

# KOLEMANİT KATKILI VE POMZA AGREGALI HAFİF BETONLARIN YÜKSEK SICAKLIK ALTINDAKİ BASINÇ MUKAVEMETİ ÖZELLİĞİNİN TAHRİBATSIZ YÖNTEMLE İNCELENMESİ

Namık Yaltay\*, Cevdet Emin Ekinci

## Özet

Bu çalışmada, pomza ile üretilen, kolemanit katkılı hafif betonların basınç dayanımları nasıl gelişim gösterdiği deneysel olarak araştırılmıştır. Beton karışımlarında, iri ve ince agrega olarak Erciş Kocapınar bölgesinden alınan pomza malzemesi kullanılmıştır. Eti Maden İşletmeleri Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden alınan öğütülmüş kolemanit malzemesi, çimentoyla %0.4, 0.6, 0.8, 1 ve 2 oranlarında yer değiştirilerek kullanılmış, numuneler 10 cm'lik küp kalıplarda 24 saat bekletilerek, 28 ve 56 gün sürelerle 20°C suda kürlenmiştir. Kürünü tamamlayan numuneler 400, 600 ve 800°C yüksek sıcaklığa maruz bırakılarak, yüksek sıcaklık öncesi ve sonrası ağırlıkları tespit edilmiştir. Betonların yüksek sıcaklığa maruz bırakılması durumunda hem ağırlık kaybı hem de basınç dayanımında azalmanın olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kolemanit, Pomza, Yüksek Sıcaklık, Hafif Beton, Basınç Dayanımı

## INVESTIGATION OF COMPRESSION STRENGTH OF LIGHTWEIGHT CONCRETE, SUBJECTED TO ELVATED TEMPERATURE, PRODUCED WITH PUMICE AGREGATE AND COLEMANITE ADDITION BY NON-DESTRUCTIVE METHOD

### Abstract

In this study, compression strength growing of the lightweight concrete produced with pumice material and colemanit addition, investigated by experimentally. In concrete mixture, pumice from Ercis-Kocapınar region is used as fine and coarse aggregate. Granulated colemanite material from "Eti Maden İşletmeleri Emet Bor İşletme Müdürlüğü" is used by replacing cement as the ratio of 0.4, 0.6, 0.8, 1 and 2%. The concrete mixture filled in 10 cm cubical mould, and 24 hours later, cured in the water of 20°C during 28 and 56 days. Specimens which completed their cures, were subjected to 400, 600 and 800°C elevated temperature and identified their weights, before and after elevated temperature application. In case of elevated temperature application on concrete, it has witnessed that there is a decrease in compression strength and weight.

**Key Words:** Colemanite, Pumice, Elevated Temperature, Lightweight Concrete, Compression Strength

## 1. Giriş

Genel bir ifadeyle hafif beton, içinde %75'e varan oranda hava kabarcıkları, 400-1600 kg/m<sup>3</sup> kuru yoğunluğu ve 1-15 MPa basınç mukavemeti olan harçtan yapılmış beton olarak tanımlanabilir. Hafif beton, geleneksel beton olmayıp ve aynı özelliklere sahip değildir.

\* Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Isparta.  
E-posta: tuncaydoğan@sdu.edu.tr

Geleneksel betonlara göre çok daha az ağırlığa ve yoğunluğa sahiptir ve aynı dayanımda değildir. Hafif betonlar standart beton pompalarıyla da uygulanabilir. Yüzeyde çok fazla çatlama olmadan işlemin bitirilmesi ve herhangi gizli bir boşluğun kalmamasını sağlayabilir. Hafif beton döküldüğünde daralma veya çekme yapmaz, yanal olarak da büyük baskılar uygulamaz. Bu sebeple, her ne kadar ortak kullanım alanları olsa da, hafif beton ile geleneksel beton genellikle farklı alanlarda kullanılırlar.

Örnek olarak; çatı ve ara kat ısı yalıtımı malzemesi; iç ve dış mekan duvar malzemesi; ara katların şaplarında veya yüzey yükseltme işlemleri; tutuşmayı ve yangını önleyici engeller ve boşlukların oluşturması; tesisat kanallarının yanı sıra geleneksel binaların tavan sıva malzemesi; çelik inşaat aksamının etrafına kalıp yardımı ile dökülerek yangın koruyucu bir tabaka oluşturulması; zemin stabilizasyon işlemlerinde dolgu ve sağlamlaştırma malzemesi; kullanılmayan kanalizasyon; yer altı boruları, kanal ve tünellerin doldurulması; yüzme havuzu, su depoları, sarnıçlar, maden ocakları gibi tekrar kazanılması gereken yüzeylerin doldurulmasında dolgu malzemesi; arazi ıslahı ve liman dolgu işlemleri; dekoratif panellerin üretimi ile çok amaçlı yapı dolgu maddesi olarak kullanılabilirliği gösterilebilir (Ekinci, 2008).

Bina zati (ölü) yükünün düşürülmesi için hafif malzeme kullanımının önemi gittikçe artmaktadır. Bilindiği üzere, inşa edilen binalarda kullanılan malzemenin hafifliği, binanın ölü ağırlığının düşük bir değerde olmasında önemli bir etkidir. Bina statığı açısından, bina ölü ağırlığının mühendislik parametrelerinden belirli sınır değerleri korumak koşulu ile düşürülmeye çalışılması, binanın olası gelebilecek şok darbelere ve titreşimlere karşı daha dayanıklı ve stabil olmasını sağlamaktadır (Gündüz, Rota ve Hüseyin, 2001).

Betonun diğer yapı malzemelerine göre yangın dolayısıyla yüksek sıcaklık dayanımı en önemli özelliklerinden biridir. Binalardaki yangınlarda 1200°C'ye kadar çıkan sıcaklıklar ölçülmüştür. Yapı malzemeleri bu sıcaklığa kadar ısıtıldığında ahşabın yandığı, çeliğin yumuşayıp mukavemet kaybettiği, beton veya taşların ise parçalanıp döküldüğü görülmektedir. Bu durumda, taşıyıcı ve tamamlayıcı yapı malzemelerinin hiç biri bu derece yüksek sıcaklıklara dayanamaz. Ancak, bunlar arasında beton, diğerlerine kıyasla biraz daha dayanıklı ve uzun sürede parçalanır (Kocataşkın, 2000). Beton içinde bulundurduğu bileşenler itibarıyla yangından etkilenmektedir. Bu durum literatürde "Beton bir bütün olarak düşünüldüğünde, genellikle içindeki bileşenlerin (agrega ve çimento hamuru) termal genişlemelerinin birbirinden farklı olduğu bilinir. Bu nedenle betonda sıcaklık değişimleri, içindeki bileşenlerde, birbirinden farklı hacim değişmelerine, çatlak oluşumuna ve betonun dayanıklılığının azalmasına sebep olur. Bu olay "betondaki bileşenlerin termal uyumsuzluğu" olarak bilinmektedir" (Sancak ve Şimşek, 2005) şeklinde ifade edilmektedir. Betonarme bir elemanda durum biraz daha vahim olabilmektedir. Betonarme yapı elemanına 700°C yangın sıcaklığı durumunda, içindeki çelik donatının yumuşamaya başlaması sonucu betonarme sistem veya betonarme çerçeve ciddi hasar görmekte ve sistem çökmektedir (Ekinci, 2008).

Ayrıca, Demirel ve Keleştemur (2011) yaptıkları çalışmada 400°C'ye maruz pomza katkılı betonların basınç dayanımlarının arttığını ancak daha yüksek sıcaklıklarda, beton morfolojisinin bozulmasında dolayı, önemli miktarda düşüşler olduğunu bildirmişlerdir.

Sancak ve Şimşek (2006)'ın, Kong, Evans, Cohen and Roll (1983) ve Abeles and Bardhan-Roy (1981)'dan bildirdiklerine göre hafif agregalı betonun 500°C'ye kadar dayanımını koruduğu ve hafif betonun yangın etkisinden sonra kalan dayanımı, sıcaklığın yaklaşık 500°C'den 800°C'ye yükselmesi sonucunda yaklaşık %100'den %40'a lineer olarak azaldığı belirtilmiştir.

Binici, Sevinç ve Durgun (2010)'un yaptıkları çalışmada, hazırladıkları normal beton karışımlarına çimento ve ince agreganın %2.5, 5 ve 10 oranlarında barit, yüksek fırın cürufu ve pomza ve %0.25, 0.5 ve 0.75 oranlarında kolemanit ağırlıkça ikame etmişlerdir ve sonuçta 180 günlük basınç dayanımları incelendiğinde yüksek fırın cürufu ve kolemanit katkılı örneklerin basınç dayanımlarının 60–65 MPa arasında olduğunu ve bu sonuçların referans (kontrol) betonundan yaklaşık %15 fazla olduğunu bildirmişlerdir.

Ustabaş'a (2012) göre, bor mineralleri olan kolemanit ve üleksit, çimentonun priz süresini artırmaktadır. Üleksit minerali kolemanite göre daha fazla priz başlama süresini artırmaktadır. Bu minerallerin doğrudan kullanımı harç numunelerin eğilme ve basınç dayanımlarında bir artışa neden olmamaktadır. Isıl işleme tabi tutulan kolemanit harcın karışım suyundaki suyu bağlayarak harcın kıvamının azalmasına neden olmaktadır. Bu durum çok az miktardaki kolemanitin harcın kıvamını azaltma özelliği sayesinde betonda dayanım artışına neden olabilir.

Bu çalışmada, pomza agregasıyla üretilen hafif betonun kolemanit katkısıyla birlikte yüksek sıcaklık dayanımı tahribatsız bir basınç dayanımı tahmin yöntemi olan ultrases hızı ölçüm yöntemiyle belirlenerek irdelenmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Malzemeler

#### 2.1.1. Mineral katkı (Kolemanit)

Kolemanit, bor madenlerinden çıkarılan ürünün işlenmesi sırasında artık ürünler açığa çıkmaktadır. Deneylerde kullanılan kolemanit ise Eti Maden İşletmeleri Emet Bor İşletme Müdürlüğü'nden temin edilmiş ve 63 mikron elekten elenerek belirtilen oranlarda çimentoyla yer değiştirilmiştir. Kimyasal bileşim formülü  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  olan kolemanitin sertliği 4-4,5 ve özgül ağırlığı ise  $2.42 \text{ gr/cm}^3$ 'tür (Tolun, Yararı ve Gundiler, 2012; Yiğitbaşıoğlu, 2012).



Resim 1. Kolemanit Örneği (Dakikhaber, 2012)

**Tablo 1.** Öğütülmüş Kolemanit (Kimyasal Özellikler)

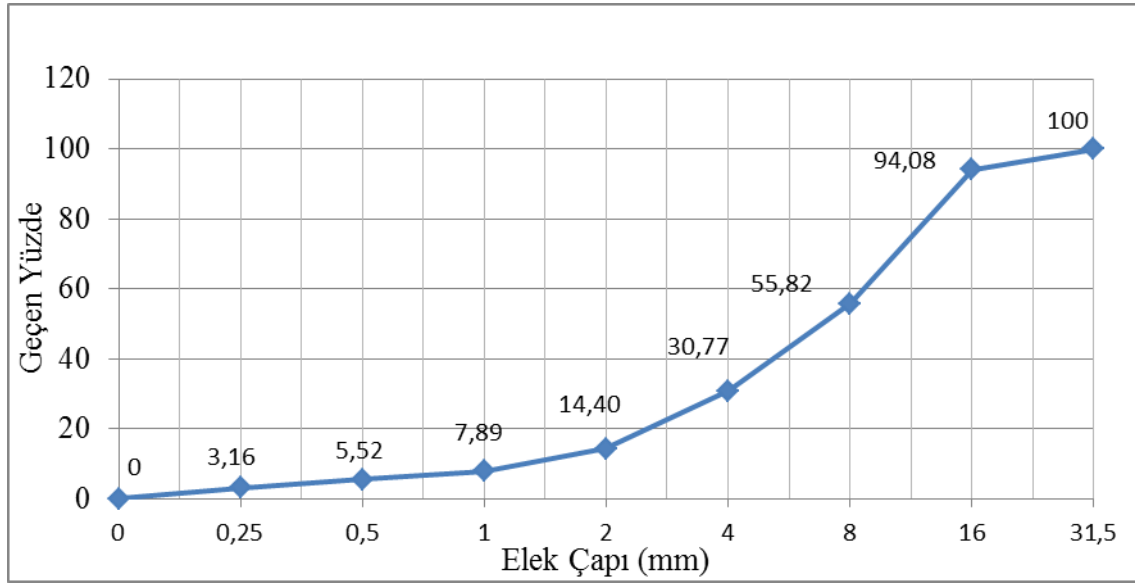
| İçerik                  | Birim            | Değer        |
|-------------------------|------------------|--------------|
| $\text{B}_2\text{O}_3$  | %                | 40.00+/-0.50 |
| $\text{CaO}$            | %                | 27.00+/-1.00 |
| $\text{SiO}_2$          | %                | 4.00-6.50    |
| $\text{SO}_4$           | %                | 0.60 Max.    |
| As                      | ppm              | 35 Max.      |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | %                | 0.08 Max.    |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | %                | 0.40 Max.    |
| $\text{MgO}$            | %                | 3.00 Max.    |
| $\text{SrO}$            | %                | 1.50 Max.    |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | %                | 0.35 Max.    |
| Kızdırma Kaybı          | %                | 24.60 Max.   |
| Nem                     | %                | 1.00 Max.    |
| Dökme Yoğunluğu         | $\text{Ton/m}^3$ | 1.00 Max.    |

### 2.1.2. Agrega (Pomza)

Çalışmada kullanılan pomza Van Erciş Kocapınar bölgesinden temin edilmiş olup agreganın elek analiz sonuçları Tablo 2’de, dane çapı dağılımı ise Grafik 1’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Agrega (pomza) elek analizi sonuçları

| Elek Ebadı      | Her Elek Üstü Kalan (Gr) | Kümülatif Ağırlık (Gr) | Her Elek Üstü Ağırlık (Gr) | Yığılmış Ağırlık (Gr) |        |
|-----------------|--------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|--------|
|                 |                          |                        |                            | Kalan                 | Geçen  |
| 31,5            | 0                        | 0                      |                            | 0                     | 100,00 |
| 16              | 60                       | 60                     | 5,92                       | 5,92                  | 94,08  |
| 8               | 388                      | 448                    | 38,26                      | 44,18                 | 55,82  |
| 4               | 254                      | 702                    | 25,05                      | 69,23                 | 30,77  |
| 2               | 166                      | 868                    | 16,37                      | 85,60                 | 14,40  |
| 1               | 66                       | 934                    | 6,51                       | 92,11                 | 7,89   |
| 0,5             | 24                       | 958                    | 2,37                       | 94,48                 | 5,52   |
| 0,25            | 24                       | 982                    | 2,37                       | 96,84                 | 3,16   |
| Tepsi           | 32                       | 1014                   | 3,16                       | 100,00                | 0      |
| Numune Ağırlığı | 1014                     | İncelik Modülü         |                            | 5,88                  |        |



**Grafik 1.** Pomza için tane çapı dağılımı (granülometri eğrisi)

### 2.1.3. Çimento

Karışımlarda çimento olarak Van Çimento Fabrikası’ndan temin edilen CEM II 42.5 tipi portland çimentosunun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 3’de verilmiştir.

**Tablo 3.** Çimentonun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri

| Kimyasal Analizler             |        | Fiziksel Testler                     |                      |
|--------------------------------|--------|--------------------------------------|----------------------|
| SiO <sub>2</sub>               | 18.92  | İncelik (0,09mm elek üstü, %)        | 1.1                  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 4.50   | Özgül Ağırlık ( gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.99                 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3.28   | Özgül Yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)    | 4109                 |
| CaO                            | 60.15  | Litre Ağırlık (gr)                   | 1031                 |
| MgO                            | 2.82   | Priz Başlangıcı (saat-dk)            | 2h-36min.            |
| SO <sub>3</sub>                | 2.60   | Priz Sonu (saat-dk)                  | 3h-31min             |
| Kızdırma Kaybı                 | 6.44   | Hacim Genleşmesi (mm)                | 2                    |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.21   | <b>Mekanik Özellikleri</b>           | (N/mm <sup>2</sup> ) |
| K <sub>2</sub> O               | 0.53   | Basınç Dayanımı (2. Gün)             | 20.80                |
| Cl                             | 0.0079 | Basınç Dayanımı (7. Gün)             | 35.20                |
| Ölçülemeyen                    | 0.55   | Basınç Dayanımı (28. Gün)            | 50.40                |
| Toplam                         | 100,00 | Eğilme Dayanımı (2. Gün)             | 4.20                 |
| s.CaO                          | 0.68   | Eğilme Dayanımı (7. Gün)             | 6.30                 |
| Katkı%                         | 16.78  | Eğilme Dayanımı (28. Gün)            | 7.90                 |

### 3. Deneysel Çalışmalar

#### 3.1. Beton karışımlarının hazırlanması

TS 2511 standardına uygun olarak hazırlanan hafif beton karışımında iri ve ince agregalar olarak pomza kullanılmıştır. Kolemanit %0.4, 0.6, 0.8, 1 ve 2 oranlarında çimento ile yer değiştirerek kullanılmıştır. Yapılan deneme karışımlarında kolemanit oranının yüksek olması (%2'den fazlası) priz süresini çok geciktirmiş ve %6, 10 ve 20 oranlarında değiştirilen kolemanit ise betonu standart dışı yapmıştır (kalıptan çıkarılınca dağılma, bağlayıcı özelliğini kaybetme gibi). Bu durum benzer şekilde Binici, Sevinç ve Durgun (2010) tarafından "Çimento içinde %2 veya daha fazla kolemanit katılması halinde çimento fiziksel özelliklerinde istenilmeyen bozukluklar meydana getirmektedir. %2 kolemanit katılı betonları priz süresi gecikmekte, basınç dayanımında %28'e varan azalmalar olmaktadır. %5'ten daha fazla kolemanit içeren çimentolar ise hem priz süresi, hem de dayanım değerleri bakımından standart dışı kalmaktadır. Bu durum optimum kolemanit katkısının çimento ağırlığının %1'i civarında olduğunu göstermektedir" şeklinde Yalçın (1996)'dan bildirilmiştir.

**Tablo 4.** 1 m<sup>3</sup> beton karışımında kullanılan malzeme oranları

| Grup Adı | Su    | Çimento | Agrega |        | Çimento ile İkame |                | Çökme (mm) |
|----------|-------|---------|--------|--------|-------------------|----------------|------------|
|          |       |         | İri    | İnce   | Kolemanit (%)     | Kolemanit (kg) |            |
| Kontrol  | 130,9 | 126,98  | 330,05 | 441,06 | 0                 | 0              | 25         |
| 1. Grup  | 130,9 | 121,90  | 330,05 | 441,06 | 0,4               | 5,0792         | 25         |
| 2. Grup  | 130,9 | 119,36  | 330,05 | 441,06 | 0,6               | 7,6188         | 25         |
| 3. Grup  | 130,9 | 116,82  | 330,05 | 441,06 | 0,8               | 10,1584        | 30         |
| 4. Grup  | 130,9 | 114,28  | 330,05 | 441,06 | 1,0               | 12,698         | 25         |
| 5. Grup  | 130,9 | 101,58  | 330,05 | 441,06 | 2,0               | 25,396         | 40         |

### 3.2. Sertleşmiş beton deneyleri

#### 3.2.1. Yüksek sıcaklık uygulaması

28 ve 56 günlük numunelerden, her gruptan üçer tane alınarak 105°C'lik etüvde 24 saat süreyle bekletilerek değişmez ağırlığa gelmeleri sağlandı. Aynı numuneler 400, 600 ve 800°C yüksek sıcaklığa maruz bırakıldı. 1 saat boyunca bu sıcaklıklarda bekletilen numuneler oda sıcaklığına soğuyuncaya kadar bekletildi. Bu işlemler Protherm HLF 150 marka laboratuvar tipi fırında (Resim 2) gerçekleştirildi. Söz konusu fırın 1200°C maksimum ısıtma kapasiteli, numuneleri 2,5°C/dk hızla ısıtarak, istenen sıcaklıkta ve sürede bekleterek otomatik olarak soğutabilen bir cihazdır. Soğutma hızı yaklaşık 2°C/dk'dır.



Resim 2. Protherm HLF 150 marka laboratuvar tipi fırın ve ultrases hızı ölçüm cihazı



Resim 3. Kolemanit katkılı hafif beton işlem örnekleri (Slump- Kalıplama)

#### 3.2.2. Yüksek sıcaklık öncesi ve sonrası yapılan deneyler ve hesaplamalar

Etüv sonrası numunelerin ağırlıkları belirlenerek, ultrases puls geçiş hızı yöntemiyle numunelerin basınç dayanımları belirlenmeye çalışıldı. Aynı işlemler 400, 600 ve 800°C yüksek sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonra tekrar yapıldı ve numunelerin yüksek sıcaklıklar sonrası ağırlık ve basınç dayanımı değişimleri belirlendi. Ölçüm sonuçları ise  $\mu_{sn}$  cinsinden ölçülerek ve ses geçiş hızı km/sn cinsinden ifade edildi. Daha sonra,

$$f_{ck} = 2.6 * V_p^{1.8} \quad (1)$$

bağıntısı ile 28 günlük karakteristik beton basınç dayanımı hesaplanarak yüksek sıcaklık öncesi ve sonrası basınç dayanım değişimleri belirlendi ve grafiğe dökülerek aşağıda sonuçlar ifade edildi. Bağıntı (1)'de  $V_p$  = Ultrases boyuna dalga hızı (km/sn),  $f_{ck}$  = 28 günlük beton karakteristik basınç dayanımı (MPa)'dır. (Uyanık, Gülay ve Tezcan, 2012).

### 4. Bulgular ve Tartışma

Değişik oranlarda kolemanit katkılı hafif betonlar üzerinde yapılan deneysel çalışmalarda ulaşılan sonuçlar Tablo 5 ve 6'da, grafikleri ise Grafik 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8'de verilmiştir.

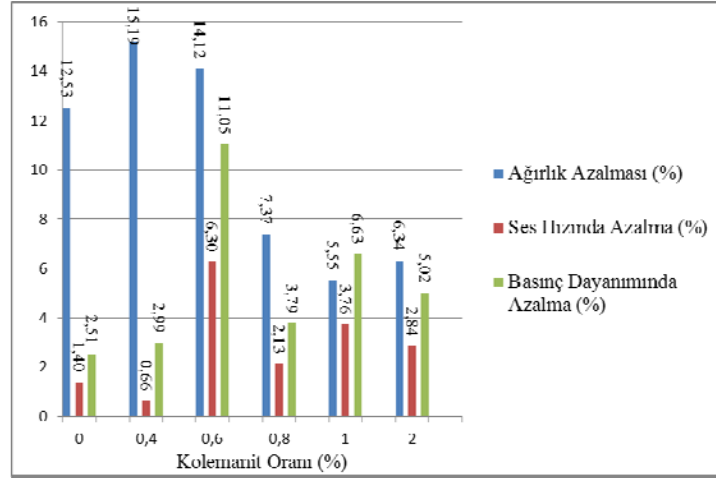
**Tablo 5.** 28 Günlük Numunelerde Yüksek Sıcaklık Öncesi ve Sonrası Elde Edilen Sonuçlar ve Hesaplamalar

| Sıcaklık (°C) | Kolemanit Katkısı (%) | Ağırlık Farkı (gr) | Ses Hızı Farkı (km/sn) | Ağırlık Farkı (%) | Ses Hızı Farkı (%) | Sıcaklık Öncesi Basınç Dayanım (N/mm <sup>2</sup> ) | Sıcaklık Sonrası Basınç Dayanım (N/mm <sup>2</sup> ) | Basınç Dayanım Farkı (N/mm <sup>2</sup> ) | Basınç Dayanım Farkı (%) |
|---------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------------------|--------------------|---|--|---|--------------------------|
| 400           | Kontrol               | 147,35             | 0,04448                | 12,5334           | 1,40352            | 20,5193   | 19,9987  | 0,52063                                   | 2,51045                  |
|               | 0,4                   | 188,90             | 0,05192                | 15,1893           | 0,66310            | 19,7812   | 19,1870  | 0,59600                                   | 2,99178                  |
|               | 0,6                   | 173,05             | 0,20162                | 14,1248           | 6,29800            | 21,1091   | 18,7759  | 2,33325                                   | 11,0495                  |
|               | 0,8                   | 84,05              | 0,06664                | 7,36867           | 2,12905            | 20,0529   | 19,2847  | 0,76824                                   | 3,78894                  |
|               | 1                     | 63,65              | 0,11997                | 5,55220           | 3,76483            | 20,7416   | 19,3538  | 1,38783                                   | 6,62821                  |
|               | 2                     | 72,35              | 0,08829                | 6,33632           | 2,83561            | 20,2765   | 19,2681  | 1,00835                                   | 5,02001                  |
| 600           | Kontrol               | 212,65             | 1,09005                | 17,7475           | 34,8816            | 20,2164   | 9,34853  | 10,8679                                   | 53,7577                  |
|               | 0,4                   | 267,25             | 1,09385                | 21,2791           | 35,0553            | 20,1608   | 9,26953  | 10,8912                                   | 54,0180                  |
|               | 0,6                   | 173,05             | 0,20162                | 14,1248           | 6,29800            | 21,1091   | 18,7759  | 2,33325                                   | 11,0495                  |
|               | 0,8                   | 84,05              | 0,06664                | 7,36867           | 2,12905            | 20,0529   | 19,2847  | 0,76824                                   | 3,78894                  |
|               | 1                     | 63,65              | 0,11997                | 5,55220           | 3,76483            | 20,7416   | 19,3538  | 1,38783                                   | 6,62821                  |
|               | 2                     | 72,35              | 0,08829                | 6,33632           | 2,83561            | 20,2765   | 19,2681  | 1,00835                                   | 5,02001                  |
| 800           | Kontrol               | 244,20             | 1,76858                | 19,8501           | 56,3525            | 20,3326   | 4,72490  | 15,6077                                   | 76,6571                  |
|               | 0,4                   | 252,35             | 1,81132                | 20,4415           | 57,1304            | 20,7395   | 4,52874  | 16,2108                                   | 78,1381                  |
|               | 0,6                   | 243,65             | 1,81504                | 20,1225           | 56,1831            | 21,4847   | 4,87779  | 16,6069                                   | 77,3388                  |
|               | 0,8                   | 261,15             | 1,49677                | 21,0399           | 48,8209            | 19,5557   | 5,88518  | 13,6706                                   | 69,9630                  |
|               | 1                     | 265,50             | 1,44171                | 21,2530           | 46,2081            | 20,1598   | 6,60546  | 13,5543                                   | 67,2373                  |
|               | 2                     | 261,10             | 1,44979                | 21,0979           | 46,9674            | 19,7698   | 6,31475  | 13,4551                                   | 68,0485                  |

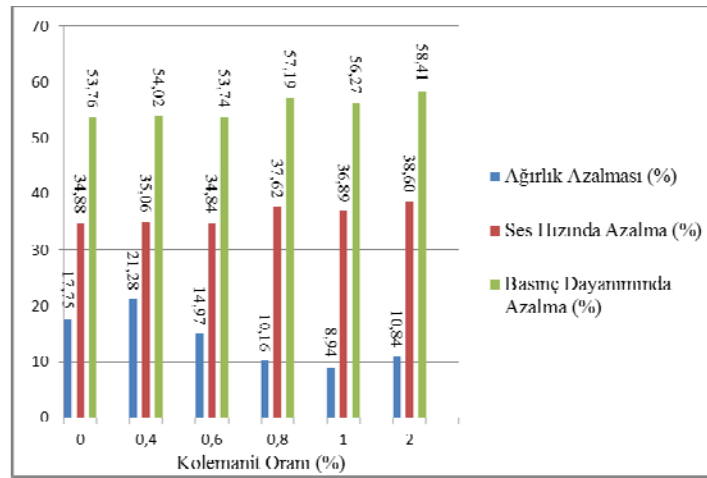
**Tablo 6.** 56 Günlük Numunelerde Yüksek Sıcaklık Öncesi ve Sonrası Elde Edilen Sonuçlar ve Hesaplamalar

| Sıcaklık (°C) | Kolemanit Katkısı (%) | Ağırlık Farkı (gr) | Ses Hızı Farkı (km/sn) | Ağırlık Farkı (%) | Ses Hızı Farkı (%) | Sıcaklık Öncesi Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) | Sıcaklık Sonrası Basınç Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> ) | Basınç Dayanım Farkı (N/mm <sup>2</sup> ) | Basınç Dayanım Farkı (%) |
|---------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------------------|--------------------|--|---|---|--------------------------|
| 400           | Kontrol               | 104,30             | 0,49844                | 9,09990           | 16,3297            | 19,2115  | 13,9077   | 5,30380                                   | 27,3742                  |
|               | 0,4                   | 102,40             | 0,09064                | 8,67534           | 2,96385            | 19,3935  | 18,3689   | 1,02463                                   | 5,26897                  |
|               | 0,6                   | 102,60             | 0,11898                | 8,92276           | 3,91526            | 19,0804  | 17,7503   | 1,33012                                   | 6,91877                  |
|               | 0,8                   | 105,30             | 0,12419                | 9,08059           | 4,00293            | 19,9914  | 18,5789   | 1,41247                                   | 7,07779                  |
|               | 1                     | 120,20             | 0,41964                | 10,1645           | 13,2940            | 20,4586  | 15,8115   | 4,64708                                   | 22,5775                  |
|               | 2                     | 116,65             | 0,51325                | 9,94621           | 16,2923            | 20,5039  | 14,8916   | 5,61235                                   | 27,3632                  |
| 600           | Kontrol               | 220,00             | 1,34135                | 17,9334           | 42,7158            | 20,3912  | 7,47892   | 12,9123                                   | 63,3156                  |
|               | 0,4                   | 206,50             | 1,35582                | 16,1728           | 43,1756            | 20,3882  | 7,40189   | 12,9863                                   | 63,6806                  |
|               | 0,6                   | 217,85             | 1,37728                | 17,3323           | 42,9467            | 21,1678  | 7,70421   | 13,4636                                   | 63,5681                  |
|               | 0,8                   | 667,85             | 1,22609                | 53,2485           | 38,0541            | 21,3468  | 9,01319   | 12,3336                                   | 57,7477                  |
|               | 1                     | 227,00             | 1,42384                | 17,8526           | 43,2836            | 22,1724  | 7,98871   | 14,1837                                   | 63,9688                  |
|               | 2                     | 222,65             | 1,51753                | 17,5026           | 46,1288            | 22,1724  | 7,28263   | 14,8898                                   | 67,1475                  |
| 800           | Kontrol               | 268,25             | 1,61672                | 21,7108           | 54,4021            | 18,4673  | 4,49267   | 13,9746                                   | 75,6715                  |
|               | 0,4                   | 309,80             | 1,49470                | 24,2592           | 48,7374            | 19,5534  | 5,88353   | 13,6699                                   | 69,9331                  |
|               | 0,6                   | 313,40             | 1,47191                | 24,4593           | 48,2786            | 19,3375  | 5,90768   | 13,4298                                   | 69,4496                  |
|               | 0,8                   | 315,15             | 1,49665                | 24,6382           | 48,5373            | 19,7175  | 5,97295   | 13,7445                                   | 69,6574                  |
|               | 1                     | 292,70             | 1,87995                | 23,0927           | 58,8380            | 21,0380  | 4,25831   | 16,7797                                   | 79,7528                  |
|               | 2                     | 290,25             | 1,77719                | 23,1158           | 55,1826            | 21,3435  | 5,03479   | 16,3087                                   | 76,4126                  |

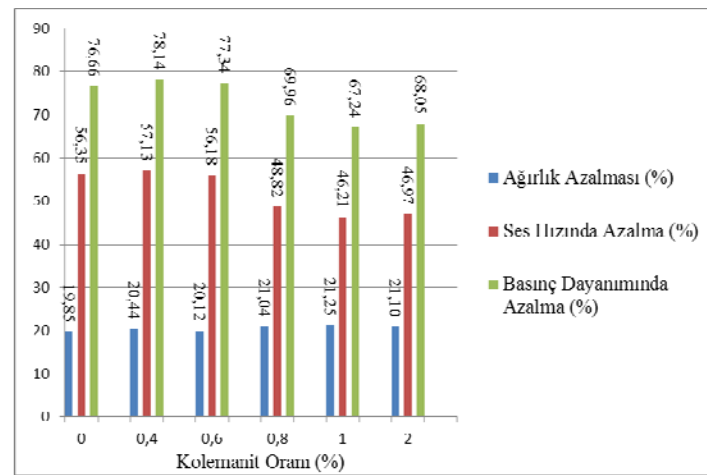




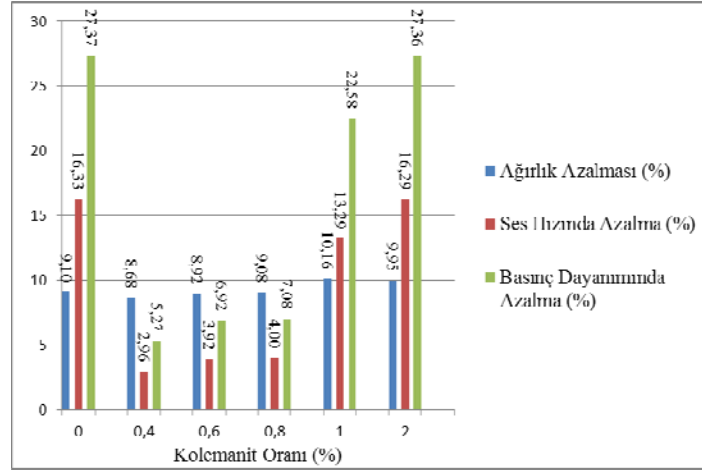
**Grafik 2.** 28 günlük numunelerin 400°C sonrası değişimi



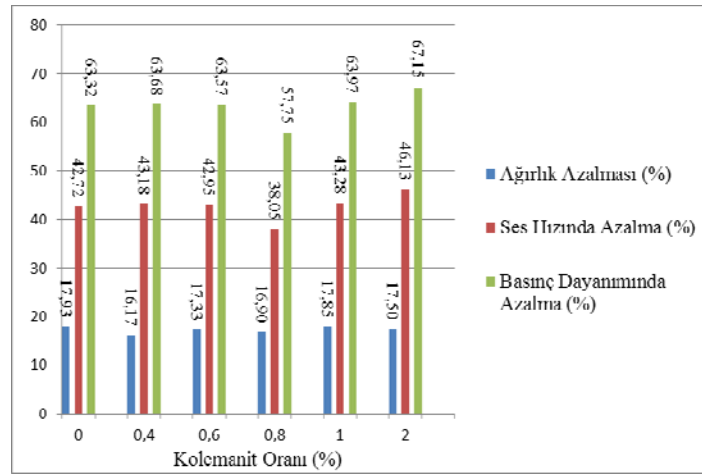
**Grafik 3.** 28 günlük numunelerin 600°C sonrası değişimi



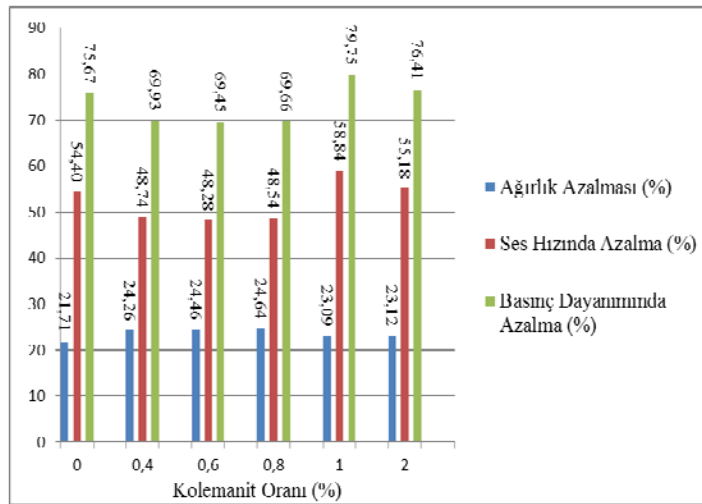
**Grafik 4.** 28 günlük numunelerin 800°C sonrası değişimi



**Grafik 5.** 56 günlük numunelerin 400°C sonrası değişimi



**Grafik 6.** 56 günlük numunelerin 600°C sonrası değişimi



**Grafik 7.** 56 günlük numunelerin 800°C sonrası değişimi

## 5. Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak, kolemanit katkılı hafif betonların 400, 600 ve 800°C gibi yüksek sıcaklıklara maruz bırakılması durumunda meydana gelen basınç mukavemeti gelişimi tahribatsız yöntemle incelenmiştir.

Buna göre; Tablo 5 ve 6 ve Grafik 2, 3, 4, 5, 6 ve 7’de görüleceği üzere, 28 ve 56 günlük numunelerin hemen hepsinde 400, 600 ve 800°C sıcaklık uygulamasından sonra basınç mukavemetlerinde bir azalma meydana gelmiş olup, en çok azalma 800°C’de olmaktadır.

Hem 28 hem de 56 günlük numunelerin 400°C sıcaklık altında farklı kolemanit oranlarında değişken azalma değerleri görülmüştür. Buna karşılık 600 ve 800°C sıcaklık altında kontrol ve farklı kolemanit katkılı numunelerdeki azalma yüzdeleri birbirine yakın ve düzenli bir seyir izlemiştir.

Diğer taraftan, kontrol betonların 28 ve 56 günlük yaşlarında sıcaklık arttıkça betonlarda ağırlık (%), ses hızı (%) ve basınç dayanımı (%)’nda bir azalma görülmüştür. Azalma, sıcaklık arttıkça azalma yüzdesi de artmaktadır. Betonlara uygulanan sıcaklık arttıkça ağırlıkların azalması hususu, bileşimine giren bazı organik ve/veya yüksek sıcaklığa karşı mukavemeti düşük olan bazı malzemelerin varlığı ve bunların yüksek sıcaklık etkisi altında yandığı şeklinde açıklanabilir. Bu durumu ses hızındaki azalma doğrulamaktadır. Bu nedenle pomza ve kolemanit malzemesini oluşturan elemanların daha detaylı olarak incelenmesi yararlı olacaktır. Kolemanit katkısıyla üretilen hafif betonlar 800°C’de sıcaklık sonrasında dahi mukavemetlerini tamamen kaybetmedikleri anlaşılmıştır.

Bu nedenle, kolemanit ve pomza katkılı hafif betonların;

- Çatı ve ara kat ısı yalıtımı malzemesi,
- İç ve dış mekan duvar malzemesi,
- Ara katların şaplarında veya yüzey yükseltme işlemleri,
- Tutuşmayı ve yangını önleyici engeller ve boşlukların oluşturması,
- Tesisat kanallarının yanı sıra geleneksel binaların tavan sıva malzemesi,
- Çelik inşaat aksamının etrafına kalıp yardımı ile dökülerek yangın koruyucu bir tabaka oluşturulması,
- Dekoratif panellerin üretimi ve
- Çok amaçlı yapı dolgu maddesi alanların da güvenle kullanılabileceği kanaatine ulaşılmıştır.

Bundan sonraki aşamada, basınç dayanımının belirlenmesi için konvansiyonel yöntemlerin kullanılması, böylece basınç dayanım değerlerinin daha kesin rakamlarla ifade edilmesi ve buna bağlı yüksek sıcaklık etkisinin bu çalışmayla karşılaştırılarak yorumlanması önerilmektedir. Benzer şekilde aynı numunelerde yüksek sıcaklıkta ağırlık ve mukavemet kaybı değerlendirmeleri için SEM analizinden faydalanılabilir. Böylece beton içyapısı ve değişimi daha doğru yorumlanabilir.

## Kaynaklar

- Gündüz, L., Rota, A. ve Hüseyin, A., (2001). Türkiye ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi. 4.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 118, İzmir, Türkiye.
- Demirel, B. ve Keleştemur, O., (2011). Yüksek Sıcaklığa Maruz Pomza ve Silis Dumanı Katkılı Betonların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerine Kür Yaşının Etkisi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 7, Sayı:1,(1-13).

- Binici, H., Sevinç, A.H. ve Durgun, M.Y., (2010). Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri. KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1) Kahramanmaraş, Türkiye.
- TS 2511, (1977). Taşıyıcı Hafif Betonların Hesap Esasları Ankara:TSE Ankara.
- Kocataşkın, F., (2000). Yapı Malzemesi Bilimi. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Sancak, E. ve Şimşek, O., (2006) Yüksek Sıcaklığın Silis Dumanı ve Sperakışkanlaştırıcı Katkılı Hafif Betona Etkileri Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt:21, No: 3, ss:443-450,
- Ekinci, C.E., (2008). Bordo Kitap: Yapı ve Tasarımcının İnşaat El Kitabı, Ankara: Data Yayınları.
- Uyanık, O., Gülay, F.G. ve Tezcan, S., (2012). Beton Dayanımının Tahribatsız Ultrasonik Yöntemle Tayini. Hazır Beton, Ocak - Şubat 2012, 85.
- Kong, F.K., Evans, R.H., Cohen, E., and Roll, F., (1983). Handbook of Structural Concrete, Pitman Books Limited, London.
- Abeles, P.W. and Bardhan-Roy, B.K., (1981). Prestressed Concrete Designer's Handbook, 3rd Edition, A Viewpoint Publication, Cement and Concrete Association, Wexham Springs, pp:556.
- Binici, H., Sevinç A., H. ve Durgun Y.,M., (2010). Barit, Bazaltik Pomza, Kolemanit ve Yüksek Fırın Cürufu Katkılı Betonların Özellikleri KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1).
- Ustabaş, İ., (2012). Kolemanit ve Üleksitin Çimentoda Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Rize Üniversitesi, ss:367-375, ([www.thbb.org/Files/File/](http://www.thbb.org/Files/File/)).
- Tolun, R., Yararı, B. ve Gundiler, İ., (2012). Kolemanit Cevherlerinin Dekrepitasyon Yolu İle Zenginleştirilmesi, ODTÜ, Kimya Bölümü. Madencilik Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 5, ss:1-6 ([www.maden.org.tr/resimler/ekler/21461af90cadfda\\_ek.pdf](http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/21461af90cadfda_ek.pdf), Erişim Tarihi:30 Temmuz 2012).
- Yiğitbaşıoğlu, H., (2012). Türkiye İçin Önemli Bir Maden: Bor. Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 06100, Sıhhiye, [Ankara.yigitbasioglu@yahoo.com](mailto:Ankara.yigitbasioglu@yahoo.com) (Erişim Tarihi: 30 Temmuz 2012)
- <http://www.etimaden.gov.tr/>(Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2012).
- <http://www.askalecimento.com.tr/>(Erişim Tarihi: 25 Ağustos 2012).
- <http://www.dakikhaber.com.tr/>(Erişim Tarihi: 30 Temmuz 2012)