

## BİMS BLOK ÜRETİMİNDE YÜKSEK FIRIN CÜRUFU VE PRİZ HIZLANDIRICI KATKI ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

**Yüksek Lisans Öğrencisi Halime KARAMAN<sup>1</sup> Doç. Dr. Serhat ÇELİKTEN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
halimekaraman192607@gmail.com- 0009-0008-4986-4148

<sup>2</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,  
scelikten@nevsehir.edu.tr - 0000-0001-8154-7590

### ÖZET

Bu çalışmada yüksek fırın cürufu, kum, ince çakıl (pomza) su ve priz hızlandırıcı kullanarak 5 farklı karışım tasarımı ile TSE'ye uygun şekillerde 190\*190\*390 mm boyutlarında sahip K19 bims bloklar üretilmiştir. Tasarlanan karışımlarda, yüksek fırın cürufu, bims blok üretiminde kullanılan çimento yerine ağırlıkça %10 ve %20 oranlarında ikame edilerek kullanılmıştır. Bu çalışmada, bims blok üretiminde priz hızlandırıcı kullanımının amacı, priz süresini kısaltarak fabrikada kullanılan palet sayısını azaltmaktır. Yüksek fırın cürufunun kullanımı ise çimento miktarını azaltarak maliyet tasarrufu sağlamayı hedeflemiştir. Çalışma kapsamında üretilen bims bloklara basınç dayanım testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Kullanılan yüksek fırın cürufu ve priz hızlandırıcı birlikte ve ayrı ayrı kullanımlarında olumlu etkiler göstermiştir. Priz hızlandırıcı katkı, erken yaş dayanımlarını artırmış, yüksek fırın cürufu ise özellikle 28 günlük dayanım değerlerine olumlu etki etmiştir. Yüksek fırın cürufu gibi atık pozolanların kullanımı ile daha çevre dostu bims blok üretilebileceği düşünülmektedir. **Anahtar Kelimeler:** Yüksek fırın cürufu, Priz hızlandırıcı, Bims blok, Dayanım

### ABSTRACT

In this study, K19 pumice blocks measuring 190×190×390 mm were produced in accordance with TSE standards using five different mixture designs consisting of blast furnace slag, sand, fine gravel (pumice), water, and a setting accelerator. In the designed mixtures, slag was used as a partial replacement for cement, commonly used in pumice block production, at substitution rates of 10% and 20% by weight. The use of the setting accelerator aimed to reduce the setting time and thereby minimize the number of pallets required in the production process. The incorporation of slag targeted cost savings by reducing the cement content. Compression strength tests were conducted on the produced pumice blocks, and the results were compared. The combined and separate use of slag and the setting accelerator showed positive effects on the blocks. The setting accelerator additive enhanced early-age strengths, while the slag had a particularly positive impact on the 28-day strength values. It is suggested that incorporating waste pozzolans such as slag could enable the production of more environmentally friendly pumice blocks.

**Keywords:** Blast Furnace Slag, Setting Accelerator, Pumice Block, Strength

## 1. GİRİŞ

Yüksek fırın cürufu, demir çelik fabrikasında 1500-1600 °C sıcaklıkta atık malzeme olarak açığa çıkmaktadır. Yüksek fırın cürufu yüksek oranda silis ve alümin içerir ve amorf yapıya sahiptirler. Yüksek fırın cürufu, çimento miktarını azalttığı için daha az CO<sub>2</sub> emisyonu sağlar, hidratasyon ısını düşürür, işlenebilirliği artırır ve priz süresini kısaltır. İlk yaşlarda dayanıma etkisi sınırlı olmakla birlikte, ileri yaşlarda dayanımı artırır. Bu özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir [1].

Pomza, volkanik faaliyetler sonucu oluşan ekonomik değeri olan bir yapı malzemesidir. Gözenekli yapısından dolayı sağlıklıdır. Pomza açık renkli boşluklu ve dayanıklı bir kayadır. Gözenekleri arası bağlantı olmadığından geçirgenliği düşük, ısı yalıtımı oldukça iyidir. Asidik ve bazik olmak üzere iki çeşittir. Asidik pomza beyaz renkli, daha yaygın bulunmakta ve çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır [2]. Dünya genelinde oldukça geniş bir rezerve sahip olan bims, hafif bir malzemedir. Birim hacim ağırlığı 600-700 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmektedir. Gözenekli ve hafif yapısı, geniş rezervi ve düşük yoğunluğu sayesinde blok bims ve hafif yapı elemanlarında kullanımı avantajlı hale gelmektedir [3]. Priz hızlandırıcı kimyasal katkı, kullanılan malzeme grubunda, karışım işleminden sonra plastik halden katı hale geçiş süresini kısaltır [4].

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

### 2.1. KULLANILAN MALZEMELER

#### 2.1.1 YÜKSEK FIRIN CÜRUFU

Bims blok üretiminde kullanılan yüksek fırın cürufu Zonguldak ilinden temin edilmiştir. Kullanılan Yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1. Yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi**

| KİMYASAL BİLEŞİM               |       |
|--------------------------------|-------|
| SiO <sub>2</sub>               | 33,48 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 2-2,8 |
| CaO                            | 32,1  |
| MgO                            | 7,21  |
| SO <sub>3</sub>                | *     |
| Na <sub>2</sub> O              | *     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 11,8  |
| MnO                            | 2,2   |



**Görsel 1. Kullanılan YFC**

### 2.1.2 Pomza Agregası

Bims blok üretiminde kullanılan pomza agregasına TS 2717 EN 13139 standardına göre elek analizi deneyi yapılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan pomza Nevşehir maden ocağından temin edilmiştir. Agregada gradasyonu çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2. Kullanılan agregaların tane boyutu dağılımı**

| ELEK ANALİZİ | İSTENEN | BULUNAN |
|--------------|---------|---------|
| 20mm geçen % | 95-100  | 98      |
| 8mm geçen %  | 60-85   | 73      |
| 4mm geçen %  | 30-60   | 45      |
| 2mm geçen %  | 10-30   | 17      |



**Görsel 2. Elek Analizi ve Kullanılan Elekler**

### 2.1.3 Priz Hızlandırıcı

Bu çalışma bazında karışımlarında kullanılan priz hızlandırıcının özellikleri çizelge 3’de verilmiştir.

**Çizelge 3. Priz Hızlandırıcının Özellikleri**

| Özellik        | Açıklama                                    |
|----------------|---------------------------------------------|
| Görünüm, Renk  | Sarı veya kırmızı renkli sıvı               |
| Raf ömrü       | Üretimden itibaren 3 ay                     |
| Yoğunluk       | 1,49-1,52 kg/l (20 °C’de)                   |
| Ph             | 12-14 arası                                 |
| Önerilen dozaj | Bağlayıcı ağırlığının en yüksek %1 oranında |

#### 2.1.4. Çimento

Harç karışımlarında, Oyak Çimento Fabrikaları AŞ'den temin edilen CEM I 42,5 R Portland çimentosu kullanılmıştır.

#### 2.2 KARIŞIMLARIN HAZIRLANMASI

190 mm x 190 mm x 390 mm boyutlarındaki K19 bims blok ürününe ait üretim kalıbı bims makinesine monte edilerek üretim aşamalarına geçilmiştir. Maden ocağından temin edilen farklı boyutlara sahip pomzalar kırılarak istenilen boyutlara getirilmek için konveyör bantlarla kırıcıya taşındı. Kırıcıya taşınan farklı boyutlardaki pomzalar kırılarak istenilen tane boyutlarına getirildi. İstenilen tane boyutlarına getirilen pomzalar miksera gönderildi. Elektronik çimento kantarında karışım için gereken miktarda çimento tartılarak hazırlandıktan sonra miksera gelen pomzalar mikserin içerisine boşaltıldı. Kuru karışım süresi tamamlandıktan sonra karışıma su eklenmiş ve ardından 80 saniye süren sulu karışıma başlanmıştır. Bu aşamalarda kullanılan yüksek fırın cürufu ve priz hızlandırıcı belirli zaman aralıklarında ikame edilmiştir. Farklı oranlarda hazırlanan karışımların her biri sırayla harç yerleştirme çekmecesine boşaltılarak 190 mm x 190 mm x 390 mm boyutlarındaki K19 ürününe ait üretim kalıbına yerleştirilerek kalıbın şeklini almıştır. Kalıba yerleştirilen harçlar, vibratörle boşlukları giderildikten sonra hidrolik presle sıkıştırıldı. Sıkıştırılan harçlar, üretim paletlerinin üzerine yerleştirilip kalıptan çıkarıldı. Kalıptan çıkarılan numuneler, forklift yardımıyla taşınarak bekleme bölümüne götürülüp kurutmaya bırakıldı. Kurutma bölümüne yerleştirilen bims blok numunelerine, 1. gün ve 28. günlerde TS EN 772-1 standardına uygun olarak basınç dayanım testi uygulanmıştır.



Görsel 4. Üretimi Yapılan Numuneler



Görsel 5. Üretimi Yapılan Numuneler

#### 2.3. KARIŞIM ORANLARI

Bims blok üretiminde mekanik özellikleri, kür koşullarını incelemek amacıyla farklı oranlarda 5 karışım üretimi yapılmıştır. Bunlar referans numune , %1 priz hızlandırıcılı, %20 yüksek fırın

cürüflü, %10 yüksek fırın cürüflü, %20 yüksek fırın cürüflü+ %1 priz hızlandırıcı son olarak 5 farklı numune üretimi yapılmıştır. Bu karışım oranları çizelge 4 de verilmiştir.

**Çizelge 4. Karışım İçindeki Yüzdelere ve Oranları**

| <b>Karışım İçindeki Yüzdelere ve Oranları</b> |                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>K1</b>                                     | 125 kg çimento+1.25kg priz hızlandırıcı (%1 priz hızlandırıcı)                                                   |
| <b>K2</b>                                     | 100 kg çimento+25kg yüksek fırın cürufu (%20 yüksek fırın cürufu)                                                |
| <b>K3</b>                                     | 112,5 kg çimento+12,5 kg yüksek fırın cürufu (%10 yüksek fırın cürufu)                                           |
| <b>K4</b>                                     | 100 kg çimento+ 25 kg yüksek fırın cürufu +1kg priz hızlandırıcı (%20 yüksek fırın cürufu +%1 priz hızlandırıcı) |
| <b>Kreferans</b>                              | 125 kg çimento (%0 katkı)                                                                                        |

## 2.4 DENEY YÖNTEMLERİ

Üretimi yapılan bims blok üzerinde basınç dayanım testi yapılmıştır. Bu deney TS EN 772-1 standardına göre uygulanmıştır. K19 numuneleri 1. ve 28. Gün olmak üzere basınç dayanım testine tabii tutulmuştur. Test başlığının arasına yerleştirilen numuneler için dörtgen kesit alanı 74.100 mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiş ve yükleme hızı 16 kN/sn olarak seçilmiştir. Deneyler, bu parametreler ve seçilen koşullar altında gerçekleştirilmiştir.

## 3. DENEY SONUÇLARI VE BULGULAR

Üretimi yapılan 5 farklı numune arasından 1.Gün dayanım testinde en yüksek dayanım değeri K1 numunesi (125 kg çimento + 1,25 kg (%1) priz hızlandırıcı) karışıma aittir. Priz hızlandırıcı kimyasal katkının ilk gün dayanımını standart numuneye göre belirgin şekilde artırdığı görülmüştür. Ayrıca, K2 karışımının da, Referans numuneye göre daha yüksek dayanım gösterdiği görülmüştür. K3 ve K4 numunelerinin ilk gün dayanımları ile referans numune dayanımı birbirlerine çok yakındır. En yüksek 28 günlük dayanım değerinin, çimento hidratasyonunun büyük ölçüde tamamlanması ve %10 YFC eklenmesi sayesinde 112,5 kg çimento + 12,5 kg YFC içeren K3 numunesine ait olduğu görülmüştür. 2. sırada en yüksek dayanımı 100kg çimento + 25kg YFC içeren K2 numunesi göstermiştir. K2 numunesi, Referans numuneye göre daha yüksek dayanım sağlamıştır. 28.günde 125 kg çimento içeren referans numune %10 - %20 YFC içeren K2 ve K3 numunelerinden düşük , %1 priz hızlandırıcı içeren K1 ve K4 numunelerinden yüksek çıkarak 3. sırada dayanım değeri göstermiştir. %1 priz hızlandırıcı içeren K1 ve K4 numuneleri 28.gün dayanımında en düşük dayanım değerini göstermiştir. K4 numunesinin 125kg çimento + 1,25 kg priz hızlandırıcı içeren K1 numunesinden daha yüksek değer gösterdiği tespit edilmiştir.



**Çizelge 5. Karışımların Basınç Dayanım Sonuçları**

| NUMUNELER | 1. GÜN DAYANIMI | 28. GÜN DAYANIMI |
|-----------|-----------------|------------------|
| K1        | 0.58            | 1.91             |
| K2        | 0.48            | 2.11             |
| K3        | 0.41            | 2.18             |
| K4        | 0.45            | 1.94             |
| Kreferans | 0.43            | 2.06             |

#### 4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

K1 numunesi priz hızlandırıcının etkisiyle referans numune göre ilk günde daha yüksek dayanım değerine sahip iken, 28. Günde ise referans numune ile benzer dayanım sergilemiştir. K4 numunesi, ilk gün dayanımında K1 numunesi kadar yüksek bir performans göstermemiştir. Bunun nedeni, K4 numunesindeki yüksek fırın cürufu (YFC) ile priz hızlandırıcının etkileşim hızının daha düşük olmasıdır. Çalışmada kullanılan YFC, Zonguldak Ereğli bölgesinden temin edilmiştir; farklı YFC türleri kullanılarak bu etkileşimin daha detaylı incelenmesi gerekmektedir.

Çimento oranı azaltılarak yerine YFC kullanılması, çimentodan kaynaklanan CO<sub>2</sub> salınımını azaltmış ve çevre dostu bir üretim süreci sağlanmıştır. Ayrıca, YFC kullanımı ekonomik açıdan avantajlı olmuş ve atık olmaktan kurtulmuştur. YFC'nin çimento yerine kullanılması, ilk başlarda priz süresini olumsuz etkilemiş olsa da, ilerleyen günlerdeki dayanımların standart bims bloklardan daha yüksek olduğu ve çimento kullanımına göre daha avantajlı olduğu görülmüştür.

Priz hızlandırıcı kullanımı, özellikle ilk gün dayanımında belirgin bir katkı sağlamıştır. Bu özellik, kış aylarında bims blok üretiminde paketleme ve kuruma sürecinin hızlanmasına önemli katkı sunar. Çalışmanın ilkbahar aylarında gerçekleştirilmiş olması nedeniyle, priz hızlandırıcı katkılı numuneler priz süresi açısından olumlu sonuçlar verirken, YFC katkılı numuneler hava sıcaklığından dolayı priz süresinde olumsuz etkilenmiştir.

K4 numunesinde, YFC ve priz hızlandırıcının birlikte kullanımı, nihai dayanım açısından (28 günlük) avantaj sağlamamıştır. YFC katkılı K2 ve K3 numunelerinde referans numunesine kıyasla daha yüksek 28 günlük dayanım değerlerine ulaşılmıştır. Bunun nedeni olarak YFC'nin puzolanik aktifliğinin zamanla daha belirgin olması gösterilebilir.

Bu çalışmada, priz hızlandırıcı katkının bims blokların erken yaş dayanımlarına etkisi araştırılmıştır. Bulgular, priz hızlandırıcının erken yaş dayanımlarını belirgin şekilde artırdığını göstermiştir. Bununla birlikte, YFC ile priz hızlandırıcının ayrı ayrı ve birlikte kullanımının etkileri de ortaya konmuştur.

## TEŞEKKÜR

Bims blok üretim sürecine sağladıkları katkılar için Ali Raif Tutkun’a ve Kaymaktaş Bims Şirketi’ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- [1] Öner A., Yıldırım T. “Öğütülmüş yüksek fırın cürufu içeren ve içermeyen betonlarda kırmataş kumu içeriğinin beton özelliklerine etkisi”, Deprem Sempozyumu Kocaeli, Kocaeli, (2005)
- [2] Binici H. Görür E. Durgun M. Yüksek Fırın Cürufunun Bazaltik Pomzayla Katkılı Betonların Mekanik Aşınması ve Su Geçirirliiliği makale Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 6, No: 1, 2010 (1-10)
- [3] H. Durgun E. Görür M. Mechanical Abrasion and Permeability of Ground Blast Furnace Slagand Ground Basaltic Pumice Concretes Electronic Journal of ConstructionTechnologiesVol: 6, No: 1, 20 (1-10)
- [4] <https://tur.sika.com/dms/getdocument.get/b523c868-abdf-4463-aace-d26a8ea2f444>