



**ATIK POMZA TOZU KULLANILARAK YENİ BİR  
HARÇ KARIŞIMI ÜRETİMİNİN DUVAR BLOKLARI  
ÜZERİNDE DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

**Hatice KURAN**

**Yüksek Lisans Tezi  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Dilek OKUYUCU**

**2022**

**Her hakkı saklıdır.**



**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ATIK POMZA TOZU KULLANILARAK YENİ BİR HARÇ KARIŞIMI  
ÜRETİMİNİN DUVAR BLOKLARI ÜZERİNDE DENEYSEL OLARAK  
ARAŞTIRILMASI**

**Hatice KURAN**

**Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Dilek OKUYUCU**

**Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği**

**Erzurum**

**2022**

**Her hakkı saklıdır**

## **ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

Erzurum Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki tüm bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

21 / 12 / 2022

Hatice KURAN

## ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

### ATIK POMZA TOZU KULLANILARAK YENİ BİR HARÇ KARIŞIMI ÜRETİMİNİN DUVAR BLOKLARI ÜZERİNDE DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Hatice KURAN

Erzurum Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Dilek OKUYUCU

Bu çalışmada Erzurum ili Pasinler ilçesi Demirdöven mevkiindeki ocaklardan çıkarılan pomza ile hafif yapı elemanları imalatı yapan Kaleblok Bims A.Ş. firmasının fabrika sahasında atık olarak biriken pomza tozu agregaları kullanılarak harçlar üretilmiştir. Bağlayıcı olarak CEM IV/B 32,5 R tipi çimento kullanılarak 1:3(çimento/kum), 1:3(çimento/pomza), 1:4(çimento/pomza), 1:5(çimento/pomza), 1:7(çimento/pomza) sabit hacim oranlı harç karışımları imal edilmiştir. Belirtilen harç karışımları kullanılarak 2'li (sıvalı, sıvasız), 3'lü (sıvalı sıvasız) ve şaşırtmalı bimsblok duvar numuneleri hazırlanmıştır. Bimsblok duvar numuneleri mekanik testlere tabi tutulmuş basınç dayanımları, kesme dayanımları ve elastisite modülleri deneysel olarak elde edilmiştir. Deneysel çalışma neticesinde referans olarak kullanılan 1:3(çimento/kum) harcı ile hazırlanan blok duvar numuneleri ile 1:3(çimento/pomza) ve 1:4(çimento/pomza) oranlı harç ile hazırlanan blok duvar numunelerinin dayanım ve davranışlarının benzer olduğu belirlenmiştir. Pomza tozu ile hazırlanan harç gruplarında pomza tozu miktarı arttıkça birim ağırlığın ve dayanımın azaldığı sonucuna varılmıştır. Çalışma neticesinde fabrika sahasında atık olarak biriken pomza tozu ile bimsblok duvar imalatında kullanılabilecek çimento bağlayıcılı harçlar üretilbileceği değerlendirilmiştir.

**2022, 106 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Pomza tozu, harç, dayanım, bimsblok, deneysel inceleme

## **ABSTRACT**

MS. Thesis

### **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THE PRODUCTION OF A NEW MORTAR MIXTURE USING WASTE PUMICE POWDER ON WALL BLOCKS**

Hatice KURAN

Erzurum Technical University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Dilek OKUYUCU

In this study, mortars were produced by using the pumice powder aggregates accumulated as waste at the factory site of the Kaleblok Bims Company which manufactures lightweight construction elements with pumice extracted from the quarries in Demirdöven district of Pasinler province of Erzurum city. Using CEM IV/B 32,5 R type cement as binder 1:3(cement/sand), 1:3(cement/pumice), 1:4(cement/pumice), 1:5(cement/pumice), 1:7(cement/pumice) fixed volume ratio mortar mixes were produced. By using the specified mortar mixtures, double (plastered, unplastered), triple (plastered and unplastered) and staggered pumice block wall samples were prepared. Pumice block wall samples were subjected to mechanical tests and their compressive strength, shear strength and modulus of elasticity values were obtained by using experimental results. As a result of the experimental study, it was found that the strength and behaviour of the block wall samples prepared with 1:3 (cement/sand) mortar used as a reference and the block wall samples prepared with 1:3 (cement/pumice) and 1:4 (cement/pumice) ratio mortar were determined to be similar. It was concluded that as the amount of pumice powder increased in the mortar groups prepared with pumice powder, the unit weight and strength decreased. As a result of the study, it was evaluated that cement-binding mortars that can be used in the production of pumice block wall can be produced with the pumice dust accumulated as waste in the factory site.

**2022, 106 Page**

**Keywords:** Pumice powder, mortar, strength, pumice block, experimental investigation

## TEŞEKKÜR

Bu tez alıŐması Erzurum Teknik Üniversitesi (ETÜ) İnşaat Mühendisliği Bölümünde yapılmıştır. Yüksek lisans tez alıŐmamın süresince değerli bilgilerini ve ilgilerini benimle paylaşarak, bu süre boyunca sabır ve anlayıŐ için değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Dilek OKUYUCU' ya teşekkür ederim.

Hem deneysel çalıŐmalarımnda hem teorik bilgilerde bana destek olan Araştırma Görevlisi Burak GEDİK ve Zabiullah FAKUORİ'ye teşekkür ederim.

Deneysel çalıŐmayı finanse eden Erzurum ili Pasinler ilçesinde faaliyet gösteren Kaleblok Bims A.Ő. firmasına ve Sayın Ethem TANRIVER'e teşekkür ederim.

Tez çalıŐmam süresince yanımda olan aileme özellikle de sevgili anneme, babama ve ablama teŐekkürü bir borç bilirim. Hayatımın her anında yanımda olan ve tez çalıŐmamı hazırlarken de yanımda olan eŐim Nejdet KURAN'a teşekkür ederim.

**Hatice KURAN**  
**Kasım 2022**

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	iv
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	vi
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	viii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	xii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
1.1. Konu ve Amaç.....	1
1.2. Hafif Yapı Malzemeleri.....	3
1.3. Pomza ve Oluşumu.....	4
1.3.1. Pomza taşının oluşumu ve üretimi.....	4
1.3.2. Pomzanın sınıflandırılması.....	6
1.3.3. Ülkelerin pomza rezervleri.....	7
1.3.4. Pomzanın fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	7
1.3.5. Pomzanın kullanım alanları.....	8
1.3.6. Blokbims türü yapı elemanları.....	10
1.4. Harçlar.....	12
1.5. Duvarlar.....	14
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	16
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	22
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Agregalar.....	22
3.1.2. Çimento.....	23
3.1.3. Karışım suyu.....	24
3.1.4. K-Fix-Stone yapıştırma harcı.....	24
3.1.5. Blokbimsler.....	25
3.2. Yöntem.....	26
3.2.1. Agrega deneyleri.....	26
3.2.2. Sertleşmiş numune deneyleri.....	29
3.2.3. Duvar blok numunelerinde kullanılacak harç karışım oranlarının belirlenmesi...	31
3.2.4. Blok duvar numuneleri.....	34

3.2.5. Blok duvar numunelerinin hazırlanması .....	40
3.2.6. Blok duvar numunelerin basınç /kesme direnci tayini deneyleri .....	54
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>60</b>
4.1. Blok Duvar İmalatında Kullanılan Harç Numunelerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri .....	60
4.2. Şaşırtmalı Blok Duvar Numunelerin Kesme Dayanımı Deney Sonuçları .....	67
4.3. Blok Duvar Numunelerin Eksenel Basınç Dayanımı Deney Sonuçları.....	73
4.3.1. Blok duvar numunelerin elastisite modülleri .....	91
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>96</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>101</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
°	Derece
C	Çevrim zamanı (dakika)
A	Dolu duvar parçasının yatay en kesit alanı
cm	Santimetre
dB	Desibel
dm	Desimetre
$d_{max}$	Maksimum tane çapı
e	Boşluk oranı
$E_{duv}$	Duvar elastisite modülü
$f_b$	Kargir biriminin standartlaştırılmış ortalama basınç dayanımı
$f_{b,min}$	Kargir birimin yatay derzlere dik doğrultuda minimum basınç dayanımı
$f_{bh,min}$	Kargir birimin yatay derzlere paralel doğrultuda minimum basınç dayanımı
$f'_c$	Betonun basınç mukavemeti
$f_{ctd}$	Beton tasarım eksenel çekme dayanımı
$f_k$	Yığma duvar karakteristik basınç dayanımı
$f_m$	Harcın ortalama basınç dayanımı
$f_{m,min}$	Harcın minimum basınç dayanımı
$F_{mak}$	Maksimum düşey kuvveti
$f_{vk}$	Duvar karakteristik kesme dayanımı
$f_{ywd}$	Enine donatı tasarım akma dayanımı
gr	Gram
kcal	Kilokalori
kg	Kilogram
kN	KiloNewton
Lt	Litre
m	Metre
Min	Minute

mm	Milimetre
MPa	Megapascal
N	Newton
P	Basınç
sn	Saniye
$\epsilon$	Birim şekil değiştirme
$\sigma_d$	Gerilme

### **Kısaltmalar**

ACI	American Collegiate Institute
ASTM	Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu
MAPEG	Maden ve Petrol İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel M¼d¼rl¼ę¼
TBDY	T¼rkiye Bina Deprem Y¼netmelięi
TS	T¼rk standartları

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tipik pomza görünüşü (Anonim 2013) .....	5
Şekil 1.2. Çeşitli pomza görünüşleri (Anonim 2021) .....	5
Şekil 1.3. Eleme sonucu ayrıştırılmış pomza agregası .....	6
Şekil 1.4. Asidik ve bazaltik pomza (Erdoğan 2007) .....	7
Şekil 1.5. Pomzanın toprak ıslahında kullanıldığı seradan görüntü .....	10
Şekil 1.6. Hafif yapı elemanı olan blokbims üretimi .....	11
Şekil 1.7. Blokbims duvar örneği .....	11
Şekil 1.8. Yığma tuğla duvarlarda çatlak oluşumu ve göçme biçimleri (Aköz 2008)....	15
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan atık pomza tozu yığınının fabrika sahasındaki genel görüntüsü.....	23
Şekil 3.2. K-Fix Stone yapıştırma harcı ürün görseli .....	24
Şekil 3.3. Çalışma kapsamında kullanılan blok bims numuneler .....	26
Şekil 3.4. Pomza tozu agregası için agregası granülometri eğrisi.....	29
Şekil 3.5. İnce agregası ( harç kumu) için agregası granülometri eğrisi.....	29
Şekil 3.6. Beton malzeme dayanım tayininde kullanılan universal test cihazı genel görünümü .....	30
Şekil 3.7. Singhal ve Rai (2014) çalışmasında yığma duvar mekanik özelliklerinin tayini amacıyla kullanılan prototip ve model detayları.....	36
Şekil 3.8. Rahman ve Uneda (2014) çalışmasında tuğla yığma duvarların harç-tuğla arasındaki kayma direnci tayininde ele alınan deney numunesi örnekleri ...	37
Şekil 3.9. Yığma birimlerin aksenal basınç dayanımı tayininde kullanılması önerilen blok numuneler (ASTM C1314-16 2016). .....	38
Şekil 3.10. (a) İkili basınç dayanımı bloğu, (b) üçlü basınç dayanımı bloğu, (c) kesme direnci tayini amacıyla kullanılan blok .....	40
Şekil 3.11. 190*400*100 mm boyutlarındaki boşluklu blokbims numunelerinin aksenal basınç dayanımı tayini deneyine ait görüntüler .....	41
Şekil 3.12. Harçsız ve sıvasız boşluklu bims blokların aksenal basınç gerilmesi- birim kısalma grafikleri .....	42
Şekil 3.13. 50*100*200 mm boyutlarındaki dolu blok bims numunelerinin basınç dayanımı deneyine ait görüntüler.....	43

<b>Şekil 3.14.</b> 50*100*200 mm ölçülerindeki dolu bims blokların numunelerin eksenel basınç gerilmesi- birim kısalma grafikleri .....	44
<b>Şekil 3.15.</b> K-Fix Stone yapıştırma harcının hazırlanması .....	46
<b>Şekil 3.16.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K yapıştırma harcı ile hazırlanan numunelere ait görüntüler .....	46
<b>Şekil 3.17.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K yapıştırma harcı ile hazırlanan 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler .....	47
<b>Şekil 3.18.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K yapıştırma harçları ile hazırlanan sıvalı 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler .....	47
<b>Şekil 3.19.</b> ÇK1_3 oranlı harcın hazırlanmasına ait görüntüler .....	48
<b>Şekil 3.20.</b> ÇK1_3 oranlı harçtan alınan küp numune ve yapılan şaşırtmalı blok duvar	49
<b>Şekil 3.21.</b> ÇK1_3 oranlı harcı ile hazırlanan 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler .....	49
<b>Şekil 3.22.</b> ÇK1_3 oranlı harcı ile hazırlanan sıvalı 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler .....	50
<b>Şekil 3.23.</b> Atık pomza tozu içeren harçlarla 2'li ve 3'lü blok duvar numunesi hazırlık çalışmalarından görüntüler.....	51
<b>Şekil 3.24.</b> ÇP1_3, ÇP1_4, ÇP1_5 ve ÇP1_7 sabit oranlı harçlarla ile hazırlanan 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler.....	51
<b>Şekil 3.25.</b> ÇP1_5 ve ÇP1_7 sabit oranlı harçlarla ile hazırlanan 2'li ve 3'lü sıvasız blok duvar numunelerine ait görüntüler .....	52
<b>Şekil 3.26.</b> ÇP1_5 ve ÇP1_7 oranlı harcı ile hazırlanan sıvalı 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler .....	52
<b>Şekil 3.27.</b> Blok duvar numunelerinin 28 günlük dayanım alma süresince laboratuvar ortamındaki görüntüleri .....	53
<b>Şekil 3.28.</b> Harç karışımlarından alınan küp numunelerin basınç dayanımı deneyi görüntüleri .....	54
<b>Şekil 3.29.</b> Eksenel basınç dayanımı tayini için yükleme düzeneğine alınmış ikili duvar bloğu görüntüleri .....	55
<b>Şekil 3.30.</b> Kesme direnci tayini deneyinden bir görüntü.....	56
<b>Şekil 3.31.</b> Beton için tanımlanan elastisite modülleri (Doğangün 2008) .....	57
<b>Şekil 4.1.</b> Duvar blok numune imalatlarında kullanılan harçların 7 ve 28 gün sonundaki birim hacim ağırlıkları. ....	62
<b>Şekil 4.2.</b> Harçlara ait farklı günlerdeki küp numunelerin eksenel basınç dayanımları .	64

<b>Şekil 4.3.</b> Blok duvar numune imalatlarında kullanılan harçlardan alınan küp numunelerin aksenal basınç deneyine tabi tutulduktan sonraki görüntüleri	66
<b>Şekil 4.4.</b> Şaşırtmalı blok numunelerin kesme gerilmesi-birim kısalma grafikleri	68
<b>Şekil 4.5.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K harcı ile yapılan şaşırtmalı blok duvar numunelerin kesme direnci tayini deneyi sonrası	70
<b>Şekil 4.6.</b> ÇK1_3 harcı ile yapılan şaşırtmalı blok duvar numunelerin kesme dayanımı deneyi görüntüleri	71
<b>Şekil 4.7.</b> Sırayla ÇP1_3, ÇP1_4, ÇP1_5 ve ÇP1_7 harçları ile yapılan şaşırtmalı blok duvar numunelerin kesme dayanımı deneyi sonu örnek görüntüleri	72
<b>Şekil 4.8.</b> 2'li Sıvasız numunelerin aksenal basınç gerilmesi- birim kısalma grafikleri	73
<b>Şekil 4.9.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	75
<b>Şekil 4.10.</b> ÇK1_3 harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	76
<b>Şekil 4.11.</b> ÇP1_3 ve ÇP1_4 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	76
<b>Şekil 4.12.</b> ÇP1_5 ve ÇP1_7 harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	77
<b>Şekil 4.13.</b> 2'li Sıvalı numunelerin aksenal basınç gerilmesi- birim kısalma grafikleri	78
<b>Şekil 4.14.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	80
<b>Şekil 4.15.</b> ÇK1_3 harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	81
<b>Şekil 4.16.</b> ÇP1_3 ve ÇP1_4 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	81
<b>Şekil 4.17.</b> ÇP1_5 ve ÇP1_7 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	82
<b>Şekil 4.18.</b> 3'lü sıvasız numunelerin aksenal basınç gerilmesi- birim kısalma grafikleri	82
<b>Şekil 4.19.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri	84

<b>Şekil 4.20.</b> ÇK1_3 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri. ....	85
<b>Şekil 4.21.</b> ÇP1_3 ve ÇP1_4 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri. ....	86
<b>Şekil 4.22.</b> ÇP1_5 ve ÇP1_7 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri. ....	86
<b>Şekil 4.23.</b> 3'lü sıvalı numunelerin eksenel basınç gerilmesi- birim kısalma grafiği ....	87
<b>Şekil 4.24.</b> K-Fix_İ ve K-Fix_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.....	89
<b>Şekil 4.25.</b> ÇK1_3 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri. ....	90
<b>Şekil 4.26.</b> ÇP1_3 ve ÇP1_4 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.....	90
<b>Şekil 4.27.</b> ÇP1_5 ve ÇP1_7 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.....	91

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Ülkemizdeki pomza rezervi miktarları (Eroğlu vd 2020).....	7
Çizelge 1.2. Pomza agregasının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Pekdemir 2011).....	8
Çizelge 3.1. CEM IV/B 32,5 R tipi çimentonun özellikleri.....	23
Çizelge 3.2. K-Fix Stone yapıştırma harcı özellikleri.....	25
Çizelge 3.3. Pomza tozu elek analizi sonuçları.....	27
Çizelge 3.4. İnce agraga (harç kumu) elek analizi sonuçları .....	28
Çizelge 3.5. 1:3 hacimsel oranla çimento ve kum kullanılarak hazırlanan harç numunelerinin 7 günlük eksenel basınç dayanımı testi sonuçları.....	32
Çizelge 3.6. 1:3 hacimsel oranla çimento ve atık pomza tozu kullanılarak hazırlanan harç numunelerinin 7 günlük eksenel basınç dayanımı testi sonuçları.....	32
Çizelge 3.7. Blok duvar numunesi imalatlarında kullanılmasına karar verilen harçlar ..	34
Çizelge 3.8. Yığma blok numuneler için eksenel basınç dayanımı düzeltme faktörleri ASTM C1314-16 (2016).....	39
Çizelge 3.9. Tüm harç sınıfları için imal edilen blok duvar numune sayıları.....	40
Çizelge 3.10. Harçsız ve sıvasız blok bims numunelerin eksenel basınç dayanımları ...	45
Çizelge 3.11. Blok duvar numunelerinde kullanılacak harçların 1 m <sup>3</sup> için malzeme miktarları.....	45
Çizelge 3.12. TBDY(2018) uyarınca yığma duvarların başlangıç kesme dayanımları (MPa) .....	60
Çizelge 4.1. Blok duvar imalatında kullanılan harçların birim hacim ağırlık ve eksenel basınç dayanımları .....	62
Çizelge 4.2. Atık pomza tozu ile üretilen harçların eksenel basınç dayanımları bakımından TBDY (2018) uyarınca yığma yapı imalatında kullanılabilirlikleri .....	68
Çizelge 4.3. Şaşırtmalı blok numuneler için hesaplanan ortalama karakteristik başlangıç kesme dayanımları .....	70
Çizelge 4.4. 2’li sıvasız blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları .....	75
Çizelge 4.5. 2’li sıvalı blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları .....	80

<b>Çizelge 4.6.</b> 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları .....	86
<b>Çizelge 4.7.</b> 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları .....	91
<b>Çizelge 4.8.</b> 2'li sıvalı blok duvar numunelerin deneysel ortalama ve teorik elastisite modülleri.....	96
<b>Çizelge 4.9.</b> 2'li sıvasız blok duvar numunelerin deneysel ortalama ve teorik elastisite modülleri.....	97
<b>Çizelge 4.10.</b> 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin deneysel ve teorik elastisite modülleri .....	98
<b>Çizelge 4.11.</b> 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin deneysel ve teorik elastisite modülleri .....	99

### 1. GİRİŞ

Türkiye büyük depremler üretebilen aktif fay sistemlerinin bulunduğu Anadolu coğrafyası üzerine kurulur. Sismik tehlikenin yüksek olduğu bölgelerde sık denilebilecek aralıklarla can ve mal kaybının yaşandığı büyük depremler meydana gelmektedir. Gelecekte de büyük depremler olmaya devam edeceğinden önlemler alınarak depremin zararı azaltılabilir. Hafif yapı malzemeleri kullanılarak yapı kütlelerinin azaltılması bu kapsamda tercih edilen önlemlerden birisidir. Hafif malzemeler bina yükünü yaklaşık %67 oranında azaltarak bina sallansa bile deprem anında oluşan yatay ve düşey sarsıntılar boşluklu malzeme tarafından emilerek yıkıcı etkisi ortadan kalkmaktadır (Doğan 2004).

Ülkemizde ise hafif yapı elemanlarının genel olarak taşıyıcı olmayan bölme duvarların imalatında kullanıldığını ifade etmek mümkündür. Depremselliğin yüksek olduğu Doğu Anadolu Bölgesi' nde son yıllarda hafif yapı elemanları kullanılarak taşıyıcı olmayan duvar imalatlarının yapımı yönünde eğilim olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda Erzurum ilinin en önemli ihraç ürünlerden birisi olan pomzadan mamul bimsblok türü yapı elemanları üreten Kaleblok Bims A.Ş. firması bu sektörün önemli üreticilerinden birisidir. Tez çalışmasının takip eden bölümde detaylandırılacak temel amacı firmanın üretim sahasında açığa çıkan ve atık olarak değerlendirilen pomza tozunun (0-1 mm) harç grubu malzeme üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

#### 1.1. Konu ve Amaç

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte yapılarda kullanılan malzeme çeşitliliği de artmıştır. Özellikle hafif yapı malzemesi kullanımına yönelimin son yıllarda dünyada olduğu gibi ülkemizde de arttığını ifade etmek mümkündür.

Hafif yapı malzemelerinden kullanımı önemli ölçüde artan ürünlerden birisi hammaddesi pomza olan blokbimslerdir. İngilizce dilinde “pumice block” olarak nitelendirilen hafif duvar elemanları Türkçe’de blokbims olarak tanımlanmaktadır. Blokbimsler her türlü yapıda iç ve dış duvar yapı elemanı, döşemelerde ise asmolen yapı elemanı, yer altı elektrik şebekelerinde kablolar ve zemin arasında yalıtım elemanı olarak kullanılmaktadır.

## 1.GİRİŞ

---

Doğu Anadolu Bölgesi'nde bu alanda üretim yapan Kale Blokbims A.Ş firması Erzurum ili Pasinler ilçesi çevresinde kurulu olan fabrikasında bölgeye yakın lisanslı ocaklarından temin ettiği hafif pomza agregası ile hafif yapı elemanları ve yapı kimyasalları üreten bir firmadır. Firma temel çalışma ve üretim alanı olan, blokbims ürünlerine ek olarak bimsblok yapıştırıcıları, mineral bazlı sıvalar gibi birçok yapı kimyasalı üretmekte; iç ve dış pazara sunmaktadır. Araştırma ve geliştirme (ARGE) çalışmalarına önem veren firmanın, *bu tez çalışması haricinde*, desteklediği çalışmalara örnek olarak Yanmış (2022)'ın çalışması gösterilebilir. Bu çalışma kapsamında pomza türü hafif agrega kullanılarak lento üretiminin başarımı deneysel olarak incelenmiştir. Firmanın bu çalışma sonunda hafif yapı elemanlarına lento grubu ürünler eklemek için çalışmalar yaptığı bilinmektedir.

Firmanın lisans sahibi olduğu pomza ocaklarından temin edilen hammadde ile gerçekleştirilen blokbims üretimi sırasında oldukça önemli miktarda (0-1 mm) inceliğinde toz pomza açığa çıkmaktadır. Firmanın oldukça hafif olan bu ince agregayı ürüne dönüştürerek hali hazırda üreticisi olduğu blokbims yapıştırıcı harç grubuna "pomza tozu + çimento" içeriğinde yeni bir ürün geliştirilmesi talebi ile bu tez çalışması kurgulanmıştır.

Firma ile yapılan görüşmede ocaktan gelen pomzanın yıkanması neticesinde atık hale gelen pomza tozu (0-1 mm) kullanılarak standartlara uygun bir şekilde hazır harç karışımları üretilmesine yönelik bir ARGE çalışması yapılmasına karar verilmiştir. Buna ek olarak, uzun süredir devam etmekte olan üretim sonucu sahada birikmiş olan ve miktarı 1.000.000 m<sup>3</sup>'ü aşan 0-5 mm boyutlarındaki pomza agregasının eleme tesisi ile ayrıştırılması ve ince malzemenin harç üretimine dâhil edilmesi ile biriken malzemenin üretime dâhil edilmesi çalışmanın bir diğer amacıdır.

Tez konusu ile doğrudan ilişkili olması nedeniyle hafif yapı elemanları, pomza kayacı, harçlar ve duvarlar konusunda kısaca bilgi sunulmasında yarar görülmektedir.

### 1.2. Hafif Yapı Malzemeleri

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte dayanıklı ve ekonomik hafif malzeme üretiminin artması bu tür malzemelere yönelimi artırmaktadır. Buna örnek olarak son yıllarda Erzurum ilinde boşluklu tuğlaya nazaran blokbims elemanlarla bölme duvar imalatında meydana gelen artış gösterilebilir. Şehirde hafif blokbims elemanların üretiliyor olması temini kolaylaştırmakta; maliyet bakımından da benzer amaçla kullanılan ürünlere göre üstünlük oluşturmaktadır. Hafif yapı elemanı kullanımları ile bina ağırlığının azalması yapının depremde daha az yatay kuvvetlerle zorlanması anlamına gelmektedir. Bu husus ana taşıyıcı elemanların maruz kalacağı yüklerde azalmaya neden olacağından, daha ekonomik kesit tasarımlarını mümkün kılmaktadır (Gündüz 2001).

Dünya da olduğu gibi Türkiye’de de farklı kum, çakıl, çimento, alçı, kireç, perlit, pomza vb. malzemelerden üretilen tuğla, bims, gaz beton ve izotuğla gibi hafif yapı malzemelerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Çelik 2010). Ülkemizin oldukça aktif bir deprem kuşağı üzerinde yer alması, enerji ihtiyacının giderek yaygınlaşması ve binalarda yalıtımın zorunlu hale gelmesi ile birlikte hafif yapı malzemelerinin üretimi için alternatif ve ucuz kaynaklara yönelim giderek artmaktadır (Çelik 2013).

İnşaat sektöründe ana hammadde olarak değerlendirilmeye başlanmış olan hafif yapı malzemeleri geleneksel yapı malzemelerine uygunluk sağladığından ve kendilerine has bazı özellikleri dikkate alınarak inşaat sektöründe konfor amaçlı ana malzeme olarak sıkça kullanılmaya başlamıştır. Amaç yapılarda hafif yapı malzemesi kullanımı sırasında yoğunluk azaltılarak yapı üzerindeki ölü yükü en aza indirmektir. Aynı zamanda en önemli detay ise ekonomik kazanç sağlamaktadır (Doğan vd 2004).

Hafif yapı malzeme üretim tekniklerinden en yaygın olanı hafif agrega kullanmaktır. Kullanılan agregalar genellikle doğal gözenekli ve hafif kayalardır. Bu agregalarla gazbeton, pomza, ytong vb. yapı malzemeleri ortaya çıkar. Yapılarda kullanılan hafif yapı malzemesi olarak gazbeton, pomza, ytong vb. yapıdaki ölü yükü azaltır. Aynı zamanda deprem anındaki yatay ve düşey sarsıntı kullanılan malzemenin gözenekli yapısı sayesinde absorbe edilerek bina en az hasarı olarak atlatır. Başta çelik

konstrüksiyon sistemle yapılan yapılar yoğun olmak üzere; çerçeve türü taşıyıcıya sahip yapılarda yapıya daha fazla ölü yük yüklememek için duvarlar hafif yapı malzemelerinden yapılmaktadır (Doğan vd 2004).

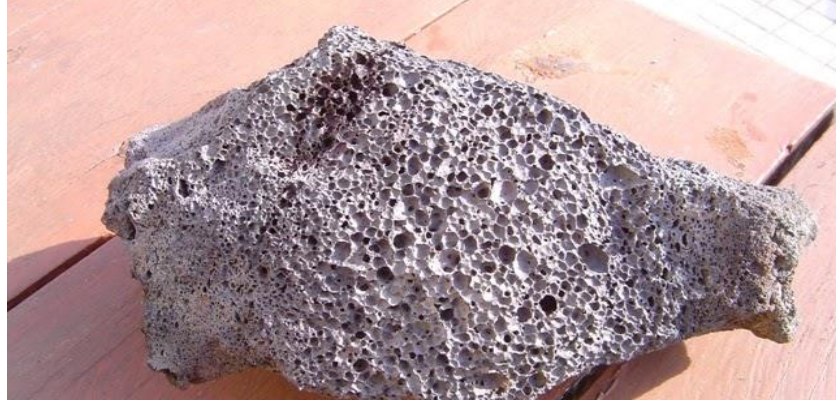
Yapılarda hafif yapı malzeme kullanımının en önemli sebeplerinden bir diğeri ise boşluklu yapıları nedeniyle bu ürünlerin kullanım yerine bağlı olarak ses ve ısı yalıtımı özelliklerinin iyi olmasıdır. Kaleblok Bims A.Ş. firmasının Gürcistan'a yoğun olarak blokbims ihraç etmesi örneğinden hareketle, soğuk iklim kuşaklarında bulunan ülkelerin hafif yapı elemanlarının tercih ettiklerini ifade etmek mümkündür. Yapılan araştırmalar sonucunda hafif yapı malzemeleri kullanılan yapılarda %67 oranında bina yükü azalmakta ve yapıların ısınma maliyetlerinde %50 oranında azalma gerçekleştiği ifade edilmektedir (Doğan vd 2004).

### 1.3. Pomza ve Oluşumu

Tez çalışması kapsamında atık pomza tozu kullanılarak harç karışımları üretilmesi amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu nedenle pomza ve oluşumu hakkında bilgi sunulmasında yarar görülmektedir.

#### 1.3.1. Pomza taşının oluşumu ve üretimi

Pomza (pumice), volkanizma faaliyetleri sırasında püsküren lavın ani soğuması ve gazların bünyeyi ani terk etmesi sonucu oluşan ve oldukça gözenekli bir yapıya sahip volkanik kökenli bir malzemedir. Oluşan bu malzemenin %75'i boşluktan oluşmaktadır (Anonim 2019). Şekil 1.1'de tipik bir pomza taşı görüntüsü sunulmaktadır.



**Şekil 1.1.** Tipik pomza görünüşü (Anonim 2013)

Pomza taşı antik Yunan döneminde milattan önce birinci yüzyılda Vitruvio'ya ait mimari özette “sudan hafif” olarak tanımlanmaktadır. Vitruvio'lular pomzayı hijyenik amaçlardan dolayı termal banyo, su kemerleri, hamamlar, mahzenler ve tapınak yapımında yapı malzemesi olarak kullanmışlardır. Pomza zamana karşı direndiği için eski Romalıların günümüze ulaşmış eserleri vardır. Pomzanın Almanya'da 1800'lü yıllardan itibaren kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Çınar 2016). Muhtelif pomza görünüşleri Şekil 1.2'de sunulmaktadır.



**Şekil 1.2.** Çeşitli pomza görünüşleri (Anonim 2021)

Pomza volkan bacalarına yakın yerlerde depolanır ve pomza yataklarını oluşturur. Rezerv tespiti sonrasında pomza yataklarından kazı yöntemleriyle üretim yapılır. Pomza cevheri üretim tesislerinde istenilen boyutlarda işlenerek sektöre kazandırılır. Kırma ve eleme sonucunda ayrıştırılan pomza agregasına ilişkin genel görüntü Şekil 1.3'te sunulmaktadır.



**Şekil 1.3.** Eleme sonucu ayrıştırılmış pomza agregası

Pomzanın inşaat sektöründe verimli bir şekilde kullanılabilmesi için uygun boyutlandırma yapılması ve yabancı materyallerden eleme yöntemi ile arındırılması gerekmektedir. Pomza üretiminde maliyeti artıran en önemli faktör ise uzun mesafelere karayolu taşımacılığı kullanılmasıdır. Pomza maliyetinin artıran diğer bir faktör ise cevherin içinde bulunan miktarda yabancı maddeyi ayrıştırmaktır (Oğuz 2019).

### 1.3.2. Pomzanın sınıflandırılması

Pomza asidik ve bazaltik yapıda pomza olmak üzere ikiye ayrılır. Bazaltik pomza yapısında bulunan kalsiyum demir ve magnezyum oranlarının daha fazla olmasından dolayı koyu renklidir ve yoğunluğu  $1-2 \text{ gr/cm}^3$  civarındadır. Bazaltik pomza bu nedenle daha çok inşaat sanayinde yüksek mukavemet isteyen inşaat sahalarında kullanılmaktadır (Gündüz 2001). En yaygın olarak kullanılan asidik pomza ise grimsi, kirli beyaz rengindedir ve asidik pomzanın yoğunluğu  $0.5-1 \text{ gr/cm}^3$  civarındadır (Erdoğan 2007).

Pomzanın asidik ve bazaltik olarak farklı karakterde olmasına volkanizma sonucunda yeryüzüne çıkan magmanın kimyasal birleşimi ve soğuma hızı gibi parametreler etki etmektedir. Sonuç olarak iki pomzanın da oluşması sırasındaki ortak özellik gazların bünyeyi ani olarak terk etmesi sonucunda gözenekli yapının meydana gelmesidir (Özkan vd 2001). Örnek asidik ve bazaltik pomza görünüşleri Şekil 1.4'te sunulmaktadır.



Şekil 1.4. Asidik ve bazaltik pomza (Erdoğan 2007)

### 1.3.3. Ülkelerin pomza rezervleri

Dünyada net olarak ne kadar pomza rezervi olduğu bilinmemektedir. Bunun nedeni ise pomza yataklarında tüflerin iç içe yer alması ve kayaç gruplarından ayırt edilmesinin zor olmasıdır. Bununla birlikte, en çok rezervin olduğu ülkenin ABD olduğu ve ABD' yi takip eden diğer ülkelerin ise Türkiye, İtalya, Dominik, Martinik, İzlanda, Bağımsız Devletler Topluluğu şeklinde olduğu tahmin edilmektedir (Eroğlu vd 2020).

Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) güncel verilerine göre Türkiye pomzanın rezervi açısından oldukça zengindir. Yaklaşık 2,2 milyar ton pomza rezervi olduğu tahmin edilen ülkemizde; Çizelge 1.1'de sunulan veri incelendiğinde, Orta ve Doğu Anadolu bölgelerinin pomza rezervi bakımından zengin bölgeler olduğunu ifade etmek mümkündür (Eroğlu vd 2020).

Çizelge 1.1. Ülkemizdeki pomza rezervi miktarları (Eroğlu vd 2020)

Yer	Rezerv (m <sup>3</sup> )
Nevşehir-Avanos-Ürgüp	400.412.834
Kayseri-Talas-Tomarza	724.651.251
Bitlis-Tatvan	1.100.000.000
Bitlis-Ahlat	210.000.000
Van-Erciş-Kocapınar	154.625.000
Diğer	24.286.000
<b>Toplam</b>	<b>2.613.975.85</b>

### 1.3.4. Pomzanın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Pomza öğütme sırasında kırılabilir yapısından dolayı dağılabilmektedir. Ancak pomza çöktükten sonra tekrar tabakalaşır pekişebilir. Pomzadaki gözenekler birbiriyle

## 1.GİRİŞ

bağlantılı değildir ve her bir gözenek birbirinden camsı bir zarla ayrılmıştır. Bu yüzden de suda yüzebilen hafif bir kayadır (Pekdemir 2011). Pomza diğer kayalardan kendine özgü özellikleriyle ayrılır. Bu özellikler pomzanın rengi, gözenekliliği ve kristal suyunun olmamasıdır. Çizelge 1.2’de pomza agregasının fiziksel ve kimyasal özellikleri sunulmaktadır.

**Çizelge 1.2.** Pomza agregasının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Pekdemir 2011)

Fiziksel özellikleri		Kimyasal Özellikler		Kimyasal bileşimi (%)	
Sertlik (MOHS)	5,5-6,0	pH	7-7,3	SiO <sub>2</sub>	60-75
K.B Hacim Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	0,32-0,97	Radyoaktivite	Yok	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13-15
Gerçek Özgül Ağırlığı (gr/cm <sup>3</sup> )	2,15-2,65	Suda çözünen madde (Ağırlıkça %)	≤0,15	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1-3
Porozite (%)	45-90	Asitte çözünen madde (Ağırlıkça %)	≤2,9	CaO	1-2
Rötre ( mm/m)	<1	Uçucu madde (Ağırlıkça %)	Yok	MgO	1-2
Isı İletkenlik Katsayısı (W/mK)	0,08-0,20	Asitlerle etkileşim (*)	İnert	Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	7-8
Isınma Isısı (cal /gr.°C)	0,24-0,28	Alevlenme derecesi(°C)	Yok	TiO <sub>2</sub>	Eser
Ses Yalıtımı (dB)	40-55	Ergime derecesi (°C)	>900	SO <sub>3</sub>	Eser
Su Emme (Ağırlıkça %)	30-70				
Buhar Difüzyon Katsayısı	5-10				
Kristal Şekli	Amorf				

Pomza rezervinin içinde bulunan SiO<sub>2</sub> birleşimi aşındırıcı özellik kazandırdığı için pomza rahatlıkla aşınabilecek bir kimyasal yapı sergilemektedir. SiO<sub>2</sub> oranı %35-%80 arasında değişim göstermektedir. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bileşimi ise pomzaya ısıya ve ateşe karşı yüksek dayanım özelliği kazandırırken; pomza yapısında yüksek oranda boşluk olması bu kayaya yalıtım özelliği kazandırmaktadır (Pekdemir 2011).

### 1.3.5. Pomzanın kullanım alanları

İnşaat, tekstil, tarım ve diğer muhtelif endüstri alanları pomzanın yaygın olarak kullanıldığı alanlar olarak ifade edilebilir. Günümüzde pomza dünyada ve ülkemizde çok

## 1.GİRİŞ

---

geniş alanlarda kullanılmakla birlikte en çok inşaat sanayisi sektöründe kullanılmaktadır (Pekdemir 2011 ).

Pomza normal kum ve çakılın 1/3 ile 2/3'ü kadar yoğunluğa sahip olduğundan pomza ile yapılan betonlar da aynı şekilde düşük yoğunluğa sahiptir. Pomza betonu normal betondan hafif olmakla birlikte (birim hacim ağırlığı 800 - 900 kg/m<sup>3</sup>) taşıyıcı yapı elemanı imalatında kullanılmaktan ziyade bimsblok benzeri taşıyıcı olmayan yapı elemanı imalatlarında tercih edilmektedir. Ancak, normal ağırlıklı agreganın bir kısmının pomza ile ikame edilmesi sonucunda elde edilen ve 1.500 kg/m<sup>3</sup>' ün altına inmeyen hafif betonların taşıyıcı yapı elemanı imalatında kullanılmasının mümkün olduğu ifade edilebilir (Kotan 2009).

Pomzanın özgül ağırlığı ortalama 750 kg/m<sup>3</sup>' tür. Hafif yapı elemanı olan bims bloklardan oluşturulan duvarların diğer pek çok duvar malzemesine göre oldukça hafif olduğunu ve bina ağırlığını azalttığını ifade etmek mümkündür. Fabrikasyon süreçleri oldukça gelişmiş olan bimsblok üretimi sırasında milimetrik hassasiyetle istenilen ebatta blok üretimi mümkündür. Bu hassas üretim neticesinde; duvar işçiliğinden ve sıvadan önemli ölçüde tasarruf sağlanmaktadır. Bunun dışında, pomzanın bir başka dikkat çeken özelliği ise yalıtım parametreleridir. Boşluklu yapısı nedeniyle ısı ve ses yalıtımı özelliklerinin oldukça iyi olması; pomza esaslı inşaat malzemelerinin kullanılması durumunda ısı izolasyonu ve ses yalıtım maliyetlerini önemli ölçüde düşürmektedir. Yapılarda mevcut doğal pomza hammaddeleri kullanılarak alınacak ısı yalıtımı önlemleri ile yapı elemanlarının dış etkilerden korunması sağlanır ve duvardaki nem ve küflenmenin de önüne geçildiği ve böylece yapıları ayakta tutan taşıyıcı sistemlerde termal gerilmelerin minimum seviyeye düştüğü ifade etmek mümkündür (Anonim 2019).

Pomza birçok alanda kullanıma uygun olduğu gibi tekstil endüstrisinde mamul ürünlerinin taşlanması için kullanıma tamamen uygundur ve tercih edilmektedir. Pomza taşının hafifliğinden dolayı, daha hafif gramajlı kumaşların yıkanmasında da kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanda kullanılan asidik pomza beyaz renklidir. Aynı zamanda pomza toprak ıslahında ve peyzaj mimarisinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanımın temel sebepleri ise pomzanın yabancı ot oluşumunu önlemesi böcek ve mantar üretimini azaltması ve fide köklerinde termal bir

## 1.GİRİŞ

---

yapı oluşturarak kökü hem sıcaktan hem soğuktan korumasıdır (Anonim 2019). Pomzanın toprak ıslahında kullanıldığı bir sera görüntüsü Şekil 1.5' te sunulmaktadır.



**Şekil 1.5.** Pomzanın toprak ıslahında kullanıldığı seradan görüntü

### 1.3.6. Blokbims türü yapı elemanları

Tez çalışması kapsamında pomza agregası kullanılarak blokbims imalatı yapan bir fabrika sahasında ortaya çıkan atık pomza tozu üzerinde çalışma yapıldığından, blokbims ürün hakkında bilgi sunulması gerekli görülmüştür.

Blokbims adı verilen ve taşıyıcı olmayan duvar imalatlarında kullanılan hafif yapı elemanları; pomza agregası, çimento ve su kullanılarak oluşturulan ve oldukça kuru kıvamdaki beton hamurundan imal edilir. Kuru kıvamdaki beton karışımının kalıplara alınması sonrası kapalı alanda bekletilerek priz alması sağlanır ve imalat süresine bağlı olarak kapalı alandan çıkarılır. Boşluklu yapıda ve hafif olması nedeniyle son yıllarda ülkemizde daha yoğun bir şekilde tercih edilen blokbims elemanların üretimlerine ilişkin bir görsel Şekil 1.6' da sunulmaktadır.



**Şekil 1.6.** Hafif yapı elemanı olan blokbims üretimi

Bims blokların bina türü inşaatlarda asmolen ve duvar malzemesi olarak kullanılması sonucu daha az betona ihtiyaç duyulmakta ve işçilikten tasarruf sağlanarak bina maliyetinde düşüş sağlanmaktadır. Şekil 1.7' de örneği sunulan bimsblok duvarların düzgün yüzeyli ve dekoratif görünümü olduğundan kaba ve ince sıvaya ihtiyaç duyulmadan; tek kat sıva ile kaplanabildiğinden daha ekonomik imalatlar olduğunu ifade etmek mümkündür. Ayrıca bims blokların kullanıldığı duvarlarda direkt seramik veya alçı kaplama uygulanabilmekte, sıva üstü çatlamada olmamaktadır.



**Şekil 1.7.** Blokbims duvar örneği

Blokbimslerin bir diğer önemli özellikleri ise erime sıcaklıklarının yüksek olması nedeniyle yangına dayanıklı oluşlarıdır. Erime sıcaklığına ulaştıkları anda ise; çevreye zararlı herhangi bir gaz çıkartmadığı için yangın zararı en az olan inşaat malzemelerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Bimsbloklar ortalama 1.100 °C yanma

ısısında asgari 239 dakika alev almama, şekil ve boyut kaybetmeme ve duman çıkarmama özelliğine sahiptirler (Anonim 2012).

Blokbimslere pomza ve çimento haricinde yabancı bir malzeme, kimyasal eklenmediği için bu ürünler doğal malzemeler olarak kabul edilmektedir. Doğal malzemeden oluşan blokbimsler gözenekli yapısından dolayı ortamın nemini dengeleyerek ortama doğal havalandırma yapar böylece nefes alan ve koku yapmayan mekânlar oluşturma özelliği gösterirler. Blokbimslerin hammaddesi olan pomza üretiminde son derece az enerjiye ihtiyaç duyulduğundan ve herhangi bir atık oluşturmadığından bu imalat çevre dostudur. İş güvenliği ve sağlığı açısından da blok bims üretiminin önemli denebilecek bir tehlikesi bulunmadığını ifade etmek mümkündür.

### 1.4. Harçlar

Tez çalışması kapsamında atık pomza tozu kullanılarak yeni bir harç üretiminin mümkün olup olmadığı deneysel olarak incelenmiştir. Bu nedenle, harçlar konusunda genel olarak bilgi sunulmasında yarar görülmektedir.

Harçlar kullanılacakları yere göre özellikleri ve sınıfı belirlenmiş agregaya ile bağlayıcı olarak çimento, kireç, alçının yeteri kadar su ilavesi ile oluşturulan plastik kıvamlı bağlayıcı malzemelerdir. Gerekli görülmesi halinde harç karışımına katkı malzemeleri de eklenebilmektedir. Geçmişten günümüze kadar çamur ve Horasan harcı gibi birçok bağlayıcı malzeme kullanılmıştır. Günümüzde ise en çok tercih edilen bağlayıcı türleri çimento ve kireç harçlarıdır. Harçlar; kullanım amacına, imalatın özelliklerine uygun agregaya sınıf ve granülometrisine, katkı maddelerine göre; kargir duvar harcı, kaba sıva harcı, ince sıva harcı, serpmeye ve çarpma sıva harcı, şap harcı, tesviye tabakası harcı, su yalıtımı şapı veya sıvası harcı, ısı yalıtımı betonu ve sıvası harcı vb. adlarla kullanılmaktadır (Subaşı 2018).

Bu tez çalışmasında agregaya olarak atık pomza tozu kullanılarak üretilen harçlar da bağlayıcı malzeme olarak çimento kullanılmıştır. Geleneksel çimento harcı ise kum, çimento ve su ile elde edilen hidrolik bir bağlayıcı malzemedir. Harçta kullanılan çimento türü ve miktarı dayanıma önemli oranda etki etmektedir. Çimento harçları yüksek

mukavemet ve yüzeye iyi yapışma özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir (Subaşı 2018).

Çevre ve şehircilik bakanlığı tarafından 2019 yılında yayınlanan İnşaat Genel teknik şartnamesinde harç ve sıva uygulamalarına göre yapılarda kullanılacak çimento harcı kullanılacağı yere, özellik, sınıf ve granülometrisine göre uygun miktarlarda harç kumu (0-2 mm) ile çimento kuru karıştırılarak homojen hale getirilir. Takiben kullanıma uygun kıvama gelinceye kadar su ile ıslatma-karıştırma yöntemiyle imal edilir ve çimentolu şerbetin akmasına engel olunur. Harç miktarı bir saatlik sürede kullanılabilecek kadar hazırlanmalıdır. Bir saatten fazla bekletilmiş harç kullanılmamalıdır. Erken priz yapan çimento kullanılması durumunda, tekneler içinde hazırlanan harç az miktarda yapıp hemen kullanılmalıdır. Harcın kullanım amacına uygun olarak katkı maddeleri kullanılmak istenmesi halinde harca ve içindeki diğer malzemelere zarar verilmemesi şarttır. Çimento harçları, karıştırma makinesinde yapılıyorsa en az üç dakika karıştırılarak yapılmalıdır. Elle yapılması halinde kuru ve yaş karıştırma üçer defa yapılmalıdır. Çevre ve şehircilik bakanlığı tarafından 2019 yılında yayınlanan İnşaat Genel teknik şartnamesinde harç ve sıva uygulamaları bölümünde belirtilen harç ile ilgili standartlar TS EN 998-1 (2017) ve TS EN 998-2 (2017) olarak belirtilmiştir.

Çimento esaslı harçlar duvar elemanları arasında bağlayıcı malzeme olarak kullanılmanın yanı sıra sıva uygulamalarında da kullanılmaktadırlar. Sıvalar bina içinde ve dışında pürüzsüz yüzeyler elde etmek, binayı teşkil eden yapı elemanlarını dış etkilere karşı koruyarak (sıcak, soğuk, kar, yangın tehlikesi vb.) yapıda estetik bir görünüş temin etmek amacıyla uygulanırlar (Anonymous 2003). Sıva harcının da bir yüzeye yetecek kadar bir defada hazırlanması ve hemen kullanılması gerekmektedir. Çimento harcında belirtilen kullanım süresine sıva harcında da aynen uyulması gerekmektedir. Sıva harçları kullanım amacına, agrega sınıfına, katkı maddelerine göre; kaba sıva duvar harcı, ince sıva harcı, ısı yalıtımı betonu ve sıvası harcı vb. adlarla kullanılmaktadır. Sıva ile ilgili ulusal standartlarımız TS EN 13279-1(2007) ve TS EN 998-1(2017)'dir.

### 1.5. Duvarlar

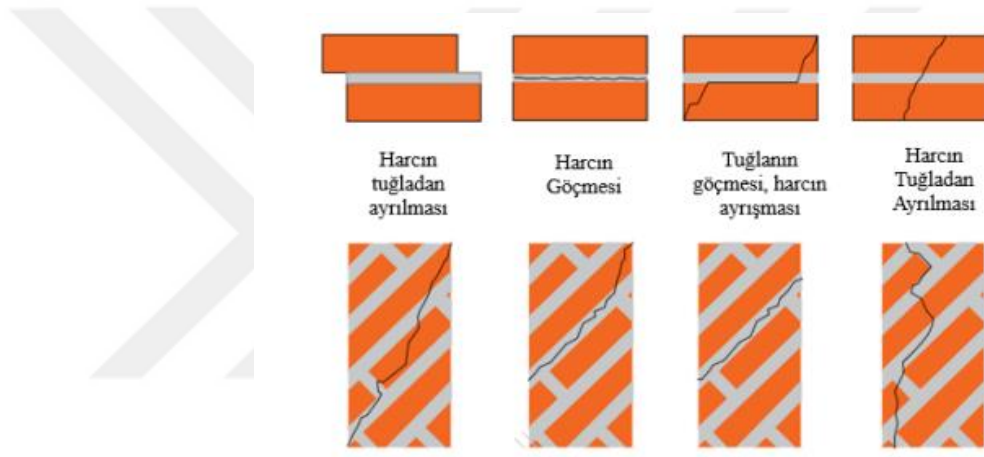
Tez çalışması kapsamında incelenen harçların başta blokbims elemanlarla inşa edilecek duvarlar olmak üzere, muhtelif duvar inşaatlarında bağlayıcı malzeme ve sıva olarak kullanılması hedeflenmektedir. Bu nedenle, deneysel çalışma kapsamında üretilen harçlarla bims blok duvar numuneleri imal edilerek mekanik dayanım testlerine tabi tutulmuştur. Duvar numunelerinde sıva uygulaması yapılarak, hem uygulama esnasındaki pratik tecrübe edilmiş hem de aynı zamanda harç olarak kullanılan sıvanın bimsblok yüzeyine tutunma özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi hedeflenmiştir. Üzerinde çalışma yapılan harç karışımları duvar imalatlarında kullanılacağından, bu alt bölümde duvarlar konusunda kısaca bilgi sunulmasında yarar görülmektedir.

Duvarlar yük taşıma özellikleri bakımından taşıyıcı duvarlar ve bölme duvarlar olarak iki gruba ayrılır. Bölme duvarlar yük taşımayan duvarlardır. İskelet türü taşıyıcı sistemi olan binalarda bölme duvarlar iç ve dış cephelerde mahal alanlarını bölmek için imal edilirler. Bölme duvar elemanı olarak blok tuğlalar, gazbeton bloklar ve bims blokların yaygın olarak kullanıldığını ifade etmek mümkündür. Bölme duvarlar dış mekânla bağıntıyı kesen ve binayı dış etkilere karşı koruyan elemanlar olarak değerlendirilmektedirler.

Yığma yapıların ana taşıyıcı elemanı olan duvarlar yapıya etki eden iç, dış yükleri taşıyıp bu yükleri temele aktaran yapı elemanıdır. Yığma yapılarda yük aktarımı kullanılan malzeme ve harç arasında olmaktadır. Dolayısıyla duvarlarda meydana gelen hasarlar doğrudan taşıyıcı sistemi etkiler. Temel fonksiyonu yük taşıma olan taşıyıcı duvarlar; aynı zamanda dış mekânla bağıntıyı kesen eleman olmalarından dolayı dış etkilere karşı da binayı korumaktadır. Ülkemizde yığma yapı imalatlarında taş, tuğla, biriket, gazbeton ve kerpiç gibi malzemelerin yaygın olarak kullanılmış olduğunu ifade etmek mümkündür. Ancak, 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, yığma yapı taşıyıcı duvar imalatlarında boşluklu beton briketlerin, bölme(dolgu) duvarlar için üretilmiş diğer tuğlaların, kerpiç, moloz taş, pomza taşı ve benzeri biçim verilmiş blokların hiçbir zaman taşıyıcı duvar malzemesi olarak kullanılamayacağını net bir kural olarak ortaya koymaktadır (TBDY 2018).

## 1.GİRİŞ

Çalışma kapsamında bims bloklardan mamul örnekler üzerinde duvar blok testleri yapıldığından duvarlarda hasar oluşumu konusuna kısaca değinilmesinde yarar görülmektedir. Düşey ve yatay yüklere maruz kalan taşıyıcı duvarlarda basınç ve çekme gerilmeleri oluşmakta ve bu gerilmeler taşıma gücüne ulaştığı anda yapıda hasarlar meydana gelmektedir. Duvarlarda çatlakların zamanla artması, malzemelerin dayanımının düşük olması, yetersiz derz kullanımı gibi birçok sebebe bağlıdır. Taşıyıcı olmayan bölme (dolgu) duvarlar ise hasara neden olan birincil etkinin deprem gibi yatay yük etkileri altında ortaya çıkan kesme kuvvetleri olduğunu ifade etmek mümkündür. Kesme kuvvetleri etkisi altındaki duvarlarda meydana gelebilecek hasar örnekleri Şekil 1.8' de sunulmaktadır.



Şekil 1.8. Yığma tuğla duvarlarda çatlak oluşumu ve göçme biçimleri (Aköz 2008)

### 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Ulusal veri tabanlarında blokbims üretimi sırasında oldukça fazla olan (0-1 mm) inceliğindeki toz pomzayı bimsblok yapıştırıcı harç grubunda yeni bir ürün geliştirilmesine dair herhangi bir çalışmaya erişim sağlanamamıştır. Uluslararası veri tabanları araştırılarak kısıtlı sayıda da olsa konuyla ilişkilendirilebilecek çalışmalara ulaşılmıştır. Erişilebilen literatür özetleri bu bölümde sunulmaktadır.

Şahin (1996), çalışmasında Kocapınar pomza agregasının hafif beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Normal agregalı karışımlara farklı oranlarda pomza agregası eklenerek üç farklı çökme değerlerine sahip betonlar üretilmiştir. Üretilen beton karışımlarına farklı dozajlarda çimento eklenip dozajın betona etkisi incelenmiştir. Çalışmada ek olarak dozajı belli betonlarda karışıma çimento ağırlığına oranla birkaç farklı oranlarda puzolan katılarak pomzanın puzolanik özelliğinin olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışma sonucunda pomza agregalı üretilen betonların birim ağırlığının, normal agregalı üretilen betonların birim ağırlığından daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca birim ağırlığı düşen karışımların dayanımında düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Betonlarda artan çimento dozaj miktarı hem dayanımı hem de birim ağırlığı artırmıştır. Ayrıca karışımlara puzolan eklenmesi mukavemette düşüşe neden olduğu tespit edilmiştir.

Marks et al. (1998), çalışmalarında pomza tozunun ve kuvars tozunun gerilmelere karşı dirençlerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda pomza ve kuvars tozunun yoğunluklarının benzer olduğu ancak gerilmeler karşısında deforme olmama dirençlerinde farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Kıvrak (2006), çalışmasında atık olarak ortaya çıkan uçucu külü değerlendirmek için Isparta pomzası ve çimento ile yaptığı bimsblok karışımında, çimentoyu kütlece belirli oranlarda azaltarak yerine uçucu kül kullanmış ve oluşturduğu bimsblokların mekanik ve fiziksel özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda uçucu külün bimsbloklara yalnızca birim hacim kütle değerlerinde yarar sağladığı görülmüştür.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

Yazıcıoğlu vd (2006), yaptıkları çalışmada Elazığ yöresi pomzasının hidratasyon reaksiyonu yapabilmesi için pomzayı çimento inceliğinde öğütürerek farklı oranlarda çimento ile yer değiştirip yeni karışımlar oluşturmuşlardır. Bu çalışmada kontrol betonu dışındaki karışımlara %10 silis dumanı eklenip ikinci bir seri oluşturulmuş ve silis dumanının basınç dayanımına etkisi gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda, %20 oranında çimento ile yer değiştirilen pomza tozlu karışımın kontrol numunesine göre basınç dayanımının daha düşük çıktığı görülmüştür. Pomzalı karışımlara silis dumanı eklenmesinin basınç dayanımına olumlu yönde etki ettiğini tespit etmişlerdir.

Erdoğan (2007), çalışmasında Nevşehir- Toprakkale bölgesinden temin edilen asidik ve bazik kökenli pomzaların yapı sektöründe hafif beton agregası olarak kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında pomzaların özellikleri standartlara uygun olarak incelenmiş ve asidik pomzanın birim hacim ağırlığının bazik pomzaya göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ardından birim hacim ağırlığı düşük olan asidik pomza kullanılarak 4 farklı tip, boyut, şekil ve ağırlıkta bimsbloklar üretilip, mekanik özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak yapı sektöründe kullanıma uygun bir malzeme olduğu belirlenmiştir.

Coşkun vd (2007), çalışmalarında farklı kür şartlarının basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliğine etkisini incelemek için pomza agregası ve silis dumanı ile taşıyıcı hafif beton numuneler oluşturmuşlardır. Çalışmada en iyi sonuçlar suda kür edilen numunelerde gözlemlenmiştir. Ayrıca bu çalışmaya göre yapılarda taşıyıcı hafif beton kullanılabileceği ve yapının ağırlığının azalması konusunda avantajlı olduğu görülmüştür.

Öz (2007), çalışmasında farklı oranlarda asidik pomza, dere kumu, uçucu kül ve kimyasal katkı kullanarak elde ettiği beton karışımlarının mekanik ve fiziksel özelliklerini değerlendirmiştir. Çalışmada istenilen özellikleri sağlamadığından dolayı agrega olarak yalnızca asidik pomza kullanılamamıştır. %60 asidik pomza, %40 dere kumu ile hazırlanan beton karışımı en iyi sonucu vermiştir.

Yıldırım (2007), çalışmasında Nevşehir pomzasını kullanarak hafif beton üretmiştir. Üretilen hafif beton numuneleri, tuzlu ve asidik su ortamlarında kür ederek

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

dayanımlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmanın sonuçları, betonun basınç ve çekme dayanımlarının tuzlu ve asidik su ortamları gibi agresif ortamlarda zamanla artan bir dayanım kaybına uğradığını göstermiştir. Bu sonuçlar betonarme yapılardaki dayanım kayıplarının azaltılması için ortam şartlarına da dikkat edilmesi gerektiğini düşündürmektedir.

Kotan (2009), çalışmasında betonda kullanılan normal agregaya yerine Pasinler – Demirdöven yöresindeki pomza agregasını kullanarak ürettiği hafif betonlara, farklı sıcaklık ve sürelerle uygulanan atmosferik basınçlı buhar kürünün etkisini incelemiştir. Üretilen hafif betonların sonuçları incelendiğinde pomza agregasının taşıyıcı ya da yalıtım amaçlı hafif beton üretiminde agregaya olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir. Pomza ile üretilen hafif beton elemanlarının atmosferik basınçlı buharla kür edilmeleri sonucunda daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olduğu görülmüştür.

Fleischer et al. (2010), çalışmalarında pomza tanecikleri ve epoksi ile bir karışım hazırlamışlardır. Karışımlardan elde ettikleri dikdörtgen prizma şeklindeki numuneleri bazı gerilmelere maruz bırakmışlardır. Böylece pomza taneciklerinin gerilmeler altındaki şekil değişimlerini incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda pomzanın gerilmelere dayanıklı, kompozitlere alternatif malzeme olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Tanyıldız vd (2011), çalışmalarında agregaya olarak pomza taşıma, mineral katkı olarak Elazığ yöresine ait vişneçürüğü mermer tozunu kullanarak elde ettikleri taşıyıcı hafif betonun fiziksel ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre karışımdaki mermer tozu %20 oranında kullanılması durumunda kontrol numunesine göre dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliğini düşürdüğü; karışımdaki mermer tozunun %10 oranına düşürülmesi durumunda ise kontrol numunesine göre belirli zaman aralıklarında dayanımı arttırdığı görülmüştür.

Aras (2013), çalışmasında 4 farklı oranda pomza tozu (%0, %10, %20 ve %30 oranlarında) ve akışkanlaştırıcı (%0, %4, %8 ve %12 oranlarında) kullanarak ladin planya atıklarından üretilen çimentolu yonga levhaların fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, pomza tozunun kullanım miktarının artmasıyla levhaların eğilmede elastikiyet modülü ve yüzeye dik çekme dirençlerinde artış olduğu

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

görülmüştür. Ancak pomza tozunun kullanım miktarının artmasıyla da eğilme direnci ve ısı yalıtım özelliklerinde azalmanın meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ayrıca pomza tozu ile akışkanlaştırıcı kullanılarak üretilen levhaların yapı malzemeleri için öngörülen şartları da sağladığı görülmüştür.

Yaddollahı (2013), çalışmasında en çok kullanılan inşaat malzemelerinden olan portland çimentosunun üretimi esnasında ortaya çıkan olumsuz sonuçlarından dolayı; harç ve betonlarda kullanılan portland çimentosunun yerine çimento boyutunda öğütülmüş olan pomza agregasını ve silika modülünü farklı oranlarda kullanarak geopolimer hamurlar elde etmiş ve bu hamurlar üzerinde deneyler yapmıştır. Çalışma sonucu incelendiğinde ise silika modülü basınç mukavemetine olumlu yönde etki ettiği görülmüştür.

Taherishargh et al. (2015), çalışmalarında asidik pomzanın dolgu malzemesi olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Asidik pomza taneciklerini paketlemek için 700 °C'de eritilmiş alüminyum vakumlu bir ortamda pomzanın üzerine dökülmüştür. Oda şartlarında soğuyan numunelerin SEM cihazındaki görüntüleri incelendiğinde pomzanın alüminyum ile çok az miktarda etkileşime girdiği görülmüştür. Bunun sonucunda pomzanın kararlı bir malzeme olduğu ve dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Miryan (2016), çalışmasında Nevşehir- Kaymaklı bölgesindeki asidik pomzanın fiziksel özelliklerini belirlemek için numunelerin üzerinde toplam porozite (%), kuru birim ağırlığı ( $kN/m^3$ ), doymuş birim ağırlığı ( $kN/m^3$ ) ve boşluk oranı (e) gibi fiziksel deneyler yapmıştır. Deneyler sonucunda toplam porozite ile boşluk oranının birbiriyle ilişkili olduğu görülmüştür. Çalışmada pomzanın endüstriyel alanda oldukça geniş kullanıma sahip olabileceği de belirtilmiştir.

Şaştım (2016), çalışmasında kendiliğinden yerleşen betonda öğütülmüş pomza kullanımının donatı aderansına etkisini araştırmıştır. Çalışmada çimento ile yer değiştirmeli olarak farklı oranlarda öğütülmüş pomza tozu ile karışımlar hazırlanmıştır. Karışımlarda Ø20'lik demirler kullanılarak küp ve dikdörtgen numuneler elde edilmiş, numunelerin aderans dayanımları deney sonuçlarına göre değerlendirilmiştir. Deney sonuçlarına bakıldığında ise %12 pomza tozu oranlı numunenin en yüksek aderans dayanımına sahip

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

olduğu belirlenmiştir ve basınç değerleri ile aderans dayanım değerleri arasında paralellik olduğu gözlemlenmiştir.

Oğuz (2019), çalışmasında pomzanın parçacık boyutu analizini yaparak endüstriyel alanda kullanımının yaygınlaştırılmasını hedeflemiştir. Çalışmada Adıyaman ili organize sanayi bölgesindeki yapı kimyasalları üreten bir firmanın talebi doğrultusunda mikronize hale getirilen pomza tanecikleri, elek analizi sonucuna göre sınıflandırmıştır. Sınıflandırılan pomza tozu, silikon esaslı dış cephe boyasına katkı maddesi olarak eklenip, pomza tozu katkılı silikon esaslı dış cephe boyası ve silikon esaslı dış cephe boyası arasındaki yoğunluk değerlendirmesi SEM cihazı kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak silikon esaslı dış cephe boyasında katkı maddesi olarak kullanılan pomza tozunun gözenekli ve süngerimsi yapısından dolayı pomza tanecikleri ve silikon arasındaki ıslaklığın iyi olduğu görülmüştür. Ayrıca binalarda oluşan dış çatlakların, pomza tozu katkılı silikon esaslı dış cephe boyasının esnekliği nedeniyle ortadan kaldırılabileceği de çalışmada gösterilmiştir.

Ramazanoğlu (2020), çalışmasında Bitlis yöresindeki pomzanın perlitle birlikte yalıtım şaplarında kullanılmasını araştırmıştır. Çalışmada pomza ve perlit içeren farklı 6 adet şap, kıyaslama yapabilmek için klasik kumlu şap ve modernize kumlu şap numuneleri oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında oluşturulan şap numuneleri üzerinde birim ağırlık deneyi, ultrasonik ses geçirgenlik deneyi, basınç deneyi yapılmıştır. Elde edilen veri sonuçları incelendiğinde, klasik kumlu şap numunesi ile tamamen pomza ile hazırlanan şap numunesinin dayanımının yaklaşık aynı çıktığı ancak pomza ile hazırlanan şap numunesinin, klasik kumlu şap numunesine oranla %20 oranında ağırlık azalışı olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda pomza ve kimyasal katkılı yapılan şap numunelerinin, kıyaslama yapılan şap numunelerine oranla 4 kat daha iyi yalıtım özelliğinin olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda yalıtım şaplarında pomza ve perlit kullanılarak şap üretiminin avantajlı olacağı belirtilmiştir.

Göksel (2021), çalışmasında Isparta ili Gelincik köyü pomzasının, 1.200°C'de sırlı bünye ve çamur bünye üzerindeki etkilerini araştırmıştır. 1.100°C ve 1.200°C sıcaklıklarda yapılan pişirimlerde pomzanın erimeye başlayıp sırra dönüştüğünü ve pomza taşının %100 hammadde olarak sır bünyesinde kullanıldığında sır etkisi yarattığı

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

---

görülmüştür. Ancak çömlekçi çamurunda kullanılan pomza tozu ile yapılan bünye denemelerinde ise yüksek sıcaklığın etkisiyle renk tonlarında değişiklik olduğu ve yüzeyde deformasyonların meydana geldiği gözlemlenmiştir. Bu sebeple pomza tozunun çömlek yapımında kullanılmasının uygun olmadığı belirlenmiştir.

Mohammed (2021), çalışmasında farklı oranlarda öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve pomzayı kullanarak ürettiği harçların mekanik özelliklerini incelemiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre; harçlardaki cüruf:pomza oranının basınç dayanımını etkilediği görülmüştür. Harçlarda pomza oranı arttıkça basınç dayanımında düşüş yaşandığı ve pomzanın yüksek sıcaklık karşısında iyi bir direnç gösterdiği gözlemlenmiştir.

Coşkun vd (2022), çalışmalarında pomza tozu ve polipropilen lif takviyesinin çimento harçlarına etkisini incelemiştir. Harç karışımlarının tümünde %10 oranında çimento ve pomza tozu yer değiştirilmiş, polipropilen lifi değişken olarak kullanılmışlardır. Farklı oranlarda hazırlanan karışımlardan alınan numunelerin 28 günlük basınç dayanımları, eğilme dayanımları ve dinamik elastisite modülleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre pomza tozunun basınç dayanımını, eğilme dayanımını ve dinamik elastisite modülünü bir miktar arttırdığı gözlemlenmiştir. Numunelerde polipropilen lif ilavesi arttıkça eğilme dayanımının arttığı ancak basınç dayanım değerlerinin bir miktar azaldığı tespit edilmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Pomza agregası kullanarak blokbims grubu hafif yapı elemanları üreten Kale Blokbims A.Ş. firmasının üretim sahasında birikmekte olan atık pomza tozu (0-1 mm) kullanılarak “pomza tozu+çimento” içeriğinde yeni bir harç üretilmesi bu tez çalışmasının temel amacıdır. Fabrikada devam eden üretimle birlikte artmakta olan oldukça ince pomza agregasının yeniden üretime kazandırılmaması halinde çevresel sorun oluşturacağı açıktır. Bu nedenle, “pomza tozu+çimento” içeriğinde yeni bir ürünün firmanın üreticisi olduğu yapıştırıcı harç grubunda üretilmesinin teknik olarak araştırılmasını konu edinen bu tez çalışmasında deneysel çalışmalar iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada muhtelif oranlarda pomza tozu kullanılarak üretilen harç karışımlarının mekanik özellikleri normal kum agregası ile imal edilen referans harç ve firmanın halihazırda üretmekte olduğu iki ayrı hazır harç karışımı (K-Fix Stone) ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İkinci aşamada ise pomza tozu ile üretilen harç karışımları ve bimsbloklar kullanılarak imal edilen duvar numunelerinin mekanik davranışları deneysel olarak incelenmiştir. Blok duvar numunelerinin yarısına sıva uygulaması yapılarak; üretilen harcın aynı zamanda sıva olarak kullanılabilirliğinin mekanik davranış ve pratik uygulama bakımından incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu bölümde öncelikle deneysel çalışmada kullanılan materyal ve devamında takip edilen yöntem hakkında bilgi sunulmaktadır.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Agregalar

Harç üretimi amacıyla yürütülen birinci aşama dâhilindeki çalışmalarda firmanın üretim sahasında atık olarak birikmekte olan (0-1 mm) pomza tozu ve standart harç kumu olarak bilinen (0-2 mm) ince agrega kullanılmıştır. Agregalar ve deneysel çalışmada kullanılan tüm malzeme Erzurum ili Pasinler ilçesinde kurulu bulunan Kaleblok Bims A.Ş. firması tarafından temin edilmiştir. Pomza tozu fabrika sahasındaki pomza agregalarının elenmesi sonucu ayrılan 0-1 mm aralığında tane çapına sahip oldukça ince agregadır ve çalışma süresince “pomza tozu” olarak adlandırılmıştır. Bu grup agrega firmanın üretmekte olduğu hafif yapı elemanı grubu ürünlerde muhtelif nedenlerle

kullanılmadığından atık malzeme olarak bekletilmektedir. Çalışmada kullanılan pomza tozuna ilişkin genel bir görüntü Şekil 3.1’ de sunulmaktadır.



**Şekil 3.1.** Çalışmada kullanılan atık pomza tozu yığınının fabrika sahasındaki genel görüntüsü.

#### 3.1.2. Çimento

Malzeme tedarikinde yaşanan aksaklık nedeniyle çalışmada CEM IV/B 32,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Zira Kaleblok Bims A.Ş. firmasının halihazırda hafif yapı elemanları üretiminde kullandığı çimento CEMI 42.5 R tipi çimentodur ve ileride “pomza tozu+çimento” içeriğinde bir harç üretilmesi gündeme geldiğinde CEMI 42.5 R tipi çimento kullanılacağı dikkate alınmalıdır. Çalışmada kullanılan CEM IV/B 32,5 R tipi çimentonun üretici firma tarafından beyan edilen muhtelif özellikleri Çizelge 3.1’de sunulmaktadır.

**Çizelge 3.1.** CEM IV/B 32,5 R tipi çimentonun özellikleri

Özellik	Değer
Genleşme (mm)	$\leq 10$
Priz başlama süresi (dakika)	$\geq 75$
28 Günlük Dayanım (MPa)	$\geq 16,0$
28 Günlük Dayanım (MPa)	$\geq 32,5 \leq 52,5$
Yoğunluk ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	2,75 – 2,80
TSE	TS EN 197-1(2012)

#### 3.1.3. Karışım suyu

Çalışma sırasında harç imalatlarında ve diğer tüm uygulamalarda Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'ndaki musluklardan akan şebeke suyu kullanılmıştır. Karışım suyu hiçbir işleme tabi tutulmadan kullanılmıştır.

#### 3.1.4. K-Fix-Stone yapıştırma harcı

Çalışma kapsamında referans olarak kullanılan ve Kaleblok Bims A.Ş. firmasının yapı kimyasalları bünyesinde *ince ve kalın tanecikli* olarak ürettiği çimento esaslı, tek bileşenli polimer katkılı, esnek, yüksek performansa ve stabiliteye sahip kalın yatak yapıştırma harcı olan K-Fixstone (1017) ve K-Fixstone (3046) Bims – Gazbeton yapıştırıcısı kullanılmıştır. K-Fixstone (1017) ve K-Fix-stone (3046) Bims – Gazbeton yapıştırıcısı iç dış mekânlarda yatay ve düşey yüzeylerde, doğal taş, granit, mermer, kaplama tuğla veya büyük ebatlı seramik gibi kaplamaların yapıştırılmasında, taraklama yapılmaksızın zemine kaplamaların yapıştırılmasında kullanılan; iç ve dış pazarda alıcısı olan bir üründür. Referans malzeme olarak değerlendirilen K-Fix Stone yapıştırma harcının piyasaya sürülen torba ürün görüntüsü Şekil 3.2'de, muhtelif teknik özellikleri ise Çizelge 3.2'de sunulmaktadır. Çizelge 3.2'de belirtilen değerler  $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklık ve  $\%50 \pm 5$  bağıl nemli ortam koşulları için verilmiştir.



Şekil 3.2 K-Fix Stone yapıştırma harcı ürün görseli

**Çizelge 3.2. K-Fix Stone yapıştırma harcı özellikleri**

Özellik	Değer
Görünüş	Gri, renkli kalın toz
Toz Yoğunluk	1,45 kg/lt
Su Karışım Oranı	8 – 10 lt su / 25 kg toz
Agrega en büyük tane büyüklüğü	<2mm (TS EN 1015-1)
İşlenebilme süresi	120 dk (TS EN 1015-9 madde 7 B Metodu)
Yoğunluk (sertleşmiş harç)	1.650 ±350 kg/m <sup>3</sup> (TS EN 1015-10)
Bağ dayanımı	≥0,3N/mm <sup>2</sup> (28 gün)(TS EN 1348)
Basınç dayanımı	M10≥10 N/mm <sup>2</sup> (28 gün)(TS EN 1015-15)
Hava içeriği	Max.%21 (TS EN 1015-7)
Klorür içeriği	Harcın kum kütle sine oranı(TS EN 1015-10)
Su emme	0,35 kg/m <sup>2</sup> . dak <sup>0.5</sup> ( TS EN 10118)
Isıl iletkenlik	0,67 W/Mk /(ts en 1745- çizelge A12)
Yangın sınıfı	A1- Yanmaz (TS EN 13501-1)
Su buharı geçirgenliği	W1 Ic≤0,40

#### 3.1.5. Blokbimsler

Çalışma kapsamında aksel basıncı dayanımı testleri için 190\*400\*100 mm boyutlarındaki boşluklu blokbimsler ve kesme dayanımı testleri için 50\*100\*200 mm boyutlarındaki dolu blokbimsler kullanılmıştır. Boşluklu bims blokların kalınlıkları 100mm, dolu blok bims blokların kalınlıkları ise 50 mm' dir. Deneysel çalışma kapsamında kullanılan bims blokların genel görünüşleri Şekil 3.3'te sunulmaktadır.



**Şekil 3.3.** Çalışma kapsamında kullanılan blok bims numuneler

#### 3.2. Yöntem

Bu bölümde deneysel çalışma süresince takip edilen yöntem hakkında bilgi sunulmaktadır.

Bu bölümde ince agregalar (0-2 mm-harç kumu) ve pomza tozu (0-1 mm) agregasının elek analizi deneyleri yapılmıştır. Çalışma TS EN 998-1 (2017) standardına uygun 1:3 oranında çimento:kum sabit hacim oranlı olan karışım ve firmanın ürettiği yapıştırma harcı referans alınarak, çeşitli oranlarda pomza tozu ile yapılan harç karışımlarının basınç dayanımları ve bu harçlarla yapılan blok duvar numunelerin dayanım deneyleri yapılmıştır.

##### 3.2.1. Agregalar deneyleri

Harç imalatı öncesi agregalar üzerinde birim hacim ağırlık tayini ve elek analizi deneyleri yapılmıştır. Agregaların birim hacim ağırlık tespiti için öncelikle değişmez ağırlığa erişinceye kadar etüvde kurutulma işlemi yapılmış; sonrasında 1 dm<sup>3</sup> hacimli kaplara ilgili malzeme doldurularak tartılmış ve birim hacim ağırlık tayini gerçekleştirilmiştir. Çok kez tekrarlanan bu tartım işlemi neticesinde; pomza tozunun birim hacim ağırlığı 924,6 gr/dm<sup>3</sup> ve doğal kum agregasının birim hacim ağırlığı ise 1.648,3

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

gr/dm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sayısal verinin irdelenmesi amacıyla yapılan literatür incelemesinde; pomza tozunun birim hacim ağırlığı Dinçer ve Çağatay (2004) çalışmasında 773 gr/dm<sup>3</sup>, Akkaş (2011) çalışmasında 1.130 gr/dm<sup>3</sup> olarak edilmektedir. Tez çalışmasında ise pomza tozu birim ağırlığı 924,6 gr/dm<sup>3</sup> olarak bulunan değer sunulan literatür ile uyumlu olarak değerlendirilmektedir. Pomza tozu için belirli aralık dâhilinde farklı birim hacim ağırlığı elde edilmesi gayet doğaldır. Zira; pomza tozu son derece boşluklu ve heterojen yapıya sahip bir malzemedir.

Çalışma kapsamındaki temel referans harç karışımlarından birisi TS EN 998-1 (2017)' e uyumlu olarak imal edilen 1:3 (çimento:kum) sabit hacim oranlı harç karışımıdır. Bu karışımın imalatı için kullanılan normal ağırlıklı kum için yapılan deney neticesinde birim hacim ağırlık 1648,3 gr/dm<sup>3</sup> olarak tayin edilmiştir. Topçu ve Demir (2009) çalışmasında harç imalatında kullanılan standart kum için birim hacim ağırlık 1.352 gr/dm<sup>3</sup> olarak rapor edilirken; Anonim (2022a) benzeri muhtelif kaynaklarda 1.800 gr/dm<sup>3</sup> mertebesinde değerler sunulmaktadır. Bu değerler dikkate alındığında, doğal kum için 1.648,3 gr/dm<sup>3</sup> olarak tayin edilen birim hacim ağırlığın literatür ve uygulama verisi ile uyumlu olduğu ifade edilebilmektedir.

Agregalar üzerinde yapılan ikinci deneysel inceleme çalışması ise elek analizleri olmuştur. Pomza tozu ve doğal ince kum agregası üzerinde TS-802 (2016) ve TS EN 206 + A2 (2021) esas alınarak yapılan elek analizi sonucunda elde edilen tartım verisi pomza tozu ve doğal kum için sırasıyla Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4' te sunulmaktadır.

**Çizelge 3.3.** Pomza tozu elek analizi sonuçları

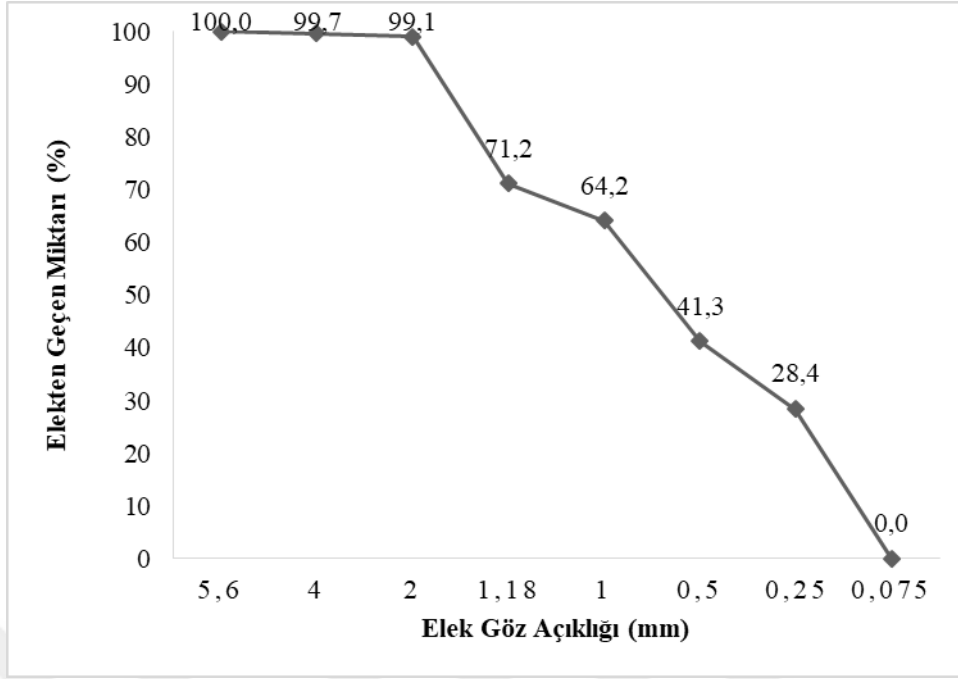
Elek Göz Açıklığı (mm)	Elek Üstünde Kalan Malzeme (gr)	Kümülatif Kalan Malzeme (gr)	Kalan (%)	Geçen (%)
5,6	0,0			
4,0	4,9	4,9	0,3	99,7
2,0	8,7	13,6	0,9	99,1
1,18	415	428,6	28,8	71,2
1,0	104,2	532,8	35,8	64,2
0,5	340,6	873,4	58,7	41,3
0,25	191,6	1.065,0	71,6	28,4
0,075	423,0	1.488,0	100,0	0,0

**Çizelge 3.4.** İnce agraga (harç kumu) elek analizi sonuçları

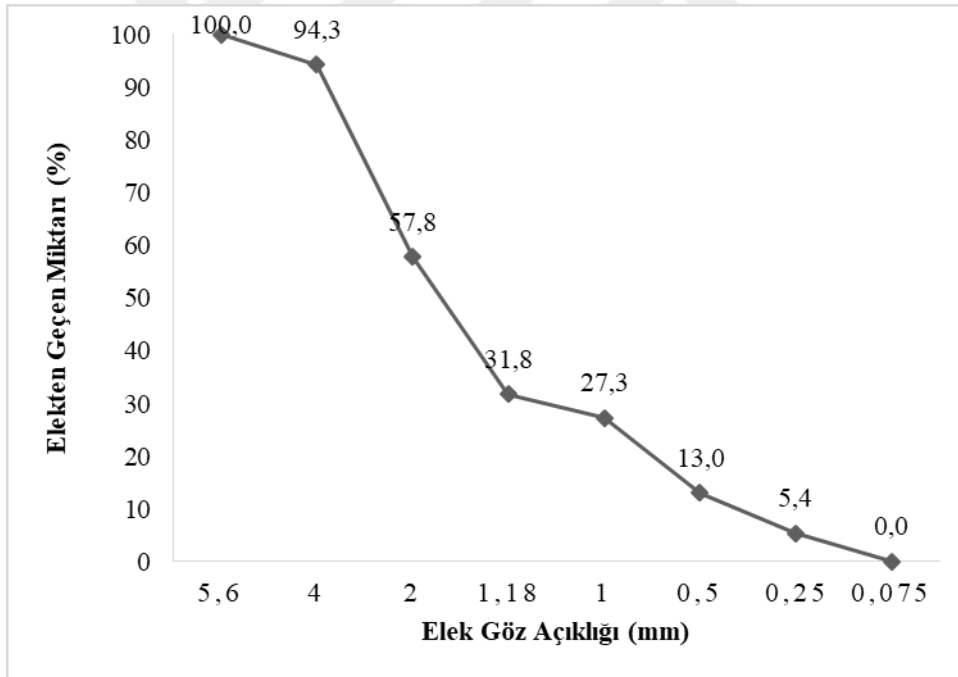
Elek Göz Açıklığı (mm)	Elek Üstünde Kalan Malzeme (gr)	Kümülatif Kalan Malzeme (gr)	Kalan (%)	Geçen (%)
5,6	0,0			
4,0	88,5	88,5	5,7	94,3
2,0	563,5	652,0	42,2	57,8
1,18	402,0	1.054,0	68,2	31,8
1,0	69,9	1.123,9	72,7	27,3
0,50	221,0	1.344,9	87,0	13,0
0,250	118,1	1.463,0	94,6	5,4
0,075	83,0	1.546,0	100,0	0,0

Elek analizi sonuçları incelendiğinde, 0-1 mm tane büyüklüğü aralığında olduğu kabul edilen pomza tozunun %71,2 oranında 1,18 mm ve altı tane büyüklüğüne sahip olduğu görülmektedir. Temini esnasında 0-2 mm tane büyüklüğüne sahip olduğu beyan edilen doğal kum agregasının ise %57,8 oranında 2 mm ve altı tanecik içerdiği, 4 mm altında kalan malzeme miktarının ise %94,3 oranında olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, her iki agreganın da temin esnasında beyan edilen tane büyüklüğünden daha kalın agrega içerdiği sonucuna varılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde, pomza tozu agregasının doğal kum agregaya göre daha fazla ince malzeme bulundurduğu da görülmektedir. Yapılan görsel inceleme neticesinde de; atık olarak adlandırılan pomza tozunun ve doğal harç kumunun biçimsel olarak düzgün yüzeyli taneciklerden oluştuğu görülmüştür. Görsel değerlendirme yapılabilmesi amacıyla; Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4'te sunulan veri kullanılarak hazırlanan granülometri eğrileri Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te sunulmaktadır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM



Şekil 3.4. Pomza tozu agrega için agrega granülometri eğrisi



Şekil 3.5. İnce agrega( harç kumu) için agrega granülometri eğrisi

#### 3.2.2. Sertleşmiş numune deneyleri

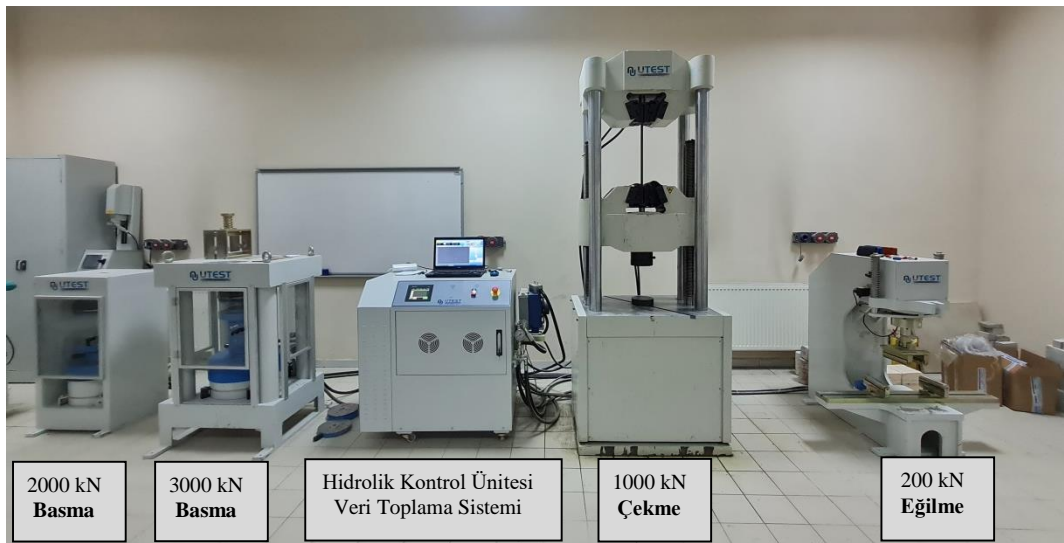
DeneySEL araştırma süresince harç numuneleri ve blok duvar numuneleri üzerinde mekanik yükleme deneyleri yapılmıştır. Pomza tozu kullanılarak üretilecek harçlardan ideal karışım oranlarının belirlenmesi amacıyla yapılan deneyler ilk aşama deneyler

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

olmuştur. Çalışmanın devamında, kullanımına karar verilen pomza tozu içerikli harç karışımları, doğal kum agregası ile üretilen standart harç ve firmanın üretimini yaptığı K-FixStone grubu harçlar kullanılarak duvar numuneleri üretilmiştir. Eksenel basınç dayanımı ve kayma direnci tayini amacıyla üretilen duvar numunelerine mekanik yükleme deneyleri yapılmış; imalatta kullanılan harç numuneleri üzerinde de eş zamanlı olarak eksenel basınç dayanımı tayini amacıyla tahribatlı deneyler yapılmıştır. Kullanılan tüm karışımlardan TS 206 + A2 (2021)'ye uygun şekilde numuneler alınmıştır.

Pomza tozu ile imal edilen harçlar üzerinde yapılan birinci aşama çalışmada, harç numuneleri üzerinde 28 günlük eksenel basınç dayanımı tayini deneyleri gerçekleştirilmiştir. Duvar blok numuneler üzerindeki deneyler için imalat sonrasında 28 gün geçmesi beklenmiş ve bu süre sonunda deneyler gerçekleştirilmiştir. Ancak, duvar blok imalatında kullanılan harçlar için 7 ve 28 günlük eksenel basınç dayanımı testleri yapılmıştır. Bunun nedeni ise sahada yapılacak duvar imalatında sonraki aşamalara geçme işleminin 28 günlük nihai dayanım kazanma süresinden önce olmasıdır.

Yüklemeye deneylerinde Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda bulunan ve Şekil 3.6'da genel bir görüntüsü sunulan UTEST marka universal yüklemeye sistemi kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Beton malzeme dayanım tayininde kullanılan universal test cihazı genel görünümü.

Şekil 3.6’da genel görünümü sunulan cihazın 3.000 kN’luk basma gövdesi TS EN 12390-3 (2019)’e uygun olarak yükleme yapabilen gövdedir ve harç numune dayanımları bu gövde kullanılarak belirlenmiştir. Deneyler yük kontrollü yapılmış ve yükleme hızı bütün küp numunelerde aynı değerde 0,589 MPa/sn olarak uygulanmıştır. Deney yük kontrollü yapıldığı için yükleme harç numunelerinin kırılma anına kadar yapılmış; sonrasında cihaz kontrol yazılımı deneyi otomatik olarak sonlandırmıştır.

Duvar blok deneyleri için ise Şekil 3.6’da sunulan sistemin 1.000 kN kapasiteli hidrolik test gövdesi kullanılmıştır. 3.000 kN’luk eksenel basma gövdesine duvar blok numuneleri sığmadığından (çeneler arası yükseklik yetersiz kalmıştır), duvar numuneleri 1.000 kN kapasiteli gövdede test edilmiştir. Söz konusu gövde TS 708 (2016)’a uygun olarak eksenel çekme /basma testlerinin yapılabildiği hidrolik yağ basıncı ile çalışan bir yükleme cihazıdır. Harç numunelerine benzer şekilde duvar blok numuneleri de 0,589 MPa/sn yükleme hızı ile yük kontrollü olarak deneye tabi tutulmuşlardır.

#### **3.2.3. Duvar blok numunelerinde kullanılacak harç karışım oranlarının belirlenmesi**

Atık pomza tozu kullanılarak yeni bir harç grubu ürün ortaya konulmasını konu edinen bu çalışmada; temel referans karışım olarak TS EN 998-1(2017) standardına uygun olarak 1:3 oranında çimento:kum içeren harç karışımı kullanılmıştır. Bu noktadan hareketle; belirtilen ana referans karışımla kıyaslanmak üzere aynı hacimsel oranda (1:3), çimento ve pomza tozundan mamul harç karışımı üretilmiş ve her iki karışımdan alınan 100x100x100 mm ölçülerindeki küp numuneler üzerinde 7 günlük eksenel basınç dayanımı testleri gerçekleştirilmiş ve sonuçlar toplu halde Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’da sunulmaktadır.

**Çizelge 3.5.** 1:3 hacimsel oranla çimento ve kum kullanılarak hazırlanan harç numunelerinin 7 günlük eksenel basınç dayanımı testi sonuçları.

Numune Kodu	Eksenel Basınç Dayanımı (MPa)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )
#1	20,5	2093,9
#2	20,8	2104,3
#3	21,1	2126,3
#4	21,1	2135,9
<b>Ortalama:</b>	20,9	2115,1

**Çizelge 3.6.** 1:3 hacimsel oranla çimento ve atık pomza tozu kullanılarak hazırlanan harç numunelerinin 7 günlük eksenel basınç dayanımı testi sonuçları.

Numune Kodu	Eksenel Basınç Dayanımı (MPa)	Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )
#1	14,5	1.507,5
#2	13,8	1.480,5
#3	14,9	1.500,9
#4	14,4	1.502,8
<b>Ortalama:</b>	14,4	1.497,9

Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6 birlikte incelendiğinde aynı tip ve miktar çimento ile aynı hacimsel oran kullanılarak üretilen harçlardan, agrega olarak atık pomza tozu kullanılarak üretilen harcın doğal kum agregalı harçtan daha düşük eksenel basınç dayanımı ve birim hacim ağırlık verisi sunduğu görülmektedir. Pomza tozu kullanılarak üretilen harcın 7 günlük ortalama eksenel basınç dayanımı ortalama 14,4 MPa iken, doğal kumun agrega olarak kullanıldığı harcın ortalama eksenel basınç dayanımı 20,9 MPa olarak belirlenmiştir. Atık pomza tozu kullanımının eksenel basınç dayanımında, doğal kum agregalı harca referansla %31 oranında azalmaya yol açtığı görülmektedir. Eksenel basınç dayanımına benzer bir kıyaslamanın ortalama birim hacim ağırlık değerleri için yapılması durumunda; atık pomza tozu kullanımının birim hacim ağırlıkta %29 oranında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Öyle ki; doğal kum agregası ile üretilen harcın 7 gün sonunda ortalama birim hacim ağırlığı 2.115,1 kg/m<sup>3</sup> olurken; atık pomza tozundan mamul harç için bu değer 1.497,9 kg/m<sup>3</sup> olarak tayin edilmiştir.

Deneysel araştırmanın bu aşamasında elde edilen eksenel basınç dayanımı değerlerinin irdelenerek muhtelif pomza tozu miktarları içeren yeni harç karışımlarının belirlenmesi amacıyla çalışma yapılmıştır. Atık pomza tozu kullanılarak 1:3 hacimsel karışım oranı ile üretilen harçların 7 günlük eksenel basınç dayanımları ortalama 14,4 MPa olarak belirlenmiştir. Bu değer kullanım uygunluğu bakımından değerlendirilmesi amacıyla Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği' nin yığma yapı tasarım ilkeleri ele alınmıştır. Her ne kadar bu tez çalışması kapsamında atık pomza tozu ile üretilen harçların duvar mekanik özellikleri üzerindeki etkisi hafif blok bims elemanlardan mamul numuneler üzerinde incelenecek olsa da; Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği' nde sunulan taşıyıcı yığma duvarlar için sunulan minimum harç dayanım değerleri referans olarak değerlendirilmiştir. Hafif blok bims elemanlarla taşıyıcı yığma duvar imalatı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği tarafından yasaklanmıştır (TBDY 2018). Buradaki karşılaştırmanın üretilen harçların taşıyıcı yığma duvar imalatında da kullanılabilirliğinin incelenmesi amacıyla yapıldığı ifade edilmelidir.

TBDY (2018), duvar imalatında kullanılacak harçlar için TS EN 1015-11(2020) standardı uyarınca belirlenecek en küçük küp numune eksenel basınç dayanımı değerinin donatısız ve kuşatılmış yığma duvarlar için 5,0 MPa, donatılı yığma duvarlar için ise 10,0 MPa olduğunu teknik olarak hükme bağlamıştır. Bu durumda 7 günlük ortalama eksenel basınç dayanımı değeri 14,4 MPa olan 1:3 hacimsel oranla atık pomza tozu ve CEM IV/B 32,5 R tipi çimentodan üretilen harcının taşıyıcı yığma duvar imalatlarında dahi kullanılabilir bir karışım olduğunun ifade edilmesi mümkündür.

Yukarıda sunulan ön çalışma sonuçları ışığında atık pomza tozunun agrega olarak kullanılarak duvar numunesi imalatında kullanılacağı harçların karışım oranları Kaleblok Bims A.Ş. firma yetkilileri ile birlikte belirlenmiştir. Firma yetkilileri çalışmanın bu aşamasında ürün gamında yer alan ve blok bims malzemeler içi yapıştırma harcı olarak satışta olan K-Fix-Stone (ince ve kalın) malzemenin de çalışmaya dâhil edilmesini talep etmişlerdir. Değerlendirme neticesinde Çizelge 3.7'de detayları sunulan harç karışımları kullanılarak blok duvar numunelerinin üretilmesine ve deneye tabi tutulmasına karar verilmiştir.

**Çizelge 3.7.** Blok duvar numunesi imalatlarında kullanılmasına karar verilen harçlar

Harç Numunesi Kodu	Açıklama	Çimento: Agrega Oranı (Hacimsel)	Agrega Türü
K-Fix_İ	Firma tarafından üretilen ve satışta olan K-Fixstone marka ince taneli yapıştırma harcı (1017, Isı yalıtım levha yapıştırma harcı)	-	-
K-Fix_K	Firma tarafından üretilen ve satışta olan K-Fixstone marka kalın taneli yapıştırma harcı (3046, Bims-Gazbeton yapıştırıcısı)	-	-
ÇK1_3	Çimento ve doğal kumdan mamul harç	1:3	Doğal Kum
ÇP1_3	Çimento ve atık pomza tozundan mamul harç	1:3	Atık Pomza Tozu
ÇP1_4	Çimento ve atık pomza tozundan mamul harç	1:4	Atık Pomza Tozu
ÇP1_5	Çimento ve atık pomza tozundan mamul harç	1:5	Atık Pomza Tozu
ÇP1_7	Çimento ve atık pomza tozundan mamul harç	1:7	Atık Pomza Tozu

Çizelge 3.7’ de toplam 7 harç karışımı sunulmuştur. Bunlardan ilk üç harç grubu (*K-Fix\_İ*, *K-Fix\_K* ve *ÇK1\_3*) temel referans harçlardır. *ÇP1\_3*, *ÇP1\_4*, *ÇP1\_5*, *ÇP1\_7* kodlu harçlar ise atık pomza tozu ile farklı hacimsel karışım oranlarında imal edilecek muayene grubu harçlardır. Çizelge 3.7’de belirtilen tüm harç grupları kullanılarak blok duvar imatları yapılmış ve numuneler aksenal basınç dayanımı ve kayma direnci tayini amacıyla tahribatlı deneylere tabi tutulmuşlardır.

Takip eden alt bölümde blok duvar numunesi tasarımları ve imalat detayları hakkında bilgi sunulmaktadır.

#### 3.2.4. Blok duvar numuneleri

Atık pomza tozu kullanılarak üretilecek harçların temel olarak blok bims grubu ürünler ile yapılacak duvar imatlarında kullanılması öngörüldüğünden; üretilecek harçların blok bimsler ile imal edilecek duvar numunelerinin mekanik davranışları üzerinden değerlendirilmesi gerekli görülmüştür. Ancak, bu noktada çalışmanın yürütüleceği laboratuvar koşulları kısıtlayıcı olmuştur. Bims bloklar kullanılarak tam

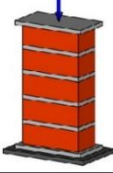
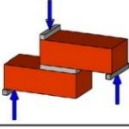
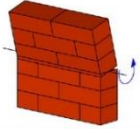
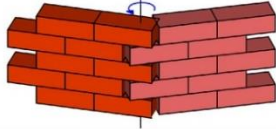
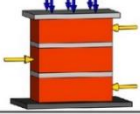
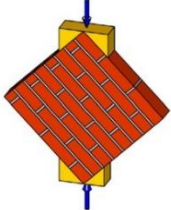
ölçekli duvar numunelerinin imalatı ve testi mümkün olmadığından, daha küçük boyutlarda duvar numuneleri üzerinde çalışma yapılması mecburi olmuştur. Bu aşamada, yığma yapı tasarımı aşamasında duvar malzeme dayanımlarının deneysel olarak belirlenmesini şart koşan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği incelenmişse de; duvar mekanik özelliklerinin tayininde kullanılacak numunelerin geometrik özellikleri hakkında bilgi olmadığı görülmüştür. Bu durumda erişim sağlanabilen literatürde de duvar mekanik özelliklerinin deneysel olarak tayininde kullanılabilecek *küçük ölçekli duvar numunesi* modellerinin kullanıldığı muhtelif çalışmalara erişim sağlanmıştır.

Genel olarak taşıyıcı yığma duvarların mekanik özelliklerinin tayinini konu edinen literatürde yer alan ilgili çalışmaların çok büyük bir bölümünde kesme direnci tayini amacıyla gerçekleştirilen deneysel çalışmaların **ASTM E519-15 (2015)** uyarınca yapıldığı görülmektedir. **ASTM E519-15 (2015)**'te diyagonal basınç dayanımı testleri için önerilen panel ölçüleri 1,2x1,2 m, kalınlık ise sahada yapılması planlanan duvar kalınlığıdır. 1,2x1,2 m ölçülerindeki duvar panelinin diyagonal uzunluğu 1,7 m' dir. Çelik yükleme başlıkları ile birlikte bu uzunluk 2 m mertebesine erişmektedir. Duvar paneli testlerinde kullanılabilecek yükleme gövdelerinde bu ölçülerde bir numunenin test edilmesi mümkün değildir. Bu nedenle, yükleme gövdelerinin geometrik ölçüleri ve yük uygulama kapasiteleri dikkate alınarak çok daha küçük blok duvar numunelerinin test edilmesi mecburi olmuştur. Bu noktada; ilgili literatürü detaylı bir şekilde ele alarak 1:2 ölçekli tuğlalar ile imal edilen duvar numunelerinin tam ölçekli duvar dayanımı ve davranışlarını temsil kabiliyetlerinin deneysel olarak incelendiği Singhal ve Rai (2014) çalışması değerlendirilmiştir.

Singhal ve Rai (2014) çalışmasında Şekil 3.7'de sunulan model ve prototipler üzerinde deneysel çalışma yapılmış; 1:2 ölçekli tuğlalarla imal edilen modellerin prototip davranışını güvenilir bir şekilde temsil ettiği sonucuna varılmıştır. Şekil 3.7 incelendiğinde, gerek model gerekse prototip numunelerin "*küçük geometrik ölçülerdeki*" numuneler olduğu görülmektedir. Örneğin, tuğla duvarın aksenal basınç dayanımı (*compressive strength*) ve elastik modül (*elastic modulus*) değerlerinin üst üste 5 tuğla ile imal edilmiş numune üzerinden tayin edildiği görülmektedir. Benzer şekilde, kesme dayanımı (*shear strength*) tayininde model numune olarak 3 tuğladan oluşan numunelerin

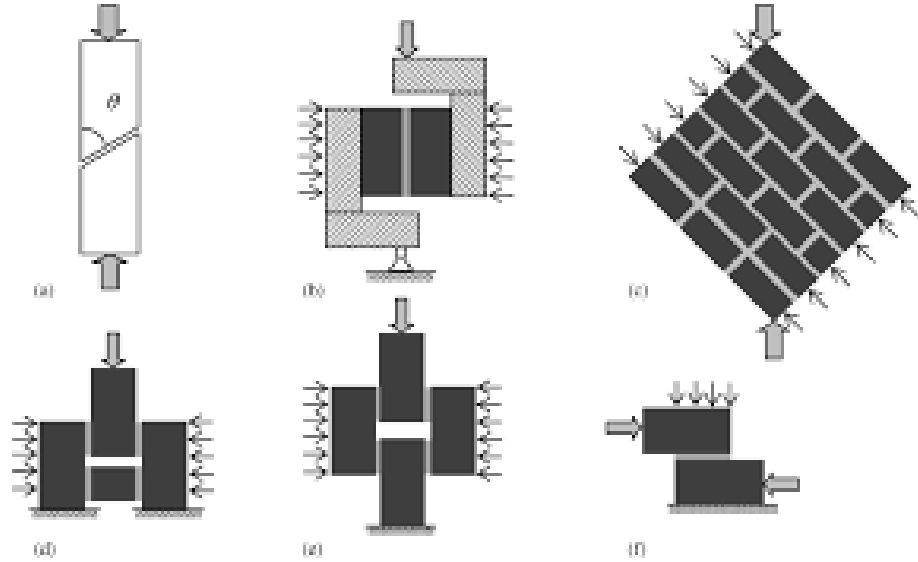
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

test edildiği görülmektedir. Ancak, bu numunelerin kayma direncinin *eksenel basınç etkisi* altında çalışıldığının altı çizilmelidir.

Unit Properties	Model and Prototype Brick	<ul style="list-style-type: none"><li>• Density</li><li>• Water Absorption</li><li>• Initial Rate of Absorption</li><li>• Compressive strength</li><li>• Tensile Strength in flat and on edge position</li></ul>	
	Mortar	Compressive strength	
Masonry Properties (Model and Prototype)	Compressive strength	Stack bonded prism 	
	Elastic modulus		
	Bond strength	Tension bond test 	
	Flexural strength	Parallel to bed joint 	Perpendicular to bed joint 
		Shear strength	One-brick triplet 
	Diagonal tensile strength		Half-brick thick 

**Şekil 3.7** Singhal ve Rai (2014) çalışmasında yığma duvar mekanik özelliklerinin tayini amacıyla kullanılan prototip ve model detayları.

Küçük geometrik ölçülerde duvar numuneleri kullanılarak tuğla yığma duvarlarda harç-tuğla arasındaki kayma direncinin (dayanımının) deneysel olarak incelenmesini konu edinen Rahman ve Uneda (2014) çalışmasında deney numunesi olarak Şekil 3.8’de sunulan elemanlar değerlendirilmiştir.



**Şekil 3.8** Rahman ve Uneda (2014) çalışmasında tuğla yığma duvarların harç-tuğla arasındaki kayma direnci tayininde ele alınan deney numunesi örnekleri.

Gerek Singhal ve Rai (2014) ve gerekse Rahman ve Uneda (2014) çalışmasında harç-tuğla arasındaki kayma direnci tayini amacıyla kullanılan deney numunelerinin tamamında; deneysel çalışma esnasında aksenal basınç gerilmesi uygulandığı görülmektedir. Yığma duvarların kayma direncinin aksenal basınç gerilmesi ile ilişkili olduğu bilinmektedir ki; Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği' nin yığma yapı tasarımı ile ilgili bölümünde yığma duvarların kesme dayanımının hesabı Bağıntı 3.1 ile yapılmaktadır (TBDY 2018).

$$f_{vk} = f_{vko} + 4\sigma_d \leq 0.10f_b \quad (3.1)$$

Burada;

$f_{vk}$  : Duvar karakteristik kesme dayanımı (MPa)

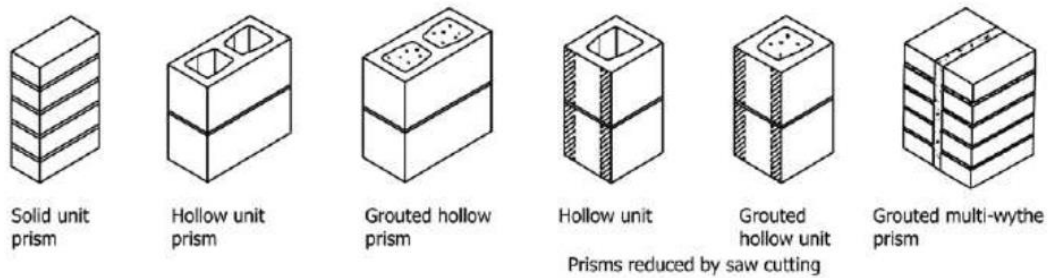
$f_{vko}$ : TS EN 1052-3 (2004) veya TS EN 1052-4 (2002) standartlarına bağlı olarak yapılacak deneylerle ve TBDY(2018)' de sunulan Tablo 11.3' e göre belirlenen duvar karakteristik başlangıç kesme dayanımı (MPa)

$\sigma_d$  : Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesi (MPa)

$f_b$  : Kargir birimin standartlaştırılmış (boyut etkisinden arındırılmış 100x100 mm boyutundaki numuneye eşdeğer) ortalama basınç dayanımı (MPa)

Laboratuvar imkânları değerlendirildiğinde, atık pomza tozu harçları ile imal edilecek duvar numunelerinin kesme direnci tayininde aksel basınç gerilmesi uygulaması mümkün olmamıştır. Bu nedenle, üç adet dolu bims blok parçası ile imal edilen ve şematik gösterimi **Şekil 3.10 (c)**' de sunulan bloklar kayma direnci tayini amacıyla kullanılmışlardır. Deney esnasında aksel basınç gerilmesi uygulanamaması nedeniyle, hesaplanan kayma direnci parametresinin duvar karakteristik başlangıç kesme dayanımı ( $f_{vko}$ ) olarak değerlendirilmesi uygun olacaktır.

Taşıyıcı ya da taşıyıcı olmayan yığma duvar blok numunelerinin aksel basınç dayanımı tayininde ulusal bir norma ulaşamamış olmakla birlikte, benzer çalışmaların çok büyük bir bölümünde duvar aksel basınç dayanımı tayini amacıyla gerçekleştirilen deneysel çalışmaların **ASTM C1314-16 (2016)** uyarınca yapıldığı görülmektedir. Boşluklu ve dolu yığma birimler için **ASTM C1314-16 (2016)**' da önerilen aksel basınç dayanımı tayini amacıyla kullanılacak numune görselleri **Şekil 3.9**'da sunulmaktadır.



**Şekil 3.9.** Yığma birimlerin aksel basınç dayanımı tayininde kullanılması önerilen blok numuneler, (ASTM C1314-16 2016).

**Şekil 3.10** incelendiğinde, boşluklu bims bloklar kullanılarak yapılacak imalatların aksel basınç dayanımı tayininde üst üste 2 bloktan imal edilecek (hollow unit prism) numunelerin kullanımının **ASTM C1314-16 (2016)** tarafından önerildiği görülmektedir. **ASTM C1314-16 (2016)**' da laboratuvar da imal edilen bloklar için yükleme hızı hakkında net bilgi sunulmazken numuneye yük uygulama süresinin 1-2 dakika arasında olması gerektiği ifade edilmektedir. Yükleme esnasında başlık olarak sert plakalar kullanılması ve boşluklu bloklardan imal edilen numunelerin aksel basınç dayanımı hesabında net blok alanının kullanılması şart koşulmaktadır. İlâveten, numune

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

boyunun en küçük kesit ölçüsüne oranı ile ilişkili olarak Çizelge 3.8’ de sunulan düzeltme faktörleri kullanılarak aksenal basınç dayanımı tayini yapılması gerekli kılınmıştır.

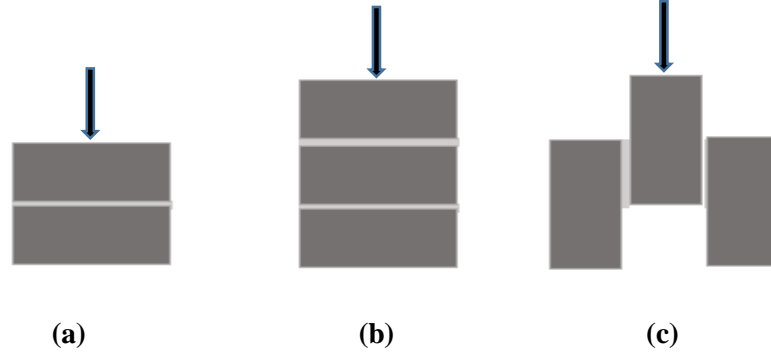
**Çizelge 3.8.** Yığılma blok numuneler için aksenal basınç dayanımı düzeltme faktörleri, ASTM C1314-16 (2016).

Blok Yüksekliğinin En Kısa Kesit Ölçüsüne Oranı	1.3	1.5	<b>2.0</b>	2.5	3.0	4.0	5.0
Düzeltilme Faktörü	0.75	0.86	<b>1.0</b>	1.04	1.07	1.15	1.22

Çizelge 3.8 incelendiğinde, blok yüksekliğinin en kısa kesit ölçüsüne oranı 2 olan numunelerin bir nevi standart numune olarak kabul edildiği görülmektedir.

Yukarıda sunulan hususlar birlikte değerlendirilerek bims bloklardan referans harçlar ve atık pomza harçları kullanılarak duvar basınç dayanımı tayininde ikili blok numunelere ek olarak; üçlü blok numuneler yapılması uygun görülmüştür. Bu şekilde iki farklı boyut oranına sahip numune üzerinde dayanım ve davranış bakımında kıyaslama yapılabilmesi amaçlanmıştır. İkili ve üçlü bims blok duvar numunelerinin sıvalı ve sıvasız olarak imal edilerek aksenal basınç dayanımı tayini deneyine tabi tutulmalarına karar verilmiştir. Numunelere duvar bloğu imalatında kullanılan harç malzemesi ile sıva yapılmış; bu şekilde sıva pratiği ile harcın duvara tutunma davranışının incelenmesi planlanmıştır.

Sonuç olarak, bims bloklardan aksenal basınç dayanımı ve kesme direnci tayini amacıyla Şekil 10’da şematik görünümü sunulan numuneler üretilmesi kararlaştırılmıştır.



Şekil 3.10. (a) İkili basınç dayanımı bloğu, (b) üçlü basınç dayanımı bloğu, (c) kesme direnci tayini amacıyla kullanılan blok.

### 3.2.5. Blok duvar numunelerinin hazırlanması

Bims blok duvarlar çerçeve türü taşıyıcı sisteme sahip yapılarda iskeletlerin boşluklarını dolduran ve statik olarak taşıyıcı özelliği bulunmayan unsurlar olarak kabul edilmektedirler. Ancak, boşluklu yapısı nedeniyle özellikle ısı yalıtımı özellikleri ile yapısal sistemlere katkı sunan bileşenler olarak değerlendirilirler. Taşıyıcı olsun ya da olmasın, duvarların özellikle kesme kuvveti taşıma kapasitesini belirleyen en etkili parametrenin harç malzemesi olduğu (Doğan 2021) çalışmasında vurgulanmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada atık pomza tozu kullanılarak imal edilecek harçlarla bims blok duvar imalatları yapılması halinde duvar mekanik özelliklerinin (eksenel basınç dayanımı ve kayma direnci) deneysel olarak tayin edilerek, atık pomza tozu içerikli harçlarının kullanılabilirliklerinin irdelenmesi hedeflenmiştir. Çizelge 7’de sunulan tüm harçlar kullanılarak; her bir harç grubunda aksel basınç dayanımı ve kesme direnci tayini amacıyla imal edilen numune sayıları Çizelge 3.9’da sunulmaktadır.

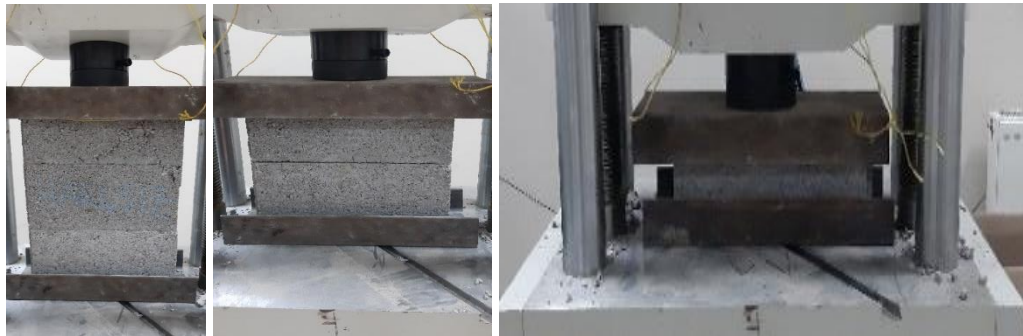
Çizelge 3.9. Tüm harç sınıfları için imal edilen blok duvar numune sayıları

Deney	Eksenel Basınç Dayanımı Tayini		Kesme direnci Tayini
	İkili Blok Numune	Üçlü Blok Numune	
Numune Geometrisi			Şaşırtmalı Numune 
Tekil Bims Blok Ölçüleri	190*400*100 mm boşluklu	190*400*100 mm boşluklu	50*100*200 mm boşluksuz
Sıva Durumu	Sıvasız	Sıvalı	Sıvasız
Numune Sayısı	3	3	2
			2
			5

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Çizelge 3.9 incelendiğinde, eksenel basınç dayanımı tayini amacıyla kullanılan ikili ve üçlü blok numune sayılarının aynı olmadığı görülmektedir. Bu farkın nedeni, eldeki blok bims sayıdır. Çalışma için temin edilen Kale Blokbims A.Ş. firması üretimi olan boşluklu blok bims elemanlar aynı partiden alınmış, aynı pomza karışımı kullanılarak imal edilmiş ürünlerdir. İmalattaki fireler de dikkate alınarak, farklı parti üretiminden bims blok alınmasının çalışma sonuçlarına yeni bir değerlendirme parametresi ekleyeceğinden, ikili blok numuneler için her grupta 3 numune sayısı sabit tutulmuş ve kalan blok bimslerle üçlü blok numunelerinden her bir grupta ikişer adet numune üretilebileceği görülmüştür. Eksenel basınç dayanımı tayini deneylerinde ASTM C1314-16 (2016) uyarınca ikili blok numunelerin öncelikli olması, bu ölçülerdeki numune sayısının 3 olarak belirlenmesinin ve kalan blok bimslerle üçlü blok numuneler üretilmesinin temel nedeni olmuştur. Çalışma kapsamında eksenel basınç dayanımı ve kesme direnci tayini amacıyla tüm harç grupları kullanılarak toplam 105 adet numune imal edilmiştir.

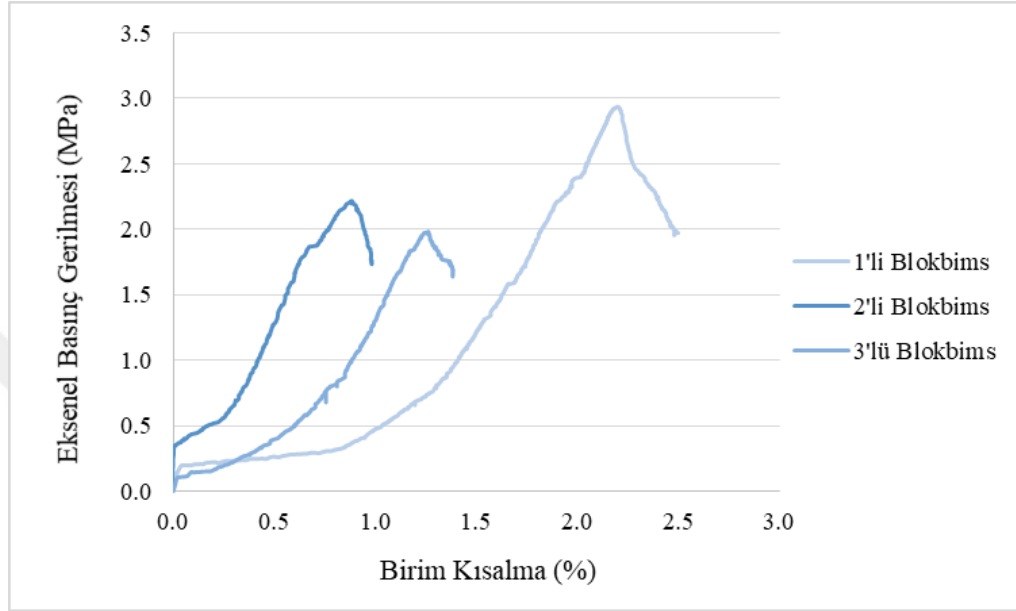
Eksenel basınç dayanımlarının belirlenmesi amacıyla imal edilecek sıvalı ve sıvasız numunelerin haricinde, boşluklu bims blok numunelerden harçsız bir şekilde ikili ve üçlü bloklar oluşturularak eksenel basınç dayanımı tayini yapılmıştır. Bu aşamada, tekli boşluklu bims blok numunelerin eksenel basınç dayanımlarının belirlenmesi temel amaç olup, ikili ve üçlü blok numune testlerinde ASTM C1314-16 (2016) süre ile sınırlandırılan yükleme protokollerinin denemesi ve kontrolleri yapılmıştır. Bu çalışmaya ilişkin genel görüntüler Şekil 3.11’de sunulmaktadır.



**Şekil 3.11** 190\*400\*100 mm boyutlarındaki boşluklu blokbims numunelerinin eksenel basınç dayanımı tayini deneyine ait görüntüler.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Boşluklu bims bloklar kullanılarak (harçsız, sıvasız) oluşturulan tekli, ikili ve üçlü blok birimlerin aksel basınç yüklemesi etkisi altındaki gerilme-birim kısıalma davranışlarını temsilen her gruptan ortalamayı temsil eden bir numuneye ait grafiğin sunulduğu görsel Şekil 3.12’de verilmektedir.



**Şekil 3.12.** Harçsız ve sıvasız boşluklu bims blokların aksel basınç gerilmesi- birim kısıalma grafikleri.

Deneysel çalışma sonucunda, 190\*400\*100 mm boyutlarındaki boşluklu tekli blok bimslerin aksel basınç dayanımlarının ortalama 2,9 MPa olduğu ve bu değerle incelenen ürünlerin TS EN 771-3(2005) standardına uygun olduğu görülmüştür. İstegün vd (2018), çalışmasında boşluklu bimsblok basınç dayanım dayanımının 1,2-2,5 MPa değerleri arasında değişmekle birlikte ortalama 1,5 MPa olduğunu belirtmiştir. İmar İskan Bakanlığı Yapı Malzemeleri Genel Müdürlüğü Laboratuvarı’nda yapılan deneylerde ise blok bimslerin basınç dayanımları minimum 2,8 ve 4,4 MPa aralığında değer aldığı görülmüştür. Benzer literatürdeki çalışmalarda da görüldüğü üzere blok bimslerin aksel basınç dayanımlarının değişken olduğunun ifade edilmesi mümkündür. Bununla birlikte, çalışmada kullanılan boşluklu blok bims tekli numune aksel basınç dayanımları için tayin edilen 2,9 MPa değerinin literatür ve ilgili standart, TS EN 771-3(2005), ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

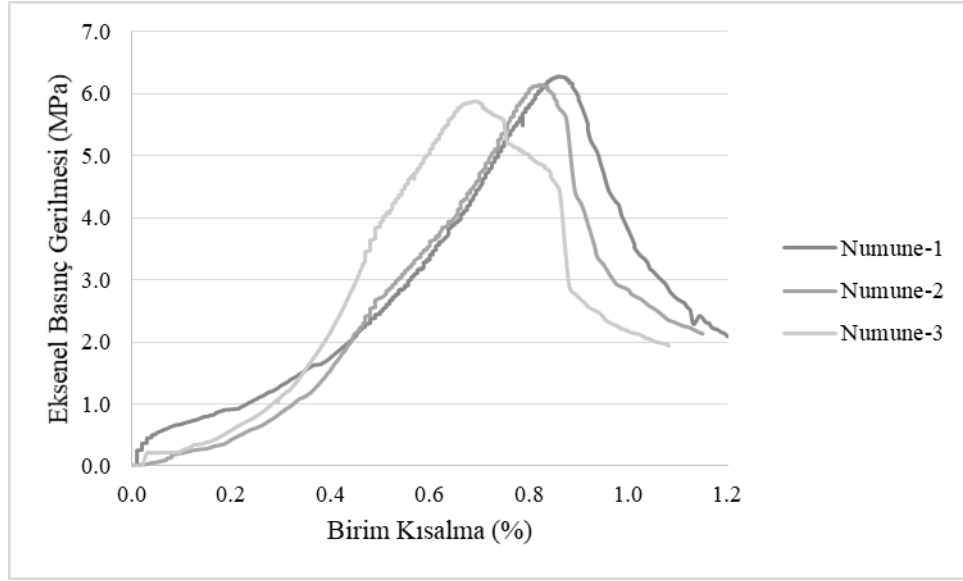
Burada dikkate değer bir diğer sayısal veri ise ikili ve üçlü bloklar halinde, arada harç olmaksızın aksel basınç dayanımı testine tabi tutulan numunelerden elde edilen sonuçlardır. Beklendiği şekilde, kesit sabit kalmak kaydıyla blok numune yüksekliğinin artması ile birlikte deneysel olarak elde edilen aksel basınç dayanımı değerlerinde azalma olmuştur. Harçsız ikili blok numune aksel basınç dayanımları ortalama 2,2 MPa olurken üçlü bloklar için bu değer 2,0 MPa olarak tayin edilmiştir.

Boşluklu blok bims numunelerin harçsız ve sıvasız olarak aksel basınç dayanımlarının belirlendiği çalışmada kesme direnci tayini deney numunelerinin imalatında kullanılacak olan dolu bims bloklar için de aksel basınç dayanımı testi yapılmıştır. Deney öncesi ve sonrası görüntü örnekleri Şekil 3.13' te gösterilen dolu blok bims numune aksel basınç dayanımları ortalama 6,1 MPa olarak tayin edilmiştir.



**Şekil 3.13.** 50\*100\*200 mm boyutlarındaki dolu blok bims numunelerin basınç dayanımı deneyine ait görüntüler.

Şekil 3.14'te gerilme-birim kısalma grafiği örnekleri sunulan dolu blok bims numunelerinin ortalama 6,1 MPa aksel basınç dayanımı değeri ile TS EN 771-3(2005) standardına uygun özellikte olduğu görülmüştür.



**Şekil 3.14.** 50\*100\*200 mm ölçülerindeki dolu bims blokların numunelerin aksel basınç dayanımı testi sonuçları.

Sıva ve harç kullanmaksızın, bir başka ifadeyle kuru derzli, blok numuneler üzerinde yapılan aksel basınç dayanımı testi sonuçları toplu halde Çizelge 3.10'da sunulmaktadır. Çalışma kapsamında kullanılması planlanan bims blok numunelerinin TS EN 771-3(2005) standardına uygun oldukları tespit edilmiş ve ilerleyen aşamada kullanılmalarının uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

**Çizelge 3.10.** Harçsız ve sıvasız blok bims numunelerin aksel basınç dayanımları

Bimsblok Çeşidi	Numunedeki Blok Sayısı	Ortalama Basınç Dayanımı (MPa)
190*400*100 mm Boşluklu Bimsblok	1	2,9
	2	2,2
	3	2,0
50*100*200 mm Dolu Bimsblok	1	6,1

Blok bims numunelerinin aksel basınç dayanımları tayin edildikten sonra, blok duvar imalatı aşamasına geçilmiştir. Bu amaçla, öncelikle her bir harç grubu için “sabit hacim” esas alınarak 1 m<sup>3</sup> karışım için gerekli malzeme miktarları belirlenmiş ve Çizelge 3.11’de sunulmuştur.

**Çizelge 3.11.** Blok duvar numunelerinde kullanılacak harçların 1 m<sup>3</sup> için malzeme miktarları.

Grup No	Harç Numunesi Kodu	Malzemeler				
		Net ağırlık (gr)	Çimento (gr)	İnce Agregası (gr)	Toz Pomza Agregası (gr)	Net Su (gr)
1 No'lu Grup	K-Fix_İ	25.000	–	–	–	7.000
2 No'lu Grup	K-Fix_K	25.000	–	–	–	6.620
3 No'lu Grup	ÇK1_3	–	2.250	6.750	–	2.350
4 No'lu Grup	ÇP1_3	–	1.000	–	1.720	1.083
5 No'lu Grup	ÇP1_4	–	1.000	–	2.837	1.250
6 No'lu Grup	ÇP1_5	–	1.000	–	2.983	1.366
7 No'lu Grup	ÇP1_7	–	1.000	–	4.177	4.000

Karışım reçeteleri belirlendikten sonra sırasıyla duvar bloğu imalatlarına geçilmiştir.

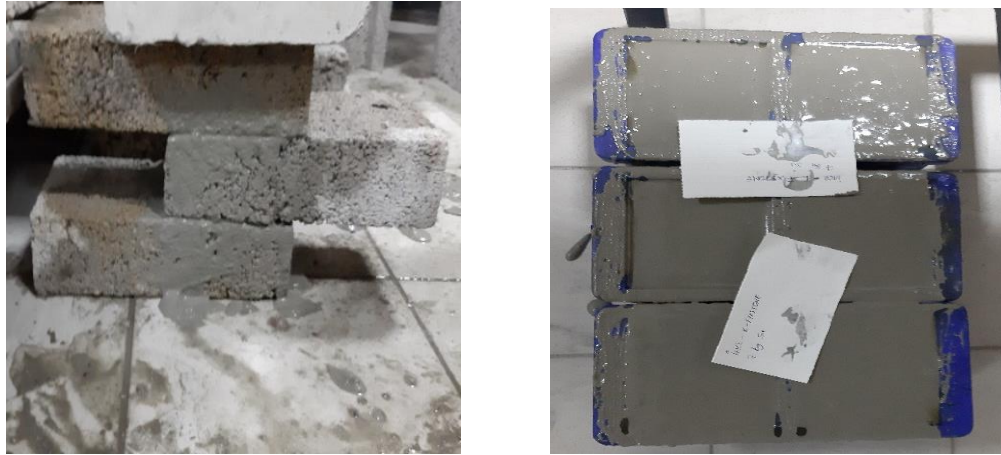
Kaleblok Bims A.Ş. firması tarafından üretilen ve çalışma kapsamında referans olarak kullanılacak ince ve kalın tane yapısında üretilmiş çimento esaslı, K-Fixstone (1017) Isı yalıtım levha yapıştırma harcı 1.grup(ince) ve K-Fixstone (3046) Bims – Gazbeton yapıştırıcı harcı 2. Grup(kalın) hazırlanmak üzere bir kap içerisine dökülüp 7.000 gr su ile karıştırılmıştır. Harcın hazırlanmasına ait görseller Şekil 3.15'te sunulmaktadır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM



Şekil 3.15. K-Fix Stone yapıştırma harcının hazırlanması

Harç kıvamını aldıktan sonra ilk olarak 10\*10\*10 cm'lik küp numuneler alınmıştır. Daha sonrasında boşluklu blok bims ürünler kullanılarak 2'li ve 3'lü blok duvar numuneleri ile; dolu blok bims kullanılarak ise şaşırtmalı blok duvar numuneleri imal edilmiştir. Duvar işçilikleri tez yazarı ile yardımcı olan arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu kapsamda herhangi bir hizmet alımı söz konusu olmamıştır. Blok duvar numuneleri hazırlanırken derz kalınlığının 5 mm olmasına dikkat edilmiştir. Bu grup numunelere ait genel görüntüler Şekil 3.16'da sunulmaktadır.



Şekil 3.16. K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı ile hazırlanan numunelere ait görüntüler

Blok duvar numuneleri hazırlanırken K-Fix\_İ ve K-Fix\_K harçlarının blok bimsler ile bütünleşebilmesi için; bims birimler sünger yardımıyla ıslatılmış ve harç yüzeye yayılmıştır. En geç 1 dakika içerisinde blok bims harcın üzerine konulmuştur. Blok bims harcın üzerine konulduktan sonra malanın birkaç hafif darbesi ile yerinden

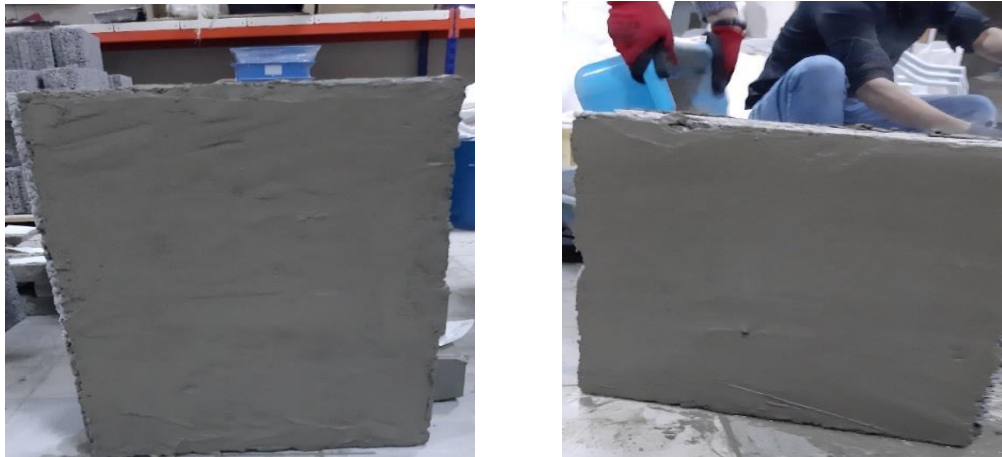
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

oynatılmamak şartı ile son konumuna getirilmiştir. Çünkü numunelerin yerinden oynatılması harç-bims arasındaki aderansı azaltabilmektedir. Son konumuna getirilen numunelerde harç-bims aderansının tam olarak sağlanması için üzerine ağırlık konulmuştur. Eksenel basınç dayanımı tayini deneylerinde kullanılacak olan blok duvar numunelerine ait görüntüler Şekil 3.17’de sunulmaktadır.



**Şekil 3.17.** K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı ile hazırlanan 2’li ve 3’lü blok duvar numunelerine ait görüntüler.

2’li ve 3’lü blok duvar numuneleri 3 gün prizini aldıktan sonra 2’şer adet alınıp derz için kullanılan K-Fix\_İ ve K-Fix\_K harçları ile 5 mm kalınlığında dış iki yüzeye sıva uygulaması yapılmıştır. Numunelere sıva yapılırken ürünün ince yapılı olmasından dolayı pürüzsüz bir yüzey kolaylıkla elde edilebilmiştir. Yüzeylerin görünüşleri Şekil 3.18’de sunulmaktadır.



**Şekil 3.18.** K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harçları ile hazırlanan sıvalı 2’li ve 3’lü blok duvar numunelerine ait görüntüler.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

1.ve 2. grup numuneler tamamlandıktan sonra 3. grup olarak adlandırılan TS EN 998-1 (2017) standardına uygun olarak imal edilen ve piyasada yaygın olarak kullanılan 1:3 sabit hacim oranlı çimento:kum harç yapımı için hazırlıklara başlanılmıştır. Çizelge 3.11’de belirtilen miktarlarda kum, çimento ve su  $\pm 1$  gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Daha sonra bir kap içerisinde malzemeler harç-bims aderans sorunu yaşamamak için dikkatli bir şekilde karıştırılmıştır. Harcın hazırlanmasına ait genel görüntüler Şekil 3.19’da sunulmaktadır.



**Şekil 3.19.** ÇK1\_3 oranlı harcın hazırlanmasına ait görüntüler

Hazırlanan harçtan, *harç basınç dayanımı tayininde kullanılmak üzere*, 10x10x10 cm ölçülerinde küp numuneler alınmıştır. Ardından 2’li(sıvalı-sıvasız), 3’lü (sıvalı-sıvasız) ve şaşırtmalı blok duvar numune yapımına geçilmiştir. Küp numune ve dolu blok bims ile yapılan şaşırtmalı blok duvar numunelere ait genel görüntüler Şekil 3.20’de sunulmaktadır.



**Şekil 3.20.** ÇK1\_3 oranlı harçtan alınan küp numune ve yapılan şaşırtmalı blok duvar numuneye ait görüntüler.

ÇK1\_3 harcı ile hazırlanan blok duvar numuneler yapılırken derz kalınlığının bütün blok duvar numunelerin de 5 mm'de sabit tutulmasına özen gösterilmiştir. Harç kalınlığına ve blok duvar numune yapımı aşamasına ait genel görüntüler Şekil 3.21'de sunulmaktadır.

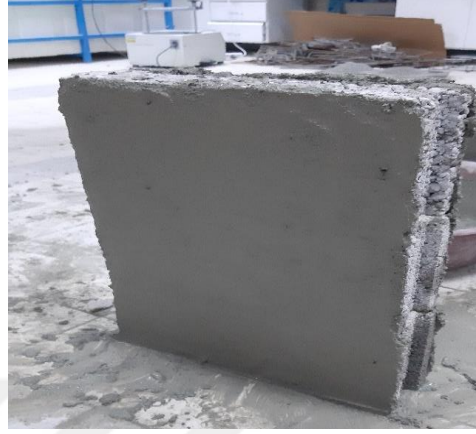


**Şekil 3.21.** ÇK1\_3 oranlı harcı ile hazırlanan 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler.

2'li ve 3'lü ve şaşırtmalı blok duvar numuneleri hazırlandıktan 72 saat sonra 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerinden 2'şer adetlerinin dış iki yüzeylerine ÇK1\_3 oranlı

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

harç hazırlanarak 5 mm kalınlığında olacak şekilde sıva kaplaması yapılmıştır. Yüzey kaplaması yapılırken pürüzsüz bir yüzey kolaylıkla elde edilmiştir. Yüzeyle ait görüntüler Şekil 3.22’de sunulmaktadır



**Şekil 3.22.** ÇK1\_3 oranlı harcı ile hazırlanan sıvalı 2’li ve 3’lü blok duvar numunelerine ait görüntüler.

1.,2.,ve 3. grup *referans numuneler* yapıldıktan sonra sırayla pomza tozu ile yapılacak olan 4.,5., 6., ve 7. grup olan ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 sabit hacimli harçlar ve bu harçlar ile hazırlanan blok duvar numunelerin yapımına başlanılmıştır. İlk olarak ÇP1\_3 sabit hacimli pomza tozu harcı için Çizelge 3.11’ de belirtilen miktarlarda toz pomza, çimento ve su  $\pm 1$  gr hassasiyetli terazide tartılmıştır. Malzemeler karıştırılarak harç hazır duruma getirilmiştir ve aksel basınç dayanımı tayini için kullanılmak üzere 10x10x10 cm ölçülerinde küp numuneler alınmıştır. Ardından 2’li(sıvalı-sıvasız), 3’lü (sıvalı- sıvasız) ve şaşırtmalı blok duvar numuneler diğer numune yapımında izlenen yollar takip edilerek hazır duruma getirilmiştir. Bu aşamalar ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 sabit hacimli yapılacak blok duvar numuneleri için de yapılmıştır. Atık pomza tozu kullanılarak üretilmiş harçlarla blok duvar numunelerin yapımı aşamasına ait genel görüntüler Şekil 3.23’te sunulmaktadır.



**Şekil 3.23.** Atık pomza tozu içeren harçlarla 2'li ve 3'lü blok duvar numunesi hazırlık çalışmalarından görüntüler.

Atık pomza tozu içeren çimento esaslı harçlarla numunelerin hazırlanması aşamasında pomza tozundan yapılan ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 sabit oranlı harçta çimento ve pomza tozu kaynaşmasının çok iyi sağlandığı, harç-bims bütünlüğünün de iyi olduğu gözlemlenmiştir. İşlenebilirlik özelliklerinin iyi olduğu ifade edilebilen bu harçlarla yüzey kaplaması yapılırken pürüzsüz bir yüzey kolaylıkla elde edilmiştir. Atık pomza tozu içeren ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 sabit oranlı harçlarla imal edilen blok duvar numunelerine ait genel görünüm Şekil 3.24'te sunulmaktadır.



**Şekil 3.24.** ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 sabit oranlı harçlarla ile hazırlanan 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler.

Blok duvar numune yapımı için ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 sabit hacimli pomza tozu ile hazırlanan harçlarda bims- harç birleşmesi sırasında toz pomzadaki artışa bağlı olarak pürüzlülüğün arttığı ve blok numunelere derz yapımında harcın bims yüzeyine

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

yapışmasında zorluk yaşandığı gözlemlenmiştir. İlâveten bu grup harçlarla yapılan sıva uygulamasında da harcın duvar yüzeyine yapışmasının oldukça güçlükle temin edildiği deneyimlenmiştir. Atık pomza tozu içeren ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 sabit oranlı harçlarla imal edilen sıvasız ve sıvalı blok duvar numunelerine ait genel görüntüler sırasıyla Şekil 3.25 ve Şekil 3.26'da sunulmaktadır.



**Şekil 3.25.** ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 sabit oranlı harçlarla ile hazırlanan 2'li ve 3'lü sıvasız blok duvar numunelerine ait görüntüler.



**Şekil 3.26.** ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 oranlı harcı ile hazırlanan sıvalı 2'li ve 3'lü blok duvar numunelerine ait görüntüler.

Çizelge 3.11'de belirtilen miktarlarda malzeme kullanılarak üçü referans olmak üzere, toplam yedi ayrı harç karışımı için 105 adet deney numunesi hazırlanmıştır. Her grup imalatta, bağlayıcı malzemenin basınç dayanımı tayini için alınan küp numuneler Şekil 3.27'de sunulduğu şekilde kalıptan çıkarılmışlardır. Sıva ve derz imalatlarında kullanılan harç numunelerinin aksenal basınç dayanımları 7 ve 28. gün sonunda deneysel

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

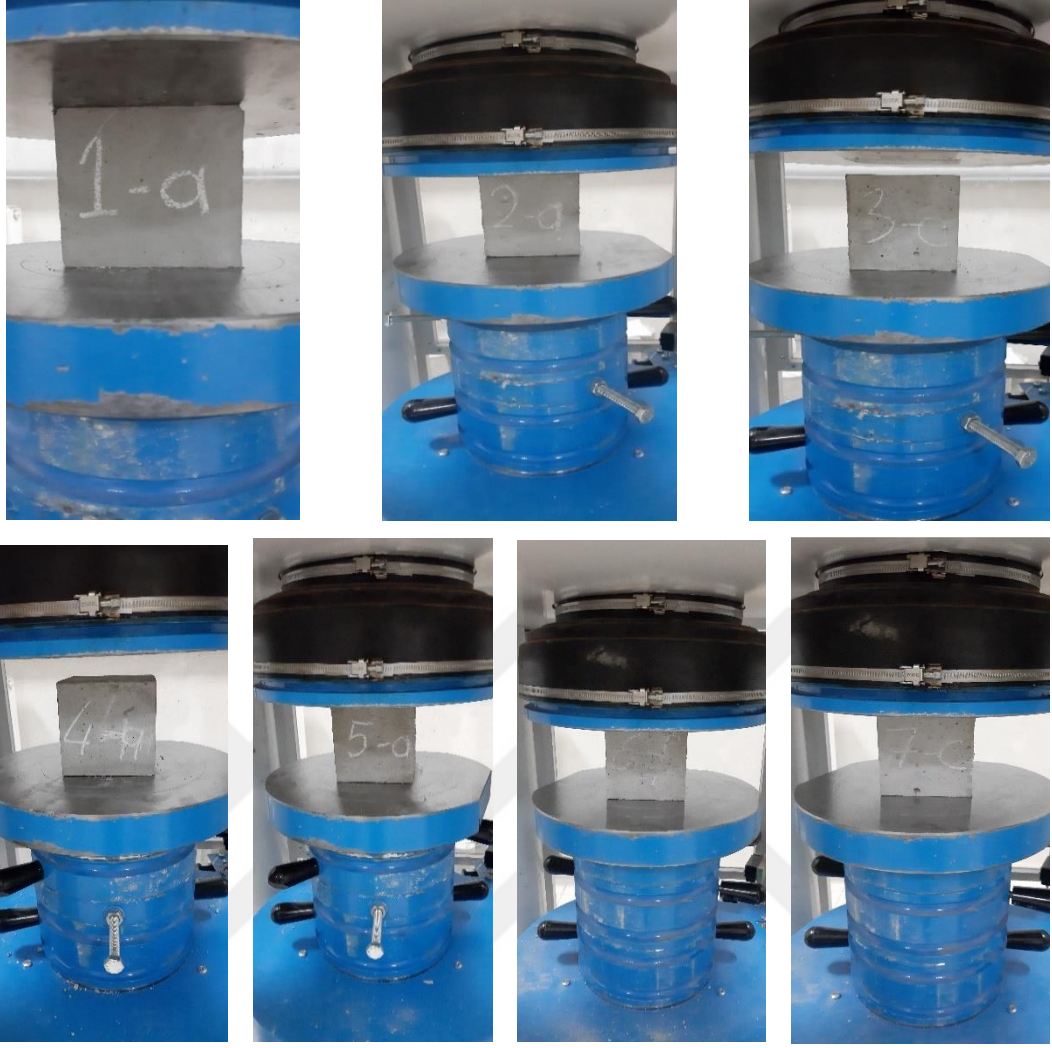
olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte duvar bloğu 2'li (sıvalı-sıvasız), 3'lü (sıvalı-sıvasız) numuneler üzerinde aksenal basınç ve şaşırtmalı blok duvar numuneler üzerinde kayma direnci dayanımı deneyleri ise imalattan 28 gün sonra yapılmıştır.



**Şekil 3.27.** Blok duvar numunelerinin 28 günlük dayanım alma süresince laboratuvar ortamındaki görüntüleri.

Statik durumda düşey yüklerin etkisinde olan blok duvarların basınç/kesme dayanımlarında bağlayıcı olan harcın etkili olduğu bilinmektedir. Ancak bu çalışmada, harcın basınç dayanımından ziyade pomza tozu harcı-bims blok aderansı ve bunun yük etkisi altındaki davranışa olan etkisi üzerinde durulmuştur.

TS EN 1015–11 (2020) standardı uyarınca bağlayıcı malzemelerden alınan küp numuneler üzerinde tahribatlı kırım yöntemi ile 7 ve 28 günlük aksenal basınç dayanımı tayini çalışmalarına ilişkin görsel materyal Şekil 3.28'de sunulmaktadır.



**Şekil 3.28.** Harç karışımlarından alınan küp numunelerin basınç dayanımı deneyi görüntüleri.

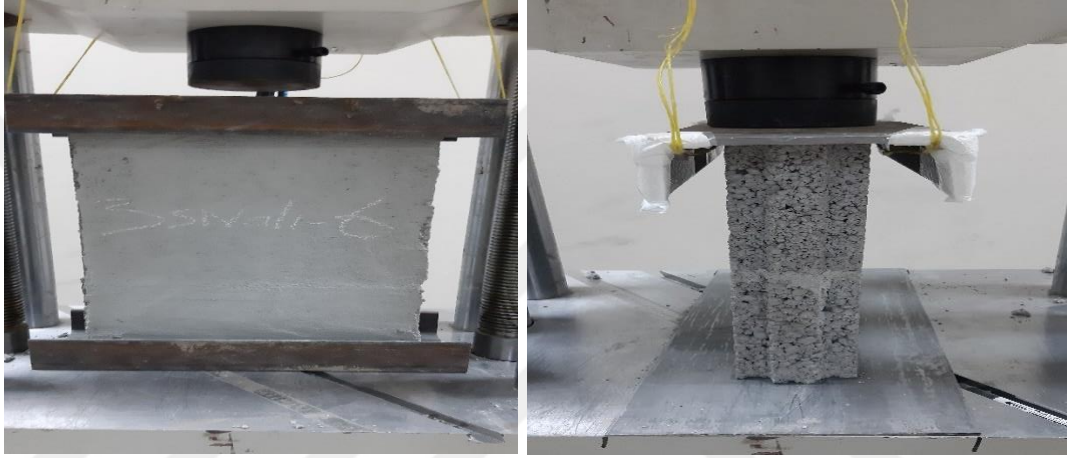
#### 3.2.6. Blok duvar numunelerin basınç /kesme direnci tayini deneyleri

Sabit hacimli yapılan harçtan hazırlanan toplam 105 adet blok duvar numunesi üçü referans olmak kaydıyla, toplam yedi farklı harç karışımının karşılaştırmalı olarak incelenmesi amacıyla TS-2510 (1997)'a uyumlu bir şekilde basınç/kesme dayanımlarını tayin etmek amacıyla deneye tabi tutulmuştur. Bu amaçla, Erzurum Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemeleri Laboratuvarı'nda bulunan UTEST marka universal test cihazının 1000 kN kapasiteli yükleme gövdesi kullanılmıştır.

Blok duvar numunelerinin aksenal basınç tayini deneyi öncesinde boyutları ölçülmüş, birim hacim ağırlık tayini için tartımları yapılmıştır. Sonrasında numune

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

yüklemeye gövdesine taşınmış, numune alt ve üst yüzeyleri rijit çelik levha ile desteklenmiş ve yükün mümkün mertebe aksenal bir şekilde uygulanabilmesi için gerekli konumlandırma çalışması hassas bir şekilde yapılmıştır. Deney düzeneğine alınmış ikili duvar blok numunesinin iki yan cepheden alınan görüntüsü Şekil 3.29’da sunulmuştur. Deney süresince numuneye uygulanan yük ve boyda meydana gelen kısılma sisteme entegre veri toplama sistemi ile kaydedilmiş ve bu veri kullanılarak numune için gerilme-birim kısılma davranışı incelenmiştir. Yüklemeye süresince davranış gözlemlenmiş, kırılma şekilleri not edilmiştir.



**Şekil 3.29.** Aksenal basınç dayanımı tayini için yüklemeye düzeneğine alınmış ikili duvar bloğu görüntüleri.

Her harç grubu için kesme direnci tayininde kullanılmak üzere hazırlanan şaşırtmalı blok duvar numuneleri Şekil 3.30’da gösterildiği şekilde sisteme alınarak yüklemeye tabi tutulmuştur. Numunenin yerleştirildiği gövde tabanı çelik ve düz olduğundan tabana çelik plaka yerleştirilmemiş; sadece yükün uygulanacağı üst başlığa rijit çelik plakası konarak yüklemeye yapılmıştır. Deney süresince yük ve yüke paralel doğrultudaki kısılma ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Gerek aksenal basınç dayanımı ve gerekse kesme direnci tayini deneylerinde deplasman kontrollü yüklemeye (3mm/dak) yapılmıştır.



**Şekil 3.30.** Kesme direnci tayini deneyinden bir görüntü

Yükleme verisi kullanarak numunelerin aksel basınç dayanımları ve kayma dirençleri hesaplanmıştır. Aksel basınç dayanımı tayininde, kırılma anındaki yük net bims blok alanına bölünmüştür. Bu amaçla kullanılan formül Bağıntı 3.2’de sunulmaktadır.

$$f_b = \frac{F_{\text{mak}}}{A} \quad (3.2)$$

Burada;

$f_b$ : Blok duvar numunesi aksel basınç dayanımı (MPa)

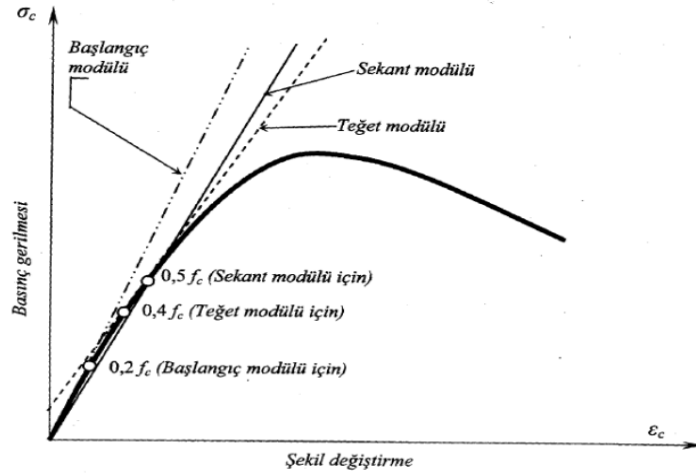
$F_{\text{mak}}$ : Deney esnasında numuneye uygulanan maksimum yük (N)

A: Bims blok duvar numunesinin net kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

Eksel basınç dayanımı tayini deneyinde elde edilen yük-kısalma verisi işlenerek aksel basınç gerilmesi-birim kısalma grafikleri üretilmiştir. Bu grafikler üzerinde davranış ve dayanım karşılaştırmalı olarak incelenmiş, ilaveten blok numunenin aksel şekil değiştirmeye karşı gösterdiği direncin bir ölçüsü olarak elastik modül hesaplamaları yapılmıştır.

Bilindiği üzere Hooke Yasası gereği, elastik modül aksel yükleme etkisi altında elde edilen gerilme-birim şekil değiştirme eğrisinin lineer elastik davranışı temsil eden başlangıç bölgesinin eğimidir. Ancak, bu çalışmada kullanılan blok bims duvar

numuneleri dâhil, heterojen ve hatta seramik yapıdaki pek çok malzeme için lineer elastik bölgenin tayini çok zor olmakta, hatta bu bölge belirlenememektedir (Türkel 2002). Bu nedenle, farklı yaklaşımlarla bu tür malzemelerin elastik şekil değiştirmeye karşı gösterdikleri dirençlerinin bir ölçüsü olan muhtelif modül değerlerinin hesaplamaları yapılmaktadır. Heterojen yapılı bir malzeme olan beton için muhtelif modül hesaplamalarına ilişkin bir görsel, Doğangün (2008) çalışmasına referansla Şekil 3.31' de sunulmaktadır.



**Şekil 3.31.** Beton için tanımlanan elastisite modülleri (Doğangün 2008)

Şekil 3.31'de sunulduğu şekilde başlangıç elastisite modülü; gerilme-şekil değiştirme eğrisinin başlangıç noktasına çizilen teğetin eğimidir. Küçük gerilmelere maruz kalınması durumunda bu hesaplardan gerçekçi sonuçlar almak mümkündür. Teğet modülü; gerilme-şekil değiştirme eğrisinin herhangi bir noktada çizilen teğetin eğimidir ki;  $f_c$  eksenel basınç dayanımı olmak üzere beton için yaklaşık, olarak  $0,4f_c$  gerilmesi temel alınarak çizilir. Sekant modülü; orijinden herhangi bir gerilmeye tekabül eden noktaya çizilen teğetin eğimidir ve beton için genelde  $0,5f_c$  gerilmesine göre hesaplanır. Blok numunelerinde eksenel basınç gerilmesi – birim şekil değiştirme eğrisini etkileyen bütün değişkenler, elastisite modülünü de etkilemektedir. Bu nedenle basınç dayanımı ve elastisite modülü ile yapılan deneysel çalışmalar incelendiğinde bir basınç dayanımına birden fazla elastisite modülünün hesaplandığı görülmektedir. Çakıroğlu vd (2014), çalışmasında detaylandırılan bu bilgi kullanılarak, bu tez çalışmasında eksenel basınç dayanımı tayini amacıyla teste tabi tutulan numuneler için deneysel modül hesaplamaları yapılmıştır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

---

Blok duvar numunesi elastisite modülü hesaplamaları için ayrıca TBDY (2018)'de önerilen ve Bağıntı 3.3'te sunulan formül de kullanılmıştır. TBDY (2018) taşıyıcı yığma duvar imalatına ilişkin kurallara yer vermekte ve bims blok grubu boşluklu ürünlerle taşıyıcı yapı imalatı yapılamayacağını ifade etmektedir. Ancak, deneysel çalışmada elde edilen verinin elastik modül hesaplarının karşılaştırmalı olarak irdelenmesi amacıyla bu hesabın yapılmış olduğu ifade edilmelidir.

$$E = 750f_k \quad (3.3)$$

Burada;

E: Yığma duvar elastik modülü (MPa)

$f_k$ : Yığma duvar karakteristik basınç dayanımı (MPa)

Şaşırtmalı blok numuneler üzerinde yapılan yüklemeye deneyleri sonucunda numuneye uygulanan maksimum yük değeri kullanılarak, Bağıntı 3.4'te sunulan formül yardımıyla numunenin kayma direnci hesaplanmıştır. Esasen hesaplanan bu değer, eksenel gerilme etkisinde kayma direnci tayini yapılmadığından (*yani yüklemeye esnasında eksenel gerilme sıfır olduğundan*) TBDY (2018)'den alıntılanarak Bağıntı 3.1'de sunulan yığma duvar kesme dayanımı formülündeki duvar karakteristik başlangıç kesme dayanımı olarak değerlendirilmektedir.

$$f_{vko} = \frac{F_{mak}}{2A} \quad (3.4)$$

Burada;

$f_{vko}$  : Duvar karakteristik başlangıç kesme dayanımı (MPa)

$F_{mak}$ : Deney esnasında numuneye uygulanan maksimum yük (N)

A : Şaşırtmalı bims blok numunesinde harçla birleştirilmiş, kesme kuvvetine maruz bölgenin net kesit alanı (mm<sup>2</sup>)

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Şaşırtmalı blok numunelerin karakteristik başlangıç kesme dayanımları hesaplandıktan sonra, TBDY (2018)'de çimento esaslı harçlar için harç karakteristik basınç dayanımına ve yığma birim malzemesine bağlı olarak sunulan değerlerle karşılaştırmaları yapılmıştır. TBDY (2018) uyarınca yığma duvarların başlangıç kesme dayanımlarının sunulduğu tablo Çizelge 3.12'de sunulmaktadır. Bu karşılaştırmanın amacı atık pomza tozu ile imal edilen harçların taşıyıcı yığma duvar imalatlarında kullanılabilirliği üzerine kabaca da olsa bir değerlendirme yapılabilmesidir. Çizelge 3.12'de sunulan yığma birimlerden dayanımı ve davranışı blok bims numunelere an yakın olan malzemenin gazbeton olduğunu ifade etmek mümkündür. Bu nedenle, kıyaslama yapılırken gazbeton yığma birim için sunulan değerlerin temel referans olarak değerlendirilmesi teknik olarak uygun görülmüştür.

**Çizelge 3.12.** TBDY (2018) uyarınca yığma duvarların başlangıç kesme dayanımları (MPa).

Kargir birim	Genel amaçlı harç(*)		İnce tabaka harç
Tuğla	M10-M20	0.30	0.30
	M2.5-M9	0.20	
	M1-M2	0.10	
Beton	M10-M20	0.20	0.30
Gazbeton	M2.5-M9	0.15	0.30
Doğal veya Yapay Taş	M1-M2	0.10	Kullanılamaz
(*) Harçlar M harfini takip eden rakam MPa cinsinden karakteristik basınç dayanımlarını gösterecek şekilde isimlendirilmiştir.			

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında temel olarak Erzurum ili Pasinler ilçesinde pomza agregası kullanarak hafif yapı elemanları ve yapı kimyasalları üreten Kaleblok Bims A.Ő. firmasının fabrika sahasında atık malzeme olarak birikmekte olan pomza tozunun imento esaslı yeni bir harç üretiminde kullanılabilirliğinin deneysel olarak araştırılması hedeflenmiştir. Deneysel araŐtırmada atık pomza tozu kullanılarak üretilen harçların salt mekanik özelliklerinin incelenmesi yeterli görülmemiŐtir. Zira söz konusu harçların öncelikli olarak firmanın ürünleri olan blok bims numunelerle duvar imalatında bağlayıcı malzeme ve sıva olarak kullanılması ve bu şekilde bir ürün olarak piyasaya arz edilmesi esastır. Bu nedenle atık pomza tozu içerikli harçlarla imal edilmiş duvar numunelerinin aksenal basınç ve kayma dayanımlarının, hali hazırda kullanılmakta olan bağlayıcı ürünlerle imal edilen numunelere muadil olup olmadıklarının incelenmesi gerekli görülmüştür. Bu amaçla yapılan duvar blok numune test sonuçları bu bölümde detaylı bir şekilde ilgili literatürle karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Materyal ve Yöntem bölümünde ön çalışmalara ilişkin detaylar sonuçlar verildiğinden burada tekrar sunumları yapılmamıŐtır.

#### 4.1. Blok Duvar İmalatında Kullanılan Harç Numunelerinin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Üçü referans olmak üzere, toplam yedi grup halinde blok duvar numunesi imalatında kullanılan harç karışımlarının 7 ve 28 günlük aksenal basınç dayanımları ve birim hacim ağırlıkları izelge 4.1’de sunulmaktadır.

**Çizelge 4.1.** Blok duvar imalatında kullanılan harçların birim hacim ağırlık ve eksenel basınç dayanımları.

Grup No	Numune kodu	Birim Hacim Ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )		Eksenel Basınç Dayanımı (MPa)		TBDY (2018) Uyarınca Harç Sınıfı
		7 Günlük	28 Günlük	7 Günlük	28 Günlük	
1 No'lu Grup	K-Fix_İ	1.693	1.635	10,30	16,38	M10-M20
2 No'lu Grup	K-Fix_K	1.822	1.750	17,40	22,23	Dayanım 20 MPa üstü olduğundan sınıflandırma yapılamamıştır.
3 No'lu Grup	ÇK1_3	2.085	2.030	23,50	30,77	Dayanım 20 MPa üstü olduğundan sınıflandırma yapılamamıştır.
4 No'lu Grup	ÇP1_3	1.394	1.376	7,40	15,78	M10-M20
5 No'lu Grup	ÇP1_4	1.352	1.239	5,90	10,00	M10-M20
6 No'lu Grup	ÇP1_5	1.277	1.168	5,77	6,20	M2.5 – M9
7 No'lu Grup	ÇP1_7	1.168	1.100	3,00	5,00	M2.5 – M9

Görsel karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla Çizelge 4.1'de sunulan veri kullanılarak duvar blok elemanların imalatında kullanılan harçlar için Şekil 4.1'de sunulan 7 ve 28 günlük birim hacim ağırlığı grafiği ile Şekil 4.2'de sunulan 7 ve 28 günlük eksenel basınç dayanımı grafikleri oluşturulmuştur.



**Şekil 4.1.** Duvar blok numune imalatlarında kullanılan harçların 7 ve 28 gün sonundaki birim hacim ağırlıkları.

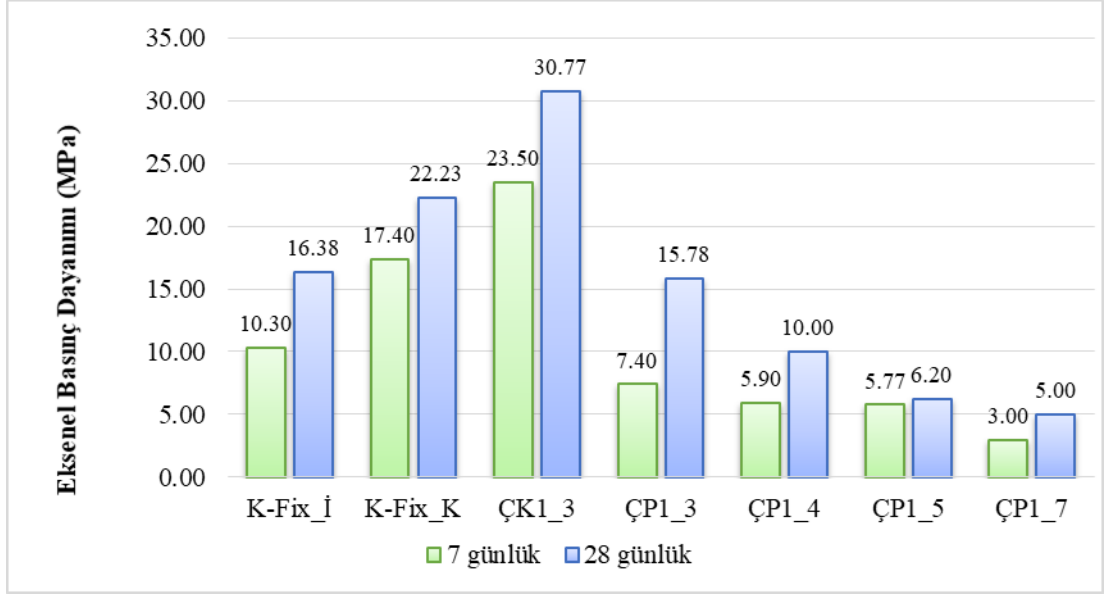
Şekil 4.1 incelendiğinde, ilk 28 günlük süreç sonunda ÇK1\_3 sabit oranlı piyasa harcının birim hacim ağırlığının diğer harçlara oranla yüksek olduğu görülmektedir ki; normal ağırlıklı kum kullanımının bunda etkili olduğu açıktır. Kaleblok Bims A.Ş. firması tarafından sağlanan K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırıcı harcının birim hacim ağırlığının ÇK1\_3 harcından daha az olduğu ancak ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 sabit hacimli toz pomzadan yapılan harçlardan ise fazla olduğu anlaşılmıştır. 7 günlük birim hacim ağırlıkları referans alındığında, referans olarak yapılan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harçlarının 28 günlük birim hacim ağırlıklarının ortalama %4 oranında azaldığı görülmüştür.

Toz pomzadan yapılan harç karışımları kendi aralarında değerlendirildiğinde toz pomza oranı arttıkça numunelerin birim hacim ağırlıklarının düştüğü gözlemlenmiştir. Bu durum karışımdaki çimento oranının düşmesi ve buna bağlı olarak toz pomza oranının artmasıyla açıklanabilmektedir. ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçlarının 7 ve 28 günlük birim hacim ağırlıklarında sırasıyla %1, %8, %9 ve %6 farklarla düşüş olduğu ve toz pomza miktarı arttıkça birim hacim ağırlıktaki azalma oranının da arttığı

görülmektedir. Yanmış (2022) çalışmasına referansla, mikro düzeyde de gözenekli yapıda olduğu bilinen pomzanın karışım üretilirken bünyesine aldığı ve hidrasyonda kullanılmayan suyu zaman bırakmış olması ve bu miktarın karışımdaki pomza miktarı ile orantılı olmasının birim hacim ağırlıklardaki değişim rejimini destekler nitelikte olduğu düşünülmektedir.

Erişilebilen literatürde pomza tozu kullanılarak harç eldesine dair bir çalışmaya erişim sağlanamamıştır. Bununla birlikte, literatürdeki pomza agregası kullanılarak imal edilen beton ve benzeri malzemeleri konu edinen çalışmalardan; Erdoğan (2007) çalışmasında belirtildiği üzere TS EN 13055-1 (2016) standardına göre hafif agreganın birim hacim ağırlığının 1.100 kg/m<sup>3</sup>'ü geçmemesi gerektiği ifade edilmektedir. Akyüncü (2017) çalışmasında kullanılan pomza agregasının birim hacim ağırlıkları ortalama 900-1,400 gr/dm<sup>3</sup> olarak rapor etmiştir. Erzurum – Pasinler bölgesi Demirdöven bölgesi pomzasını inceleyen Kotan (2009) çalışmasında ise 1,039 – 1,272 kg/m<sup>3</sup> aralığında birim ağırlıklı hafif beton elde etmiştir. Erişilen literatürdeki ilgili değerlerin bu tez çalışmasında atık pomza tozu kullanılarak üretilen harçlar için 28 gün sonunda belirlenen 1.394-1.100 kg/m<sup>3</sup> birim hacim ağırlık değerleri ile uyumlu olduğunu ifade etmek mümkündür. Pomza agregası ve tozunun son derece boşluklu ve heterojen yapısından dolayı birim hacim ağırlıklarında ocaktan ocağa farklılık göstermesinin son derece doğal olduğunun altı çizilmelidir.

Şekil 4.2'de blok numune imalatlarında kullanılan tüm harç grupları için 7 ve 28 günlük eksenel basınç dayanımları grafik halinde sunulmaktadır.



**Şekil 4.2.** Harçlara ait farklı günlerdeki küp numunelerin eksenel basınç dayanımları

Şekil 4.2’de sunulan incelendiğinde referans alınan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harçlarının, 7 günlük eksenel basınç dayanımları referans alındığında, 28 günlük eksenel basınç dayanımlarında sırasıyla %59, %28, %31 farkla artış olduğu görülmektedir. ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçlarının, 7 günlük eksenel basınç dayanımları referans alındığında, 28 günlük eksenel basınç dayanımlarında sırasıyla %113, %70, %8 ve %67 farkla artış olduğu hesaplanmaktadır.

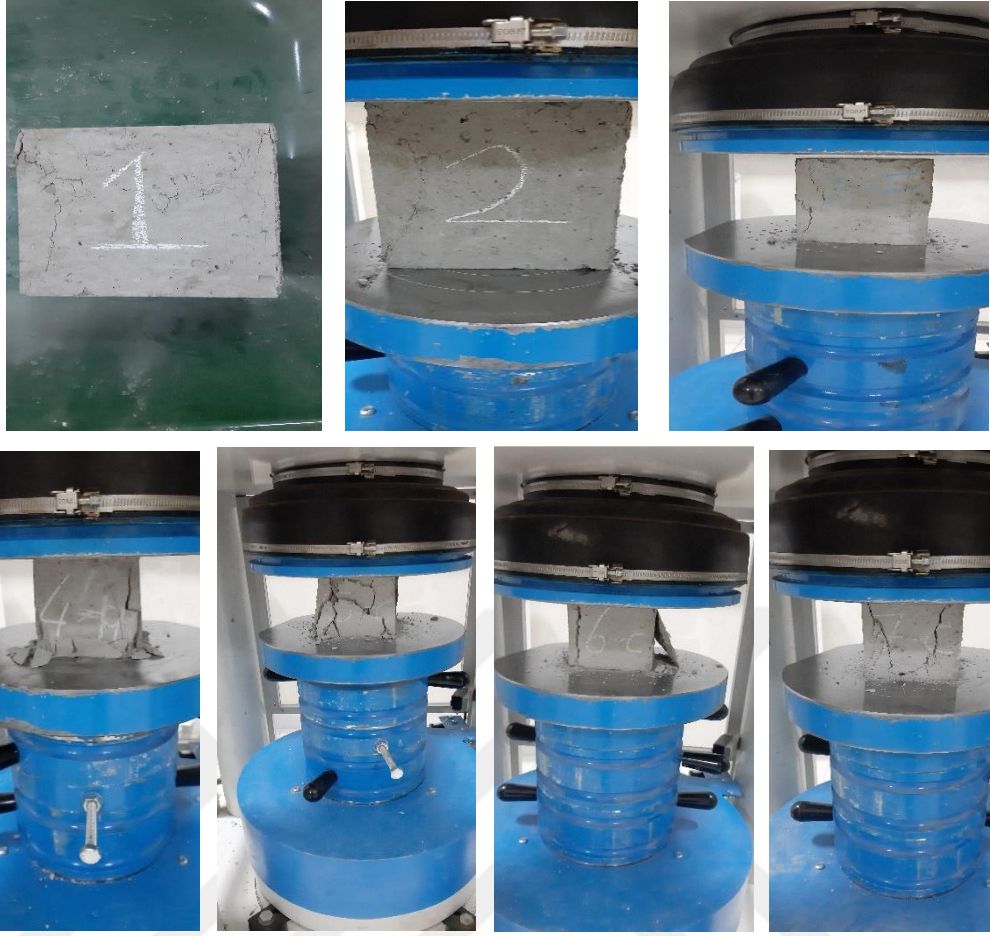
Kaleblok Bims A.Ş. firması tarafından sağlanan; K-Fix\_İ, K-Fix\_K taneli olarak ayrılan harçların 28 günlük eksenel basınç dayanımları sırasıyla 16,38 MPa ve 22,23 MPa olarak belirlenmiştir. Kırım sonucunda, *K-Fix\_İ harcı referans alındığında aralarında*, kalın tanecikli harcın %36 oranında daha yüksek dayanım verdiği görülmektedir. Yapıştırıcı harç tanecik boyutlarındaki farkın, dayanım artışı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

ÇK1\_3 ve ÇP1\_3 harçların 28 günlük eksenel basınç dayanımları sırasıyla 30,77 MPa ve 15,78 MPa olarak belirlenmiş ve kırım sonucunda *ÇK1\_3 harcı referans alındığında* atık pomza tozu ile üretilmiş harcın %51 oranında daha düşük dayanıma sahip olduğu görülmüştür. Bir başka deyişle, aynı hacimsel oranlarda hazırlanan harçta atık pomza tozunun kullanılması ile 28 günlük eksenel basınç dayanımının yarı yarıya

azaldığının ifade edilmesi mümkündür. Fakat bu azalmaya rağmen, ÇP1\_3 harcı TBDY (2018) uyarınca M10-M20 sınıfı, *yüksek dayanımlı*, harç olarak sınıflandırılmaktadır.

ÇK1\_3 harç dayanımı (30,77 MPa) referans alındığında ÇP1\_4 (10 MPa), ÇP1\_5(6,2 MPa) ve ÇP1\_7(5 MPa) harç dayanımının kırım sonucunda sırasıyla %33, %20 ve %16 oranında düşük 28 günlük dayanım verdikleri görülmüştür. Bu durumda kırım sonucunda oluşan dayanım farklarının artışı pomza tozu oranının artışına bağlı olduğu açıktır. Bir diğer referans olan K-Fix\_İ harcın 28 günlük eksenel basınç dayanımı 16,38 MPa iken ÇP1\_3,ÇP1\_4 harçlarının dayanımları sırasıyla 15,78 MPa, 10 MPa' dır. Bu harçlar içim; K-Fix\_İ referans alınarak hesaplanan dayanımdaki azalma oranları sırasıyla % 4 ve %39 olmuştur. Yapılan karşılaştırmalı inceleme neticesinde, referans alınan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3, harçlarına 28 günlük eksenel basınç dayanımları bakımından en yakın dayanımları veren ve atık pomza tozu ile üretilen harçların ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 harçları olduğu anlaşılmıştır.

Harçlardan alınan küp numunelerin kırımları yapıldıktan sonra kırılma şekilleri de incelenmiştir. Şekil 4.3' teki fotoğraflarda sunulmaya çalışıldığı üzere en az aşınım referans alınan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harcında olmuştur. ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 atık pomza tozu içeren harçlarda ise aşınım daha fazla olmuştur. Toz pomza miktarı arttıkça dayanım azalmış küp numunelerinde kırım anında dağılmalar artmıştır.



**Şekil 4.3.** Blok duvar numune imalatlarında kullanılan harçlardan alınan küp numunelerin aksenal basınç deneyine tabi tutulduktan sonraki görüntüleri.

Blok duvar numune imalatında kullanılan ve atık pomza tozu içeriğine sahip olan harçların 28 günlük aksenal basınç dayanımı değerlerine TBDY (2018) açısından bakılmasında da yarar görülmektedir. TBDY (2018)'ye göre donatısız ve kuşatılmış yığma yapı imalatında kullanılacak minimum harç dayanımı 5 MPa iken donatılı yığma için bu değer 10 MPa olarak belirlenmiştir. Söz konusu harç aksenal basınç dayanımlarının TS EN 1015-11 (2020)'e göre belirlenmiş olması esastır. Bu bakımdan, atık pomza tozu ile yapılan harçların sıralanan taşıyıcı yığma yapılarda kullanım durumlarının ortaya konulduğu tablo Çizelge 4.2'de sunulmaktadır.

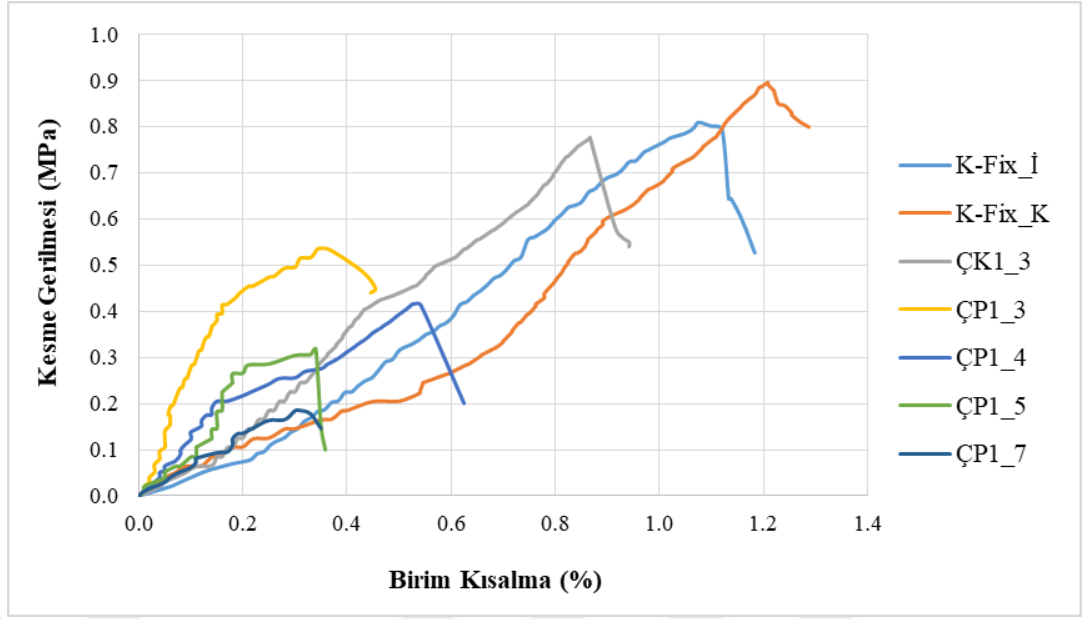
**Çizelge 4.2.** Atık pomza tozu ile üretilen harçların eksenel basınç dayanımları bakımından TBDY (2018) uyarınca yığma yapı imalatında kullanılabilirlikleri.

Grup No	Numune Kodu	28 Günlük Eksenel Basınç Dayanımı (MPa)	TBDY (2018) Uyarınca Harç Sınıfı	TBDY (2018) Uyarınca Eksenel Basınç Dayanımı Bakımından Yığma Yapı İmalatında Kullanılabilirliği	
				Donatısız ve Kuşatılmış Yığma (Min. 5 MPa)	Donatılı Yığma (Min. 10 MPa)
4 No'lu Grup	ÇP1_3	15,78	M10-M20	kullanılabilir	kullanılabilir
5 No'lu Grup	ÇP1_4	10,00	M10-M20	kullanılabilir	kullanılabilir
6 No'lu Grup	ÇP1_5	6,20	M2.5 – M9	kullanılabilir	<b>kullanılamaz</b>
7 No'lu Grup	ÇP1_7	5,00	M2.5 – M9	kullanılabilir	<b>kullanılamaz</b>

Çizelge 4.2 incelendiğinde, atık pomza tozu içeren tüm harç gruplarının 28 günlük eksenel basınç dayanımı bakımından, donatısız ve kuşatılmış yığma yapı imalatında kullanılacakları görülmektedir. ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 harçları ile tüm yığma yapı türlerinde imalatın yapılabilmesi mümkün iken; ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçlarının donatılı yığma yapı imalatında kullanılmalarının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

#### 4.2. Şaşırtmalı Blok Duvar Numunelerin Kesme Dayanımı Deney Sonuçları

Tüm harç grupları için beşer adet olmak üzere, toplamda 35 adet şaşırtmalı duvar bloğu karakteristik başlangıç kesme direnci tayini amacıyla deneye tabi tutulmuştur. Her bir gruptan, grup ortalamasını temsil eden bir deneye ait veri kullanılarak, şaşırtmalı blok deney numuneleri için çizdirilen kesme gerilmesi – birim kısalma grafikleri toplu halde Şekil 4.4'te sunulmaktadır.



**Şekil 4.4.** Şaşırtmalı blok numunelerin kesme gerilmesi-birim kısalma grafikleri

Şekil 4.4'de sunulan birim kısalma değerleri esasen kesmeye maruz harç birleşimlerindeki kısalma değerleri olmayıp, numune boyundaki toplam kısalma üzerinden hesaplanan değerleri olduğu dikkate alınmalıdır. Bu görsel üzerinde incelenen grafikler; firmanın satışta olan yapıştırıcı harçları en üstte olmakla birlikte, doğal kum ile yapılan standart harcı takiben atık pomza tozu kullanılarak imal edilen numunelerin karakteristik başlangıç kesme dayanımı değerinde atık pomza tozu miktarındaki artışla birlikte azalma olduğu açıkça görülmektedir. Başlangıç karakteristik kesme dayanımlarının toplu halde, *her bir grup için ortalama değerler olacak şekilde*, sunulduğu Çizelge 4.3'deki sayısal veri incelendiğinde en yüksek başlangıç karakteristik kesme dayanımının K-Fix\_K harcı için, 0,9 MPa olarak belirlendiği görülmektedir. Bununla birlikte, blok bims yığma birimler kullanılarak farklı içerikli harçlarla üretilen şaşırtmalı blok numune testlerinden elde edilen karakteristik başlangıç kesme dayanımları 0,18 MPa ile en düşük değerini ÇP1\_7 grubu harçlarla imal edilen numunelerde almıştır.

**Çizelge 4.3.** Şaşırtmalı blok numuneler için hesaplanan ortalama karakteristik başlangıç kesme dayanımları.

Numune Kodu	Kesme Dayanımı (MPa)	KFix-İnce Referansla Dayanım Farkı (%)	KFix-Kalın Referansla Dayanım Farkı (%)	1:3(Ç/K) Referansla Dayanım Farkı (%)
K-Fix_İ	0,81	0	-10	4
K-Fix_K	0,90	11	0	15
ÇK1_3	0,78	-4	-13	0
ÇP1_3	0,54	-33	-40	-31
ÇP1_4	0,42	-48	-53	-46
ÇP1_5	0,32	-60	-64	-59
ÇP1_7	0,18	-78	-80	-77

Çizelge 4.3 incelendiğinde, harç bileşimindeki pomza tozu miktarı arttıkça karakteristik kesme direnci değerinin de düştüğü görülmektedir. Birleşimdeki bağlayıcı oranındaki azalmanın bu davranışın temel nedeni olduğunu ifade etmek mümkündür. Bu düşüş oranının %80 ile en fazla olduğu harç numunesi, en yüksek dayanıma sahip referans grup olan K-Fix\_K grubuna referansla, ÇP1\_7 grubu olmuştur. Burada, atık pomza tozu kullanımı ile karakteristik başlangıç kesme direncinde meydana gelen azalma oranlarının lafzi olarak kıyaslanmasından ziyade, dayanım değerlerinin TBDY (2018) üzerinden irdelenmesinin daha anlamlı olduğu düşünülmektedir. Materyal ve Yöntem bölümü Çizelge 4.12’de, TBDY (2018)’den alıntılanarak sunulan duvarların başlangıç karakteristik kesme dayanımları incelendiğinde, mevcut çalışmayla kıyaslanması en doğru olan verinin çimento esaslı harç kullanılması durumunda gazbeton bloklar için sunulan değerler olduğu düşünülmektedir. Çizelge 4.12’de gazbeton yığma birimlerde genel amaçlı harç kullanılması durumunda başlangıç karakteristik kesme dayanımı 0,15 MPa olarak sunulurken; ince tabakalı harç uygulamasında bu değer 0,30 MPa olduğu görülmektedir. İnce tabakalı harç, birimler arası harç kalınlığının 0,3 – 3 mm arasında olduğu imalat olarak tanımlanmaktadır ki; bu çalışmadaki harç uygulamaları 5 mm ortalama kalınlık ile ince tabakalı harç olarak değerlendirilemeyecek harçlardır. Bu durumda, gazbeton bloklarda çimento esaslı genel amaçlı harç kullanılması halinde dikkate alınan minimum başlangıç karakteristik kesme dayanımı değeri olan 0,15 MPa uygulama referansı olarak kabul edilebilir.

Çizelge 4.3'te sunulan veri dikkate alındığında ÇP1\_7 grubu harç dahil tüm harçlarla 0,15 MPa ve üstü başlangıç karakteristik kesem dayanımı elde edildiği görülmektedir. Kabaca bir yaklaşımla, bu çalışmada kullanılan ve atık pomza tozundan mamul tüm harçların, *başlangıç karakteristik kesme direnci bakımından*, gazbeton bloklarla yapılacak yığma imalatta kullanılabilmesinin mümkün olduğu düşünülmektedir. Çalışmada kullanılan atık pomza tozu içerikli harçlarla muhtelif yığma birimler (tuğla, taş, vb.) kullanılarak imal edilecek şaşırtmalı blok numune testleri yapılmadan, bu harçların farklı yığma birimler için bağlayıcı olarak kullanılıp kullanılmayacağına karar verilemeyeceği ifade edilmelidir.

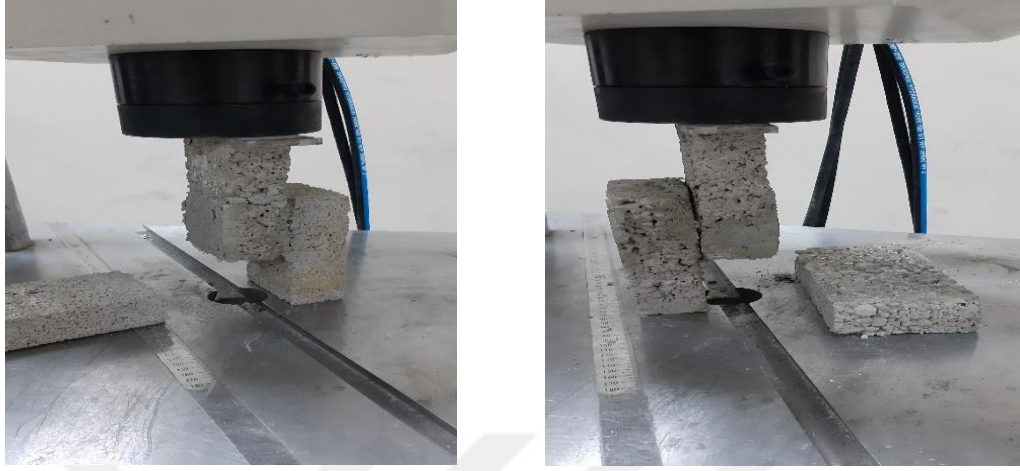
K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen şaşırtmalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüleri Şekil 4.5'te sunulmaktadır. Genel olarak bu grup numunelerde, göçmenin harç katmanında meydana gelen ayrışma, ezilme vb. hasardan ziyade blok bims numunelerinin basınç etkisi altında dağılmaları sonucunda meydana geldiğinin ifade edilmesi mümkündür. Bu husus, K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı ile blok bims numuneler arasında oldukça güçlü bir tutunma temin edildiğinin mekanik ifadesi olarak değerlendirilmektedir.



**Şekil 4.5.** K-Fix\_İ ve K-Fix\_K harcı ile yapılan şaşırtmalı blok duvar numunelerinin kesme direnci tayini deneyi sonrası.

Benzer şekilde, ÇK1\_3 harcından yapılan şaşırtmalı blok duvar numunelerinin kesme dayanımı tayini için yapılan deney sonu görselleri Şekil 4.6'da sunulmaktadır. Bu gruptaki numunelerin derzlere paralel olarak uygulanan kayma kuvveti etkisi altında

gözle fark edilecek bariz bir deformasyon yaşamadan 0,78 MPa kesme gerilmesine ulaştığı anda harç-bims olarak yüzeyden ayrıldığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.6.** ÇK1\_3 harcı ile yapılan Őaőtırtmalı blok duvar numunelerin kesme dayanımı deneyi görüntüleri.

ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçları ile yapılan Őaőtırtmalı blok duvar numunelerin kesme direnci tayini için yapılan deney sonu görselleri Şekil 4.7’de sunulmaktadır. ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozlu harçları ile yapılan numuneler de ÇK1\_3 harcı ile yapılan numunelere benzer Şekilde göçmeler meydana gelmiştir. Deney numunesi taşıyabileceği maksimum yüke ulaştığı anda harç-bims yüzeyinden ayrışmalar meydana gelmiştir.



**Şekil 4.7.** Sırayla ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçları ile yapılan şaşırtmalı blok duvar numunelerin kesme dayanımı deney sonu örnek görüntüleri.

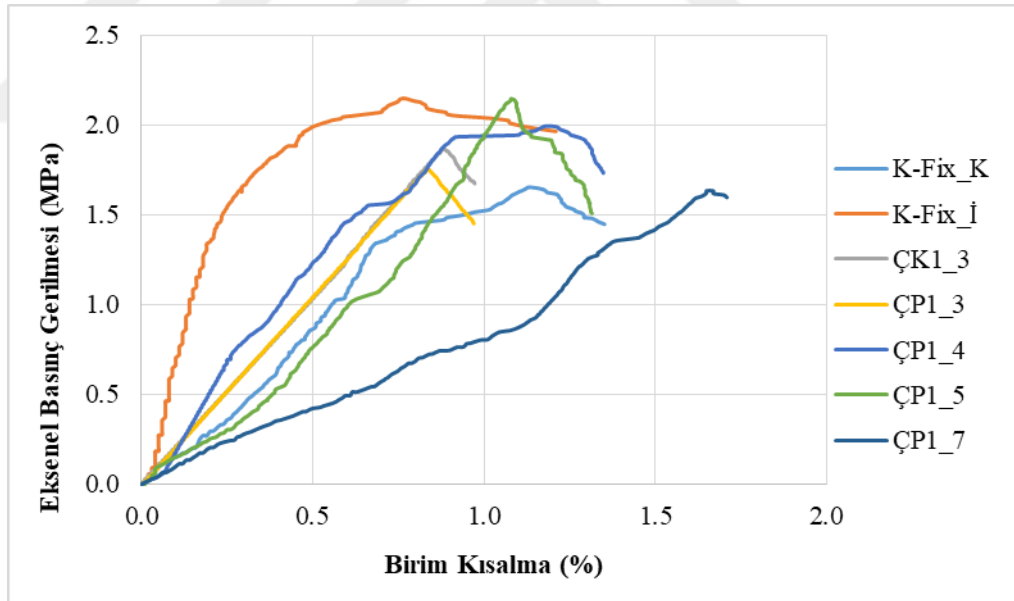
Kesme dayanımı tayini için yapılan deneylerde maksimum yükteki kırılma şekilleri dikkate alındığında; K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapııştırma harcı ile hazırlanan şaşırtmalı blok duvar numunelerinde bims ile harcın tutunma aderansının diğer grup numunelerine göre oldukça iyi olduğu gözlemlenmiştir. Öyle ki; bu grup elemanlarda göçme derz hizasında kayna nedeniyle değil; blokların aksenal basınç etkisi altında ezilmesi sonucu meydana gelmiştir. Blok duvar kesme dayanımının büyük ölçüde harç ile bims arasındaki yapışmanın kalitesine ve harcın çekme dayanımına bağlı olduğu ifade edilebilir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak deneye tabi tutulan blok duvar numunelerde kullanılan harçlardaki pomza tozu miktarı arttıkça harç-bims blok arasındaki aderansının zayıfladığı ve buna bağlı olarak kesme direncinin de azaldığı görülmüştür.

### 4.3. Blok Duvar Numunelerin Eksenel Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Atık pomza tozu ile imal edilen harçlarla üretilmiş numunelerin eksenel basınç dayanımları bakımından referans numunelerle kıyaslanması amacıyla yapılan deney sonuç ve gözlemleri bu bölümde sunulmaktadır. Her bir grubu temsilen, ortalamaya yakın bir numune verisi kullanılarak 2'li sıvasız, 3'lü sıvasız, 2'li sıvalı ve 3'lü sıvalı blok duvar numuneleri için üretilen eksenel basınç gerilmesi – birim kısalma grafikleri çizdirilmiş, deneysel veri tablo halinde özetlenmiş, yük etkisi altındaki davranış hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

#### 2'li Sıvasız Blok Duvar Numunelerin Eksenel Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

2'li sıvasız numunelerin eksenel basınç gerilmesi – birim kısalma grafikleri Şekil 4.8'de sunulmaktadır.



Şekil 4.8. 2'li Sıvasız numunelerin eksenel basınç gerilmesi- birim kısalma grafikleri

Şekil 4.8'de verilen grafikler incelendiğinde; firmanın satışta olan yapıştırma harcı olan K-Fix\_İ ve pomzalı harç grubundan ÇP1\_5 numunesinin eksenel basınç dayanımlarının aynı olduğu ve 2,15 MPa dayanım değeriyle en üstte olduğu görülmektedir. Eksenel basınç dayanımlarının toplu halde, her grup için ortalama değer olacak şekilde, sunulduğu Çizelge 4.3'deki sayısal veri incelendiğinde en yüksek eksenel

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

basınç dayanımının K-Fix\_İ ve ÇP1\_5 harçları için 2,15 MPa olarak belirlendiği görülmektedir. Bununla beraber, blok bims kullanılarak farklı içerikli harçlarla üretilen 2'li sıvasız blok duvar numune testlerinden elde edilen eksenel basınç dayanımları 1,64 MPa ile en düşük değerini ÇP1\_7 grubu harçlarla imal edilen numunelerde almıştır.

Tüm 2'li sıvasız blok duvar numunelerinin boyu 390 mm olarak imal edilmiştir. Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları her bir grup için ortalama değer olacak şekilde Çizelge 4.4'te sunulmaktadır.

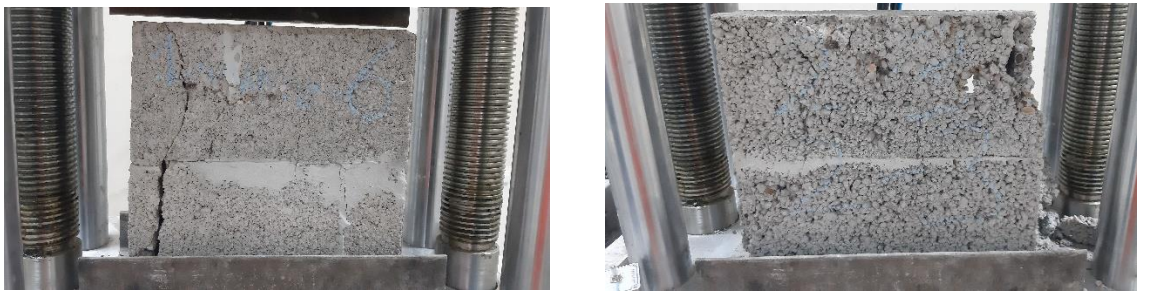
**Çizelge 4.4.** 2'li sıvasız blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları.

Numune Kodu	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	K-Fix_İ Referansla Dayanım Farkı (%)	K-Fix_K Referansla Dayanım Farkı (%)	ÇK1_3 Referansla Dayanım Farkı (%)
K-Fix_İ	2.051	2,15	0	30	15
K-Fix_K	2.025	1,66	-23	0	-11
ÇK1_3	1.730	1,87	-13	13	0
ÇP1_3	1.463	2,00	-7	21	7
ÇP1_4	1.304	1,76	-18	6	-6
ÇP1_5	1.115	2,15	0	30	15
ÇP1_7	1.045	1,64	-24	-1	-12

Çizelge 4.4'te incelendiğinde pomza tozu harcı ile yapılan 2'li sıvasız blok numunelerin, pomza tozu oranı arttıkça birim hacim ağırlıklarında düşüş yaşandığı görülmektedir. K-Fix\_İ yapıştırma harcı ile yapılan 2'li sıvasız blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %13 farkla ÇK1\_3 harçlı 2'li sıvasız blok duvar numunelerin olduğu, pomza tozu harcı ile yapılan numune grubundan ise aynı dayanımı veren ÇP1\_5 harçlı numune olduğu ve ardından en yakın dayanımı veren %7 farkla ÇP1\_3 harçlı 2'li sıvasız blok duvar numunelerin olduğu belirlenmiştir. K-Fix\_K harcı ile yapılan 2'li sıvasız blok duvar numunelerin basınç

dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %13 farkla ÇK1\_3 harçlı 2'li sıvasız blok duvar numunelerin olduğu, pomza tozu harcı ile yapılan 2'li sıvasız blok duvar numunelerden ise sırasıyla %1 ve %6 farkla en yakın dayanıma ÇP1\_7, ÇP1\_4 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. Ortaya çıkan bu farklılıkların sebebi işçilik, harç-bims aderansından kaynaklı olabileceği gözlemlenmiştir. ÇK1\_3 harcı ile yapılan 2'li sıvasız blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında en yakın referans grubunun %11 farkla 1,66 MPa dayanıma sahip olan K-Fix\_K yapıştırma harcı ile yapılan numunelerin olduğu, pomza tozu harcı ile yapılan 2'li sıvasız blok duvar numunelerden %6 farkla 1,76 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_4 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.4'te pomza tozu harçlı numunelerin eksenel basınç dayanımı incelendiğinde; en yüksek dayanıma sahip referans grubu olan K-Fix\_İ grubuna referansla, en fazla dayanımda düşüş gösteren grup %24 oranıyla ÇP1\_7 olmuştur. En fazla artış gösteren grup ise K-Fix\_K grubuna referansla %30 oranıyla 2,15 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_5 olmuştur.

K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.9'da sunulmaktadır. Genel olarak bu gruplarda basınç etkisiyle derzlere dik çatlaklar ve blok bimslerin baş kısımlarında ezilmeler meydana geldiğini belirtmek mümkündür. K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcının blok bims ile arasında güçlü bir tutunma temin edildiğinin mekanik ifadesi olarak değerlendirilmektedir.



**Şekil 4.9.** K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

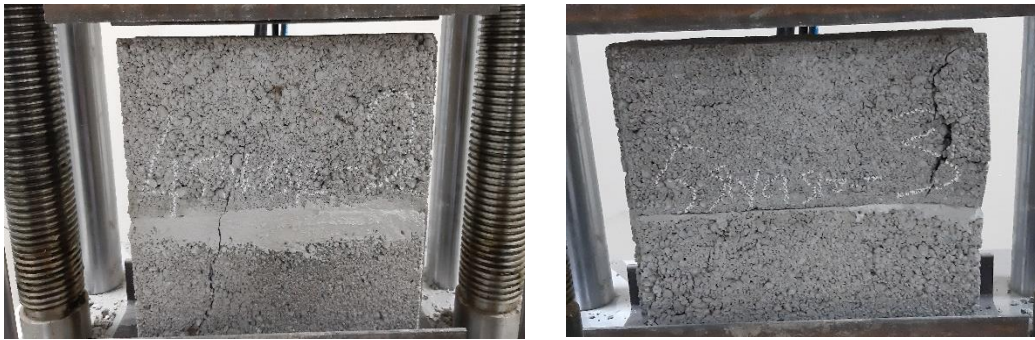
ÇK1\_3 harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.10'da sunulmaktadır. Bu gruptaki numunelerde derzlere dik uygulanan basınç kuvveti altında, derzlere dik çatlaklar meydana gelmiştir. Blok

bimslerin baş kısımlarında ezilmelerin az olduğunu belirtmek mümkündür. ÇK1\_3 harçlı numune 1,87 MPa aksenal basınç dayanımına ulaştığı anda en büyük çatlakın meydana geldiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.10.** ÇK1\_3 harçlı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 harçlı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.11'de sunulmaktadır. ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozlu harçlı numunelerde, ÇK1\_3 numunelere benzer göçmeler meydana gelmiştir. Deney numunelerinde en büyük hasar taşıyabilecekleri maksimum yüke ulaştığı anda meydana gelmiştir.



**Şekil 4.11.** ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozlu harçlı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçlı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.12'de sunulmaktadır. ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozlu harçlar ile yapılan numunelerdeki göçmeler, ÇK1\_3 harç ile yapılan

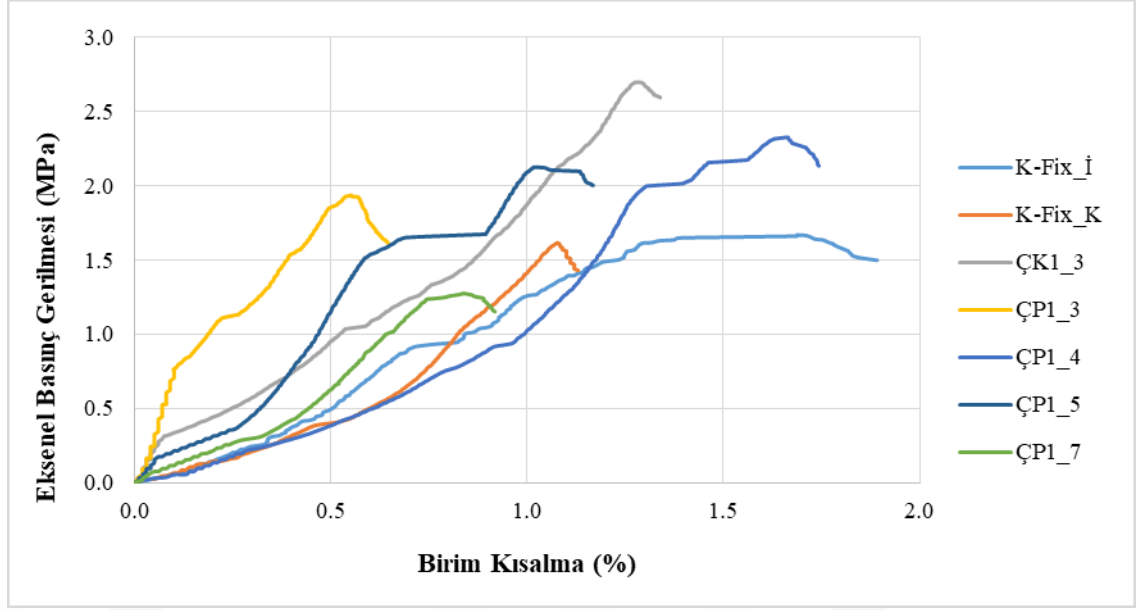
numunelere benzer olarak meydana gelmiştir. Deney numunelerindeki en büyük göçme, taşıyabilecekleri maksimum yüke ulaştıkları anda meydana gelmiştir. Ancak  P1\_5 ve  P1\_7 pomza tozlu harcı ile yapılan numune diŐer gruplardan farklı olarak derz-harç birleşim yerinden tamamen ayrıldıŐı gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.12.**  P1\_5 ve  P1\_7 harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

#### ***2'li Sıvalı Blok Duvar Numunelerin Eksenel Basınç Dayanımı Deney Sonuçları***

2'li sıvalı numunelerin eksenel basınç gerilmesi – birim kısalma grafikleri Şekil 4.13' te sunulmaktadır.



**Şekil 4.13.** 2'li Sıvalı numunelerin aksel basınç gerilmesi- birim kısılma grafikleri

Şekil 4.13'te verilen görsel üzerindeki grafikler incelendiğinde; ÇK1\_3 harçlı 2'li sıvalı blok duvar numunesi 2,70 MPa aksel basınç dayanımı değeri ile en üstte yer aldığı, ÇP1\_7 pomza tozu harçlı numunenin ise 0,84 MPa aksel basınç dayanım değeri ile en altta yer aldığı görülmektedir.

Tüm 2'li sıvalı blok duvar numunelerinin boyu 390 mm olarak imal edilmiştir. Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm numunelerin birim hacim ağırlıkları ve aksel basınç dayanımları her bir grup için ortalama değer olacak şekilde Çizelge 4.5'te sunulmaktadır.

**Çizelge 4.5.** 2’li sıvalı blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları.

Numune Kodu	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	K-Fix_İ Referansla Dayanım Farkı (%)	K-Fix_K Referansla Dayanım Farkı (%)	ÇK1_3 Referansla Dayanım Farkı (%)
K-Fix_İ	2.051	1,66	0	3	-39
K-Fix_K	2.025	1,62	-2	0	-40
ÇK1_3	1.730	2,70	63	67	0
ÇP1_3	1.463	1,94	17	20	-28
ÇP1_4	1.304	2,33	40	44	-14
ÇP1_5	1.115	1,28	-23	-21	-53
ÇP1_7	1.045	0,84	-49	-48	-69

Çizelge 4.5 incelendiğinde pomza tozu harcı ile yapılan 2’li sıvasız blok numunelerin, pomza tozu oranı arttıkça birim hacim ağırlıklarında düşüş yaşandığı görülmektedir. K-Fix\_İ harcı ile yapılan 2’li sıvalı blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında en yakın referans grubunun %2 farkla K-Fix\_K harçlı 2’li sıvalı blok duvar numunelerin olduğu görülmüştür. Pomza harcı ile yapılan numune grubunda ise en yakın dayanımı %17 farkla ÇP1\_3 harçlı 2’li sıvalı blok duvar numune olduğu belirlenmiştir. K-Fix\_K harcı ile yapılan 2’li sıvalı blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %3 farkla K-Fix\_İ harçlı sıvalı blok duvar numunelerin olduğu, pomza harcı ile yapılan 2’li sıvalı blok numunelerden ise sırasıyla %20 ve %21 farkla en yakın dayanıma ÇP1\_3, ÇP1\_5 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. ÇK1\_3 harcı ile yapılan 2’li sıvalı blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %39 farkla 1,66 MPa dayanıma sahip olan K-Fix\_İ harcı ile yapılan numunelerin olduğu, pomza tozu harcı ile yapılan 2’li sıvalı blok duvar numunelerden %14 farkla 2,33 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_4 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.5’te pomza tozu harçlı numunelerin eksenel basınç dayanımları incelendiğinde; en fazla dayanıma sahip referans grubu olan ÇK1\_3 grubuna referansla, en fazla dayanımda düşüş

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

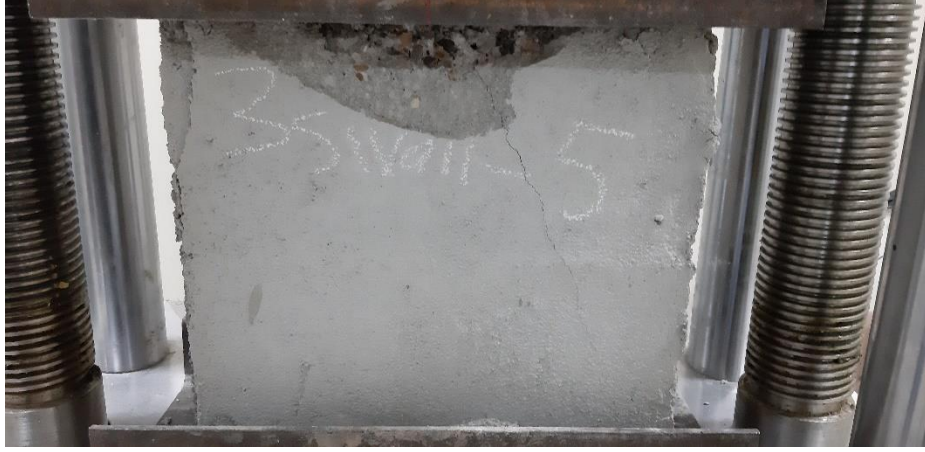
gösteren grup %69 oranıyla ÇP1\_7 olmuştur. En fazla artış gösteren grup ise; K-Fix\_K grubuna referansla, %44 oranıyla 2,33 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_4 numune grubu olmuştur.

K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüleri Şekil 4.14'te sunulmaktadır. Genel olarak bu gruplarda basınç etkisiyle derzlere dik çatlaklar meydana geldiği ve harç- bims birleşim bölgelerinde harçların yüzeyden ayrıldığı gözlemlenmiştir. K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcının blok bims yüzeyi ile arasında güçlü bir tutunma olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.14.** K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇK1\_3 harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüleri Şekil 4.15'de sunulmaktadır. Bu gruptaki numunelerde, basınç etkisiyle harç –bims birleşim yerlerinde derin olmayan yüzeysel dik çatlaklar meydana gelmiştir. Blok numunelerin baş kısımlarındaki sıvaların, basınç etkisiyle bims yüzeyinden ayrıldığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.15.** ÇK1\_3 harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.16'da sunulmaktadır. ÇP1\_3 harcı ile yapılan sıvalı numunelerde; yüzeylerde yüzeysel çatlaklar meydana geldiği ve basınç etkisiyle baş kısımlarda ezilmeler olduğu görülmüştür. Ancak ÇP1\_4 harcı ile yapılan sıvalı numunelerde uygulanan basınç etkisiyle sıva, blok bims numunesi yüzeyinden dökülmeler şeklinde ayrılmıştır ve 2,33 MPa basınç dayanımına ulaştığı anda numune harç-bims birleşim yerinden tamamen ayrıldığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.16.** ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.17'de sunulmaktadır. ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozu harcı ile yapılan numunelerin basınç etkisiyle harç-bims birleşim yerinden ayrıldığı görülmüştür. Ayrıca numune yüzeyindeki sıvalarda pomza tozu miktarı

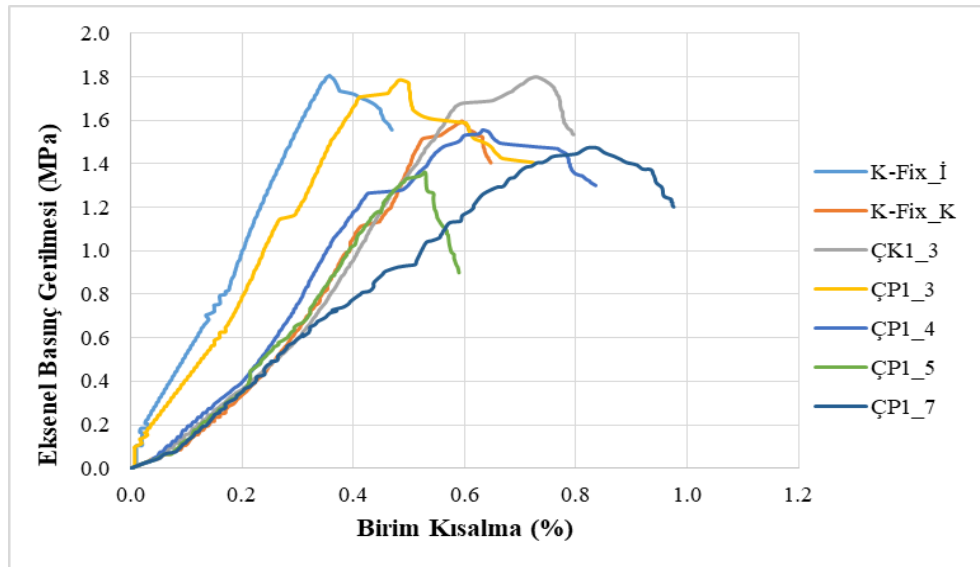
artıkça derin çatlaklarda artış olduğu ve sıvanın yüzeyden dökülmeler şeklinde ayrıldığı gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.17.** ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 2'li sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

#### *3'lü Sıvasız Blok Duvar Numunelerin Eksenel Basınç Dayanımı Deney Sonuçları*

3'lü sıvasız numunelerin eksenel basınç gerilmesi – birim kısalma grafikleri Şekil 4.18'de sunulmaktadır.



**Şekil 4.18.** 3'lü sıvasız numunelerin eksenel basınç gerilmesi- birim kısalma grafikleri

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Şekil 4.18’de verilen görsel üzerindeki grafikler incelendiğinde; K-Fix\_İ, ÇK1\_3 ve ÇP1\_3 harçları ile yapılan 3’lü sıvasız blok duvar numunelerin eksenel basınç değerlerinin yaklaşık aynı olduğu ve en üstte yer aldıkları, ÇP1\_5 pomza tozu harçlı numunenin ise 1,36 MPa eksenel basınç dayanımı ile en altta yer aldığı görülmektedir.

Tüm 3’lü sıvasız blok duvar numunelerinin boyu 570 mm olarak imal edilmiştir. Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları her bir grup için ortalama değer olacak şekilde Çizelge 4.6’da sunulmaktadır.

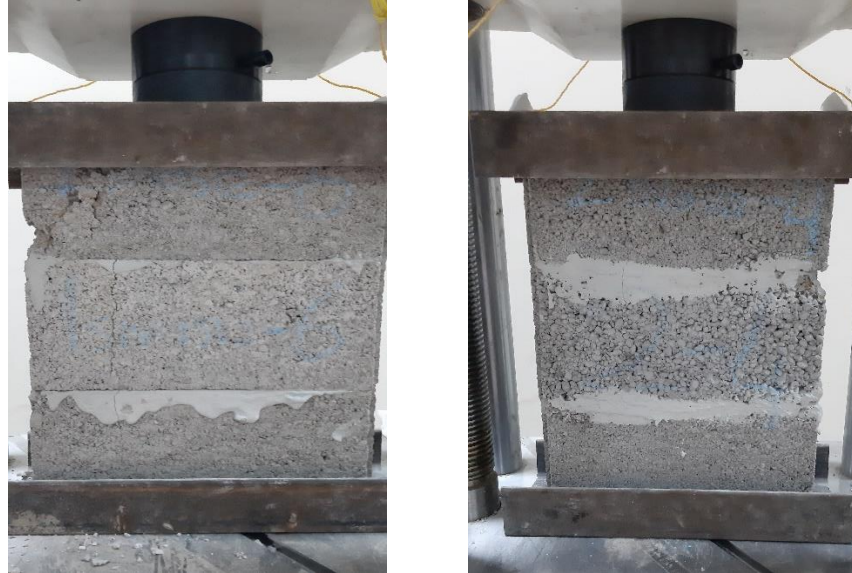
**Çizelge 4.6.** 3’lü sıvasız blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları.

Numune Kodu	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	K-Fix_İ Referansla Dayanım Farkı (%)	K-Fix_K Referansla Dayanım Farkı (%)	ÇK1_3 Referansla Dayanım Farkı (%)
K-Fix_İ	1.422	1,81	0	13	1
K-Fix_K	1.386	1,60	-12	0	-11
ÇK1_3	1.184	1,80	-1	13	0
ÇP1_3	1.000	1,79	-1	12	-1
ÇP1_4	892	1,56	-14	-3	-13
ÇP1_5	805	1,36	-25	-15	-24
ÇP1_7	629	1,48	-18	-8	-18

Çizelge 4.6 incelendiğinde pomza tozu harcı ile yapılan 3’lü sıvasız blok numunelerin pomza tozu oranı arttıkça birim hacim ağırlıklarında düşüş yaşandığı görülmektedir. K-Fix\_İ yapıştırma harcı ile yapılan 3’lü sıvasız blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %1 farkla ÇK1\_3 harçlı 3’lü sıvasız blok duvar numunelerin olduğu belirlenmiştir. Pomza tozu harcı ile yapılan numune grubundan ise en yakın dayanımı %1 farkla ÇP1\_3 harçlı 3’lü sıvasız blok duvar numunelerin olduğu belirlenmiştir. K-Fix\_K yapıştırma harcı ile yapılan 3’lü sıvasız blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans

grubunun %13 farkla K-Fix\_İ ve ÇK1\_3 harçlı 3'lü sıvasız blok duvar numunelerinin olduğu, pomza harcı ile yapılan 3'lü sıvasız blok numunelerden ise sırasıyla %3 ve %8 farkla en yakın dayanıma ÇP1\_4, ÇP1\_7 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. ÇK1\_3 harcı ile yapılan 3'lü sıvasız blok duvar numunelerinin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %1 farkla 1,81 MPa dayanıma sahip olan K-Fix\_İ harcı ile yapılan numunelerin olduğu, pomza tozu harcı ile yapılan 3'lü sıvasız blok duvar numunelerden %1 farkla 1,79 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_3 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.6'da pomza tozu harçlı numunelerin eksenel basınç dayanımları incelendiğinde; en yüksek dayanıma sahip referans grubu olan K-Fix\_İ grubuna referansla, en fazla dayanımda düşüş gösteren grup %25 oranıyla ÇP1\_5 olmuştur. En fazla artış gösteren grup ise; K-Fix\_K grubuna referansla, %12 oranıyla 1,79 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_3 olmuştur.

K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüleri Şekil 4.19'da sunulmaktadır. Genel olarak bu gruplarda basınç etkisiyle derzlere dik çatlaklar meydana geldiği gözlemlenmiştir. K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harçlı numunelerde bims-harç aderansının iyi olduğu görülmüştür



**Şekil 4.19.** K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇK1\_3 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.20'de sunulmaktadır. Bu gruptaki numunelerde derzlere dik uygulanan basınç kuvveti altında, derzlere dik çatlaklar meydana gelmişti. Numuneler basınç kuvveti etkisi altında, gözle görülebilecek düzeyde deformasyona uğramıştır.



**Şekil 4.20.** ÇK1\_3 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.21'de sunulmaktadır. ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozlu harçlar ile yapılan numunelerde basınç etkisiyle derzlere dik derin çatlaklar meydana gelmiştir. Deney numunelerinde en büyük göçme taşıyabilecekleri maksimum yüke ulaştığı anda meydana gelmiştir.



**Şekil 4.21.** ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

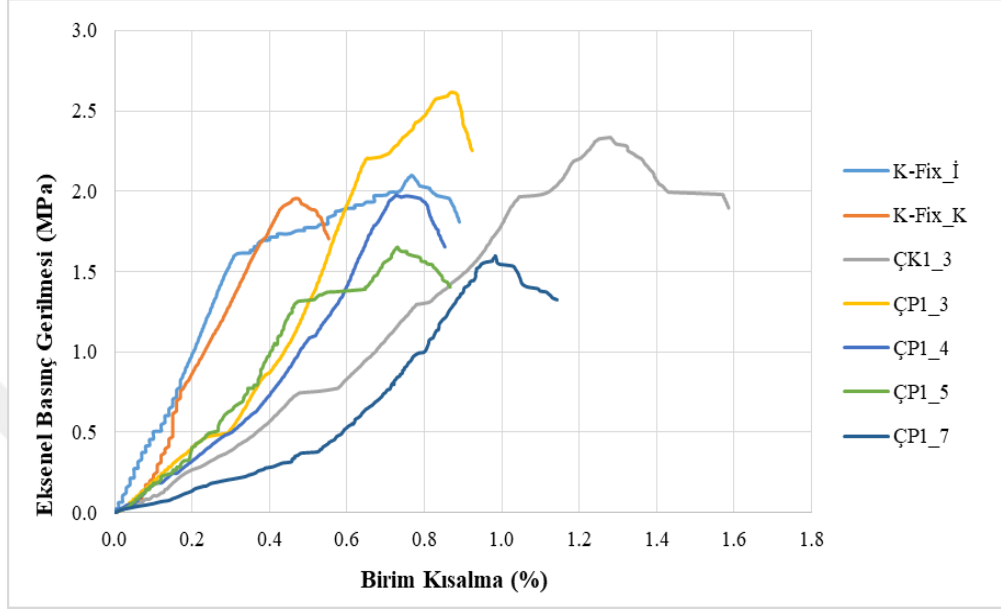
ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.22'de sunulmaktadır. ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozlu harçlar ile yapılan numunelerde bims- harç aderansı sağlanamadığından taşıyabilecekleri maksimum yüke ulaştıkları anda harç-bims birleşim yerinden ayrılmışlardır. Basınç etkisiyle baş kısımlarında ezilmeler meydana geldiği gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.22.** ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvasız blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

##### *3'lü Sıvalı Blok Duvar Numunelerinin Eksenel Basınç Dayanımı Deney Sonuçları*

3'lü sıvalı numunelerin eksenel basınç gerilmesi – birim kısalma grafikleri Şekil 4.23' te sunulmaktadır.



**Şekil 4.23.** 3'lü sıvalı numunelerin eksenel basınç gerilmesi- birim kısalma grafiği

Şekil 4.23'te verilen görsel üzerindeki grafikler incelendiğinde; ÇP1\_3 pomza tozu harçlı 3'lü sıvalı blok duvar numunesi 2,62 MPa eksenel basınç dayanımı ile en üstte yer aldığı, ÇP1\_7 pomza tozu harçlı numunenin ise 1,60 MPa eksenel basınç dayanımı ile en altta yer aldığı görülmektedir.

Tüm 3'lü sıvalı blok duvar numunelerinin boyu 570 mm olarak imal edilmiştir. Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları her bir grup için ortalama değer olacak şekilde Çizelge 4.7'de sunulmaktadır.

**Çizelge 4.7.** 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin birim hacim ağırlıkları ve eksenel basınç dayanımları.

Numune Kodu	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	Basınç Dayanımı (MPa)	K-Fix_İ Referansla Dayanım Farkı (%)	K-Fix_K Referansla Dayanım Farkı (%)	ÇK1_3 Referansla Dayanım Farkı (%)
K-Fix_İ	1.422	2,10	0	7	-10
K-Fix_K	1.386	1,96	-7	0	-16
ÇK1_3	1.184	2,34	11	19	0
ÇP1_3	1.000	2,62	25	34	12
ÇP1_4	892	1,98	-6	1	-15
ÇP1_5	805	1,65	-21	-16	-30
ÇP1_7	629	1,60	-24	-18	-32

Çizelge 4.7 incelendiğinde pomza tozu harcı ile yapılan 3'lü sıvalı blok numunelerin pomza tozu oranı arttıkça birim hacim ağırlıklarında düşüş yaşandığı görülmektedir. K-Fix\_İ yapıştırma harcı ile yapılan 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında en yakın referans grubunun %7 farkla K-Fix\_K harçlı 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin olduğu görülmüştür. Pomza harcı ile yapılan numune grubunda ise en yakın dayanıma %6 farkla ÇP1\_4 harçlı 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin olduğu belirlenmiştir. K-Fix\_K yapıştırma harcı ile yapılan 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %7 farkla K-Fix\_İ yapıştırma harçlı sıvasız blok duvar numunelerin olduğu, pomza harcı ile yapılan 3'lü sıvalı blok numunelerden ise sırasıyla %1 ve %16 farkla en yakın dayanıma ÇP1\_4, ÇP1\_5 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. ÇK1\_3 harcı ile yapılan 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin basınç dayanımları referans alındığında; en yakın referans grubunun %10 farkla 2,10 MPa dayanıma sahip olan K-Fix\_İ harcı ile yapılan numunelerin olduğu, pomza harcı ile yapılan 3'lü sıvalı blok duvar numunelerden %12 farkla 2,62 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_3 harçlı numunelerin olduğu görülmüştür. Çizelge 4.7'de pomza tozu harçlı 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin eksenel basınç dayanımları incelendiğinde; en yüksek basınç dayanımına sahip referans grubu

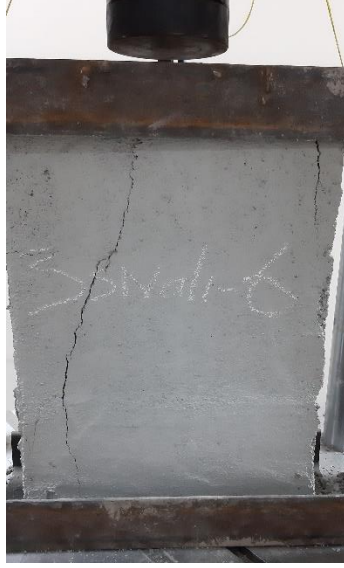
olan ÇK1\_3 grubuna referansla, en fazla dayanımda düşüş gösteren grup %32 oranıyla ÇP1\_7 olmuştur. En fazla artış gösteren grup ise K-Fix\_K grubuna referansla %34 oranıyla 2,62 MPa dayanıma sahip olan ÇP1\_3 olmuştur. Pomza tozu harçlarıyla yapılan 3'lü sıvalı blok duvar numunelerinin dayanımları incelendiğinde; harçlarda pomza tozu miktarı arttıkça dayanımın düştüğü görülmüştür.

K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüleri Şekil 4.24'te sunulmaktadır. Genel olarak bu gruplarda basınç etkisiyle, sıvalı yüzeylerde derzlere dik derin olmayan çatlaklar meydana geldiği gözlemlenmiştir. K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcının blok bims yüzeyi ile arasında güçlü bir tutunma olduğu görülmüştür.



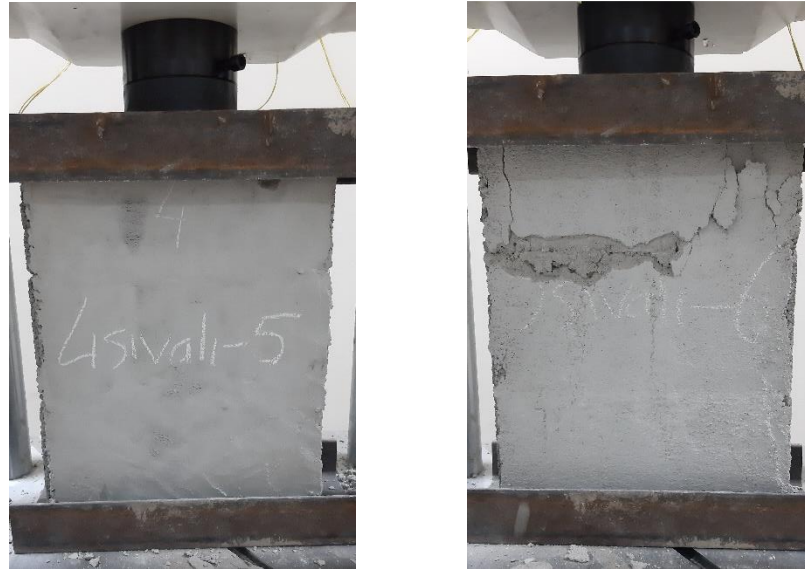
**Şekil 4.24.** K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇK1\_3 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüleri Şekil 4.25'te sunulmaktadır. Numunelerde basınç etkisiyle yüzeylerde derzlere dik boydan boya derin çatlak meydana geldiği gözlemlenmiştir. Ancak bims-harç birleşim yerinde çatlak oluşmadığı oluşan çatlakların yüzeysel olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.25.** ÇK1\_3 harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.26'da sunulmaktadır. ÇP1\_3 sıvalı numunelerde, basınç etkisiyle derin çatlaklar oluşmadığı ancak ÇP1\_4 sıvalı numunelerde harç-bims birleşim yerinde derin çatlaklar olduğu görülmüştür.



**Şekil 4.26.** ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numune testleri sonucunda çekilen örnek görüntüler Şekil 4.27'de sunulmaktadır. ÇP1\_5

sıvalı numunelerde basınç etkisiyle derin çatlaklar oluştuğu ancak ÇP1\_7 sıvalı numunelerde ise basınç etkisiyle baş kısımlarda ezilmeler olduğu aynı zamanda harç-bims birleşim yerinde derin çatlaklar meydana geldiği görülmüştür.



**Şekil 4.27.** ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozu harcı kullanılarak imal edilen 3'lü sıvalı blok numunelerin basınç dayanım deneyi sonu örnek görüntüleri.

#### 4.3.1. Blok duvar numunelerin elastisite modülleri

2'li sıvasız, 3'lü sıvasız, 2'li sıvalı, 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin aksel basınç dayanımı gerilmesi – şekil değiştirme eğrileri referans alınarak elastisite modülleri deneysel ve teorik hesaplanmıştır.

#### *2'li Sıvalı Blok Duvar Numunelerin Elastisite Modülleri*

Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm 2'li sıvalı blok duvar numuneleri için Çizelge 4.8'de elastisite modülleri sunulmuştur. Sunulan değerlerin tamamı her değerlendirilen grup için hesaplanan ortalama değerlerdir.

**Çizelge 4.8.** 2’li sıvalı blok duvar numunelerin deneysel ortalama ve teorik elastisite modülleri.

Numune Kodu	Deneysel Ortalama Sonuçlar				Teorik Sonuçlar	Fark (%)
	Başlangıç Elastisite Modülü (MPa)	Sekant Elastisite Modülü (MPa)	Tanjant Elastisite Modülü (MPa)	Ortalama Elastisite Modülü (MPa)	TBDY 2018’e Göre Elastisite Modülü (Mpa)	
K-Fix_İ	1.379	1.780	1.503	1.554	1.245	20
K-Fix_K	929	1.272	1.245	1.149	1.215	6
ÇK1_3	1.282	1.523	1.466	1.424	2.025	42
ÇP1_3	1.012	1.296	1.151	1.153	1.455	26
ÇP1_4	756	1.039	1.122	972	1.747	80
ÇP1_5	1.002	2.016	1.549	1.522	960	37
ÇP1_7	2706	3.103	3.299	3.036	630	79

Çizelge 4.8’de belirtilen 2’li sıvalı blok duvar numunelerinin elastisite modülleri incelendiğinde; deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, referans grupları olan K-Fix\_İ harçlı numunenin teorik elastisite modülünün deneysel elastisite modülüne göre %20 oranında azaldığı, diğer referans grubu olan K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harçlı numunelerin ise sırasıyla %6 ve %42 oranında arttığı görülmüştür. Pomza tozu ile yapılan 3’lü sıvasız blok duvar numunelerin deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, ÇP1\_3, ÇP1\_4, harçlı numunelerin teorik elastisite modüllerinin deneysel elastisite modüllerine göre sırasıyla %26, %80 oranında arttığı, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçlı numunelerin ise %37 ve %79 oranında azaldığı görülmüştür. Teorik elastisite modülleri incelendiğinde; pomza tozu harçlı numunelerde pomza tozu miktarı arttıkça teorik elastisite modüllerde düşüş yaşandığı belirlenmiştir. Deneysel elastisite modülleri incelendiğinde ise pomza tozu harçlı numuneler ise 3036 MPa elastisite modül değeri ile en iyi sonuç veren ÇP1\_7 numunesi olmuştur.

### ***2’li Sıvasız Blok Duvar Numunelerin Elastisite Modülleri***

Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm 2’li sıvalı blok duvar numuneleri için Çizelge 4.9’da elastisite modülleri sunulmuştur. Sunulan değerlerin tamamı her değerlendirilen grup için hesaplanan ortalama değerlerdir.

**Çizelge 4.9.** 2'li sıvasız blok duvar numunelerin deneysel ortalama ve teorik elastisite modülleri.

Deneysel Ortalama Sonuçlar					Teorik Sonuçlar	Fark (%)
Numune Kodu	Başlangıç Elastisite Modülü (MPa)	Sekant Elastisite Modülü (MPa)	Tanjant Elastisite Modülü (MPa)	Ortalama Elastisite Modülü (MPa)	TBDY 2018'e Göre Elastisite Modülü (Mpa) (750 f <sub>k</sub> )	
K-Fix_İ	2.945	2.909	2.863	2.906	1.612	45
K-Fix_K	2.688	2.509	2.556	2.584	1.245	52
ÇK1_3	1.097	1.633	1.572	1.434	1.402	2
ÇP1_3	1.737	2.324	2.234	2.098	1.500	29
ÇP1_4	2.070	2.228	1.975	2.091	1.320	37
ÇP1_5	1.601	1.900	1.802	1.768	1.612	9
ÇP1_7	748	748	772	756	1.230	63

Çizelge 4.9'da belirtilen 2'li sıvasız blok duvar numunelerinin elastisite modülleri incelendiğinde; deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, referans grupları olan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harçlı numunenin teorik elastisite modülünün deneysel elastisite modülüne göre sırasıyla %45, %52, %2 oranında azaldığı görülmüştür. Pomza tozu ile yapılan 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, ÇP1\_3, ÇP1\_4 ve ÇP1\_5 harçlı numunelerin teorik elastisite modüllerinin deneysel elastisite modüllerine göre sırasıyla %29, %37, %9 oranında azaldığı ÇP1\_7 harçlı numunenin ise %63 oranında arttığı görülmüştür. Elastisite modülleri hesaplanırken gerilme-şekil değiştirme diyagramından yararlanıldığı için numunelerin basınç dayanımına etki eden parametrelere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Pomza tozu ile yapılan 2'li sıvasız blok duvar numunelerinin deneysel elastisite modülleri incelendiğinde; pomza tozu harçlı numunelerde pomza tozu miktarı arttıkça deneysel elastisite modüllerde düşüş yaşandığı belirlenmiştir.

### ***3'lü Sıvalı Blok Duvar Numunelerin Elastisite Modülleri***

Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm 3'lü sıvalı blok duvar numuneleri için Çizelge 4.10'da görüldüğü elastisite modülleri hesaplanarak sunulmuştur. Sunulan değerlerin tamamı her değerlendirilen grup için hesaplanan ortalama değerlerdir.

**Çizelge 4.10.** 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin deneysel ortalama ve teorik elastisite modülleri.

Deneysel Ortalama Sonuçlar					Teorik Sonuçlar	Fark (%)
Numune Kodu	Başlangıç Elastisite Modülü (MPa)	Sekant Elastisite Modülü (MPa)	Tanjant Elastisite Modülü (MPa)	Ortalama Elastisite Modülü (MPa)	TBDY 2018'e Göre Elastisite Modülü (Mpa) (750 f <sub>k</sub> )	
K-Fix_İ	6.046	5.928	5.830	5.935	1.575	73
K-Fix_K	3.999	4.559	4.356	4.305	1.470	66
ÇK1_3	1.528	1.613	1.621	1.587	1.755	11
ÇP1_3	1.738	3.539	2.690	2.656	1.965	26
ÇP1_4	1.918	2.384	2.346	2.216	1.485	33
ÇP1_5	2.241	2.912	2.786	2.646	1.237	53
ÇP1_7	786	1.257	1.173	1.072	1.200	12

Çizelge 4.10'da belirtilen 3'lü sıvalı blok duvar numunelerinin elastisite modülleri incelendiğinde; deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, referans grupları olan K-Fix\_İ ve K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harçlı numunenin teorik elastisite modülünün deneysel elastisite modülüne göre sırasıyla %73, %66, oranında azaldığı, ve ÇK1\_3 numunesinin ise %11 oranında arttığı görülmüştür. Pomza tozu ile yapılan 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, ÇP1\_3, ÇP1\_4 ve ÇP1\_5 harçlı numunelerin teorik elastisite modüllerinin deneysel elastisite modüllerine göre sırasıyla %26, %33, %53 oranında azaldığı, ÇP1\_7 harçlı numunenin ise %12 oranında arttığı görülmüştür. ÇP1\_3 v ÇP1\_4 pomza tozu harçlı numunelerinin deneysel elastisite modüllerinin birbirine çok yakın çıktığı görülmüştür. Pomza tozu harçlı numunelerin teorik elastisite modüllere bakıldığında; pomza tozu miktarının artışı elastisite modülünü düşürdüğü gözlemlenmiştir.

### ***3'lü Sıvasız Blok Duvar Numunelerin Elastisite Modülleri***

Basınç dayanımı deneyine tabi tutulan tüm 3'lü sıvasız blok duvar numuneleri için Çizelge 4.11'de görüldüğü elastisite modülleri hesaplanarak sunulmuştur. Sunulan değerlerin tamamı her değerlendirilen grup için hesaplanan ortalama değerlerdir.

**Çizelge 4.11.** 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin deneysel ortalama ve teorik elastisite modülleri.

Deneysel Ortalama Sonuçlar					Teorik Sonuçlar	Fark (%)
Numune Kodu	Başlangıç Elastisite Modülü (MPa)	Sekant Elastisite Modülü (MPa)	Tanjant Elastisite Modülü (MPa)	Ortalama Elastisite Modülü (MPa)	TBDY 2018'e Göre Elastisite Modülü (Mpa) (750 f <sub>k</sub> )	
K-Fix_İ	6.507	5.872	5.863	6.081	1.357	78
K-Fix_K	2.575	3.344	3.109	3.009	1.200	60
ÇK1_3	2.313	3.021	2.902	2.745	1.350	51
ÇP1_3	4.938	4.007	4.297	4.414	1.342	70
ÇP1_4	3.002	3.863	3.542	3.469	1.170	66
ÇP1_5	2.586	3.142	3.053	2.927	1.020	65
ÇP1_7	2.356	2.169	2.018	2.181	1.110	49

Çizelge 4.11'de belirtilen 3'lü sıvasız blok duvar numunelerinin elastisite modülleri incelendiğinde; deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, referans grupları olan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harçlı numunenin teorik elastisite modülünün deneysel elastisite modülüne göre sırasıyla %78, %60, %51 oranında azaldığı görülmüştür. Pomza tozu ile yapılan 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin deneysel elastisite modül sonuçları referans alındığında, ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçlı numunelerin teorik elastisite modüllerinin deneysel elastisite modüllerine göre sırasıyla %70, %66, %65, %49 oranında azaldığı görülmüştür. Pomza tozu ile yapılan 3'lü sıvasız blok duvar numunelerinin deneysel elastisite modülleri incelendiğinde; pomza tozu harçlı numunelerde pomza tozu miktarı arttıkça deneysel elastisite modüllerde düşüş yaşandığı belirlenmiştir.

### 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada Erzurum ili Pasinler ilçesinde faaliyet göstermekte olan Kale Blokbims A.Ş firmasının yapı elemanları üretiminde kullandığı ve çıkarıldığı bölgenin adına ithafen Demirdöven pomzasının fabrika sahasında atık olarak biriken 0-1 mm pomza tozu agregaları kullanılarak üretilen harç karışımlarının fiziksel ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. Öncelikle harçların kullanılacağı blokbimsten yapılacak olan blok duvar modellemeleri üzerinde çalışılmış; sonrasında imal edilen blok duvar numuneler üzerinde yükleme deneyleri yapılmıştır.

Çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıdaki gibidir.

- Harç karışım oranlarına karar verebilmek için referans olan ÇK1\_3 ve ÇP1\_3 karışım reçeteleri kullanılarak deneme dökümleri yapılmış ve 7 günlük aksel basınç dayanımlarına bakılarak ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5, ÇP1\_7 sabit hacim oranlı pomza tozu harçlı karışımlar, blok duvar imalatında kullanılması için seçilmiştir.
- Pomza tozu agregası boşluklu ve hafif bir malzemedir. Bu nedenle, harçta agrega olarak kullanılması durumunda, pomza tozunun fiziksel özellikleri iyice araştırılmalı, ön deneyler birkaç kez tekrarlanmalıdır. Daha sonra karışım hesapları yapılmalıdır.
- Harçlardan alınan küp numunelerin 28 günlük birim hacim ağırlıklarına bakıldığında; referans grubu olan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harç numunelerinin birim hacim ağırlıkları sırasıyla 1.635 kg/m<sup>3</sup>, 1.750 kg/m<sup>3</sup>, 2.030 kg/m<sup>3</sup> olduğu görülmüştür. ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozu ile imal edilen harçların birim hacim ağırlıkları sırasıyla 1376 kg/m<sup>3</sup>, 1.239 kg/m<sup>3</sup>, 1.168 kg/m<sup>3</sup>, 1.100 kg/m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur. Pomza tozu ile yapılan harç numunelerinde toz pomza miktarı arttıkça gözenek miktarında artış olduğu buna bağlı olarak malzemenin birim hacim ağırlık değeri de azaldığı görülmüştür.

- Harçlardan alınan küp numunelerin 28 günlük aksel basınç dayanımlarına bakıldığında; referans grubu olan K-Fix\_İ, K-Fix\_K ve ÇK1\_3 harç numunelerinin aksel basınç dayanımları sırasıyla 16,38 MPa, 22,23 MPa ve 30,77 MPa olduğu görülmüştür. ÇP1\_3, ÇP1\_4, ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 pomza tozu ile imal edilen harçların aksel basınç dayanımları sırasıyla 15,78 MPa, 10,0 MPa, 6,20 MPa ve 5,00 MPa bulunmuştur. Pomza tozu harçlı numunelerin dayanımları, TBDY (2018)'de belirtilen donatısız ve kuşatılmış yığma yapı imalatında kullanılabilir minimum harç dayanımları ile kıyaslandığında; ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 oranlı harçların tüm yığma yapı imalatında kullanılması mümkün iken; ÇP1\_5 ve ÇP1\_7 harçlarının donatılı yığma yapı imalatında kullanılmalarının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.
- Pomza tozundan hazırlanan harçların çeşitli oranlarda denemesinin nedeni; 0-1 mm pomza tozu agregasının fabrika sahasında atık halde bulunan ve sürekli birikmekte olan pomza tozu agregasının, yeni bir imalat ile kullanıma alınmasıdır. Çalışmalar sonucunda bunun mümkün olabileceği görülmüştür.
- Blok duvar numune yapımında kullanılacak 190\*400\*100 mm boyutlarındaki boşluklu bims blokların 1'li, 2'li ve 3'lü olarak basınç dayanımları sırasıyla 2,9 MPa, 2,2 MPa ve 2 MPa olarak bulunmuştur. 50\*100\*200 mm boyutlarındaki dolu bims blokların dayanımları ise 6,1 MPa olduğu görülmüştür. Çalışma kapsamında kullanılacak bims blok numunelerinin TS EN 771 (2005) standardına uygun olduğu görülmüştür. Literatürler incelendiğinde bims blokların dayanımları pomzanın fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini de belirtmek mümkündür.
- Şaşırtmalı blok duvar numunelerin başlangıç karakteristik kesme dayanımının sonuçları incelendiğinde; en yüksek başlangıç karakteristik kesme dayanımının K-Fix\_K harcı için, 0,9 MPa olarak belirlenirken, en düşük başlangıç karakteristik kesme dayanımı ise 0,18 MPa ile pomza tozu harcı ile üretilen ÇP1\_7 numunesi olarak belirlenmiştir. Çalışmada şaşırtmalı blok numunelerin başlangıç karakteristik kesme dayanımının sonuçları

TBDY(2018)'de belirtilen yığma yapılarda kullanılacak duvarların başlangıç karakteristik kesme dayanımları ile irdelendiğinde; atık pomza tozundan yapılan harçlar (*başlangıç karakteristik kesme direnci bakımından*) gazbeton bloklarla yapılacak yığma imalatta kullanılabilmesinin mümkün olduğu düşünülmektedir.

- 2'li sıvasız blok duvar numunelerin aksel basınç dayanımlarına bakıldığında K-Fix\_İ, K-Fix\_K, ve ÇK1\_3 harçlı numunelere referansla; ÇP1\_3 ve ÇP1\_5 pomza tozu harçlı numuneler sırasıyla 2,00 MPa ve 2,15 MPa dayanım değerleri ile benzer özellik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca 2'li sıvasız blok duvar numunelerin aksel basınç dayanım deneyi sırasında yapılan çatlak takibinde de referans numuneleri ile benzer özellik gösterdikleri gözlemlenmiştir.
- 2'li sıvalı blok duvar numunelerin aksel basınç dayanımlarına bakıldığında K-Fix\_İ, K-Fix\_K, ve ÇK1\_3 harçlı numunelere referansla; ÇP1\_3 ve ÇP1\_5 pomza tozu harçlı numuneler sırasıyla 1,94 MPa ve 2,33 MPa dayanım değerleri ile benzer özellik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca 2'li sıvalı blok duvar numunelerin aksel basınç dayanım deneyi sırasında yapılan çatlak takibinde de referans numuneleri ile benzer özellik gösterdikleri gözlemlenmiştir.
- 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin aksel basınç dayanımlarına bakıldığında K-Fix\_İ, K-Fix\_K, ve ÇK1\_ harçlı numunelere referansla; ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harçlı numuneler sırasıyla 1,79 MPa ve 1,56 MPa dayanım değerleri benzer özellik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca 3'lü sıvasız blok duvar numunelerin aksel basınç dayanım deneyi sırasında yapılan çatlak takibinde de referans numuneleri ile benzer özellik gösterdikleri gözlemlenmiştir.
- 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin aksel basınç dayanımlarına bakıldığında K-Fix\_İ, K-Fix\_K, ve ÇK1\_3 harçlı numunelere referansla; ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harçlı numuneler sırasıyla 2,62 MPa ve 1,98 MPa dayanım

değerleri benzer özellik gösterdiği görülmüştür. Ayrıca 3'lü sıvalı blok duvar numunelerin aksel basınç dayanım deneyi sırasında yapılan çatlak takibinde de referans numuneleri ile benzer özellik gösterdikleri gözlemlenmiştir.

- Çalışma kapsamında Referans alınan K-Fix\_İ, K-Fix\_K, ve ÇK1\_3 harçlı blok duvar numunelerin aksel basınç dayanımı sonuçlarına ve deney sırasındaki davranışlarına bakıldığında; TS EN 998-1(2017) standardına göre yapılan ve piyasada yaygın olarak kullanılan ÇK1\_3 harçlı numunelerin K-Fix\_İ ve K-Fix\_K yapıştırma harçlı numunelerle genel olarak benzer sonuçlara sahip olduğu gözlemlenmiştir. 3 referans grubu ile benzer özellik gösteren pomza tozu harçlı numuneler ise ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 olduğu görülmüştür.
- Çalışma kapsamında blok duvar numunelerin deneysel elastisite modülü referans alınarak, teorik elastisite modülü ve deneysel elastisite modülü arasındaki farklar incelenmiştir. Deneysel elastisite modülü referans alınarak yapılan incelemeler sonucunda; K-Fix\_İ, K-Fix\_K, ve ÇK1\_3 harçlı blok numunelerin deneysel elastisite modüllerinin teorik elastisite modülerinden fazla çıktığı görülmüştür. Bu aralarındaki artışlara benzer özellik gösteren ÇP1\_3, ÇP1\_4 ve ÇP1\_5 pomza tozu harçlı blok duvar numunelerinin olduğu gözlemlenmiştir.
- ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harçlarının blok duvarlarda derz ve sıva olarak kullanılması, uzun vadede ÇK1\_3 harcının kullanılması durumunda farklı sonuçlar vermemiştir; sonuçlar aynı denebilecek mertebededir. Pomza tozu kullanımı dikkate alındığında, bu tür bir ikamenin hem atık malzemenin kullanıma alınarak hem de daha ekonomik bir imalata neden olacağı sonucuna varılmıştır.
- Fabrikasyon olarak ÇP1\_3 ve ÇP1\_4 pomza tozu harçlarının ambalajlı olarak imalata geçilmesi durumunda TS EN 846-9 (2016) uyarınca bir imalat takibi ve kalite kontrol dokümanı hazırlanması gerekmektedir. Söz konusu

çalışmanın yapılması durumunda bu tez çalışması neticesinde elde edilen bulgu ve önerilerin dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

- Yapılarda Kum-çimento harcının yerine ‘pomza tozu+çimento’ harcı kullanılması durumunda; yapıdaki yoğunluk azaltılarak ölü yükü en aza indirgenebilir. Ayrıca yapılarda sıva olarak kullanılması durumunda ise yüzeylerde çatlama ve kabarma olmayacağı düşünülmektedir.
- Bu çalışma kapsamında atık pomza tozu içeren harçların bims blok imalatı üzerinden kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Farklı yığma birimlerle çalışmanın genişletilmesi; atık pomza tozu harçlarının genel kullanımı için kanaat oluşturulması bakımından gereklidir; önerilir.

## KAYNAKLAR

- Algın, F., Alkan, M. 2019. Konut stoğunda duvarda malzeme seçimini etkileyen faktörler ve sektör aktörlerinin malzeme seçimlerinin değerlendirilmesi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, İZÜ Ulusal Geleneksel Mimari ve Sürdürülebilirlik Sempozyumu Özel Sayısı, 32-37.
- Akkaş, A. 2011. Pomza agregalı taşıyıcı hafif betonun taşıyıcılık özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 99, Isparta.
- Aköz, A. H. 2008. Deprem etkisi altındaki tarihi yığma yapıların onarım ve güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 124, İstanbul.
- Akyüncü, V. 2019. Pomza agregalı hafif beton blokların mekanik özelliklerinin ve yangın etkisi altındaki davranışının incelenmesi. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(1), 147-157.
- Anonim, 2012. Web Sitesi: <http://www.devbims.com.tr>, Erişim Tarihi: 25.09.2022.
- Anonim, 2013. Web Sitesi: <https://ziraatyapma.blogspot.com.tr>, Erişim Tarihi: 19.12.2022.
- Anonim, 2019. Web Sitesi: <https://www.kayibims.com.tr>, Erişim Tarihi: 25.09.2022.
- Anonim, 2021. Web Sitesi: <https://www.topraksiz.com.tr>, Erişim Tarihi: 19.12.2022.
- Anonim, 2022. Web Sitesi: <https://www.meralleryildirimbims.com.tr>, Erişim Tarihi: 19.12.2022.
- Anonim, 2022a. Web Sitesi: [https://www.imo.org.tr/resimler/dosya\\_ekler/f7deb880ca-6b4b7\\_ek.pdf](https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/f7deb880ca-6b4b7_ek.pdf), Erişim Tarihi: 25.09.2022.
- Anonymous, 2003. Web Sitesi: [http:// https://www.gobrick.com/read-research/technical-notes](http://https://www.gobrick.com/read-research/technical-notes). Erişim Tarihi: 25.09.2022.
- Aras, U. 2013. Pomza tozu ve akışkanlaştırıcı kullanımının çimentolu yonga levhaların bazı özelliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 88, Trabzon.
- ASTM C 1314, 2016. Standard Test Method For Compressive Strength Of Masonry Prisms, A.S.T.M., USA.
- ASTM C 1113, 2009. Test Method for Thermal Conductivity of Refractories by Hot Wire (Platinum Resistance Thermometer Technique), A.S.T.M., USA.

- ASTM D 1037, 2006. Standard Test Method for Evaluating Properties of Wood-Base Fiberand Particle Panel Materials, A.S.T.M., USA.
- ASTM E159, 2015. Standard Test Method for Diagonal Tension (Shear) in Masonry Assemblages, American Society for Testing and Materials, A.S.T.M., USA.
- Bayülke, N. 2018. Yığma Yapılar (Taş ve Tuğla). Patika Ajans Matbaacılık, 339, Ankara.
- Coşkun, A., Tanyıldızı, H. 2007. Silis dumanı katkılı hafif betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliğine farklı kür koşullarının etkisi. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 14, 119-128.
- Coşkun, A., Sarıışık, A. 2022. Polipropilen lif takviyeli pomza tozu içeren harçların fiziksel ve mekanik özellikleri. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(1), 269-277.
- Çakıroğlu, M. A., Fatih, K., Yedek, Ç. Y. 2014. Kuru karışım püskürtme betonun elastisite modülünün bulanık mantık yöntemi ile tahmin edilmesi. Uluslararası Teknolojik İlimler Dergisi, 6(1), 22-30.
- Çelik, A. G. 2010. Bor katkılı perlit karışımlardan hafif tuğla üretimi ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana bilim Dalı, 317, Adana
- Çelik, A. G., Kilic, A. M., Cakal, G. O. 2013. Expanded perlite aggregate characterization for use as a lightweight construction raw material. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 49(2), 689-700.
- Çınar, S. N. 2016. Doğadan gelen performans pomza taşı. Ekoyapı Yapı ve Yerleşimler Dergisi 33(2146-9636), 110-113.
- Dinçer, R., Çağatay, İ. H. 2004. Pomza ile yapılan hafif betonların mekanik özellikleri. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(2), 247-260.
- Doğan, H., Şener, F. 2004. Hafif Yapı Malzemeleri (Pomza-Perlit-Ytong-Gazbeton) Kullanımının Yaygınlaştırılmasına Yönelik Sonuç ve Öneriler. MTA Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Haber Bülteni, 1, 51-53.
- Doğan, O. 2021. Kil blok tuğlalı bir yığma binanın duvar kesme dayanımının n-schmidt çekici ile belirlenmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 33(1), 203-210.
- Doğangün, A. 2008. Betonarme yapıların hesap ve tasarımı: DBYBHY-2007 TS500-2000 ve Deprem yönetmeliği-2007'ye uygun. Birsen yayınevi, 765, Ankara.
- Erdoğan, Y. 2007. Asidik ve bazik pomzadan üretilen yapı malzemelerinin mühendislik özelliklerinin araştırılması. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana bilim Dalı, 299, Adana.

- Eroğlu, G., Şahiner, M. 2020. Teknik Rapor. Dünyada ve Türkiye’de pomza. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, 1-32.
- Fleischer, C. A. ve Zupan, M. 2010. Mechanical performance of pumice-reinforced epoxy composites. *Journal of Composite Materials*, 44(23), 2679-2696.
- Göksel, M. M. 2021. Isparta Gelincik köyü yöresi pomzasının seramik çamur ve sırlarında kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Ana Sanat Dalı, 69, Eskişehir.
- Gündüz, L., Rota, A., Hüseyin, A. 2001. Türkiye ve Dünyadaki Pomza Oluşumlarının Malzeme Karakteristiği Analizi. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 19 Ekim, Süleyman Demirel Üniversitesi, 175-188, İzmir.
- Gündüz, L., Şapıcı, N., Davraz, M. 2005. Pomza Madenciliği, Endüstrisi ve Türkiye Açısından Önemi (Gelişen Yeni Bir Sektör). Türkiye 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, 09-12 Haziran, Süleyman Demirel Üniversitesi, 397-407, İzmir.
- İstegün, B., Subaşı, A., Çelebi, E. 2018. Sismik tekstil ile güçlendirilmiş düşey delikli yığma tuğla ve bims blokların üç noktalı kesme deneyi. *Akademik Platform-Mühendislik ve Bilim Dergisi*, 7(2), 222-228.
- Kıvrak, S. O. 2006. Uçucu kül katkılı bimsblokların mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana bilim Dalı, 71, Ankara.
- Kocataşkın, F. 1976. Yapı mühendislerine malzeme bilimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, 160, İstanbul.
- Kotan, T. 2009. Pasinler Demirdöven pomzası ile üretilen hafif betonların mekanik özelliklerine atmosferik basınçlı buhar kürünün etkisi / Effect of atmospheric pressure steam curing to mechanical properties of lightweight concrete produced with Pasinler Demirdöven pumice. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 133, Erzurum.
- Marks, S., Larkin T., Pender M. 1998. The dynamic properties of a pumiceous sand. *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, 31(2), 86-102.
- Miryan, J. 2016. Nevşehir ili Kaymaklı bölgesi asidik pomzasının endüstriyel kullanım alanları, jeokimyasal ve mühendislik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 63, Kahramanmaraş.
- Mohammed, T. D. 2021. Öğütölmüş yüksek fırın cürufu ve pomza tozu ile üretilen geopolimer macunun mekanik ve durabilite özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 159, Van.

- Oğuz, T. 2019. Mikronize pomza tozu katkılı silikon dış cephe kaplama üretimi ve karakterizasyonun incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Ana bilim Dalı, 55, Adıyaman.
- Öz, E., 2007. Nevşehir dolaylarında yüzeyleyen asidik pomzanın hafif beton agregası olarak kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 71, Adana.
- Özkan, Ş. G., Tuncer, G. 2001. Pomza Madenciliğine Genel Bir Bakış. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 19 Ekim, İstanbul Üniversitesi, 18-19, İzmir.
- Pekdemir, M. 2011. Hasankale pasinler pomzası ile üretilen betonların bazı mekanik özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 105, Erzurum.
- Rahman, A., Ueda, T. 2014. Experimental investigation and numerical modeling of peak shear stress of brick masonry mortar joint under compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(9), 04014061.
- Ramazanoğlu, B. 2020. Yalıtım şaplarında Bitlis yöresi pomza taşının perlit ile birlikte kullanımının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bitlis Eren Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 80, Bitlis.
- Singhal, V., Rai, D. C. 2014. Suitability of half-scale burnt clay bricks for shake table tests on masonry walls. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 26(4), 644-657.
- Subaşı, R. O. 2018. Bims duvar elemanları için üç noktalı kesme deneyinin sayısal modeli, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 77, Sakarya.
- Şahin, R. 1996. Kocapınar pomzası ile üretilen hafif betonun mukavemetinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 108, Erzurum.
- Şaştım, M. V. 2016. Kendiliğinden yerleşen harçta öğütülmüş pomza kullanımının donatı aderansına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 69, Elazığ.
- Taherishargh, M., Belova, I. V., Murch, G. E., Fiedler, T. 2015. Pumice/aluminium syntactic foam. *Materials Science and Engineering A*, 635, 102-108.
- Tanyıldızı, H., Coşkun, A. 2011. Elazığ yöresi vişne mermer tozu katkılı hafif betonun basınç ve ultrasonik ses geçirgenliği özelliğinin araştırılması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 150-154.
- TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Esaslar. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara

- Topçu, İ. B., Demir, A. 2009. Farklı çimentolarla üretilen lastik agregalı harçların bazı özellikleri. Politeknik Dergisi, 12(3), 201-206.
- TS 2510. 1977. Kagir Duvarlar Hesap ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 825. 2013. Binalarda Isı Yalıtım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1052-1. 2000. Kagir-Deney metotları-Bölüm 4: Kâgir - Deney metotları -Bölüm 1: Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1052-4. 2002. Kagir-Deney metotları-Bölüm 4:Su Yalıtım Tabakası Bulunan Derzlerde Kayma Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1052-3. 2004. Kâgir-deney metodları-bölüm 3: Başlangıç Kayma Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13279-1. 2007. Perlitli Sıva ve Sıva Harçlarının Yapım, Bakım ve Uygulama Kuralları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 846-6. 2013. Kagir- Yardımcı bileşenler- Deney metotları- Bölüm 6: Duvar Bağlarının Çekme ve Basınç Yük Kapasitesi ve Yük- Yer değiştirme özelliklerinin tayini (tek uç deneyi). Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 772-1. 2015. Kagir Birimler-Deney Metodları-Bölüm 1: Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 771-3. 2015. Kagir Birimler Özellikler-Bölüm 3: Beton Kagir Birimler (Yoğun ve Hafif Agregalı), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 13055. 2016. Hafif Agregalar- Bölüm 1: Beton, Harç ve Şerbette Kullanım İçin. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 846-9. 2016. Kagir- Yardımcı bileşenler- Deney metotları- Bölüm 9: Lentonların Eğilme Direnci Ve Kayma Direncinin Tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS 802. 2016. Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS 708. 2016. Çelik-Betonarme İçin-Donatı Çeliği, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 998-1. 2017. Kâgir Harcı-Özellikler-Bölüm 1: Kaba ve İnce Sıva Harcı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 998-2. 2017. Kâgir Harcı - Özellikler - Bölüm 2: Kâgir Harcı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2511. 2017. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 12390-3. 2019. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri – Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanım Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1015-11. 2020. Kagir Harcı–Deney Metotları–Bölüm 11: Sertleşmiş Harcın Basınç ve Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 206 +A2. 2021. Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.
- Türkel, E. B. 2002. Betonda basınç dayanımı ile elastisite modülü arasındaki ilişkiler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 91, İstanbul.
- Yaddollahı, M. M. 2013. Hasankale pomzasından alkali aktivasyon yöntemiyle geopolimer çimentosunun üretilebilirliğinin araştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 199, Erzurum.
- Yanmış, K. 2022. Pomza ve obsidyen agregaları kullanılarak betonarme lento üretimi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 119, Erzurum.
- Yazıcıoğlu, S., Demirel, B. 2006. Puzolanik katkı maddesi olarak kullanılan elazığ yöresi pomzasının ilerleyen kür yaşlarında betonun basınç dayanımına etkisi. Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, (3), 367-374.
- Yıldırım, A. N. 2007. Pomza ve uçucu kül kullanılarak imal edilen hafif betonların agresif su ortamlarında mekanik özelliklerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 103, Konya.