



## ARAŞTIRMA MAKALESİ /RESEARCH ARTICLE

### İNCE AGREGANIN BİR KISMI YERİNE VOLKANİK CÜRUF KULLANIMININ BETON ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Şemsi YAZICI<sup>1</sup>, Gözde İNAN

#### ÖZ

Bu çalışmada değişik su/çimento oranına sahip betonlarda, kumun yerine değişik oranlarda volkanik cüruf kullanımının beton özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla; su/çimento oranları 0.4, 0.5, 0.6 olan ve ince agreganın hacimce % 0, 5, 10, 15 'i oranlarında volkanik cüruf kullanılarak betonlar üretilmiştir. Bu betonlar üzerinde taze haldeyken birim hacim ağırlık ve çökme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen betonlardan hazırlanmış 150 mm ayrıtlı küp örneklerin, 7 ve 28 günlük standart kür işleminden sonra basınç ve yarmada çekme dayanımları belirlenmiştir. Ayrıca basınç ve yarmada çekme dayanımları belirlenen örnekler üzerinde ultra ses hızı ölçümleri de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, ince agrega yerine % 15 'e varan oranlarda volkanik cüruf kullanımı betonlarda işlenebilme problemine ve ortalama % 10 civarında çekme-basınç dayanımlarında kayıplara sebep olmuştur. Bu durumlar dikkate alınır, bu betonların yapısal amaçlı olarak kullanılabilceği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Volkanik cüruf, Beton, Basınç dayanımı, Yarmada çekme dayanımı

### THE EFFECT OF PARTIAL REPLACEMENT OF FINE AGGREGATE WITH A VOLCANIC SLAG ON THE PROPERTIES OF CONCRETE

#### ABSTRACT

In this study, the effects of partial replacement of fine aggregate with a volcanic slag on the properties of concrete having various water/cement ratios were investigated. For this purpose, 0, 5, 10 and 15 % (by volume) of fine aggregate of concrete mixtures, having water/cement ratios of 0.4, 0.5 and 0.6 were replaced by a volcanic slag. Unit weight test and slump test were conducted on fresh concrete. Compressive strength, splitting tensile strength and ultrasonic pulse velocity were determined by 150 mm cubic specimens after the application of curing period of 7 and 28 days. It was concluded that concrete prepared with up to 15 % of volcanic slag replacement with fine aggregate caused workability problem and about 10 % reduction of compressive and splitting tensile strength. If these situations are considered, it can be suggested that these concretes can be used for structural purposes.

**Key words:** Volcanic slag, Concrete, Compressive strength, Splitting tensile strength

## 1. GİRİŞ

Ülkemizin değişik yörelerinde büyük rezervler halinde volkanik kökenli kayalar bulunmaktadır. Bu kayalardan elde edilen volkanik cüruf da doğal nitelikli bir puzolanik malzemedir. Çok gözenekli, hafif, süngerimsi, cam yapılı, kristalize doğal bir malzeme olan volkanik cüruf daha çok çimento sanayinde, çimento üretiminde ve betonda çimentonun bir kısmı yerine veya agrega olarak kullanılmaktadır. Bu tür

agregaların en yaygın kullanımı hafif betonlarda ve hafif yapı elemanlarının yapımında (briket, duvar panelleri, vb.) olmaktadır (Gambhir, 1995; Neville, 1995; Sarı, vd., 2000). Hafif agregalarla üretilmiş betonların kullanılması ile yapı öz ağırlığının azalması, kesitlerde küçülme ve daha az donatı gereksinimi, özellikle temel boyutlarında küçülme sağlanabilmektedir. Ayrıca, yapının öz ağırlığının azalması sonucunda yapıya gelen deprem yükü de azalacak ve bunun sonucunda yapıda oluşacak mekanik etkilerde de düşüşler olacaktır.

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova/İZMİR

Bunun sonucunda yapı maliyeti azalacaktır (Topçu, 1997; Kılıç, vd., 2003; Yaşar, vd., 2003). Ayrıca, bu tür malzemenin kullanımı betonda işlenebilirliğe, dayanıma, elastisite modülüne, yoğunluğa, dayanıklılığa, termik iletkenliğe, büzümeye ve sünme davranışına etki etmektedir (Baradan, 2000; Aggoun ve Cabrillac, 2000; Chen, vd., 2000; Kılıç, 2003; Mindess vd., 2003; Erdoğan, 2003).

Nüfus artışına ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak, ülkemizde yapılaşma ihtiyacının hızlı bir şekilde artması ve alt yapı yatırımlarının hızlanması, beton ihtiyacının da artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda, betonun hacimce yaklaşık %75 'ini oluşturan agregaya ihtiyaç da artmaktadır. Beton teknolojisinde agrega artık kırmataş tesislerinden temin edilmekte ve maliyeti hazır tuvenan malzemeye kıyasla oldukça yüksek olabilmektedir. Betonun agrega maliyetinin düşürülmesi, doğal ve işlem görmemiş agreganın kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Özellikle büyük kentlerde, beton üretiminde kullanılan doğal agrega kaynaklarının tükenmekte olması, yeni kaynakların uzaklığı, çevre bilincinin artması gibi nedenler alternatif kaynakların kullanımını gerektirmektedir. Volkanik cüruf bölgesel imkanlar dahilinde, beton agregası olarak değerlendirmelidir. Volkanik cürufun beton üretiminde iri agrega yerine kullanılmasıyla önemli faydalar sağlanabildiği gibi sadece ince agrega yerine kullanılması ile de mekanik özelliklerde düşüşe sebep olmayacak çözümler üretilebilir.

Bu çalışmada; Manisa ilinin Kula ilçesinden temin edilmiş volkanik cürufun, ince agreganın belirli oranlarında yerine kullanılmasıyla üretilmiş betonların mekanik ve bazı fiziksel özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışma kapsamında, 12 farklı içerikte beton üretilmiş, üretilen betonlardan hazırlanan 150 mm ayrıtlı küpler standart kür koşullarında 7 ve 28 gün kür edilmiş ve bu örnekler üzerinde tek eksenli basınç, yarmada çekme deneyleri ve ultra ses hızı ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca, üretilen betonlar üzerinde taze halde iken çökme ve birim hacim ağırlık deneyleri de gerçekleştirilmiştir.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada, beton üretiminde bağlayıcı malzeme olarak PKÇ/A 42,5 tip çimento, iri agrega olarak 5-15 mm ve 15-25 mm tane boyutlu kireçtaşı kökenli kırmataş agrega, ince agrega olarak 0-5 mm tane boyutlu kireçtaşı kökenli kırma kum ve Kula yöresinden temin edilen 0-4 mm tane boyutlu volkanik cüruf kullanılmıştır. Ayrıca, su/çimento (S/Ç) oranı 0.4 ve 0.5 olan beton karışımlarında, sırasıyla çimento ağırlığının % 1.5 ve % 1.0 'i kadar süper akışkanlaştırıcı (SA) katkı da kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan çimentonun ve cürufun bazı teknik özellikleri Tablo 1 'de verilmiştir. Volkanik cüruf, Kula yöresindeki açık ocaklardan karışık halde alınarak laboratuara çuvalar içerisinde getirilmiş ve 4 mm ayrıtlı elekten geçen malzeme ince agrega olarak kullanılmıştır. Beton üretimi için, agrega karışımı; 15-25 mm agregadan % 30, 5-15 mm agregadan % 30 ve 0-5 mm ince agregadan % 40 kullanılarak, TS 706 'da önerilen gradasyon sı-

nırları arasında kalacak şekilde oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan agregalar üzerinde elek analizi, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık ve su emme deneyleri ilgili standartlara uygun biçimde yapılmış ve sonuçlar Tablo 2 'de sunulmuştur.

Tablo 1. Çimento ve volkanik cürufun bazı teknik özellikleri

Özellikler (%)	PKÇ /A 42,5	V. Cüruf
SiO <sub>2</sub>	23,68	41,22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,78	16,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,95	7,84
CaO	56,04	10,33
MgO	1,04	6,43
K <sub>2</sub> O	1,00	3,00
SO <sub>3</sub>	3,04	0,37
Na <sub>2</sub> O	0,35	4,29
Cl	0,017	0,011
Kızdırma kaybı	1,61	0,10
Çözünmeyen kalıntı	10,03	37,60
Serbest CaO	1,55	---
Özgül yüzey, (cm <sup>2</sup> /g)	3800	---
Basınç dayanımı (MPa)		
2 günlük	25,95	---
7 günlük	39,10	---
28 günlük	50,10	---

Tablo 2. Kullanılan agregaların granülo-metrik dağılımı ve bazı fiziksel özellikleri

Elek açıklığı, mm	% Geçen			Cüruf (0-4 mm)
	Kırmataş agrega			
	15-25 mm	5-15 mm	0-5 mm	
32	100	100	100	100
16	18	98	100	100
8	0	38	100	100
4	0	5	88	100
2	0	4	49	61
1	0	2	34	43
0,5	0	2	21	24
0,25	0	2	13	14
Bazı fiziksel özellikler				
Sıkışık birim hacim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1683	1727	1825	815
Özgül ağırlık (doğru yüzey kuru)	2,69	2,69	2,60	1,99
Su emme (%)	0,62	0,73	1,78	13,85

Deneysel çalışma kapsamında; S/Ç oranları 0.4, 0.5, 0.6 olan ve ince agreganın yerine hacimce %0, 5, 10, 15 oranlarında volkanik cüruf kullanılarak toplam 12 farklı beton karışımı hazırlanmıştır. Tüm karışımlarda çimento dozajı 350 kg/m<sup>3</sup> olarak sabit tutulmuştur. İnce agrega yerine kullanılan volkanik cüruf doğal halde fazla oranda nem içerdiğinden ve nem oranı değiştiğinden, beton üretiminden önce etüvde kurutulmuş ve daha sonra kuru konumdaki cüruf, kuru yüzey doygun konum için gerekli su ile birlikte karıştırılarak bir tepsi içersinde üzeri naylon çuvalarla kapatılmış olarak bir gün süreyle bekletilmiştir. Üretilen betonların 1 m<sup>3</sup> için gerekli olan gerçek malzeme miktarları Tablo 3 'de verilmiştir.

Tablo 3. 1 m<sup>3</sup> beton için gerçek malzeme miktarları

S/Ç oranı	Karışım Adı	Su (kg)	Çimento (kg)	İri agrega (kg)		İnce agrega (kg)		SA (kg)	Teorik B.H.A. (kg/m <sup>3</sup> )
				15-25 mm	5-15 mm	0-5 mm	Cüruf		
0.4	A1	140	350	592	592	763	0	5.25	2442
	A2	140	350	592	592	725	29	5.25	2433
	A3	140	350	592	592	687	58	5.25	2424
	A4	140	350	592	592	649	88	5.25	2416
0.5	B1	175	350	564	564	727	0	3.50	2384
	B2	175	350	564	564	691	28	3.50	2376
	B3	175	350	564	564	654	56	3.50	2367
	B4	175	350	564	564	618	84	3.50	2359
0.6	C1	210	350	536	536	691	0	0.0	2323
	C2	210	350	536	536	656	26	00.0	2314
	C3	210	350	536	536	621	53	00.0	2306
	C4	210	350	536	536	587	79	00.0	2298

SA : Süper akışkanlaştırıcı  
B.H.A.: Birim hacim ağırlık

Üretilen bu betonlardan, 150 mm ayrıtlı küp örnekler üç tabaka halinde doldurulmuş, her tabaka 15'er darbe vurulmak suretiyle elle sıkıştırılarak hazırlanmıştır. Deneysel çalışmada; tek eksenli basınç ve yarmada çekme deneyi için 6'şar adet olmak üzere toplam 288 adet örnek hazırlanmıştır. Tüm örnekler 7 ve 28 günlük deney günlerine kadar standart koşullarda kür edilmiş ve mekanik deneyler 200 tonluk pres yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Örnekler üzerinde, önce ultrases hız okumaları yapılmış daha sonra mekanik testler uygulanmıştır. Ayrıca, hazırlanan tüm beton karışımları üzerinde taze haldeyken birim hacim ağırlık ve çökme deneyleri de gerçekleştirilmiştir

### 3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Taze betonlar üzerinde yapılan birim hacim ağırlık ve çökme deneyleri neticesinde elde edilen sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 'deki veriler incelendiğinde, betonların birim hacim ağırlık değerlerinin; 2377 kg/m<sup>3</sup> ile 2193 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiği ve S/Ç oranından bağımsız olarak, cüruf/kum oranının artmasıyla az da olsa düştüğü görülmektedir. Bu düşüş tüm S/Ç oranlarında % 15 cüruf kullanımında bile yaklaşık olarak % 3 seviyesinde kalmıştır.

Taze betonların çökme değerlerine bakıldığında, beklendiği gibi S/Ç oranının artışıyla birlikte çökme değerlerinde de artış gözlenmiştir. Yine, Tablo 4'deki veriler incelendiğinde, S/Ç oranı 0.4 olan betonlarda çökme değerinin 20-130 mm arasında, S/Ç oranı 0.5 olan betonlarda çökme değerinin 85-165 mm arasında, S/Ç oranı 0.6 olan betonlarda çökme değerinin 100-215 mm arasında değiştiği görülmektedir. Tüm beton karışımlarında cüruf oranının artışıyla birlikte çökme

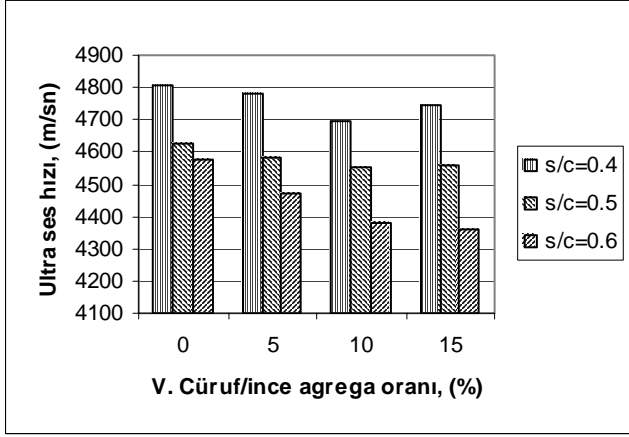
değerlerinde önemli oranlarda düşüş gözlenmiştir. Cüruf miktarının artışı özellikle düşük S/Ç oranına sahip betonlarda önemli işlenebilirlik problemleri yaratmıştır. Örneğin, en yüksek cüruf içeriğine sahip betonlarda çökme kaybı; S/Ç oranı 0.4, 0.5 ve 0.6 olan betonlarda sırasıyla, % 85, 48 ve 53 oranlarında gerçekleşmiştir. Bu düşüşe cürufün tane yüzey yapısının ve yüksek porozitesinin neden olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4. Taze betonun birim hacim ağırlık ve çökme değerleri

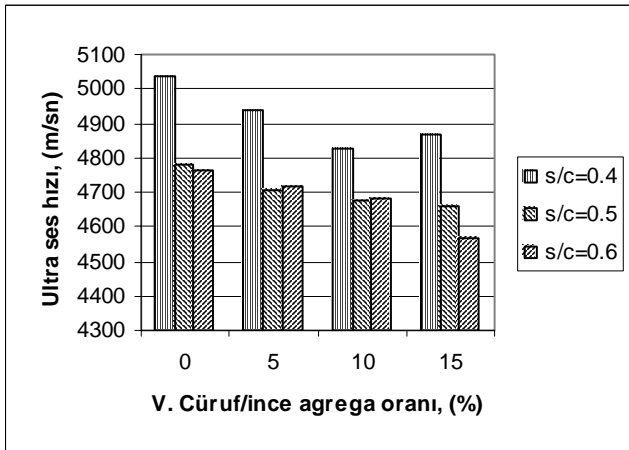
Karışım	Birim hacim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	Çökme (mm)
A1	2377	130
A2	2347	110
A3	2333	60
A4	2304	20
B1	2323	165
B2	2303	150
B3	2277	130
B4	2253	85
C1	2267	215
C2	2233	180
C3	2207	145
C4	2193	100

Sertleşmiş beton numuneler üzerinde yapılan ultrases ölçüm sonuçları Şekil 1 ve Şekil 2'de görülmektedir. Şekillerde verilen ultra ses hızı ölçüm sonuçları 12 adet örneğin ortalamasına göre belirlenmiştir. Verilen şekillerde, üretilen betonlarda, cüruf

oranının artması ile ölçülen ultrases hızının az da olsa düştüğü görülmektedir. Bu düşüş; 28 günlük örneklerde daha yüksek oranlarda gerçekleşmiştir. Ultrases hızı ölçüm aletinin çalışma prensibi, sesin yoğun maddeler içinden daha hızlı geçmesine dayandığından, cüruf miktarının artışıyla birlikte artan boşluk oranına paralel olarak ultrases hızının düşmesi de beklenen bir sonuçtur.



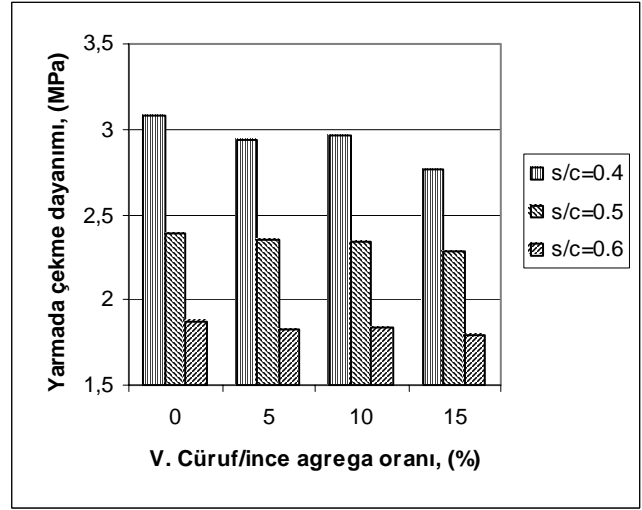
Şekil 1. Volkanik cüruf/ ince agrega oranına göre betonların 7 günlük ultrases hızı değişimleri



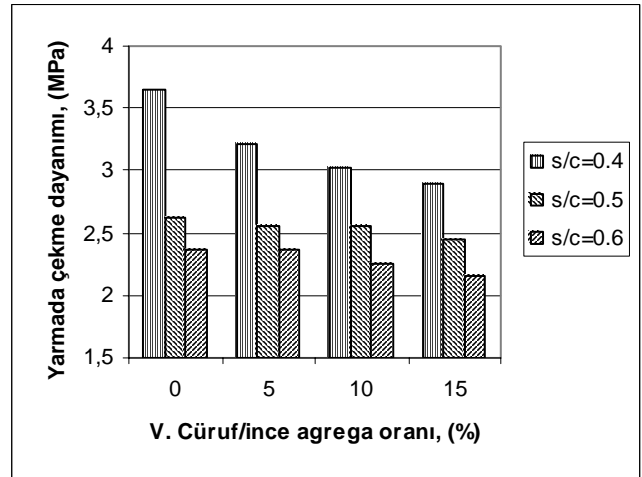
Şekil 2. Volkanik cüruf/ ince agrega oranına göre betonların 28 günlük ultrases hızı değişimleri

Şekil 3 ve Şekil 4 'de sertleşmiş betonlar üzerinde yapılan yarmada çekme deneyi sonuçları verilmiştir. Verilen yarmada çekme dayanımı sonuçları 6 örneğin ortalamasıdır. Bu şekiller incelendiğinde, kumun yerine cüruf kullanımı, 7 günlük betonların çekme dayanımlarını fazla etkilemezken, asıl etki 28. günde ortaya çıkmaktadır. Ayrıca yarmada çekme dayanımındaki düşüşlerin, özellikle düşük S/Ç oranlarına sahip karışımlarda daha çarpıcı olduğu da görülmektedir. İnce agrega yerine cüruf kullanımı nedeniyle oluşan bu kayıplar; 7 günlük örneklerde S/Ç oranı 0.40 olan betonlarda % 10, diğer S/Ç oranlarında % 5 ve 28 günlük örneklerde ise S/Ç oranı 0.40 olan betonlarda % 22, diğer S/Ç oranlarında ise % 8 civarında oluşmuştur. S/Ç oranı düşük olan betonların, yüksek olan betonlara kıyasla daha fazla yarmada

çekme dayanımı kaybı göstermesinin nedeni, artan cüruf oranına bağlı olarak betonun işlenebilmesinin zorlaşmasıyla yeterince iyi yerleştirilememesi ve bunun sonucunda harç fazının zayıflaması olarak düşünülmektedir.



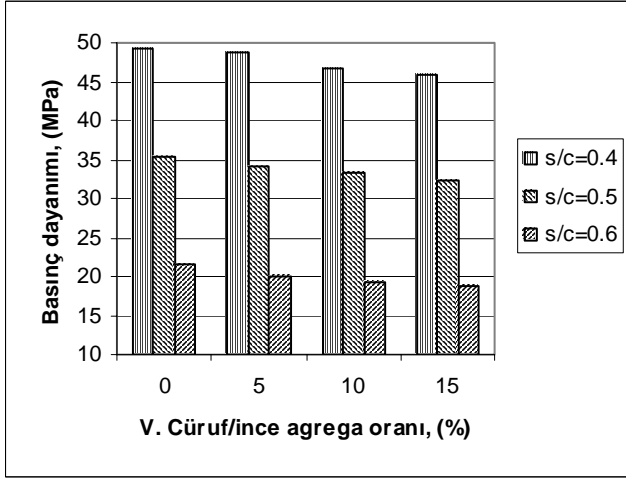
Şekil 3. Volkanik cüruf/ince agrega oranına göre betonların 7 günlük yarmada çekme dayanımlarındaki değişimler.



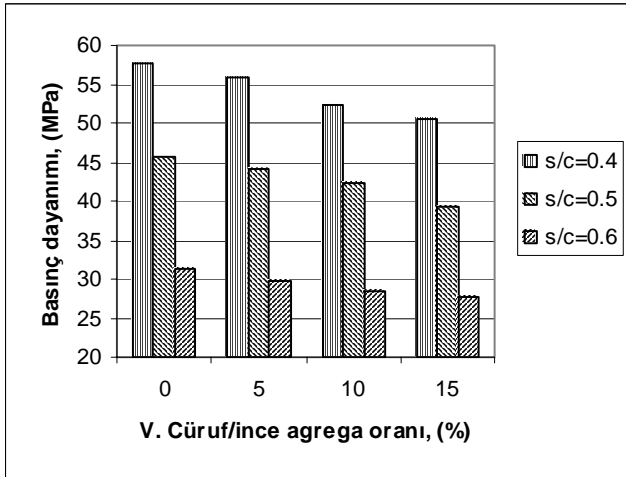
Şekil 4. Volkanik cüruf/ince agrega oranına göre betonların 28 günlük yarmada çekme dayanımlarındaki değişimler

Çalışmada üretilen betonlar üzerinde yapılan tek eksenli basınç deneyi sonuçları Şekil 5 ve Şekil 6 'da görülmektedir. Elde edilen basınç dayanımı sonuçları 6 örneğin ortalamasıdır. Bu şekillerdeki veriler incelendiğinde, yarmada çekme dayanımı deney sonuçlarına benzer şekilde, karışımlardaki cüruf miktarının artışıyla birlikte beton basınç dayanımlarının da azalmakta olduğu görülmektedir. Bu azalmı; 7 ve 28 günlük numunelerde % 14 'e varan oranlarda gerçekleşmiştir. Cüruf kullanılarak üretilmiş betonlarda, mekanik özelliklerdeki bu düşüşlerin nedeni, ince agrega yerine cüruf kullanımı ile harç matrisindeki boşluk miktarının artması ve buna bağlı olarak dayanımda düşme olabileceği düşünülmektedir. Ay-

rica, cüruf taneciklerinin mekanik etkilere karşı direncinin kırmataş kökenli ince agrega taneciklerinden daha düşük olmasının da bu düşüşe yol açabileceği sanılmaktadır.



Şekil 5. Volkanik cüruf/ince agrega oranına göre betonların 7 günlük basınç dayanımlarındaki değişimler



Şekil 6. Volkanik cüruf/ince agrega oranına göre betonların 28 günlük basınç dayanımlarındaki değişimler

#### 4. SONUÇLAR

- Üretilen betonlarda ince agrega yerine volkanik cüruf kullanımı ile betonun birim hacim ağırlığında kayda değer bir değişim görülmemiştir. En yüksek cüruf/ince agrega oranında bile bu değişim % 3 seviyesindedir.
- Cüruf miktarının artması özellikle düşük S/Ç oranına sahip betonlarda önemli işlenebilirlik problemi yaratmış ve çökmede % 85'e varan kayıpları meydana getirmiştir. Cüruf miktarı arttıkça akışkanlaştırıcı miktarının artırılması çökme kaybının önlenmesi açısından faydalı olacaktır.
- Üretilen betonlarda cüruf oranının artması, ölçülen ultrases hızını az da olsa düşürmüştür.

Bu düşüş 28 günlük örneklerde daha çarpıcıdır.

- İnce agreganın bir kısmı yerine cüruf kullanılması betonların 7 günlük çekme dayanımlarını fazla etkilemezken, 28 günde bu etkinin daha kuvvetli olduğu görülmüştür. Bu etki özellikle düşük S/Ç oranında ve yüksek cüruf içeriklerinde daha fazladır. En fazla çekme dayanımı kaybı % 22 dir.
- Çekme dayanımı sonuçlarına benzer şekilde, ince agreganın bir kısmı yerine cüruf kullanılması betonların basınç dayanımlarında 7 ve 28 günlük numunelerde azalmalara sebep olmuştur. Bu azalma; 7 ve 28 günlük numunelerde ortalama % 14 mertebesinde dir.
- Bu çalışma neticesinde; ince agrega yerine % 15'e varan oranlarda volkanik cüruf kullanımı betonlarda işlenebilirlik problemi ve ortalama % 10 civarında mekanik özelliklerde kayıplara sebep olmuştur. Bu durumlar dikkate alınırca, bu betonların yapısal amaçlı olarak kullanılabilirliği görülmüştür.

#### KAYNAKLAR

- Aggoun, S. ve Cabrilac, R. (2000). Study of the implementation of lightweight aggregate concretes using a high performance matrix. *Proceedings of Cement and Concrete Technology in the 2000s*. Volume 2, s. 115-123.
- Al-Khaiat, H. ve Haque, M.N. (1998). Effect of initial curing on early strength and physical properties of lightweight concrete. *Cement and Concrete Research* 28(6), 859-866.
- Baradan, B. (2000). *Yapı Malzemesi II.*, DEÜ Basım Ünitesi, İzmir, ss. 217.
- Chen, H.C., Liou, A. ve Yen, T. (2000). *Improvement of the thermal insulation of lightweight aggregate concrete*. *Proceedings of Cement and Concrete Technology in the 2000s*. Volume 2, pp. 154-163.
- Erdoğan, T.Y. (2003). *Beton*. Metu Press, Ankara, ss. 741.
- Gambhir, M.L. (1995). *Concrete Technology*. McGraw-Hill Ltd., New Delhi, ss. 470.
- Kılıç A., Atış, C.D., Yaşar, E. ve Özcan, F. (2003). High-Strength Lightweight Concrete Made with Scoria Aggregate Containing Mineral Admixtures. *Cement and Concrete Research* 33(10), 1595-1599.
- Mindess, S., Young, J.F. ve Darwin, D. (2003). *Concrete*. Prentice Hall, New Jersey, s. 675.

Neville, A.M. (1995). *Properties of Concrete*. John Wiley and Sons, New York, s. 686.

Sarı, D., Çankıran, O. ve Sarışık, A. (2000). The optimum granulometry of the pumice aggregate at which the admixtures is effective. *Proceedings of Cement and Concrete Technology in the 2000s*. Volume 2, s. 134-142.

Topçu, İ.B. (1997). Semi Lightweight Concretes Produced by Volcanic Slag. *Cement and Concrete Research* 27(1), 15-21.

Yaşar, E., Atis, C.D., Kılıç, A. ve Gülsen, H. (2003). Strength properties of lightweigh concrete made with basaltic pumice and fly ash. *Materials Letters* 57 (15 ), 2267-2270.



**Gözde İnan**, 1.10.1977 Eskişehir doğumludur. Ege Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden 1998 yılında lisans, 2002 yılında yüksek lisans, derecelerini almıştır. Halen Ege Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Yapı

Malzemesi Anabilim Dalında doktora çalışmalarına devam etmektedir.



**Şemsi Yazıcı**, 16.07.1965 Erzurum doğumludur. Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden 1987 yılında lisans, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, inşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi Anabilim

Dalından 1991 yılında yüksek lisans ve 1996 yılında doktora derecelerini almıştır. 1999 yılından bu yana, Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde Yard. Doç. olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk sahibidir.