

Volkanik Cüruf Agregaların Yapı Sektöründe Kullanımı

S. Demirdağ, L. Gündüz & S. Saraç

Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Isparta

ÖZET: Bu çalışmada, Manisa ili Salihli-Kula ilçeleri civarından temin edilen volkanik cüruf agregaların, yapı sektöründe hafif beton agregası olarak değerlendirilebilirliği üzerine bir dizi deneysel çalışma yapılmıştır. Ocaktan getirilen numuneler, kırmızı-siyah renkte olup kırıldıktan sonra 0-4 mm boyutunda ince agregası (kırmızı cüruf) ve 4-8 mm boyutunda iri agregası (siyah cüruf) olarak sınıflandırılmışlardır. Bu agregalarla, belirli su oranlarında ve farklı çimento oranlarında karışımlar elde edilerek küp numuneler hazırlanmıştır. Dökümü yapılan küp numuneler üzerinde, dayanım, birim ağırlık, su emme vb. deneyler yapılarak standartlara uygun bir şekilde volkanik cürufların hafif beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

ABSTRACT: In this study, a comprehensive experimental research work was carried out to evaluate the volcanic slag aggregates from Manisa, Salihli-Kula Region as a lightweight concrete aggregate for building industry. The aggregate samples received from the quarry are red and black color, and they were crushed, screened and classified as 0-4 mm fine aggregate for red color aggregates and 4-8 mm coarse aggregate for black color aggregates. A series of cubic concrete test samples were cast based on specific water and different cement contents. Compressive strength, unit weight and water absorption tests were analysed on these samples and the utilization of volcanic slag aggregates to produce the lightweight concrete was also evaluated according to the related standards.

1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe, tarihsel gelişim süreci içerisinde, yapılarda hafif beton karışımlarının kullanım gerekliliği çok eskilere kadar dayandığı bilinen bir gerçektir. Betonlarda farklı özellikli agregalar kullanılarak betona yeni özellikler kazandırılmaktadır. Normal betonun birim ağırlığının yüksek olması, betonarme yapılarda yapı, kendi ağırlığının taşıdığı yararlı ağırlığa yakın olmasına sebep olmaktadır. Yapı yükünün fazla olması, deprem ve temel problemlerini zorlaştırmakta ve yapı maliyetini arttırmaktadır. Betonun birim ağırlığını düşürerek belli bir dayanımı sağlayan yeni kullanım alanlarından bin de hafif betonlardır. Hafif beton üretme yöntemlerinden biri, normal beton agregası yerine hafif agregası kullanmaktır (Topçu, 1997). Hafif agregası, betonun özgül ağırlığını azalttığı gibi

binanın ısısal konfor özelliklerini de iyileştirmekte, yangına karşı direncini artırmakta ve bu gibi özelliklerinden dolayı sektör bazında kullanılması oranını artırmaktadır.

Bu amaçla, ülkemizde bol miktarda bulunan ve doğal hafif agregası sınıfına giren volkanik cürufların değerlendirilmesi gündeme gelmiştir.

Topçu 1989'da Eskişehir cüruflarından elde edilen hafif betonların mekanik özelliklerini kompozit malzeme kurallarıyla incelemiş ve bileşim-özellik ilişkilerine ait analitik bağıntılar geliştirerek standartlara uygun taşıyıcı betonlar elde etmiştir. Ayrıca, 1997'de Topçu, kaba agregası olarak volkanik cürufların kullanılmasıyla üretilmiş yarı hafif betonların fiziksel ve mekanik özelliklerini inceleyerek, yarı hafif betonların volkanik

cüruflarla ekonomik olarak elde edilebileceğini deneysel analizler ile göstermiştir.

Yaşar ve arkadaşları 2003'de volkanik cüruf agregalardan hafif beton elde edilebilme kriterlerini analiz etmişler ve daha sonra bu betonlarda katkı maddesi olarak uçucu külleri kullanmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda, cüruf agregası kullanarak standartların öngördüğü dayanım değerlerinde hafif betonların kullanılabilirliğini belirlemişlerdir.

Kılıç ve arkadaşları 2003'de volkanik cüruf agregalardan elde edilen betonlara, silis bakımından oldukça zengin mineral katkı maddesi olarak silis dumanı (silica fume) kullanarak yüksek dayanımlara sahip hafif betonlar elde etmişlerdir.

Bu çalışmada, özellikle Ege Bölgesinde yer alan volkanik cüruf agregası oluşumlarının hafif beton agregası olarak değerlendirilebilirliğine ilişkin yapılan bir dizi deneysel çalışma bulguları detaylı analiz edilmiştir. Ayrıca, hafif beton agregası üzerine yürürlükte bulunan Türk Standartları ve diğer uluslararası standartlara göre, bu volkanik cüruf agregaların uygunluk kriterleri tartışılarak en uygun tane boyutlarında ve optimum çimento oranında karışımlar hazırlanarak elde edilen ürünlerle, yapıların hafiflemesi sağlanarak yapı sektörüne yeni bir malzeme kazandırılması amaçlanmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Volkanik cüruf agregası, çeşitli volkanik aktivitelere bağlı olarak, bazaltik karaktere sahip lavların patlamanın oluşturduğu basıncın etkisiyle, çatlaklar boyunca sızması sonucu oluşan bazaltik-andezitik kompozisyona sahip, gözenekli, camsı volkanik bir kayaç türüdür.

Bu agregalar, demir ve magnezyum bakımından zengin, silis içeriği bakımından fakir mafik lavların boşalımı esnasında, magmanın zamanla yüzeye doğru yaklaşması ve basınçta meydana gelen azalma nedeniyle, lavın bünyesinde bulunan uçucu gazların ve çeşitli volkanik bileşenlerin bünyeyi terk ederek ortamdaki uzaklaşması ve ani soğumaya bağlı olarak meydana gelmiştir.

Yüksek demir içeriğinden dolayı, koyu griden siyaha kadar değişen bir renk aralığına sahiptir. Özellikle oksidasyonun etkisiyle daha ziyade kırmızı, kahverengi ve siyah tonlarda görülebilmektedir (Demirdağ ve Gündüz, 2003).

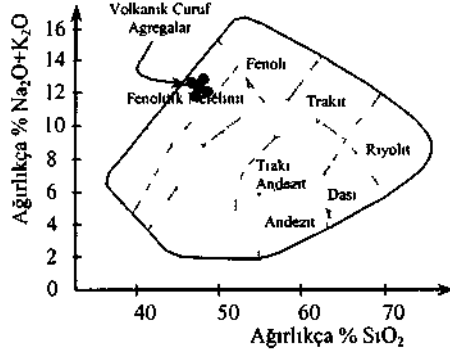
Volkanik olaylar sonucu oluşmuş, boşluklu ve gözenekli bir yapıya sahip olan cüruf oluşumlarının, özellikle Ege Bölgesinde, Manisa ili Kula ve Salihli ilçeleri çevresinde dağılımı göz önüne alındığında, bu volkanik kayaç oluşumlarının yapı malzemesi olarak değerlendirilebilirliği göz ardı edilemeyecek boyutlardadır.

Volkanik cüruf oluşumlarının yapı sektöründe hafif beton agregası olarak değerlendirilmesine ilişkin ASTM standartları ve TS 1114 standardında öngörülen prensiplere göre bir dizi deneysel inceleme yapılmıştır. Bu incelemelerde, cürufların kimyasal, mineralojik-petrografik ve fiziksel analizleri ile volkanik cüruf agregalarından elde edilen karışımlarla hazırlanan 10x10x10cm boyutlarındaki küp numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Volkanik cüruf agregaların kimyasal özellikleri belirlenmiş olup, deneysel bulgular Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1 Volkanik cüruf agregaların kimyasal özellikleri.

Majör Element	Numune			Ort.
	1	2	3	
SiO ₂	45.63	45.58	46.03	45.75
Al ₂ O ₃	15.63	15.74	15.61	15.66
Fe ₂ O ₃	10.71	10.68	10.65	10.68
CaO	8.79	8.85	8.55	8.73
MgO	5.85	5.92	6.03	5.93
SO ₃	0.04	0.04	0.03	0.036
Na ₂ O+K ₂ O	11.35	11.90	11.78	11.68
A.K.	1.95	1.29	1.32	1,52

Petrokimyasal açıdan volkanik cüruf oluşumlarının silika ve alkali içeriklerine göre yapılan sınıflandırma sisteminde *Fenolitik Nefelin* kayaç yapısında olduğu gözlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1 Volkanik cüruf agregaların, sılıka ve alkali içeriklerine göre sınıflandırılması

Hafif beton agregası olarak kullanılacak doğal agregalarda, özgül ağırlık değerleri, TS 3526'da belirtilen piknometre esasına göre yapılarak cürufların, ortalama değeri 2560 kg/m^3 olarak belirlenmiştir

Volkanik cürufların gevşek ve sıkışık birim ağırlık değerleri, TS 3529 ve DİN 4226 standartlarında belirtilen prensipler dahilinde deneysel olarak belirlenerek, bulgular Çizelge 2'de verilmiştir

Çizelge 2 Volkanik cüruf agregaların gevşek-sıkışık birim hacim ağırlık değerleri

Boyut Aralığı (mm)	Gevşek Birim Hacim Ağırlık (kg/m^3)	Sıkışık Birim Hacim Ağırlık (kg/m^3)
>32	210	221
16-32	344	402
8-16	493	603
4-8	642	805
2-4	790	1003
1-2	938	1210
0.5-1	1086	1461
0.25-0.50	1235	1608
<0.25	1383	1820

Deneysel bulgular irdelendiğinde, cüruf agregaların birim ağırlık değerleri, standardın öngördüğü limitler içerisinde kaldığı gözlemlenmiş olup, bu agrega malzemenin hafif beton agregası olarak kullanılabilmesi tanımlanmıştır

Gözenekli agregalarda genelde arzu edilen 24 saatlik su emme yüzdeleri, ince agregada %20, iri agregada ise %30 civarında bir değerdir. Ancak, bu değerler, agreganın sağlandığı yere, granulometrisine, tane şekline ve yüzey yapısına göre değişmektedir. Cüruf örneklerinin su emme yüzdeleri itibarıyla, arzu edilen limit değerleri arasında olduğu saptanmış ve bulgular Çizelge 3'de verilmiştir

Çizelge 3 Volkanik cüruf örneklerinin su emme, doluluk ve porozite değerleri

Boyut Aralığı (mm)	Summe Oranı (%)	Doluluk Oranı (%)	Porozite (%)
>32	34.54	8.20	91.80
16-32	27.18	13.44	86.56
8-16	23.11	19.26	80.74
4-8	19.22	25.08	74.92
2-4	15.20	30.09	69.91
1-2	12.39	36.64	63.36
0.5-1	11.23	42.42	57.58
0.25-0.5	9.12	48.24	51.76

Volkanik cüruf agregaların, yapı sektöründe hafif beton agregası olarak kullanılması için farklı kombinasyonlarda hafif betonlar elde edilerek, standart kup örnekleri hacimce %3-%12 çimento kullanım oranlarında dökülmüştür. Bu çalışmalarda, volkanik cüruf agregaların 0-4 mm ince agregası (kırmızı cüruf) ve 4-8 mm iri agregası (siyah cüruf) boyutuna sahip agregalar hacimce farklı oranlarda ve çimento kullanım oranlarında kup numuneleri dökülmüştür. Doğal ortam kur koşullarına tabi tutulan kup örnekleri üzerinde, 28 günlük kur sonunda basınç dayanımı, birim ağırlık ve su emme deneyleri yapılmıştır. Yapı malzemelerini kullanım yerlerinde bir avantaj yapan yanı sıra diğer malzemelerden ayıran parametreleri *Dayanım*, *Ağırlık* ve atmosfer şartlarına bağlı olarak *Su Emme* değerleridir. Bu özelliklere, su/çimento oranı, çimentonun cinsi, agregası boyutu ve agreganın hacim oranı gibi çeşitli özelliklerle etki etmektedir. Yapı malzemesi olarak elde edilecek kuru karışım hafif betonların 28 günlük basınç dayanım değerlerinin 25 kgf/cm^2 ve dolu hacim birim ağırlıklarının ise $300-1800 \text{ kg/m}^3$ olması arzu edilmektedir. Bu çalışma kapsamında, pratik bir uygulama modelini sembolize etmesi bakımından,

burada yalnızca 3 ayrı karışım bileşimine ait teknik irdelemeler örnek olarak verilmiştir:

- %70 iri agrega + %30 ince agrega ile yapılan efektif çimento belirleme çalışması,
- %60 iri agrega + %40 ince agrega ile yapılan efektif çimento belirleme çalışması,
- %50 iri agrega + %50 ince agrega ile yapılan efektif çimento belirleme çalışması,

Bu 3 ayrı karışım bileşimine göre farklı çimento hacimlerinde dökülmüş standart küp numunelerinin 28 günlük dayanım, birim ağırlık ve su emme değerleri Çizelge 4 ve Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 4. Küp numunelerin dayanımı, MPa.

Çimento Kullanımı Hacimce %	%70 iri %30 ince Agregali Örnekler	%60 iri %40 ince Agregali Örnekler	%50 iri %50 ince Agregali Örnekler
3	1,10	0,69	0,67
5	1,71	1,13	0,91
7	1,92	1,79	1,74
8	2,22	2,15	1,78
10	3,13	3,76	2,72
12	4,05	4,37	3,83

Çizelge 5. Küp numunelerin kuru birim ağırlık değerleri, kg/m³.

Çimento Kullanımı Hacimce %	%70 iri %30 ince Agregali Örnekler	%60 iri %40 ince Agregali Örnekler	%50 iri %50 ince Agregali Örnekler
3	1299,5	1317,27	1184,51
5	1306,8	1322,86	1233,9
7	1311,57	1377,2	1262,6
8	1318,37	1404,5	1277,4
10	1400,6	1411,4	1288,6
12	1459,2	1473,2	1345,1

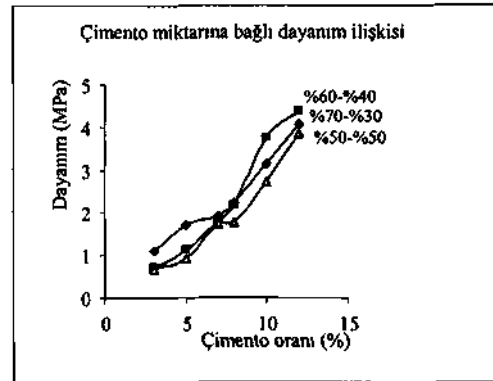
Çizelge 6. Küp numunelerin su emme değerleri, %.

Çimento Kullanımı Hacimce %	%70 iri %30 ince Agregali Örnekler	%60 iri %40 ince Agregali Örnekler	%50 iri %50 ince Agregali Örnekler
3	15,22	16,47	17,97
5	14,75	16,21	17,10
7	14,05	15,02	16,27
8	13,88	14,81	16,09
10	13,81	14,58	15,53
12	13,65	14,41	14,59

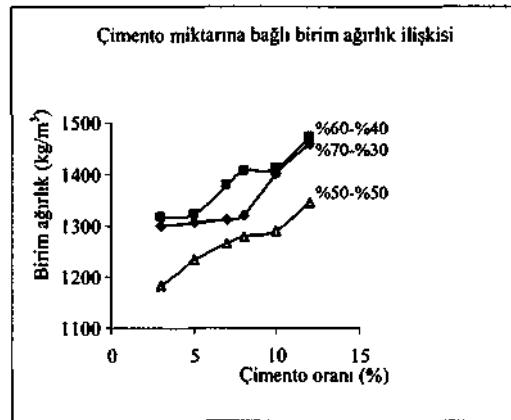
Küp numunelerin, dayanım, birim ağırlık ve su emme değerleri açısından ele alındığında, volkanik cüruf kullanımı ile hedeflenen kuru karışım hafif betonların elde edilebileceği görülmektedir. Çizelgeler'de verilen değerler, dökümü yapılan küp

numunelerin standartlara uygun bir şekilde hangi karışım oranlarında ve efektif çimento oranlarında ürünler elde edilebileceğini belirtmektedir. Bu değerlere göre, deneysel olarak elde edilen küp numunelerin dayanım değerleri, birim ağırlık ve su emme değerlerini irdeleyerek, en uygun çimento kullanımının ne olabileceğini ve hangi oranlarda malzeme kullanılabileceği yorumlanabilmektedir.

Elde edilen sonuçlara göre çimento oranının dayanım ve birim ağırlığa etkisi grafiksel olarak Şekil 2 ve Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 2. Çimento oranının dayanıma etkisi

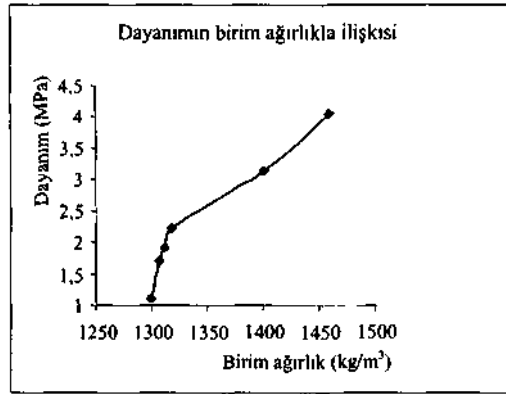


Şekil 3. Çimento oranının birim ağırlığa etkisi

Şekil 2 ve Şekil 3'te görüldüğü gibi çimento miktarının artmasıyla dayanım ve birim ağırlığın da arttığı görülmektedir. Ancak burada önemli olan standartların öngördüğü dayanım ve birim ağırlığı

en optimum çimento oranında elde ederek maliyetin istenilen seviyelerde kalmasını, seri üretime geçmeden önce belirlemektir. Yapılan çalışmalarda elde edilen karışım oranlarında standartlara uygun ve hafif yapı elemanı blok üretimi için kuru karışım hafif betonların elde edilebileceği görülmüştür.

Ayrıca birim ağırlığın dayanıma olan etkisini analiz etmek amacıyla, yalnızca %70 iri-% 30 ince agregaya karışımına ait değerlerin grafiksel analizi yapılarak Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Birim ağırlığın dayanıma etkisi

Yapılan grafiksel analizde, birim ağırlığa bağlı olarak dayanımın arttığı, buna karşın elde edilen değerlerin standartlarda belirtilen sınır değerler arasında olduğu görülmektedir.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada Ege Bölgesinde özellikle Manisa İli Salihli ve Kula Yöresi çevresinde bulunan kırmızı ve siyah renkli volkanik cüruf oluşumlarının, inşaat sektöründe hafif yapı malzemesi ve hafif yapı elemanı boşluklu ve/veya dolu blokların üretimi için kuru karışım hafif betonların elde edilmesinde değerlendirilebilirliği, yapılan deneysel çalışmalar sonucunda belirlenmiştir. Volkanik cüruflarla elde edilen bu betonların birim ağırlıkları ve dayanımlarının, blok üretimi için uygulanan standartlara uygun olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

Demirdağ, S., Gündüz, L., 2003. *Volkanik Cürufların İnşaat Endüstrisinde Hafif Beton Agregası Olarak Değerlendirilme Kriterleri*. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 3-4 Aralık, İstanbul.

Kılıç, A., Atış, D.C., Yaşar, E. ve Özcan, F., 2003. *High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria Aggregate Containing Mineral Admixtures*. Cement and Concrete Research, 33, 1595-1599.

Topçu, İ.B., 1989. *Volkanik Cürufların Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılma Olanaklarının İncelenmesi*. Türkiye İnşaat Mühendisliği X. Teknik Kongre Bildiriler Kitabı, Cilt I, 9-12 Ekim, Ankara, 437-451.

Topçu, İ.B., 1997. *Semi Lightweight Concretes Produced By Volcanic Slags*. Cement and Concrete Research, Vol. 27, No. 1, USA, pp. 15-21.

TS 1114, 1986, Hafif Agregalar - Beton İçin, TSE, Ankara.

Yaşar, E., Atış, D.C., Kılıç, A. ve Gülsen, H., 2003. *Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Basaltic Pumice and Fly Ash*. Materials Letters 57,2267-2270.