

## ATIK ANDEZİT VE MERMER TOZUNUN ÇİMENTO HARÇLARININ DAYANIM ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Serhat ÇELİKTEN<sup>1</sup>, Mehmet CANBAZ<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-8154-7590>

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, Türkiye, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-0175-6155>

Anahtar Kelimeler	Öz
Harç Atık andezit tozu Atık mermer tozu Mekanik özellikler	<i>Andezit ve mermer taşlarının kesimi sırasında ortaya çıkan çamur halindeki atık, kuruduktan sonra toz halinde depolanmaktadır. Mermer ve andezitin kullanım alanının ve tüketiminin geniş olması nedeniyle ortaya çıkan atıkların depolama problemi meydana gelmektedir. Bu nedenle, bu atıkların depolama problemlerinin giderilmesi ve ekonomiye kazandırılması önem kazanmaktadır. Bu amaçla, bu çalışmada çimento yerine ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranlarında atık andezit ve mermer tozu ayrı ayrı kullanılarak harç numuneleri üretilmiştir. Üretilen numuneler üzerinde ultrases geçiş hızı, eğilme ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları, bu çalışmada kullanılan mermer tozunun çimento yerine en uygun ikame oranının %10, andezit tozunun ise %15 olduğunu göstermiştir. Ayrıca, en yüksek eğilme ve basınç dayanımı değerlerine çimento yerine %15 andezit tozu ikame edilen harçlarda ulaşılmıştır.</i>

## INFLUENCE OF WASTE ANDESITE AND MARBLE POWDER ON THE STRENGTH PROPERTIES OF THE CEMENT MORTARS

Keywords	Abstract
Mortar Waste andesite powder Waste marble powder Mechanical properties	<i>The sludge generated during cutting of andesite and marble stones is stored in powder form after drying. Due to the wide usage area and consumption of marble and andesite, the storage problem of these wastes arises. Therefore, it is important to eliminate the storage problems of these wastes and to recover them to the economy. For this purpose, in this study, mortar samples were produced using 5%, 10%, 15% and 20% of waste andesite and marble powder separately instead of cement. Ultrasound pulse velocity, flexural and compressive strength tests were carried out on the produced samples. The experimental results showed that the most suitable substitution rate of marble powder used in this study is 10% and andesite powder 15%. In addition, the highest flexural and compressive strength values were achieved in mortars with 15% andesite powder substitution instead of cement.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 26.03.2020	Submission Date : 26.03.2020
Kabul Tarihi : 19.01.2021	Accepted Date : 19.01.2021

### 1. Giriş

Mermer, inşaat sektöründe antik çağdan beri kullanılan bir metamorfik kayadır (Malpani, Jegarkal, Shepur,

Kiran ve Adi, 2014; Soliman, 2013). Mermer özellikle dekoratif amaçlarla kullanılmaktadır. Mermerin dünya rezervlerinin yaklaşık %40'ı Türkiye'de bulunmaktadır. Bununla birlikte, Türkiye'de her yıl 7 milyon ton

\* Sorumlu yazar; e-posta: [mcanbaz@ogu.edu.tr](mailto:mcanbaz@ogu.edu.tr)



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

mermer işlenmektedir. İşlenen bu oldukça yüksek miktardaki mermer ile birlikte maden çıkarma ve işleme sırasında ortaya çıkan atıklar da milyonlarca ton olabilmektedir (Ulubeyli ve Artir, 2015). Bu atıkları depolamak imkansız olmakla birlikte, çevreye atılması da ekolojik problemleri beraberinde getirmektedir (Alyamaç ve İnce, 2009). Bu nedenle bu atıkların geri dönüşümü önem arz etmektedir. Geri dönüşüm ile bu atıkların ekonomiye kazandırılması, depolama problemlerinin azaltılması ve hammadde tüketiminin azaltılması açısından fayda elde edilebilmektedir (Ulubeyli ve Artir, 2015). Bu amaçla, araştırmacılar bu atıkların betonda veya harçta çimento yerine ikame edilmesinin uygunluğunu araştırmışlardır (Uygunoğlu, Topçu ve Çelik 2014; Ünal ve Kibici, 2001). Aruntas, Gürü, Dayı ve Tekin (2010), çimento yerine ağırlıkça %2.5, %5, %7.5 ve %10 oranlarında mermer tozu kullanarak beton numuneleri üretmişlerdir. Ürettikleri betonların mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine atık mermer tozunun etkilerini irdelemişlerdir. Sonuç olarak, atık mermer tozunun betonda çimento yerine %10'a varan oranlarda güvenle kullanılabilirliğini rapor etmişlerdir. Aliabdo, Elmoatr ve Adua (2014), çimento ve kum yerine ayrı ayrı %5, %7.5, %10 ve %15 oranlarında atık mermer tozu ikame ederek beton karışımları üretmişlerdir. Ürettikleri betonların mekanik özelliklerinin atık mermer tozu içeriği ile birlikte geliştiğini belirtmişlerdir. Khodabakhshian, Birto, Ghalehnovi ve Shamsadabi (2018), çalışmalarında çimento yerine %5, %10 ve %20 oranlarında atık mermer tozu kullanarak beton numuneleri üretmişlerdir. Araştırmacılar atık mermer tozunun çimento yerine %10'dan daha fazla kullanılmasının betonların mekanik özellikleri üzerinde olumsuz etkisinin olduğunu ancak, bu oran ve daha düşük ikame oranlarında atık mermer tozunun çimento yerine kullanıldığı betonlarda olumlu sonuçlar elde edildiğini rapor etmişlerdir. Diğer bir çalışmada, (Mashaly, El-Kaliouby, Shalaby, El-Gohary ve Rashwan, 2016), atık mermer tozu çimento yerine %40'a varan oranlarda ikame edilerek beton karışımları üretilmiştir. Üretilen betonların basınç dayanımları %20 mermer tozu içeriğine kadar artarken, bu orandan daha fazla atık mermer içeriğinin betonların basınç dayanımını belirgin bir şekilde azalttığı rapor edilmiştir. Belaidi, Azzouz, Kadri ve Kenai (2012), çalışmalarında kendiliğinden yerleşen betonların reolojik ve mekanik özelliklerine çimento yerine kullandıkları atık mermer tozu ve doğal puzolanın etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, doğal puzolan ve atık mermer tozunun ürettikleri kendiliğinden yerleşen betonların basınç dayanımlarını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Vardhan, Goyal, Siddique ve Singh (2015), çimento yerine %50 ye varan oranlarda atık mermer tozu ikame ederek harç karışımları hazırlamışlardır. Ürettikleri harçların basınç dayanımlarının %10 atık mermer tozu içeriği ile birlikte önemli bir değişim göstermediğini, bu orandan daha fazla mermer tozu içeriği ile birlikte ise harçların basınç

dayanımlarının belirgin bir şekilde azaldığını rapor etmişlerdir. Atık mermer tozunun çimento yerine kullanıldığı çalışmalarda mermer tozunun çimento yerine hangi oranda kullanılabilirliğine dair ortak bir sonuç henüz oluşmamıştır. Bunun nedeni olarak kesim atıklarının hammaddelerinin, kesim yöntemlerinin ve atık depolama yöntemlerinin farklılığı gösterilebilir. Bu nedenle yerel mermer atıklarının çimento esaslı bağlayıcılarda kullanımının uygunluğunun ve çimento yerine hangi oranlarda kullanılabilirliğinin araştırılması da önemlidir.

Andezit, volkanik kökenli bir kayattır. İçeriğinde çoğunlukla kuvars, piroksen, plajiolas ve az oranda da hornblend mineralleri bulunur. Andezit kayaları inşaat sektöründe özellikle mimari amaçlarla kullanılmaktadır (Öcal ve Dal, 2012; Soykan, Özel ve Öcal, 2015). Kesimi sonrası düzgün bir yüzey elde edilmesi, su emmeyiip suda dağılmaması ve çevresel koşullara dayanıklı olması andezite geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır. Bununla birlikte, andezitin maden yataklarından çıkarılması, işlenmesi ve yüzey düzeltme işlemleri sırasında toz şeklinde atık malzeme ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların değerlendirilmesi ekonomik ve ekolojik açıdan değerlidir. Yapısındaki SiO<sub>2</sub> içeriği nedeniyle de çimento esaslı kompozitlerde puzolanik malzeme olarak kullanılabilme potansiyeline sahiptir. Ancak, bu andezit tozunun puzolanik katkı olarak kullanılabilirliğine dair şimdiye kadar yeteri kadar çalışma yapılmıştır (Hamidi, Kacimi, Clastres, 2013; Kawabata, Dunant, Yamada ve Scrivener 2019; Ceylan ve Davraz 2019). Davraz, Ceylan, Topçu ve Uygunoğlu (2018), çimento yerine %10, %15 ve %20 oranlarında atık andezit tozu ikame ederek farklı dayanım sınıflarında betonlar üretmişlerdir. Araştırmacılar C40 sınıfında ürettikleri betonlarda 28 ve 90 günlük basınç dayanımları göz önünde bulundurulduğunda, andezit tozunun en uygun ikame oranının %10 olduğunu rapor etmişlerdir. Çimento esaslı kompozitlerde çimento veya kum yerine andezit tozunun ikame edilmesi ile ekonomik ve teknik fayda elde edilebilirliği hususunda daha fazla deneysel veri ortaya konulmalıdır. Bu amaçla bu çalışmada çimento yerine ağırlıkça %20 oranına kadar ikame edilen atık andezit ve mermer tozunun çimentolu harçların ultrases geçiş hızları ile eğilme ve basınç dayanımları üzerine etkileri araştırılmış ve birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Harç karışımlarında Eskişehir Çimento Fabrikası'ndan temin edilen CEM I 42.5 R çimento kullanılmıştır. Çimento yerine ikame edilecek andezit ve mermer kesim atıkları ise çamur halinde Afyon'da bulunan yerel andezit ve mermer işleme tesislerinden temin edilmiştir. Çamur halinde temin edilen andezit ve mermer çamuru etüvde 105 °C'de değişmeyen ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulmuş mermer ve

andezit tozu 125 µm göz açıklıklı elekten elenmiş ve elekten geçen malzeme harç karışımlarında kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çimento ile atık mermer ve andezit tozunun kimyasal içeriği Tablo 1'de sunulmuştur. Harç karışımlarında Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır.

Bu çalışmada, araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Tablo 1

Üretimde kullanılan çimento, andezit ve mermer tozunun kimyasal özellikleri ve andezit ve mermer tozlarının tane boyut dağılımı.

Oksit içeriği, %	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MgO	kk
Çimento	62,87	19,91	5,31	3,23	3,27	0,64	0,29	1,88	2,6
Andezit Tozu	6,32	57,82	19,24	5,87	0,22	2,88	3,14	1,87	1,8
Mermer Tozu	58,41	4,57	0,59	0,24	0,17	1,1	0,27	4,56	30
Tane çapı, mm	0.125-0.090	0.090-0.062	0.062-0.012	0.012-0					
Andezit, %	12	29	54	5					
Mermer Tozu, %	9	24	58	9					

Çalışma kapsamında 9 farklı harç karışımı üretilmiştir. Andezit veya mermer tozu içermeyen kontrol karışımı (K) hariç, çimento yerine ağırlıkça %5 (5 AT), %10 (10 AT), %15 (15 AT) ve %20 (20 AT) andezit tozu içeren 4 karışım ile birlikte çimento yerine ağırlıkça %5 (5 MT), %10 (10 MT), %15 (15 MT) ve %20 (20 MT) mermer tozu içeren 4 karışım üretilmiştir. Mermer tozunun düşük SiO<sub>2</sub> içeriği göz önünde bulundurularak harçlarda çimento yerine mermer veya andezit ikame oranı %20'ye kadar olacak şekilde karışımlar tasarlanmıştır. Harç karışımları TS EN 196-1 standardı dikkate alınarak oluşturulmuş ve üretilmiştir. Bu standartta çimento dayanım tayini için oluşturulacak harç karışımları için belirlenen su/çimento oranı ve kum/çimento oranı bu çalışmada da tatbik edilmiştir. Harç üretiminde 3 adet 4x4x16 cm boyutlu prizma kalıp için kullanılan malzeme miktarları Tablo 2'de sunulmuştur. Harç karışımları standart Hobart harç mikserinde üretilmiş, üretilen harçlar üçlü 4x4x16 cm prizma kalıplara iki tabaka halinde yerleştirilmiştir. Üretimden 24 saat sonra kalıplarından çıkarılan harç numuneleri deney gününe kadar standart kür koşullarında bekletilmiştir. Harçlar üzerinde üretimden 7, 28 ve 56 gün sonra ASTM C 597 standardına uygun olarak ultrases geçiş süresi, TS EN 196-1 standardına göre eğilme ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Üretim ve deneylere ilişkin fotoğraflar Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2

Harçlarda Kullanılan Malzeme Miktarları, g

Karışım Kodu	Çimento	Atık Andezit Tozu	Atık Mermer Tozu	Kum	Su
Kontrol (K)	450	0	0		
5 AT	427,5	22,5	0		
10 AT	405	45	0		
15 AT	382,5	67,5	0		
20 AT	360	90	0	1350	225
5 MT	427,5	0	22,5		
10 MT	405	0	45		
15 MT	382,5	0	67,5		
20 MT	360	0	90		

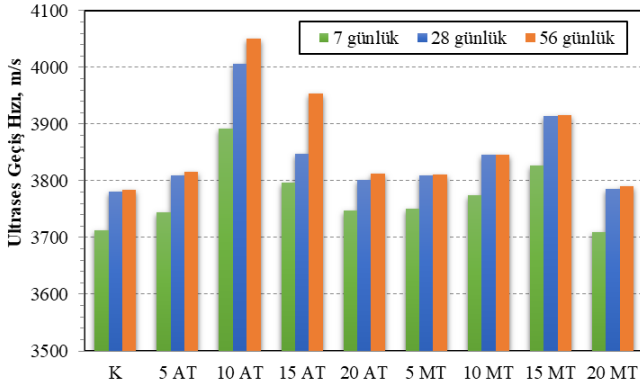


Şekil 1. Numune üretimi ve yapılan deneyler

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu deneysel çalışma kapsamında üretilen harçların ultrases geçiş hızları Şekil 2'de sunulmuştur. Harçların ultrases geçiş hızları 3712 m/s ile 4051 m/s arasında değişmiştir. En düşük ultrases geçiş hızı değerleri kontrol harçlarında görülürken en yüksek değerler %10 andezit tozu ile üretilen harçlarda elde edilmiştir. Bununla birlikte, andezit tozu ile üretilen harçlarda en yüksek ultrases geçiş hızı değerine %10 andezit içeren harçlarda ulaşılmıştır. Ayrıca, andezit tozu ile üretilen harçların ultrases geçiş hızları kontrol harçlarına kıyasla %0,5 ile %6 arasında daha yüksek iken, mermer tozu ile üretilen harçların %0,1 ile %3,51 arasında daha yüksek elde edilmiştir. Mermer ve andezit tozu ile üretilen harçların ultrases geçiş hızlarının %20 ikame oranında bile kontrol harçlarına kıyasla daha yüksek elde edilmesi, bu malzemelerin çimento yerine kullanılması ile harçlarda fiziksel ve/veya kimyasal yollarla daha sıkı bir mikro yapı elde edildiğini göstermektedir. Ayrıca, kontrol harçlarının ultrases geçiş hızları kür yaşı ile birlikte %1.9 oranında artarken, bu artış mermer tozu ile üretilen harçlarda

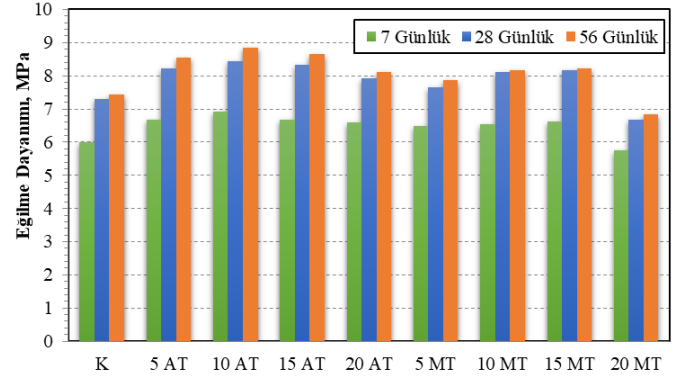
%1.6 ile %2.3 arasında andezit tozu ile üretilen harçlarda ise %1.7 ile %4.2 arasında gerçekleşmiştir. Andezit tozu ile üretilen harçlarda kür yaşı ile birlikte ultrases geçiş hızında daha fazla artış görülmesinin nedeni olarak, zamanla puzolanik özelliği nedeni ile doluluğu artırması olarak açıklanabilir.



Şekil 2. Harçların 7, 28 ve 56 günlük ultrases geçiş hızları

Bu deneysel çalışma kapsamında üretilen harçların 7 günlük eğilme dayanımları Şekil 3'ten de görüldüğü gibi 5.75 MPa ile 6.91 MPa arasında, 28 günlük eğilme dayanımları 6.67 MPa ile 8.42 MPa arasında ve 56 günlük eğilme dayanımları ise 6.84 MPa ile 8.85 MPa arasında elde edilmiştir. Kontrol harçlarının 7, 28 ve 56 günlük eğilme dayanımları sırasıyla 6.01 MPa, 7.31 MPa ve 7.43 MPa olarak belirlenmiştir. Andezit tozunun çimento yerine ikame edildiği harçlarda en yüksek eğilme dayanımı değerlerine çimento yerine %10 andezit tozu kullanılan harçlarda elde edilirken, en düşük eğilme dayanımları %20 andezit tozu içeren numunelerde görülmüştür. Bununla birlikte, %5 andezit tozu içeren harçların eğilme dayanımları kontrol harçlarına göre %10.9 ile %12.6 arasında, %10 andezit tozu içerenlerin ise %14.9 ile %19.1 arasında daha yüksek elde edilmiştir. Harçlarda %10'dan daha fazla andezit tozu kullanılması durumunda harçların eğilme dayanımlarında azalmalar kaydedilmiştir. Bununla birlikte %15 ve %20 andezit tozu içeren harçların eğilme dayanımları kontrol harçlarına göre sırasıyla %11.1 ile %16.6 ve %8.3 ile %9.8 arasında daha yüksek elde edilmiştir. Mermer tozu içeren harçlarda ise en yüksek eğilme dayanımlarına %15 mermer içeren harçlarda ulaşılmıştır. Bu harçların eğilme dayanımları kontrol harçlarına göre %10.1 ile %11.9 oranları arasında daha yüksek elde edilmiştir. Ayrıca, %5 mermer tozu içeren harçların eğilme dayanımları kontrol harçlarına göre %4.5 ile %7.8 arasında daha yüksek iken, %10 mermer tozu içeren harçların eğilme dayanımları ise %8.8 ile %11 arasında daha yüksek elde edilmiştir. Mermer tozu içeren harçlarda en düşük eğilme dayanımları %20 mermer tozu ile üretilen harçlarda görülmüştür. Bu harçların eğilme dayanımları

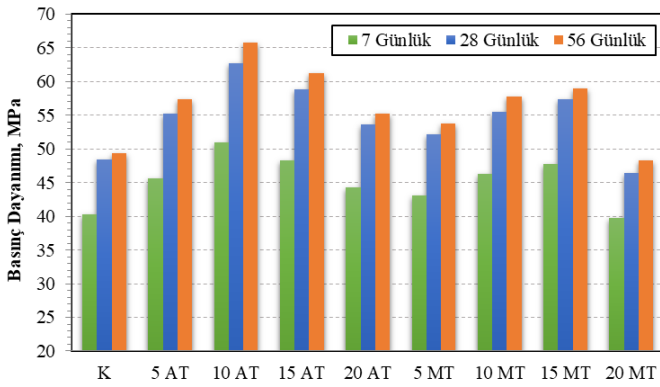
kontrol harçlarına kıyasla %4.3 ile %8.8 arasında daha düşüktür.



Şekil 3. Harçların 7, 28 ve 56 günlük eğilme dayanımları

Harçların 7, 28 ve 56 günlük basınç dayanımı değerleri Şekil 4'te verilmiştir. En yüksek basınç dayanımlarına %10 andezit tozu ile üretilen harçlarda ulaşılmışken, en düşük değerler %20 mermer tozu ile üretilen harçlarda görülmüştür. Bununla birlikte, harçların basınç dayanımları %5 andezit tozu içeriği ile birlikte kontrol harçlarına göre %13.1 ile %16.4 arasında, %10 andezit tozu ile %26.3 ile %33.4 arasında, %15 andezit tozu ile %19.7 ile %24 arasında ve %20 andezit tozu ile birlikte %9.8 ile %11.9 arasında değişen oranlarda artmıştır. Mermer tozu içeren harçların basınç dayanımları ise %20 mermer tozu ile üretilen harçlar hariç kontrol harçlarına kıyasla daha yüksek elde edilmiştir. Mermer tozu içeren harçların basınç dayanımları %15 ikame oranına kadar mermer tozu içeriği ile birlikte artmıştır. %5 mermer tozu içeren harçların basınç dayanımları kontrol harçlarına göre %8,9'a, %10 mermer tozu içerenlerin %17'ye ve %15 mermer tozu ile üretilenlerin %19.6'ya varan oranlarda daha yüksek olduğu görülmüştür. %20 mermer tozu ile üretilen harçların basınç dayanımları ise kontrol harçlarına göre %1.5 ile %4 oranları arasında daha düşük elde edilmiştir. Andezit tozu ile üretilen harçlarda en yüksek basınç dayanımları %10 andezit tozu içeren harçlarda elde edilirken, mermer tozu içeren harçlarda en yüksek dayanımlara %15 mermer tozu kullanılan harçlarda ulaşılmıştır. Kontrol harçlarının basınç dayanımları kür yaşı ile birlikte %22 oranında artarken, andezit tozu ile üretilen harçların %24.6 ile %30 arasında ve mermer tozu ile üretilen harçların %21.7 ile %24.8 arasında artmıştır. Atık mermer tozunun çimento yerine kullanımı ile ilgili literatürde farklı sonuçlar kaydedilmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi daha önceki bazı çalışmalarda da atık mermer tozu içeriği ile birlikte mermer tozu içermeyen kontrol numunelerine kıyasla daha yüksek dayanım elde edilebilmiştir (Aruntaş vd. 2010; Aliabdo vd. 2014; Khodabakhshian vd. 2018). Diğer çalışmalarda ise çimento yerine kullanılan atık

mermer tozunun betonların veya harçların dayanım özelliklerine olumlu bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Belaidi vd. 2012; Vardhan vd., 2015). Bu farklılığın nedeni olarak çimento esaslı kompozitlerde atık mermer tozu içeriği ile birlikte görülen dayanım artışının (bu çalışmada olduğu gibi) daha çok çimento tanelerinden daha ince olan mermer tozlarının çimento pastasındaki boşlukları doldurma etkisinden kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, bu durumu atık mermer tozunun çok az miktarda veya neredeyse hiç amorf SiO<sub>2</sub> içermemesi de desteklemektedir. Bununla birlikte harçlarda atık andezit tozu ile daha yüksek basınç dayanımı elde edilmesinin nedeni olarak boşluk doldurma etkisinin yanında atık andezit tozunun puzolanik özelliğe sahip olması gösterilebilir. Bu durumu kür yaşı ile birlikte andezit içeren harçların dayanım artışının daha yüksek oranlarda gerçekleşmesi de desteklemektedir.



Şekil 4. Harçların 7, 28 ve 56 günlük basınç dayanımları

Mineral katkıları çimentolu sistemlerde mikroyapıda doluluğu sağladığı için dayanımı arttırabilmektedir. Özellikle puzolanlar çimentonun reaksiyonları sonucunda oluşan portlanditi çözünmeyen ve dayanımı sağlayan kalsiyum silikat hidrat jellerine dönüştürdüğü için dayanımı arttırmada etkilidir. Bu çalışmada andezit tozunun silisli yapısı, mermer tozunda bulunan kireç kür koşullarına dikkat edildiğinde daha fazla kalsiyum silikat hidrat jelleri meydana getirebilmekte dayanımı arttırabilmektedir.

#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Atık mermer ve andezit tozunun çimentolu harçların dayanım özelliklerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada yapılan deneyler sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kontrol karışımlarına göre andezit tozu kullanımında ultrases geçiş hızları %6'ya, eğilme dayanımları %20'ye, basınç dayanımları %33'e ulaşan oranda artmıştır. Mermer tozu kullanılması durumunda ultrases geçiş hızları %3.5'e, eğilme dayanımları

%11.9'a, basınç dayanımları %19.6'ya ulaşan oranda artmıştır.

- Harçlarda en yüksek ultrases geçiş hızı ile eğilme ve basınç dayanımları %15 andezit tozu ile üretilen harçlarda elde edilirken, en düşük ultrases geçiş hızları genellikle kontrol harçlarında ve en düşük dayanım değerleri %20 mermer tozu ile üretilen harçlarda görülmüştür.
- Harçlarda en uygun andezit tozu ikame oranı %10 iken, en uygun mermer tozu ikame oranı %15 olmuştur.
- Atık andezit tozu ile üretilen tüm harçların dayanımları kontrol harçlarına kıyasla daha yüksek elde edilmiştir.
- Atık mermer tozu ile üretilen harçlarda sadece %20 mermer tozu ile üretilen harçlarda kontrol harçlarına göre daha düşük dayanım değerleri elde edilmiştir.
- Atık andezit tozu ile üretilen harçların kür yaşı ile birlikte dayanım gelişimi diğer harçlara göre daha fazla olmuştur.

Bu çalışmanın sonunda atık andezit tozunun çimento yerine %20'ye varan oranlarda dayanım kaybı olmaksızın kullanılabilmesi görülmüştür. Diğer çalışmalara benzer şekilde %10 andezit tozu içeriği ise mekanik özelliklerin gelişmesi bağlamında önerilebilir (Davraz vd., 2018). Ayrıca, tane boyutu dikkate alındığında atık mermer tozunun da harçlarda yerine %15'e varan oranlarda çimento yerine kullanımı önerilebilir. Ayrıca, bu iki atık malzemenin hem sürdürülebilir üretim açısından hem de ekonomik açıdan çimento esaslı bağlayıcılarda kullanılabilmesi görülmüştür.

#### Araştırmacıların Katkısı

Bu çalışmada; Serhat ÇELİKTEN, bilimsel yayın araştırması, malzemelerin temini, numune üretilmesi, makalenin oluşturulması; Mehmet CANBAZ, tasarımın yapılması, deneylerin yapılması, deney sonuçlarının analiz edilmesi, makalenin genel kontrolünün yapılması konularında katkı sağlamışlardır.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

#### Kaynaklar

Aliabdo, A.A., Elmoaty, AEMA, ve Auda, E.M. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construct. Build. Mater*, 50, 28–41. doi:



- <https://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.09.005>.
- Alyamaç, K. E., ve Ince, R. (2009). A preliminary concrete mix design for SCC with marble powders. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1201-1210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.08.012>
- Aruntas, H.Y., Gürü, M., Dayı, M. ve Tekin, I. (2010). Utilization of waste marble dust as an additive in cement production. *Mater. Des.* 31 (8), 4039-4042. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.03.036>
- ASTM C597-16 (2016), Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA,. Retrieved from <https://www.astm.org/Standards/C597.htm>
- Belaidi, A. S. E., Azzouz, L., Kadri, E. ve Kenai, S. (2012). Effect of natural pozzolana and marble powder on the properties of self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 31, 251-257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.12.109>
- Ceylan, H., ve Davraz, M. (2019). Atık Andezit Tozu ve Uçucu Küllerin Betonda Kullanımının Karşılaştırılması. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 5(1), 110-115. doi: <https://doi.org/10.21324/dacd.451558>
- Davraz, M., Ceylan, H., Topçu, İ. B., ve Uygunoğlu, T. (2018). Pozzolanic effect of andesite waste powder on mechanical properties of high strength concrete. *Construction and Building Materials*, 165, 494-503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.043>
- Hamidi, M., Kacimi, L., Cyr, M. ve Clastres, P. (2013). Evaluation and improvement of pozzolanic activity of andesite for its use in eco-efficient cement. *Construction and Building Materials*, 47, 1268-1277. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.06.013>
- Kawabata, Y., Dunant, C., Yamada, K., ve Scrivener, K. (2019). Impact of temperature on expansive behavior of concrete with a highly reactive andesite due to the alkali-silica reaction. *Cement and Concrete Research*, 125, 105888. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105888>
- Khodabakhshian, A., De Brito, J., Ghalehnovi, M., ve Shamsabadi, E. A. (2018). Mechanical, environmental and economic performance of structural concrete containing silica fume and marble industry waste powder. *Construction and Building Materials*, 169, 237-251. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.192>
- Malpani, R., Jegarkal, S.C., Shepur, R., Kiran, R., ve Adi, V.K. (2014). Effect of Marble Sludge Powder and Quarry Rock Dust as Partial Replacement for Fine Aggregates on Properties of Concrete. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, 4, 39-42. Retrieved from <http://www.ijitee.org/wp-content/uploads/papers/v4i1/A1686064114.pdf>
- Mashaly, A. O., El-Kaliouby, B. A., Shalaby, B. N., El-Gohary, A. M., ve Rashwan, M. A. (2016). Effects of marble sludge incorporation on the properties of cement composites and concrete paving blocks. *Journal of Cleaner Production*, 112, 731-741. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.023>
- Öcal, A.D. ve Dal, M. (2012). Doğal Taşlardaki Bozunmalar. Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, 15-23s, İstanbul.
- Soliman, N.M. (2013). Effect of using Marble Powder in Concrete Mixes on the Behavior and Strength of R.C. Slabs. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 3, 1863-1870. <https://www.semanticscholar.org/paper/Effect-of-using-Marble-Powder-in-Concrete-Mixes-on-Soliman/cd52b5cd6b059d6ff5942c4ecc9e7134c9ef15a1>
- Soykan, O., Özel, C., ve Öcal, C. (2015). Arduvaz ve Andezit'in Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19(1), 69-74. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/194057>
- TS EN 196-1 (2016). Çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara Türkiye. Erişim adresi: <https://intweb.tse.org.tr/>
- Ulubeyli, G. C., ve Artir, R. (2015). Properties of hardened concrete produced by waste marble powder. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2181 - 2190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.294>
- Uygunoğlu, T., Topçu, İ. B., ve Çelik, A. G. (2014). Use of waste marble and recycled aggregates in self-compacting concrete for environmental sustainability. *Journal of cleaner production*, 84, 691-700. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.019>
- Ünal, O., ve Kibici, Y. (2001). Mermer tozu atıklarının beton üretiminde kullanılmasının araştırılması. Türkiye III. Mermer Sempozyumunda sunulan bildiri. Afyon, Bildiriler Kitabı, 317-325.
- Vardhan, K., Goyal, S., Siddique, R., ve Singh, M. (2015). Mechanical properties and microstructural analysis of cement mortar incorporating marble powder as partial replacement of cement. *Construction and Building Materials*, 96, 615-621. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.08.071>