

Van Pomzası ve Mermer Tozu Atıkları ile Üretilmiş Kendiliğinden Yerleşen Hafif Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Z. Funda TÜRKMEÑOĞLU^{*1}, A. Mahmut KILIÇ², Tolga DEPCİ³

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Van

²Çukurova Üniversitesi, Müh. Mim Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana

³İnönü Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Malatya

Geliş tarihi: 02.03.2015

Kabul tarihi: 17.06.2015

Özet

Bu çalışmada, Van yöresi pomzası ve mineral katkı olarak da mermer tozu kullanılarak kendiliğinden yerleşen hafif beton üretimi yapılmıştır. Toplam olarak 5 farklı beton karışımı üretilmiştir. Mermer tozu, çimentoyla %0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında yer değiştirilerek kullanılmıştır. Tüm karışımlarda su/bağlayıcı oranı ve toplam bağlayıcı miktarı sabit tutulmuştur. Öncelikle taze betonlar üzerinde, çökme-yayıma, T₅₀ süresi, V hunisi ve L kutusu deneyleri yapılarak sonuçlar mermer tozu eklenmeden üretilen betonlarla karşılaştırılmıştır. Daha sonra 23±2°C suda kür edilen 7 ve 28 günlük küp numunelere basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, ultrases geçiş hızı ve birim hacim ağırlık deneyleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda %15 oranında mermer tozu ilavesinin kendiliğinden yerleşen beton üzerinde olumlu etkisi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca mermer tozunun kendiliğinden yerleşen hafif beton üretiminde değerlendirilmesi ile bu atıkların çevreye verdikleri olumsuz etkiler azaltılacak ve ekonomik fayda sağlanacaktır.

Anahtar kelimeler: Pomza, Kendiliğinden yerleşen beton, Mermer tozu, Mekanik özellikler

Investigation of Mechanical Properties of Self Compacting Lightweight Concretes Produced Using Van Pumice and Waste Marble Dust

Abstract

In the present study, self compacting lightweight concrete was mainly produced by pumice collected from Van Basin adding waste marble dust as mineral additive. Total of five different concrete mixtures were produced replacing cement as the ratio of %0, %5, %10, %15 and %20. The water/binder ratio and amount of total binder were kept constant in all mixtures. Slump-flow, T₅₀, V-funnel and L-box tests were made for fresh concretes and the results were compared with each other. After that, physical properties of all fresh concretes with cube specimens, which were de-moulded and located in standard 23±2°C water cured strenght, unit weight and ultra-sound velocit tests. It is concluded that the addition of %15 waste marble dust increases the properties of self compacting lightweight concrete positively. Using waste marble dust as a mineral additive may contribute not only economic benefits for production of self compacting lightweight concrete but also decreasing the environmental impact of waste.

Keywords: Document, Document management, Documentation, Archiving.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Z. Funda Türkmenoğlu, YYÜ Müh. Mim. Fak. Maden Müh. Bölümü, Van.
fundaturkmenoglu@gmail.com

1. GİRİŞ

Son yıllarda beton teknolojisinin ilerlemesiyle birlikte, kullanım yerlerine göre farklı beklentileri karşılamak amacıyla özel betonlar üretilmeye başlanmıştır [1]. Bunlardan birisi de kendiliğinden yerleşen betonlardır. Kendiliğinden yerleşen betonlar, dünyada ilk defa 1980'lerin ikinci yarısında Japonya'da deprem bölgelerindeki sık donatılı betonarme elemanlarda sıkıştırma işlemine gerek olmadan yerleşebilen beton ihtiyacından dolayı geliştirilmiştir [2].

Kendiliğinden yerleşen beton (KYB), kendi ağırlığı ile sık donatılı, dar ve derin kesitlere yerleşebilen, iç veya dış vibrasyon gerektirmeksizin kendiliğinden sıkışabilen bu özelliklerini sağlarken ayrışma ve terleme gibi problemler oluşturmayarak kohezyonunu koruyabilen, çok akıcı kıvamlı özel bir beton türüdür [3].

Kendiliğinden yerleşen betonların akıcı olması, minimum işçilik gerektirmesi, ekonomik olması ve hızlı uygulanabilmesi gibi özelliklerinden dolayı geleneksel betonlardan avantajlıdır [4]. Bu nedenle özellikle hafif beton üretiminde kendiliğinden yerleşen beton uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır.

Beton üretiminde en önemli malzemelerin başında agregalar gelmektedir. Özellikle volkanik bir malzeme olan pomzaların hafif beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliğinin araştırılması üzerine çalışmalar giderek artmıştır [5]. Pomza TS 3234 standardına göre pomza; birbirine bağlantısız boşluklu, sünger görünümlü, silikat esaslı, birim hacim ağırlığı genellikle 1 gr/cm^3 'ten küçük, sertliği Mohs skalasına göre yaklaşık 6 olan ve camsı doku gösteren volkanik bir madde olarak tanımlanmaktadır [6].

Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, 18 milyar m^3 civarında olan dünya pomza rezervlerinin yaklaşık % 40'ı (7,4 milyar m^3 'den fazla) ülkemizde bulunmakta olup, Bitlis ve Van illerimizde rezerv büyüklüğü olarak en önde gelen illerimiz arasındadır [7]. Günümüzde pomza, yapıların ölü yüklerini ve yanal deprem

kuvvetlerini azaltmak açısından avantaj sağlayan ve yüksek izolasyon özelliğine sahip hafif beton üretiminde düşük yoğunluk özelliğinden dolayı agrega olarak kullanılmaktadır [8]. Diğer taraftan dezavantaj olarak pomza gözenekli yapısından dolayı betonun su emme oranının artmasına sebep olmaktadır.

Hafif beton üretiminde kullanılan diğer önemli bileşen ise çimentodur. Çimento bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Yalnız kendiliğinden yerleşen betonlarda, betonun akıcılığını sağlamak ve agrega taneleri arasındaki sürtünme etkilerini azaltmak için çimento hamur miktarının artırılması gerekmektedir. Bu miktar sadece çimento kullanılarak karşılandığında betonda hidrasyon ısısından dolayı termal çatlamlar olmakta ve rötre miktarı artmaktadır. Bu nedenle KYB'de çimento ile beraber uçucu kül, öğütülmüş yüksek fırın cürufu, silis dumanı, kırma taş tozu ve mermer tozu gibi ince malzemeler kullanılmaktadır [9].

Bu çalışmada da mineral katkı olarak mermer işleme tesisi atığı olan mermer çamuru kullanılmıştır. Mermer tozu, mermer işleme tesislerinde üretim esnasında açığa çıkan ve büyük çoğunluğu 1 mm'nin altında olan atıklardır. Bu atıkların depolanması mermer sektörünün en önemli sorunlarından birisidir. Bu atıkların beton üretimine değerlendirilmesi ile hem çevre açısından hem de ekonomik açıdan fayda sağlanmış olacaktır.

Bu çalışmada Van yöresi pomzası ve mineral katkı olarak da mermer tozu kullanılarak üretilen kendiliğinden yerleşen hafif beton numunelerinin mekanik özellikleri araştırılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

2.1. Kullanılan Malzemeler

2.1.1. Çimento

Çalışmada, TS EN 197-1 ile uyumlu CEM I 42.5 N tipi Portland Çimentosu kullanılmıştır [10]. Çimento, Aşkale Çimento Sanayi A.Ş.'nin Van'daki fabrikasından temin edilmiştir.

Çimentonun kimyasal özellikleri, Çizelge 1’de ve fiziksel özellikleri ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	(%)
SiO ₂	18,33
Al ₂ O ₃	4,97
Fe ₂ O ₃	3,45
CaO	61,04
MgO	3,76
SO ₃	2,73
K ₂ O	0,75
Na ₂ O	0,56
Cl	0,0195
Kızdırma Kaybı	3,6

Çizelge 2. Çimentonun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler		
Özgül Ağırlık	Mg/m ³	3,09
Özgül Yüzey	cm ² /gr	3685
Priz Başlangıcı	dk	175
Priz Sonu	dk	235
0,045 mm Elekte Kalıntı	%	3,8
0,090 mm Elekte Kalıntı	%	0,1
Standart Kıvam Su Miktarı	%	29,8
Hacim Genleşmesi	mm	1

2.1.2. Agregası

Çalışma kapsamında 0-2 mm, 2-4 mm ve 4-8 mm boyutlarında Van yöresi asidik pomzası kullanılmıştır. Pomza agregasının kimyasal içeriği XRF analizi ile belirlenmiş olup, XRF analiz sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir.

Çalışmada kullanılan agreganın fiziksel özellikleri Çizelge 4’te ve eleklerden geçen yüzde değerleri Çizelge 5’te verilmiştir. Agregası granülometrisi TS 706 EN 12620’de verilen sınır değerler arasında kalmıştır [11]. Karışımda kullanılan karışık agreganın granülometri eğrisi Şekil 1’de verilmektedir.

Çizelge 3. Pomza agregasının XRF analizi sonucu

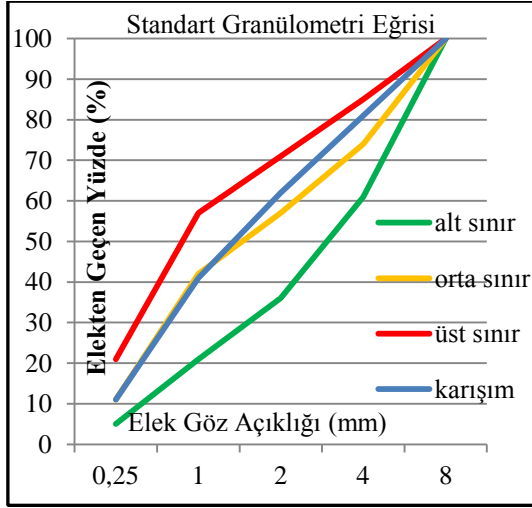
Bileşen	(%)
SiO ₂	75,5
Al ₂ O ₃	14,5
Fe ₂ O ₃	2,55
Na ₂ O	0,2
MnO	0,05
K ₂ O	5,30
CaO	1,34
SO ₄	-
Kızdırma Kaybı	3,33

Çizelge 4. Pomza agregalarına ait fiziksel özellikler

Agregası Grubu	0-2mm	2-4mm	4-8mm
Özgül Ağırlık Faktörü	1,72	1,32	1,06
Su Emme Oranı (%)	-	36,71	38,83
Gevşek Birim Ağırlığı (kg/m ³)	636	495	413

Çizelge 5. Kullanılan agregası granülometrisi

Elek Serisi (mm)	Elekten Geçen Malzeme Miktarı (%)
8	100
4	81
2	60
1	40
0,25	11



Şekil 1. Karışımda kullanılan agreganın granülometri eğrisi

2.1.3. Mermer Tozu

Kendiliğinden yerleşen beton üretiminde Van ili organize sanayi bölgesinde bulunan Malaylar mermer fabrikasından temin edilen mermer tozları kullanılmıştır. Mermer tozları, beton karışımına katılmadan önce 105°C’de kurutulmuş ve tamamı 0,125 mm’lik elekten elenerek kullanılmıştır. Mermer tozunun özgül ağırlığı 2,61 Mg/m³’dir. Mermer tozunun kimyasal içeriği XRF analizi ile belirlenmiştir. Mermer tozunun XRF analiz sonuçları Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Mermer tozunun XRF analiz sonucu

Bileşenler	(%)
SiO ₂	1,79
Fe ₂ O ₃	0,29
Al ₂ O ₃	0,45
CaO	53,83
MgO	0,36
Kızdırma Kaybı	42,8

2.1.4. Akışkanlaştırıcı Kimyasal Katkı

Kendiliğinden yerleşen beton karışımlarında, BASF firmasından temin edilen polikarboksilik

eter esaslı hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır. Akışkanlaştırıcının teknik özellikleri Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Akışkanlaştırıcının teknik özellikleri

Malzemenin Yapısı	Polikarboksilik Eter Esaslı
Renk	Opak
Yoğunluk	1,063-1,103 kg/litre
Klor içeriği %	< 0,1
Alkali içeriği %	< 3

2.1.5. Su

Kendiliğinden yerleşen beton üretiminde kullanılan beton karma suyu, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi içme suyu şebekesinden temin edilmiştir.

2.2. Metod

2.2.1. Beton Karışımlarının Hazırlanması

Kendiliğinden yerleşen betonun özelliklerinin test edilebilmesi için ilk olarak 2002 yılında EFNARC (The European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems) komitesi tarafından kendiliğinden yerleşen beton ile ilgili gerekli tüm bilgileri içeren “Specification and Guidelines for SCC” isimli bir doküman yayımlanmıştır [12]. Daha sonrada 2005 yılında, Prefabrike Beton Üreticileri Birliği (BIBM), Avrupa Çimento Birliği (CEMBUREU), Avrupa Hızır Beton Birliği (ERMCO), Avrupa Beton Katkı Üreticileri Federasyonu (EFCA) VE Özel Yapı Kimyasalları ve Beton Sistemleri Avrupa Federasyonu (EFNARC) birleşerek ortak bir klavuz hazırlamışlardır [13]. Bu çalışmada 2005 yılında yayımlanan klavuz referans alınmıştır.

Beton karışımlarında (0-2 mm, 2-4 mm ve 4-8 mm) 3 farklı boyutta hazırlanmış olan pomzalar agrega olarak kullanılmıştır. Beton karışımlarının hazırlanmasından önce 4-8 mm ve 2-4 mm boyutlu agregalar 24 saat suda bekletilmiş ve yüzey kuru suya doymun halde karışıma katılmıştır. Tüm karışımlarda, toplam bağlayıcı (çimento+mineral katkı) miktarı ve su/çimento oranı sabit tutulmuştur.

Kendiliğinden yerleşen beton tasarımında, çimentonun yüksek miktarda kullanılması; betonda maliyet artışı, termal gerilme ve rötre gibi olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu nedenle, çalışmada hazırlanan beton karışımlarına çimento yerine mineral katkı olarak Van ilinden sağlanan değişik oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) atık mermer tozu katılmıştır.

Kendiliğinden yerleşen hafif beton karışımlarının hazırlanmasında 40 dm³ kapasiteli pan tipi bir mikser kullanılmıştır. Öncelikle tüm agregalar mikserde konulmuş ve kuru olarak 2 dk karıştırılmıştır. Homojen bir karışım elde edildikten sonra gerekli olan suyun üçte ikisi tartılarak karışıma ilave edilmiş ve 2 dk süre ile karıştırılmıştır. Son olarak da suyun geri kalanı ve akışkanlaştırıcı katkı karışıma eklenerek 2 dk daha karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi tamamlandığında bir miktar taze beton mikserin içinden alınarak taze beton deneyleri yapılmıştır. Taze beton deneylerinin standartlara uygun çıkması üzerine beton harcı kalıplara konularak 24 saat bekletilmiştir. Kalıptan çıkarılan numuneler, 23±2°C sıcaklıktaki kür havuzuna konularak deney gününe kadar bekletilmiştir. Kür süresi tamamlanan numuneler üzerinde basınç dayanımı, yarımada çekme dayanımı ve ultra ses geçiş hızı deneyleri yapılmıştır. Kendiliğinden yerleşen hafif beton karışımlarının her birine farklı kodlar verilmiş olup, K; kontrol, MT5; %5 mermer tozu katkılı, MT10; %10 mermer tozu katkılı, MT15; %15 mermer tozu katkı ve MT20; %20 mermer tozu katkılı beton olduğunu göstermektedir.

2.2.2. Taze Beton Deneyleri

2.2.2.1. Çökme-Yayıma Deneyi

Bu deney, geleneksel çökme hunisi ve yayılma tablası kullanılarak yapılmaktadır. Yayılma tablası üzerine çizilen 50 cm çaplı bir dairenin merkezine yerleştirilen slump hunisi betonla doldurulduktan sonra yukarıya doğru çekilir. Betonun kendi ağırlığı ile yayılması beklenir. Deney sonucunda betonun 50 cm çaplı daireye yayılma süresi (T₅₀) ve maksimum yayılma çapı ölçülür [14]. Şekil 2’de çökme yayılma deneyi gösterilmektedir.



Şekil 2. Çökme yayılma deneyi

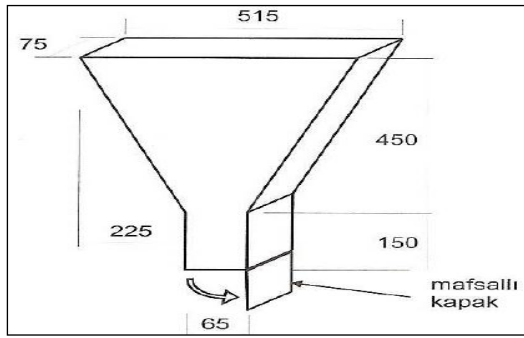
2.2.2.2. V Hunisi Deneyi

Bu deney, taze KYB’nun kendi ağırlığı ile özel

Çizelge 8. Kendiliğinden yerleşen hafif betonlara ait karışım oranları

Numune Kodu	Çimento kg/m ³	Mermer Tozu kg/m ³	Su kg/m ³	Katkı %	S/Ç %	Agrega 0-2 mm kg/m ³	Agrega 2-4 mm kg/m ³	Agrega 4-8 mm kg/m ³
K	500	-	312,5	1,35	0,625	455,599	157,683	143,140
MT5	475	25	312,5	1,35	0,625	454,294	157,231	143,730
MT10	450	50	312,5	1,35	0,625	452,948	156,765	142,307
MT15	425	75	312,5	1,35	0,625	451,602	156,300	141,885
MT20	400	100	312,5	1,35	0,625	450,255	155,834	141,462

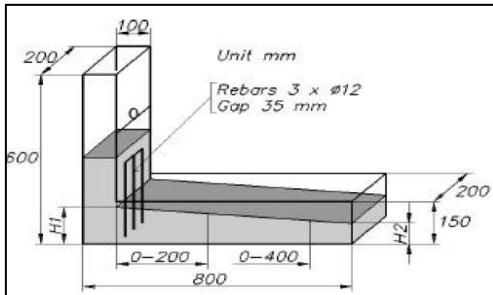
tasarlanmış bir huninin dar ağzından boşalma süresinin ölçülmesi ile belirlenir. Deney KYB'un viskozitesi ve geçiş yeteneği hakkında fikir vermektedir. Huniye kendiliğinden yerleşen beton doldurulduktan sonra en altta bulunan sürgülü kapak açılır ve huninin içindeki tüm betonun boşalma süresi ölçülür. Şekil 3'te V hunisi gösterilmektedir.



Şekil 3. V hunisi

2.2.2.3. L Kutusu Deneyi

Bu deney, kendiliğinden yerleşen taze betonun yerleşme, doldurma yeteneği ve ayrışmaya karşı direncinin L şeklindeki bir kutu içerisinde gözlenmesini kapsar. L şeklindeki kutunun ortasında sürgülü bir kapak ve aynı zamanda engel teşkil edecek demir çubuklar bulunmaktadır. Taze beton doldurulduktan sonra sürgülü kapak çekilir ve harç donatılar arasından geçerek yatay prizmayı doldurmaya başlar. Hareket durduğunda donatıların başında ve yatay kalıp ucundaki beton yükseklikleri ölçülür. Bu yükseklikler arası oran (h_2/h_1) hesaplanır. Şekil 4'de L kutusu gösterilmiştir.



Şekil 4. L Kutusu

2.2.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri

2.2.3.1. Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanımı deneyleri TS EN 12390-3 (2002) standardına göre yapılmıştır [15]. Basınç deneyleri 7 ve 28 günlük olan 150x150x150 mm ebatlarındaki standart boyutlu küp numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Numuneler 3000 kN yüklemeye kapasitesine sahip, otomatik kontrollü basınç presinde kırılmış ve basınç dayanımları kaydedilmiştir. Basınç dayanımı her bir deney için kırılan üç numunenin kırılma yükünün aritmetik ortalaması alınarak (1) numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır. Deneyde kullanılan basınç presi Şekil 5'de gösterilmiştir.

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (1)$$

σ_b : Basınç dayanımı (kg/cm^2),

P: Kırılma yükü (kg),

A: Numunenin kesit alanı (cm^2)



Şekil 5. Basınç dayanımı deneyi

2.2.3.2. Yarmada Çekme Dayanımı

Yarmada çekme deneyleri TS EN 12390-6 (2010) standardına göre yapılmıştır [16]. Yarmada çekme deneyleri 7 ve 28 günlük olan 150x150x150mm ebatlarındaki standart boyutlu küp numuneler üzerinde yapılmıştır. Küpler kırma aparatı içerisine yerleştirildikten sonra basınç cihazına yerleştirilmiştir. Yükleme hızı 0,06 MPa/sn olarak

ayarlanmıştır. Kırılma yükünün %20'ni aşamayacak şekilde başlangıç yükü uygulandıktan sonra, yük sabit hızda artırılarak kırılma gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kırılma yükleri (2) numaralı formülde yerine konularak yarmada çekme dayanımı hesaplanmıştır.

$$\sigma_{yc} = \frac{2P}{\pi L^2} \quad (2)$$

σ_{yc} : Yarmada çekme dayanımı (MPa),
P : Yarıma yükü (N),
L : Yükün uygulandığı düzlemin uzunluğu (mm)



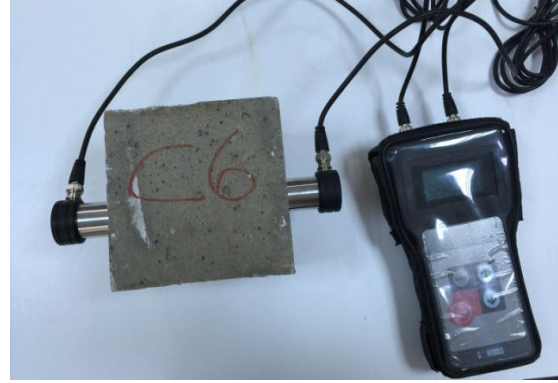
Şekil 6. Yarmada çekme dayanımı deneyi

2.2.3.3. Ultrases Geçiş Hızı Deneyi

Tahribatsız yöntemlerden biri olan ultrasonik test cihazının kullanımı ile betonun içerisine gönderilen ses üstü dalgaların betonun bir yüzeyinden diğer yüzeyine geçme süresi ölçülmekte ve ses hızı hesaplanmaktadır [17]. Elde edilen veriler (3) numaralı formülde yerine konularak ultrases geçiş hızı hesaplanır.

$$U = \frac{L}{t} \quad (3)$$

U : Ultrases geçiş hızı (km/sn),
L : Numunedeki proplar arasındaki mesafe (mm),
T : Numunedeki ultrases geçiş süresi (μ s)



Şekil 7. Ultrases geçiş hızı deneyi

2.2.3.4. Kuru Birim Ağırlık Deneyi

Kuru birim ağırlık deneyi, etüvde 105°C'de değişmez ağırlığa kadar kurutulan numuneler üzerinde gerçekleştirilir. Kuru birim ağırlık deneyinde, 150x150x150 mm boyutlarındaki küp numuneler kullanılmıştır. Kuru birim ağırlığı (4) numaralı formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$BHA = \frac{W}{V} \quad (4)$$

BHA : Kuru birim ağırlık (kg/m^3),
W : Numunenin ağırlığı (kg),
V : Numunenin hacmi (m^3)

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Taze Beton Deney Sonuçları

Betonların, kendiliğinden yerleşebilirlik özelliği sağlayıp, sağlamadıklarına taze haldeki işlenebilirlik deneyleri ile bakılmıştır. Deney sonuçları Çizelge 9'da verilmektedir.

Taze beton deney sonuçları incelendiğinde, KYB karışımlarının yayılma çaplarının 62 ile 67 cm arasında ve T_{50} süresinin 3 ile 5,5 sn arasında değiştiği görülmektedir. KYB karışımlarının viskozite özellikleri V hunisi deneyi ile belirlenmiş olup, tüm karışımların uygun viskozite özelliği gösterdiği görülmüştür. KYB karışımlarında mermer tozu oranının artışı ile betonun yayılma

çapının azaldığı, T_{50} süresinin ise uzadığı görülmüştür.

Çizelge 9. Taze Beton Deney Sonuçları

	K	MT5	MT10	MT15	MT20
Yayılma çapı, cm	67	66	65	64	62
T_{50} süresi, sn	3	3,5	4,3	5	5,5
V hunisi, sn	10,3	11	12,2	13,5	17
L kutusu h_2/h_1	0,89	0,89	0,88	0,87	0,84

Taze beton deney sonuçları incelendiğinde, KYB karışımlarının yayılma çaplarının 62 ile 67 cm arasında ve T_{50} süresinin 3 ile 5,5 sn arasında değiştiği görülmektedir. KYB karışımlarının viskozite özellikleri V hunisi deneyi ile belirlenmiş olup, tüm karışımların uygun viskozite özelliği gösterdiği görülmüştür. KYB karışımlarında mermer tozu oranının artışı ile betonun yayılma çapının azaldığı, T_{50} süresinin ise uzadığı görülmüştür. KYB genel kabul kriterlerine göre, taze beton deneyleri sonucunda elde edilen değerlerin Çizelge 10'da verilen sınır değer aralıklarında kalması gerekmektedir.

Farklı karışımlarda üretilen KYB'ler, genel kabul kriterlerine göre sınıflandırıldığında; yayılma çapları sınıflamasında MT10, MT15 ve MT20'nin SF1 sınıfında, K ve MT5'in ise SF2 sınıfında olduğu, viskozite sınıflamasında karışımların tümünün VF2 sınıfında olduğu ve T_{50} süresi sınıflamasında ise karışımların tümünün VS2 sınıfında olduğu belirlenmiştir.

3.2. Sertleşmiş Beton Deney Sonuçları

3.2.1. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Kendiliğinden yerleşen hafif beton numunelerin basınç dayanım sonuçları Çizelge 11'de

verilmiştir.

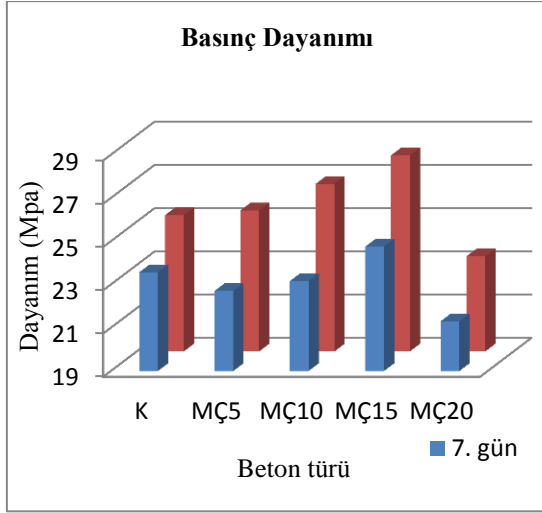
Çizelge 10. KYB için genel kabul kriterleri

Deney Yöntemi	KYB Sınıfları ve Standart Değerler		
	En Düşük Değer		En Yüksek Değer
Yayılma (mm)	500-650 (SF1)	651-750 (SF2)	751-850 (SF3)
L kutusu (h_2/h_1)	$\geq 0,80$ (2 donatı çubuğu ile)		$\geq 0,80$ (3 donatı çubuğu ile)
V hunisi (sn)	≤ 8 (VF1)		9-27 (VF2)
T_{50} (sn)	≤ 2 (VS1)		> 2 (VS2)

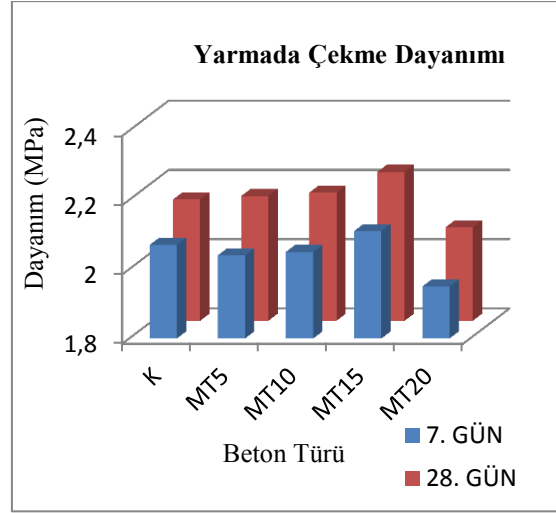
Çizelge 11. Basınç dayanımı deney sonuçları

Karışım Kodu	K	MT5	MT10	MT15	MT20
7 gün (MPa)	23,56	22,70	23,16	24,75	21,34
28gün (MPa)	25,30	25,52	26,75	28,07	23,40

Kendiliğinden yerleşen beton numunelerinin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında en yüksek basınç dayanımını MT15 karışımının, en düşük basınç dayanımını ise MT20 karışımının gösterdiği tespit edilmiştir. Mermer tozunun, beton karışımlarında çimento ile ağırlıkça %15 oranına kadar yer değiştirilerek kullanılması, betonun basınç dayanımını artırmaktadır. Bu oranın üzerinde mermer tozu kullanıldığında ise, basınç dayanımı azalmaktadır. Basınç dayanımının artmasının nedeni mermer tozunun boşluk doldurma özelliği göstermesi ile açıklanabilir.



Şekil 8. Karışımların 7 ve 28 günlük basınç dayanım sonuçları



Şekil 9. Karışımların 7 ve 28 günlük yarmada çekme dayanım sonuçları

3.2.2. Yarmada Çekme Dayanımı Deney Sonuçları

Kendiliğinden yerleşen hafif beton numunelerinin, yarmada çekme dayanımı deney sonuçları, Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 12. Yarmada çekme deney sonuçları

Karışım Kodu	K	MT5	MT10	MT15	MT20
7 gün (MPa)	2,07	2,04	2,05	2,11	1,95
28gün (MPa)	2,15	2,16	2,17	2,23	2,07

Üretilen betonların yarma çekme dayanımları incelendiğinde beton yaşının artmasıyla birlikte çekme dayanımlarının da arttığı görülmektedir. 7 ve 28 günlük yarmada çekme dayanımı deney sonuçları karşılaştırıldığında, MT15 karışımının en yüksek, MT20 karışımının ise en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Mermer tozunun, beton karışımlarında çimento ile ağırlıkça %15 oranına kadar yer değiştirilerek kullanılması durumunda betonun yarmada çekme dayanımı artmaktadır.

3.2.3. Ultrases Geçiş Hızı Deney Sonuçları

Kendiliğinden yerleşen hafif beton numunelerinin, ultrases geçiş hızı deney sonuçları, Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 13. Ultrases geçiş hızı deney sonuçları

Karışım Kodu	K	MT5	MT10	MT15	MT20
7 gün (km/sn)	3,06	3,04	3,05	3,07	3,01
28gün (km/sn)	3,20	3,22	3,23	3,25	3,18

Deney sonuçları incelendiğinde, kendiliğinden yerleşen hafif beton numunelerinin 7 ve 28 günlük ultrases geçiş hızı sürelerinin 3,01 ile 3,25 km/sn arasında değiştiği belirlenmiştir. 7 günlük numunelerde mermer tozu ilavesinin ultrases geçiş hızına etkisi görülmesi de 28 günlük numunelerde, mermer tozu oranının artışının ultrases geçiş hızı değeri üzerinde olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Literatürde de mermer tozu ilavesinin betonun ultrases geçiş hızı değerini artırdığı yönünde çalışmalar mevcuttur [18,19].

3.2.4. Kuru Birim Ağırlık Deney Sonuçları

Kendiliğinden yerleşen hafif beton numunelerinin, kuru birim ağırlık deney sonuçları Çizelge 14’te verilmiştir.

Çizelge 14. Kuru birim ağırlık deney sonuçları

Karışım Kodu	Kuru Birim Ağırlık (kg/m ³)
K	1180
MT5	1188
MT10	1205
MT15	1226
MT20	1160

Kendiliğinden yerleşen betonların, kuru birim ağırlık değerleri 1160 kg/m³ ile 1226 kg/m³ arasında değişmektedir.

TS EN 206-1’e göre hafif beton; etüv kuru durumuyla yoğunluğu 800 kg/m³ veya daha büyük olup, 2000 kg/m³’ü geçmeyen beton olarak tanımlanmaktadır. Kuru birim ağırlıkları göz önüne alındığında numunelerin hepsinin hafif beton sınıfına girdiği belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan tüm deneyler ve ölçümler yorumlanarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Van yöresi pomzası ve mermer tozunun kendiliğinden yerleşen hafif beton üretiminde kullanılabileceği belirlenmiştir.

- KYB kabul kriterlerine göre yapılan sınıflamaya göre; yayılma çapları sınıflamasında MT10, MT15 ve MT20’nin SF1 sınıfında, K ve MT5’in ise SF2 sınıfında olduğu, viskozite sınıflamasında karışımların tümünün VF2 sınıfında olduğu ve T₅₀ süresi sınıflamasında ise karışımların tümünün VS2 sınıfında olduğu belirlenmiştir.

- KYB’lerin kuru birim ağırlık değerlerinin 1160 kg/m³ ile 1226 kg/m³ arasında değiştiği

belirlenmiştir. Kuru birim ağırlıkları göz önüne alındığında tüm betonlar hafif beton sınıfına girmektedir.

- Mermer tozunun, beton karışımlarında çimento ile ağırlıkça %15 oranına kadar yer değiştirilerek kullanılması durumunda betonun basınç dayanımını ve yarmada çekme dayanımını artırdığı belirlenmiştir. Bunun yanısıra çimento yerine %15 oranında mermer tozunun kullanılması ile oldukça fazla miktarda atık malzemenin beton içerisinde değerlendirilebileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Sonuç olarak Van bölgesinde büyük rezervlere sahip olan asidik pomzanın kendiliğinden yerleşen hafif beton üretiminde agrega olarak kullanılması ile Van ili için ekonomik bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanısıra mermer tozunun katkı olarak kullanılması ile hem atıkların çevreye verdikleri olumsuz etkiler azaltılmış olacak hem de beton maliyetinde azalma sağlanmış olacaktır.

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışma, MMF2013D20 nolu proje olarak, Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiş olup, Doktora tezinden alınmıştır.

6. KAYNAKLAR

1. Subaşı, S., Beycioğlu, A., Emiroğlu, M., 2009. Genleştirilmiş Kil Agregalı Hafif Betonlarda Bulanık Mantık Yöntemiyle Yarmada Çekme Dayanımı Tahmin Modeli Geliştirilmesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Dergisi Cilt:22, Sayı:3.
2. Okamura ve Quchi, 1999. Self Compacting Concrete. Development Present Use and Future. Proceedings of the First International RILEM Symposium, Edited by A. Skarendahland 6. Peterson, pp 3-14.
3. Felekoğlu B., Baradan, B., 2004, Kendiliğinden Yerleşen Betonların Mekanik Özellikleri. Beton 2004 Kongresi Bildirileri. pp.234-243, 10-12 Haziran.
4. Kılınç, C., 2012. Hazır Beton Dergisi, 112. Sayı, Temmuz-Ağustos.

5. Gönen, T., 2009. Kendiliğinden Yerleşen Taşıyıcı Hafif Betonun Mekaniksel ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması, Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Doktora Tezi, 127 sayfa.
6. TS 3234, Eylül 1978. Bimsbeton Yapım Kuralları, Karışım Hesabı ve Deney Metodları.
7. TUİK, 2009. Türkiye İstatistik Kurumu, İnşaat Yapılar İstatistiği.
8. Yoğurtçu, E., Çakır, Ö.E., Ramyar, K., Öner, S., Hazır Beton Dergisi, 114. Sayı, Kasım-Aralık 2012.
9. Türk, K., Karataş, M., Turgut, P., Benli, A., 2010. Farklı Tip ve Miktarda Puzolan İçeren Kendiliğinden Yerleşen Betonun Dayanımı ve Elastisite Modülü Arasındaki İlişki, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 16, Sayı:3, 247-253.
10. TS EN 197-1 2002. Çimento- Bölüm 1: Genel çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, TSE, Ankara.
11. TS 706 EN 12620 Nisan 2009. Beton Agregaları.
12. EFNARC, 2002. Specification and Guidelines for SCC.
13. Self Compacting Concrete European Project Group, 2005. The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use, Warrington, 68 p.
14. TS EN 12350-2 Ocak 2010. Beton-Taze Beton Deneyleleri Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi
15. TS EN 12390-3 Nisan 2010. Sertleşmiş Beton Deneyleleri. Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini
16. TS EN 12390-6 Mart 2010. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleleri Bölüm 6: Deney numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımı Tayini.
17. TS EN 12504-4 Aralık 2012. Beton deneyleleri bölüm 4: Ultrasonik Atımlı Dalga Hızının Tayini.
18. Gökçer, B., Yıldız, S., ve Keleştemur, O., 2013. Atık Mermer Tozu ve Cam Lif Katkılı Harç Numunelerinin Yüksek Sıcaklık Altındaki Davranışları. SDU International Journal of Technologic Sciences, 5(2):42-55.
19. Yıldız, A.H., 2012. Atık Mermer Tozu ve Cam Elyaf Katkısının Birlikte Kullanımının Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi. Fırat Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 63s.