | 6 |               |       |       |       | 36,17 |
| 20 °C    | 6 |               |       |       | 33,41 |       |

- 28 günlük havada soğutulan melez harcının basınç dayanımında 20 °C ile 250 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 10,95 MPa ile en düşük, 125 °C de 36,17 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.29. 28 günlük havada soğutulan kireç harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|---------------|------|------|------|------|
|          |   | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 6 | 0,00          |      |      |      |      |
| 600 °C   | 6 |               | 1,20 |      |      |      |
| 500 °C   | 6 |               |      | 1,65 |      |      |
| 250 °C   | 6 |               |      |      | 1,77 |      |
| 125 °C   | 6 |               |      |      |      | 1,93 |
| 20 °C    | 6 |               |      | 1,59 |      |      |

- 28 günlük havada soğutulan kireç harcının basınç dayanımında 20 °C ile 500 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 0 MPa ile en düşük, 125 °C de 1,93 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.30. 28 günlük havada soğutulan alçı harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |      |      |      |      |
|----------|---|---------------|------|------|------|------|
|          |   | 1             | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 900 °C   | 6 | 0,60          |      |      |      |      |
| 600 °C   | 6 |               | 0,91 |      |      |      |
| 500 °C   | 6 |               |      | 1,16 |      |      |
| 250 °C   | 6 |               |      |      | 1,38 |      |
| 125 °C   | 6 |               |      |      |      | 1,41 |
| 20 °C    | 6 |               |      |      | 1,29 |      |

- 28 günlük havada soğutulan alçı harcının basınç dayanımında 20 °C ile 250 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 0,60 MPa ile en düşük, 125 °C de 1,41 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.31. 90 günlük havada soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |       |       |       |       |
|----------|---|---------------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 900 °C   | 6 | 22,22         |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |               | 46,91 |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |               |       | 52,54 |       |       |
| 250 °C   | 6 |               |       |       |       | 58,81 |
| 125 °C   | 6 |               |       |       |       | 59,06 |
| 20 °C    | 6 |               |       |       | 56,79 |       |

- 90 günlük havada soğutulan çimento harcının basınç dayanımında 125 °C ile 250 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 22,22 MPa ile en düşük, 125 °C de 59,06 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.32. 90 günlük havada soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |       |       |       |       |
|----------|---|----------------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1              | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 900 °C   | 6 | 17,59          |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |                | 36,76 |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |                |       | 42,11 |       |       |
| 250 °C   | 6 |                |       |       |       | 48,38 |
| 125 °C   | 6 |                |       |       |       | 48,61 |
| 20 °C    | 6 |                |       |       | 46,38 |       |

- 90 günlük havada soğutulan melez harcının basınç dayanımında 125 °C ile 250 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 17,59 MPa ile en düşük, 125 °C de 48,61 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.33. 90 günlük havada soğutulan kireç harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    |
| 900 °C   | 6 | 1,23           |      |      |      |
| 600 °C   | 6 |                | 1,72 |      |      |
| 500 °C   | 6 |                |      | 2,20 |      |
| 250 °C   | 6 |                |      |      | 2,53 |
| 125 °C   | 6 |                |      |      | 2,61 |
| 20 °C    | 6 |                |      | 2,27 |      |

- 90 günlük havada soğutulan kireç harcının basınç dayanımında 125 °C ile 250 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 1,23 MPa ile en düşük, 125 °C de 2,61 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.34. 90 günlük havada soğutulan alçı harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |      |      |
|----------|---|----------------|------|------|------|
|          |   | 1              | 2    | 3    | 4    |
| 900 °C   | 6 | 0,74           |      |      |      |
| 600 °C   | 6 |                | 1,11 |      |      |
| 500 °C   | 6 |                |      | 1,36 |      |
| 250 °C   | 6 |                |      |      | 1,57 |
| 125 °C   | 6 |                |      |      | 1,63 |
| 20 °C    | 6 |                |      |      | 1,51 |

- 90 günlük havada soğutulan alçı harcının basınç dayanımında 20, 125, 250 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 0,74 MPa ile en düşük, 125 °C de 1,63 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.35. 28 günlük suda soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |       |       |       |       |       |
|----------|---|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1              | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 900 °C   | 6 | 7,18           |       |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |                | 15,51 |       |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |                |       | 21,26 |       |       |       |
| 250 °C   | 6 |                |       |       | 33,04 |       |       |
| 125 °C   | 6 |                |       |       |       | 35,60 |       |
| 20 °C    | 6 |                |       |       |       |       | 40,14 |

- 28 günlük suda soğutulan çimento harcının basınç dayanımında her bir sıcaklık arasında farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 7,18 MPa ile en düşük, 20 °C de 40,14 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.36. 28 günlük suda soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |      |       |       |       |       |
|----------|---|----------------|------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1              | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 900 °C   | 6 | 4,30           |      |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |                | 9,40 |       |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |                |      | 14,18 |       |       |       |
| 250 °C   | 6 |                |      |       | 26,12 |       |       |
| 125 °C   | 6 |                |      |       |       | 28,67 |       |
| 20 °C    | 6 |                |      |       |       |       | 33,41 |

- 28 günlük suda soğutulan melez harcının basınç dayanımında her bir sıcaklık arasında farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 28. gün 900 °C de 4,30 MPa ile en düşük, 20 °C de 33,41 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.37. 90 günlük suda soğutulan çimento harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha= 0.05$ |       |       |       |       |
|----------|---|----------------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1              | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 900 °C   | 6 | 4,48           |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |                | 30,40 |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |                |       | 41,17 |       |       |
| 250 °C   | 6 |                |       |       | 52,42 |       |
| 125 °C   | 6 |                |       |       |       | 57,70 |
| 20 °C    | 6 |                |       |       |       | 56,79 |

- 90 günlük suda soğutulan çimento harcının basınç dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 4,48 MPa ile en düşük, 125 °C de 57,70 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.38. 90 günlük suda soğutulan melez harçlarının basınç dayanımlarına göre Duncan test sonucu

| Sıcaklık | N | $\alpha=0.05$ |       |       |       |       |
|----------|---|---------------|-------|-------|-------|-------|
|          |   | 1             | 2     | 3     | 4     | 5     |
| 900 °C   | 6 | 2,64          |       |       |       |       |
| 600 °C   | 6 |               | 18,01 |       |       |       |
| 500 °C   | 6 |               |       | 29,61 |       |       |
| 250 °C   | 6 |               |       |       | 40,15 |       |
| 125 °C   | 6 |               |       |       |       | 45,78 |
| 20 °C    | 6 |               |       |       |       | 46,38 |

- 90 günlük suda soğutulan melez harcının basınç dayanımında 20 °C ile 125 °C arasında önemli bir fark olmadığını, diğer sıcaklıklar arasında bir farklılık olduğu,
- Zaman ve sıcaklık faktörüne göre 90. gün 900 °C de 2,64 MPa ile en düşük, 20 °C de 46,38 MPa ile en büyük basınç değerine sahip olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.39. Çimento harçlarının basınç dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|                      | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi  | Anlamlılık düzeyi |
|----------------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|-------------------|
| Gün                  | 9440,391        | 1                   | 9440,391     | 7836,472 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık             | 26412,680       | 5                   | 5282,536     | 4385,035 | <b>0,00</b>       |
| Soğutma              | 2778,969        | 1                   | 2778,969     | 2306,823 | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık        | 819,133         | 5                   | 163,827      | 135,992  | <b>0,00</b>       |
| Gün*Soğutma          | 0,421           | 1                   | 0,421        | 0,349    | <b>0,56</b>       |
| Sıcaklık *Soğutma    | 1158,900        | 5                   | 231,780      | 192,401  | <b>0,00</b>       |
| Gün*Sıcaklık*Soğutma | 98,842          | 5                   | 19,768       | 16,410   | <b>0,00</b>       |

- Çimento harcı basınç dayanımı verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.39) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün ve soğutma şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olmadığı,

- Basınç dayanımı verilerinin sıcaklık şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün-sıcaklık ve soğutma şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin sıcaklık ve soğutma değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu istatistiksel analizler sonucu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.40. Melez harçlarının basınç dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|                      | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi  | Anlamlılık düzeyi |
|----------------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|-------------------|
| Gün                  | 5176,803        | 1                   | 5176,803     | 3490,675 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık             | 18229,606       | 5                   | 3645,921     | 2458,414 | <b>0,00</b>       |
| Soğutma              | 2683,456        | 1                   | 2683,456     | 1809,432 | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık        | 702,598         | 5                   | 140,520      | 94,751   | <b>0,00</b>       |
| Gün*Soğutma          | 29,850          | 1                   | 29,850       | 20,128   | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık *Soğutma    | 944,776         | 5                   | 188,955      | 127,411  | <b>0,00</b>       |
| Gün*Sıcaklık*Soğutma | 167,492         | 5                   | 33,498       | 22,588   | <b>0,00</b>       |

- Melez harcı basınç dayanımı verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.40) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün-sıcaklık ve soğutma şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün ve soğutma değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu,

- Basınç dayanımı verilerinin sıcaklık ve soğutma değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu analizler sonucu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.41. Kireç harçlarının basınç dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|               | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi  | Anlamlılık düzeyi |
|---------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|-------------------|
| Gün           | 26,581          | 1                   | 26,581       | 2431,240 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık      | 45,304          | 5                   | 9,061        | 828,734  | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık | 3,985           | 5                   | 0,797        | 72,901   | <b>0,00</b>       |

- Kireç harcı basınç dayanımı verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.41) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu analizler sonucu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.42. Alçı harçlarının basınç dayanımları verilerine ait varyans çözümleme tablosu

|               | Kareler toplamı | Serbestlik derecesi | Orta. karesi | F-Testi | Anlamlılık düzeyi |
|---------------|-----------------|---------------------|--------------|---------|-------------------|
| Gün           | 2,728           | 1                   | 2,728        | 267,113 | <b>0,00</b>       |
| Sıcaklık      | 14,358          | 5                   | 2,872        | 281,205 | <b>0,00</b>       |
| Gün *Sıcaklık | 0,877           | 5                   | 0,175        | 17,180  | <b>0,00</b>       |

- Alçı harcı basınç dayanımı verilerine ait varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.42) sıcaklık faktörünün altı seviyesinin (20, 125, 250, 500, 600, 900 °C) sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu,
- Basınç dayanımı verilerinin gün şartlarından kaynaklanan veri farklılıklarının istatistikî açıdan önemli olduğu, basınç dayanımı verilerinin gün ve sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan veri farklılıklarının istatistiki açıdan önemli olduğu istatistiksel analizler sonucu tespit edilmiştir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada standart CEN kumu, sönmüş kireç, Portland çimentosu, alçı ve içme suyu kullanılarak 40x40x160 mm boyutlarında harç örnekleri üretilip, 28 ve 90. günlerde 20, 125, 250, 500, 600, 900 °C’ de yüksek sıcaklığa bırakılmıştır. Yüksek sıcaklık etkisinde bırakılan örnekler yüksek sıcaklık fırınından çıkartılıp havada ve suda olmak üzere iki şekilde soğutulmuştur. Havada ve suda soğutulmalarından sonra uygulanan eğilmede çekme ve basınç dayanımı deney sonuçlarına göre;

Harçların eğilmede çekme dayanımı sonuçlarına göre;

- 28. günde bütün harçlarda havada soğutulan örneklerde 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olmasına rağmen bundan sonraki bütün sıcaklıklarda eğilmede çekme dayanımının azaldığı,
- 90. günde bütün harçlarda havada soğutulan örneklerde 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda alçı ve kireç harcının eğilmede çekme dayanımlarının azalma gösterdiği, ancak çimento ile melez harcının azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C’ nin de 20 °C (referans) örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra eğilmede çekme dayanımı değerlerinin azaldığı,
- Bütün sıcaklıklarda havada soğutulan 90. güne ait eğilmede çekme dayanımı değerlerinin 28. günden yüksek olduğu,
- 28. ve 90. günde havada soğutulan örneklerde 600 °C ve 900 °C arasında eğilmede çekme dayanımı değerlerinde önemli bir azalma olduğu görülmüştür.
- Kireç ve alçı harcında suda soğutulan bütün sıcaklık ve gün koşullarındaki örneklerde soğutma esnasında erimeleri ve bundan dolayı dağılmaya uğradıklarından örnekler mekanik dayanım göstermemiş ve hesaplamaları yapılamamıştır.
- Çimento ve melez harçları suda soğutulan örneklerde bütün sıcaklık ve gün koşullarında eğilmede çekme dayanımlarında azalma olduğu,
- Çimento ve melez harç örneklerinin suda soğutulan grubunda 20 °C (referans), 125, 250, 500 ve 600 °C’ de 90. günde elde edilen eğilmede çekme dayanımının 28. gündeki eğilmede çekme dayanımından yüksek olduğu,

- 28. günde suda soğutulan 900 °C' ler de elde edilen çimento ve melez harcın eğilmede çekme dayanımı 90. gündeki eğilmede çekme dayanımından yüksek olduğu,
- Havada soğutulan bütün harç grupları içerisinde, 125 °C sıcaklığa tabi tutulan çimentolu harç örneklerinde 6,42 MPa ile en yüksek eğilmede çekme dayanımı meydana geldiği görülmüştür.

Basınç dayanım değerlerinin;

- 28. günde bütün harçlarda havada soğutulan örneklerde 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda çimento ile melez harcın basınç dayanımlarının azalma gösterdiği ancak alçı ve kireç harcının azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C' nin de 20 °C (referans) örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra basınç dayanımı değerlerinin azaldığı görülmüştür.
- 28. günde 900 °C sıcaklıkta kireç harcında havada soğutulan örneklerde soğutma esnasında sıcaklık etkisinden dolayı dağılmaya uğradıklarından bu örnekler mekanik dayanım göstermemiş ve hesaplamaları yapılamamıştır.
- 90. günde bütün harçlarda havada soğutulan örneklerde 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda, bütün harçların basınç dayanımlarının azalma gösterdiği ancak harçların azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C' nin de 20 °C (referans) örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra basınç dayanımı değerlerinin azaldığı görülmüştür.
- Bütün sıcaklıklarda havada soğutulan örneklerde 90. güne ait basınç dayanımı değerlerinin 28. günden yüksek olduğu,
- 28. ve 90. günde havada soğutulan örneklerde 600 °C ve 900 °C arasında önemli bir azalma olduğu görülmüştür.
- 90. günde bütün harçlarda suda soğutulan örneklerde 125 °C sıcaklığa kadar bir miktar artış olduğu, bundan sonraki bütün sıcaklıklarda ve bütün harçlarda azalma eğilimi göstermesine rağmen, 250 °C' nin de 20 °C (referans) örneklerden daha yüksek olduğu ve bu sıcaklık değerinden sonra basınç dayanımı değerlerinin azaldığı,

- Çimento ve melez harç örneklerinin suda soğutulan grubunda ise 20 °C (referans) sıcaklık, 125, 250, 500 ve 600 °C’ de 90. günde elde edilen basınç dayanımının 28. gündeki basınç dayanımından yüksek olduğu,
- 28. günde suda soğutulan 900 °C’ ler de elde edilen çimento ve melez harcın basınç dayanımlarının 90. gündeki basınç dayanımlarından yüksek olduğu,
- Kireç ve alçı harcında suda soğutulan örneklerde bütün sıcaklık ve gün koşullarındaki gruplarında soğutma esnasında erimeleri ve bu nedenle dağılmaya uğramalarından bu örnekler mekanik dayanım göstermemiş ve hesaplamaları yapılamamıştır.
- Havada soğutulan bütün harç grupları içerisinde, 125 °C sıcaklığa tabi tutulan çimentolu harç örneklerinde 59,06 MPa ile en yüksek basınç dayanımı meydana geldiği görülmüştür.

Sonuç olarak harç örneklerinin eğilmede çekme ve basınç dayanım sonuçları 28. ve 90. Gününde uygulanan sıcaklıklarında havada soğutulan örneklerin dayanımlarının suda soğutulan örneklere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. 28. ve 90. günlerde suda soğutulan örneklerin eğilmede çekme ve basınç dayanımının havada soğutulan örneklere göre daha düşük değerde olmasının nedeni; ani soğutma etkisi altında kireç ve alçı harçlarında bir miktar suda çözünme olduğu gerçeğine dayandığı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

Akın, A., “Yapı Kabuğundaki Dış Sıva Hasarlarının Belirlenmesi”, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (1997).

Aköz F. ve Yüzer N., (1994), “Yüksek Sıcaklığın Nedenleri ve Betonarme Elemanlara Etkileri”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*, 3, İstanbul.

Arıoğlu, E., Arıoğlu N., Yılmaz A. O., Çözümlü Beton Agregaları Problemleri, *Evrım Yayınevi*, (1999).

Avcı A.U., Dökümde enerji tasarrufu, *Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları*, 178, (1984).

Aydın, S., Baradan, B., “Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Geliştirilmesi”, *TMMOB inşaat Mühendisleri Odası 5. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 451-460, (2003).

Babadağ, Y., “Kimyasal Katkıların Sıva Harçları Üzerindeki Etkileri”, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2008).

Beydemir, K., “Puzolan Katkıların Kireç Harcının Mekanik Özelliklerine Etkileri”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2006).

Ceran, A., “Polimer Esaslı Lateks Katkının Çimento Harç Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi”, *Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi*, Yüksek Lisans Tezi, (2008).

Cülfik, M.S., “Deterioration of bond between cement paste and aggregate at high temperatures”, *Boğaziçi University*, PhD. Thesis, 175 (2001).

Demir, A., “Kiremit Kırığı Agregalı Betonlarda Yüksek Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 44-49 (2008).

Durmuş, G., “Çimentolu Harç Özelliklerine Yüksek Sıcaklık Etkisinin Belirlenmesi ve Yapay Sinir Ağı İle Modellenmesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 64-92 (2008).

Durmuş, G., Arslan, M., Yüksek Sıcaklık Uygulanan Çimento Harçlarının Farklı Soğutma Koşullarındaki Bazı Fiziksel Özellikleri, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 25 (3) : 541-548, (2010).

Ekinci C.E, Bordo kitap, “Yapı tasarımcının inşaat el kitabı”, *Üniversite kitapevi*, 23-25, Elazığ (2004).

Erdoğan, Y. T., “Beton” I. Baskı, *ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş.*, (2003).

Erdoğan N., “Çimento Harçlarının Niteliklerinin İyileştirilmesi”, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2005).

Eriç M., Gürdal E., Toydemir N., Ersoy H.Y., “Yapı Fiziği Açısından Cephe Kaplamaları Sorunları ve Çözüm Yolları I, *Dizayn Konstrüksiyon*”, 47, (1989).

Eriç, M., “Yapıda Sıva Uygulamaları ve Sorunları”, *İnşaat Dergisi*, Temmuz , 70-73. (1992).

Gülce, C., “Farklı Çimentolarla Üretilen Harçların Yüksek Sıcaklık ve Değişik Soğutma Koşulları Altındaki Özellikleri”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2009).

Gökdemir, A., “Yapı Malzemeleri ve Beton Teknolojisi”, *Ankara Teknik Yayınevi, Ankara*, 79,80 (1997).

Güner, M. S., Sönme, V., “Yapı Malzemesi ve Beton” 2. Baskı, *Aktif Yayınevi* (2000).

Gürdal, E., “Kuzey ve Orta Anadolu Alçıları Üzerine Bir Araştırma”, *İstanbul Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi*, Doktora Tezi, 44-48 (1976).

Gürdal E., Karagüler M. E., “Yüksek Lisans Yapı Korunumu ve Yapı Hasarları Ders Notları”, İstanbul, (2004).

Kamanlı, M., Balık, F. S., “Beton Teknolojisi”, *Atlas Yayın Dağıtım*, İstanbul, 1-117 (2003).

Karaduman, N., “Farklı Tip Çimentoların Yüksek Sıcaklıklara Direnci”, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2008).

Khoury, G., A., “Effect of fire on concrete and concrete structures”, *Prog. Struct. Engng Mater.* Imperial College, London, UK, 2: 429-447 (2000).

Kızılkant, A.B ve Yüzer, N., “Yüksek Sıcaklık Etkisindeki Harcın Basınç Dayanımı-Renk Değişimi İlişkisi”, *İMO Teknik Dergi*, 238:4381-4392 (2008).

Koçak, H. Ş., “Kütahya Emet Borik Asit İşletmesi Bor Atıklarının Alçı Levha Üretiminde Kullanılması”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2010).

Mahsanlar, N., “Yüksek Sıcaklık Etkisinde Beton Davranışı”, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, (2006).

Mavi, Ö., “Kireç Harç ve Sıvaların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin İyileştirilmesi”, *İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Y.Lisans Tezi*, (2002).

Memiş S., Öğütölmüş Atık Plastik (PET) Katkılı Sıvaların Tarımsal Yapılarda Kullanımı Üzerine Bir Araştırma”, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2007).

Noğay, S., “Meslek Bilgisi I”, *Öz Yeşim Web Ofset Matbaacılık*, Ankara, 56 (1991).

Özbey, S., “Yüksek Sıcaklık Etkisinde Kalan Mineral Katkılı ve Genleştirilmiş Perlit Agregalı Harçların Bazı Özellikleri”, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2007).

Özdemir, O., “Uçucu Külün Yapı Malzemelerinde Bağlayıcılığa Etkisinin Araştırılması”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2007).

Özbey, S., “Farklı Çimento Tipleri ile Üretilen Betonların Yüksek Sıcaklık ve Değişik Soğutma Koşulları Altındaki Fiziksel ve Mekanik Özellikleri”, *Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, (2009).

Özışık, Gündüz, "Beton" Birsen Yayınevi, *İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, 66, (2000).

Postacıoğlu, B., “Bağlayıcı maddeler”, Beton, Cilt I, *İTÜ İnşaat Fakültesi*, (1986).

Postacıoğlu, B., “Agregalar, Beton”, Cilt II, *İTÜ İnşaat Fakültesi*, (1987).

Ramakrishnan V., Shafai H.F. ve Wu G., “Cyclic Heating and Cooling Effects on Concrete Durability”, *Concrete Durability*, (1991).

Sakr K. ve EL-Hakim E., “Effect of Temperature or Fire on Heavy Weight Concrete Properties”, *Cement and Concrete Research*, 35, 590-596, (2005).

Saraylı, M.A., "Yapı Malzemeleri Bilimi Yapı Malzemelerinin Tanımı, Üretilmesi, Sınıflandırılması, Denenmesi ve Kullanılması, İkinci Kısım Özeti, *İ.D.M.M. Akademisi*, (1975).

“Sıva Genel Teknik Şartnamesi”, *Başbakanlık Basımevi*, Ankara, 11-15 (1985).

Topçu, İ.B., Demir, A., “Kiremit Kırıklı Betonlarda Yüksek Sıcaklık Etkisi”, 7th International Congress in Civil Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, *Turkey, Book of Abstracts*, 456 (2006).

Topçu, İ.B., Demir A., “Yüksek Sıcaklık Uygulama Süresinin Harç Özelliklerine Etkisi”, *7. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 455-463 (2007).

TS EN 196-1, “Çimento deney metotları-Bölüm 1: Dayanım tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara 5-10 (2002).

TS EN 197-1, “Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2002).

TS 3322, “Çimento harcı ve beton numunelerinde boy değişim tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (1979).

TS EN 13279-1 “Yapı ve sıva alçıları - Bölüm1: Tarifler ve gerekler” *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2009).

TS EN 13279-2 “Yapı ve sıva alçıları – Bölüm2: Deney yöntemleri” *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2007).

TS EN 998-2 “Kagir harcı”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2010).

TS EN 459-1 “Yapı kireci - Bölüm 1: Tarifler, özellikler ve uygunluk kriterleri”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2010).

TS EN 13914-1 “Dış ve iç sıvaların tasarımı, hazırlanması ve uygulanması – Dış Sıva” *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2007).

8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel ihtisas komisyonu raporu “Endüstriyel hammaddeler Alt komisyonu Yapı malzemeleri I”, *Devlet Planlama Teşkilatı*, Ankara 19-20 (2001).

İnternet: İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi “2006 Yapısal yangın güvenliği ders notları” <http://www.kutuphane.itu.edu.tr/t/02/kk24.html> (2011).

İnternet: Aydın, A. C., “2006 Yapı Malzemeleri ve İleri Beton Teknolojisi” <http://muhendislik/ataüni/inşaat/dersler/acaydin/yapimalz.pdf> (2011).

İnternet: Baradan, B., Aydın S., “Yüksek Sıcaklığa Dayanıklı Harç Geliştirilmesi” <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/10626.pdf> (2011).

İnternet: Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi “Aralık Ayı Su Analizi”, <http://www.aski.gov.tr/m.asp?TID=48&bolge=YENIMAHALLE&PN=1&TPN=1#arsiv> (2011).

İnternet: Topçu. İ.B.,Demir, A.,“Uçucu Kül Katkılı Harçlarda Yüksek Sıcaklık Etkisi” <http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/10667.pdf> (2011).

**EKLER**

EK-1. Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.1. Örnek üretiminde kullanılan çimento, kireç ve alçı tipleri.



Resim 1.2. Harç üretiminde kullanılan standart CEN kumu.

EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.3. Harçların su ihtiyacının tespit edilmesi.

EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.4. Harçların sarsma tablasındaki akma miktarının tespit edilmesi.



Resim 1.5. Harç karışımlarında belirlenen su miktarının hassas terazide tartılması.

EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları

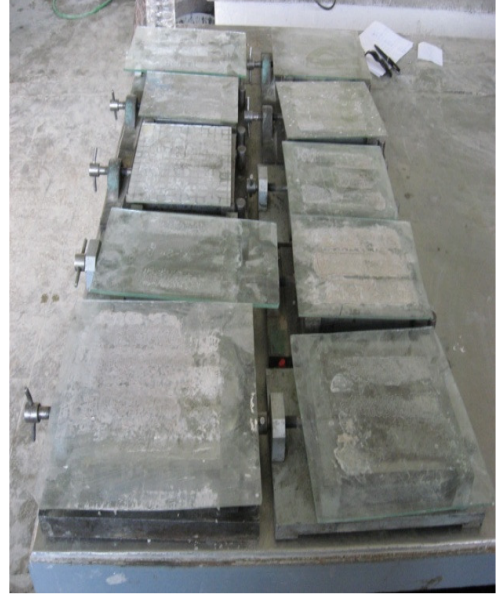


Resim 1.6. Harç karışımlarının hazırlanması ve mikserde karıştırılması.



Resim 1.7. Harç karışımlarının kalıplara yağlanarak konulması.

### EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.8. Harç karışımlarının kalıplara yerleştirilmesi.



Resim 1.9. Harç karışımlarının laboratuvar koşulunda kür edilmesi.

EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.10. Yüksek sıcaklık öncesi örneklerin etüv fırınında kurutulması.



Resim 1.11. Yüksek sıcaklık fırınından bir görünüm.

EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.12. Harç örneklerinin yüksek sıcaklık fırınına yerleştirilmesi.



Resim 1.13. Harç örneklerinin soğutma süreci.

EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.14. Harç örneklerinin eğilmede çekme deneyi.

EK-1 (Devam) Yapılan deneysel çalışma fotoğrafları



Resim 1.15. Harç örneklerinin basınç deneyi.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BAYRAKTAR, Oğuzhan Yavuz  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 19.08.1987 Ankara  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 476 43 68  
e-mail : [yavuz0628@hotmail.com](mailto:yavuz0628@hotmail.com).

### Eğitim

| Derece | Eğitim Birimi                                                       | Mezuniyet tarihi |
|--------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| Lisans | Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi<br>Yapı Eğitimi Bölümü | 2010             |
| Lise   | Keçiören Kanuni Lisesi                                              | 2004             |

### Yabancı Dil

İngilizce

### Hobiler

Kitap okumak, Futbol, Bilgisayar teknolojileri