

## Gerideönüştürülmüş Atık Betonlarda Muğla-Yatağan Uçucu Külünün Etkileri

İsmail KILIÇ<sup>1</sup>, Abdullah KADAYIFÇI<sup>2</sup>, Cengiz ÖZEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Trakya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü / KIRKLARELİ

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü / ISPARTA

Alınış tarihi:08.03.2007, Kabul:17.10.2007

**Özet:** Bu çalışmada, Yatağan uçucu külünün, atık beton agregasından elde edilen betonların özelliklerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan atık beton agregası gerekli granülometrik değerlere sahip olmadığından dolayı, Isparta-Atabey agregasıyla uygun granülometriyi sağlayacak şekilde karıştırılmıştır. Uçucu kül, betona çimento ağırlığının %10, 15, 20, 25, 30 oranlarında çimento ile yer değiştirmeli olarak katılmıştır. Çalışmada, elek analizi, taze beton birim hacim ağırlık, taze beton kıvam (çökme hunisi metodu), ultrases geçiş hızı ve tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Uçucu külün, basınç dayanımı ve ultrases geçiş hızı değerlerinde azalmaya neden olduğu, birim hacim ağırlık ve çökme değerlerini ise artırdığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık beton, Eski beton kırığı, Mineral katkıları, Uçucu kül

## Effects of Mugla-Yatağan Fly Ash on Recycled Waste Concretes

**Abstract:** In this study, it has been investigated experimentally that effects of Yatağan fly ash on properties of concretes to get from waste concrete aggregate. It is because that the waste concrete aggregate used in this study hasn't got proper grading curve, it was mixed with Isparta-Atabey aggregate to supply suitable grading. The fly ash were added to concrete with the rations 10, 15, 20, 25, 30% of cement weight. In the study, experiments of sieve analysis, unit weight of unset concrete, unset concrete consistence, ultrasonic pulse velocity and pressure test were done. These were put down definitely that fly ash while decreases the values of compressive strength and ultrasonic pulse velocity, it also increases values of unit volume weight and unset concrete consistence.

**Key words:** Waste concrete, Old concrete pieces, Mineral admixtures, Fly ash

### Giriş

Betonun birçok önemli özelliği, betonun üretiminde kullanılan agreganın karakteristiklerine geniş ölçüde bağlı bulunmaktadır. Diğer bir deyişle beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi bu malzemenin üretiminde kullanılan agrega karakteristiklerinin bazı şartları yerine getirmesi ile mümkün olmaktadır (Özsöylev, 1993). Betonun oluşturan malzemelerden önemli bir özelliğe sahip olan agrega; doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin çeşitli büyüklüklerdeki tanelerinin bir yığını olarak tanımlanmaktadır (Bayazit, 1998).

Dusseldorf (Almanya) mevcut olan inşaat atıkları geri kazanma tesisinde, inert madde ağırlıklı karışımlar (inşaat atıkları, beton atıkları, asfalt atıkları, taş-tuğla atıkları) işlenmekte ve tekrar inşaatlarda ve diğer alanlarda kullanılmaktadır (Erdin vd., 2004). Gerideönüştürülmüş betonun özelliklerinin daha iyi olması için gerideönüştürülmüş agrega içerisindeki 0-2 mm inceliğindeki kısmın doğal kum ile değiştirilmesi gerekmektedir (Ajdukiewicz ve Kliszczewicz, 2002). Hansen ve Narud (1983), yaptıkları deneysel çalışmalarda eski beton kırığı agregaların, doğal agregalara benzer test sonuçları verdiklerini belirlemişlerdir. Kırma sırasında eski beton kırıklarını, ince ve iri olmak üzere iki kısma ayırmışlardır. İri kısımları beton için kaba agrega olarak kullanmışlar, ince kısımları ise genellikle o boyutta kum kullanıldığından beton karışımında kullanmamışlardır.

Araştırmacılar tarafından eski beton kırığı agregalı betonlar üzerinde yapılan basınç dayanımı deneyleri sonucunda karışımdaki eski beton kırığı oranının artmasıyla beton basınç dayanımının azaldığı belirlenmiştir. Özellikle taşıyıcı nitelikteki betonlarda eski beton kırığı agregasının karışım içerisinde yüksek oranlarda kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir (Günçan, 1995). Atık beton agregası ile üretilen betonların basınç dayanımlarının normal betona kıyasla %20 veya bazen daha fazla oranda düşme gösterdiği belirlenmiştir (Nixon, 1978). Eğer kullanılan atık agreganın elde edildiği beton kaliteli ve su/çimento oranı iyi ayarlanmış ise doğal agregalarla üretilen betonların basınç dayanım değerlerine ulaşmak hatta o değerleri de aşmak mümkün olabilmektedir (Hansen ve Narud, 1983). Topçu (1997)'ye göre yüksek dayanımlı beton üretimi için atık beton agregası kullanılacağı zaman, özellikle atık beton agregasının su emme kapasitesini ve yaklaşık dayanımını bilmek gerekmektedir. Ayrıca, atık beton agregası kullanılmadan önce diğer materyallardan dikkatlice temizlenmesi gerekmektedir.

Mukai (1979), eski beton agregaları ile ürettiği betonların taze birim ağırlıklarını normal betonun %85-95'i kadar ve 2020-2210 kg/m<sup>3</sup> değerleri arasında olduğunu belirtmiştir. Bu betonların hava içeriklerinin ise normal betonunkinden daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Hansen ve Narud

(1983) ise eski beton agregaları ile ürettikleri betonların hava içeriğini normal betonunkinden %0.6 daha fazla ve bu betonların taze birim ağırlıklarının ise 2200-2250 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

İşlenebilirlik taze betonda aranan en önemli özellik olarak bilinmektedir. Betoniyerden çıkan taze betonun taşınma ve kalıba yerleştirilmesi sırasında homojenliğini kaybetmemesi, kalıplar içinde kolaylıkla yayılarak ve mümkün olduğu kadar az boşluk bırakarak doldurma özelliklerinin hepsine birden betonun işlenebilirlik özelliği denilmektedir. Taze betonun kıvamı, yalnız ilave edilen su miktarının fonksiyonu olarak değil aynı zamanda belirli bir kıvamın elde edilmesi için su ihtiyacını tayin eden agreganın tane şekli ve granülometrisinin de bir fonksiyonudur (Postacıoğlu, 1975). Topçu ve Şengel (2004) yaptıkları çalışma sonucunda, beton üretiminde atık beton agregası kullanımının işlenebilirlik sorununu arttırdığını, özellikle % 50'den daha fazla oranda atık beton agregası kullanılması durumunda işlenebilirlik sorununun daha da arttığını belirlemişlerdir.

Buck (1973), eski beton kırıklarının yeniden kullanılarak değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalarında eski beton kırığı agregaların daha yüksek su emmeye sahip olduklarını belirlemiştir. Günçan (1995)'in taze betonlar üzerinde yaptığı çökme deneyleri, beton karışımında eski beton kırığı agrega oranının artmasıyla çökmenin azaldığını göstermiştir. Aynı su/çimento oranlarına sahip karışımlar için normal betonda 100 mm olarak ölçtüğü çökme değerini %100 eski beton kırığı agregalı beton için 75 mm düzeyinde ölçmüştür.

Mukai vd. (1978), atık beton kaba agregası ve doğal kum kullanarak yaptıkları beton deneylerinin sonucunda, böyle karışımlarda aynı çökme değerlerini yakalayabilmek için yaklaşık 10 l/m<sup>3</sup> veya %5 daha fazla su kullanılması gerektiğini belirlemişlerdir. Bundan başka eğer karışım hem kaba hem de ince atık beton agregası içermekteyse bu değerlerin 25 l/m<sup>3</sup> veya %15 olması gerektiğini tespit etmişlerdir.

Uçucu kül üretimini; santral tipi, işletim biçimi, yakılan kömürün cinsi, yanma biçimi gibi çeşitli faktörler etkilemekle birlikte genel olarak elektrik enerjisi üreten termik santrallerde kullanılan taşkömürünün % 10-15'i, linyit kömürünün ise % 20-50'si kül olarak ortaya çıkmaktadır. Yanma sonucu ortaya çıkan külün % 75-80'i baca gazları ile kazandan çıkmakta ve bu atıklar "uçucu kül" olarak tanımlanmaktadır (Güler vd., 2005)

Uçucu kül, kömürle çalışan termik elektrik santrallerinde pulverize kömürün yanması sonucu meydana gelen baca gazları ile taşınarak siklon veya elektro filtrelerde toplanan önemli bir atık üründür. Kömürün yüksek sıcaklıklarda yanması sonucu meydana gelen ergimiş malzeme soğuyarak, gaz akışı ile kısmen veya tamamen küresel şekilli kül taneciklerine dönüşmektedir. Bu kül tanecikleri çok ince (0.5-150 mikron) olup, baca gazları ile sürüklenmeleri nedeniyle, uçucu kül olarak adlandırılmaktadır. Uçucu küllerin santral bacasından çıkarak havaya karışmaları, mekanik ve elektrostatik yöntemlerle toplanarak santral çevresinde veya başka uygun yerlerde depolanmasıyla önlenir. Bu gün Dünya'da ortaya çıkan uçucu kül miktarı yılda 600 milyon ton

civarındadır. Türkiye'de halen 11 termik santral faaliyet göstermekte olup, bu santrallerden yılda toplam 13 milyon ton kadar uçucu kül elde edilmektedir. Kullanılarak değerlendirilen uçucu kül miktarları santrallerde elde edilen miktarların küçük bir yüzdesini geçememekte olup, dünya ortalaması olarak % 15 civarında rakamlar verilmektedir (Türker vd., 2004).

Uçucu küller puzolanik özellik göstermektedirler. Çok az bağlayıcı değerine sahip olmalarına karşılık nem karşısında kalsiyum-silikat-hidrat bileşiklerini oluşturmak için düzenli sıcaklıklarda kalsiyum hidroksit kimyasal olarak reaksiyona girerek bağlayıcı özelliği kazanmaktadırlar. Uçucu küller kimyasal bileşiklerine bağlı olarak ASTM C 618'e göre C sınıfı ve F sınıfı olarak iki geniş kategoride sınıflandırılmıştır. Uçucu kül içerisindeki CaO miktarı tesislerinde kullanılan kömür tipine bağlı olarak değişmektedir ve %10'dan daha fazla CaO içeren uçucu küller, yüksek kireçli (C sınıfı) uçucu küller olarak bilinmektedir. Beton içinde yüksek kireçli uçucu küllerin kullanımındaki araştırmalar, betonun özelliklerinde herhangi bir aykırı etkisi olmamasıyla sonuçlanan yüksek kireçli uçucu küllerin kullanımını uygun göstermiştir. Beton karışımlarında uçucu küllerin kullanımı; işlenebilirlik, su ihtiyacı, hava katkısı, yerleştirme süresi, perdelanabilirlik ve hidrasyon ısısı gibi birtakım özellikleri etkilemektedir. Uçucu küllerin, taneciklerinin küresel biçimi ve son derece fazla incelikleri, işlenebilirliği olumlu yönde etkilemektedir. Uçucu küllü betonun dayanımı ve dayanım artış oranı uçucu kül betonuyla kullanılan çimento ve uçucu külün belirli miktarı ve karakteristiklerinden etkilenmektedir. Yüksek kireçli uçucu küller, düşük kireçli uçucu küllerden erken yaşlarda daha yüksek dayanımlar, daha yüksek reaksiyon oranı sergilemektedir. Yüksek kireçli uçucu küllerin 28 günlük dayanımları, çimentonun ağırlığıyla % 20-25 aşmayan miktarlarda kullanıldığı zaman uçucu kül kullanılmadan elde edilen betonlarla karşılaştırılabilmektedir (Erdoğan, 1997).

Uçucu küllerin beton karışımında kullanımı; çimentonun belirli oranlarda azaltılarak yerine uçucu kül kullanılması, ince agreganın belirli oranlarda azaltılarak yerine uçucu kül kullanılması veya hem ince agreganın hem de çimentonun belirli oranlarda azaltılarak yerine uçucu kül kullanılması gibi üç ayrı yöntemle yapılmaktadır (Şimşek, 2004).

Yiğiter vd., (2004) yaptıkları çalışmada, standart kür yapılan beton örneklerinin 1 günlük basınç dayanımının, uçucu kül oranının artması ile önemli oranda azaldığını, sonraki yaşlarda (3. günden sonra) bu farkın kaybolduğunu ve uçucu külün artması ile basınç dayanımının arttığını tespit etmişlerdir. Havada kür yapılan örneklerin basınç dayanımının ve elastisite modülünün su içerisinde standart kür yapılan numunelere kıyasla önemli oranda düşük çıktığını belirlemişlerdir. Bu durum uçucu kül içeren karışımların kür hassasiyetinin daha fazla olduğunun bir göstergesidir.

Uçucu kül portland çimentosundan çok daha ucuz bir malzeme olduğu bilinmektedir. Bu nedenle portland çimentosunun bir kısmı için bir değişim olarak bu ince

puzolanik malzemenin kullanımının önemli derecede ekonomiklik kazandıracığı ve bunun yanında uçucu külün kullanımıyla işlenebilirlikte gelişme, betonun konsolidasyonu, yerleştirilmesi ve karışımında kolaylık sağlanacağı bildirilmiştir (Erdoğan, 1997).

Bu çalışmada Muğla/Yatağan uçucu külünün, atık beton agregasından elde edilen betonların özelliklerine etkileri ve kullanılabilirliği araştırılmıştır.

## Materyal ve Metot

Bu çalışmada, materyal olarak Isparta-Merkezde imar nedeniyle yıkılan bir binadan alınan atıklar, temizlendikten sonra kırılarak atık beton agregası (R) olarak kullanılmıştır. Normal agrega olarak, Isparta'nın Atabey ilçesindeki kum-çakıl ocağından temin edilen Atabey agregası (N) kullanılmıştır. Şahit beton üretiminde ise atık beton agregası ile Atabey agregasının belirli bir oranda karıştırılmasıyla elde edilen karışım agregası (NR) kullanılmıştır. Beton yapımında bağlayıcı malzeme olarak Isparta-Göлтаş Çimento Fabrikası'ndan alınan portland çimentosu (CEM I 42.5) ve doğal kaynak suyu kullanılmıştır. Mineral katkı maddesi olarak, Muğla-Yatağan Termik Santrali'nden temin edilen C sınıfı uçucu kül kullanılmıştır.

Laboratuvara getirilen atık betonlar, ahşap ve tuğla parçası gibi maddelerden ve demirinden ayıklanarak temizlenmiştir. Temizlenen atık beton parçaları, konkasörde 4-8 mm ve 8-16 mm aralığındaki büyüklüklerde kırılmıştır. Kırma işlemi süresince silolarda toplanan agregalar işlemin tamamlanmasıyla silolardan çıkartılmış ve tekrar laboratuvara getirilmiştir. 4-8 mm ve 8-16 mm iki ayrı grupta kırılan atık beton

agregaları laboratuvara getirildikten sonra su ile yıkanarak, ince toz zerreciklerinden ve küçük ahşap parçacıklarından ayrıştırılmıştır.

Elde edilen atık beton agregası, kırma taş tesisinde belirli elek aralıklarında kırılması sonucu beton üretiminde tek başına kullanılabilmesi için gerekli granülometrik yapıya sahip olmadığından, Atabey agregası ile karıştırılarak uygun bir granülometri yapısı elde edilmiş ve bu şekilde beton üretiminde kullanılmıştır. Karışım; 0-4 mm, 4-16 mm ve 16-32 mm gibi üç gruba ayrılan Atabey agregasında, 4-16 mm Atabey agregası yerine aynı aralıktaki atık beton agregasının kullanılmasıyla sağlanmıştır.

Söz konusu materyaller ile aşağıdaki beton örnekleri hazırlanmıştır ve aşağıdaki gibi simgelenmiştir.

- NRC: Atabey ve atık beton agregasının karışımından elde edilen beton örnekleri
- UKC: Uçucu külün farklı oranlarda (%10, 15, 20, 25, 30) Atabey ve atık beton agregası karışımına katılmasıyla elde edilen beton örnekleri

Beton örnekleri bir kenarı 15 cm'lik küp numunelerde 300 dozlu olarak üretilmiş ve betonlara ait karışım oranları ile ilgili malzeme miktarları Çizelge 1'de verilmiştir. Beton karışım hesabı, atık beton ve Atabey agregasının karışımından elde edilen (NRC) beton türü için TS 802 (1985)'ye uygun şekilde yapılmıştır. Karışım hesabı yapılırken atık beton agregasının su emme ihtiyacı dikkate alınmıştır. Su/çimento oranı % 62 olarak belirlenmiştir. Uçucu kül katkılı betonlarda (UKC) karışım hesabı yapılırken S/Ç oranı sabit tutulmuştur. Her iki beton türünde de agrega miktarları hesaplanırken, 0-4 mm, 4-16 mm ve 16-32 mm aralıklarında hesaplamalar yapılmıştır.

**Çizelge 1. Kullanılan beton örneklerine ait karışım miktarları (1m<sup>3</sup>).**

Beton Türü	Katkı Oranı (%)	Katkı Miktarı (kg)	S/Ç Oranı (%)	Çimento Miktarı (kg)	Su Miktarı (kg)	Atabey (0-4) (kg)	Atık (4-16) (kg)	Atabey (16-32) (kg)
NRC	-	-	62	300	185	639.252	578.547	577.663
UKC	10	30	62	270	185	639.252	578.547	577.663
	15	45		255	185	639.252	578.547	577.663
	20	60		240	185	639.252	578.547	577.663
	25	75		225	185	639.252	578.547	577.663
	30	90		210	185	639.252	578.547	577.663

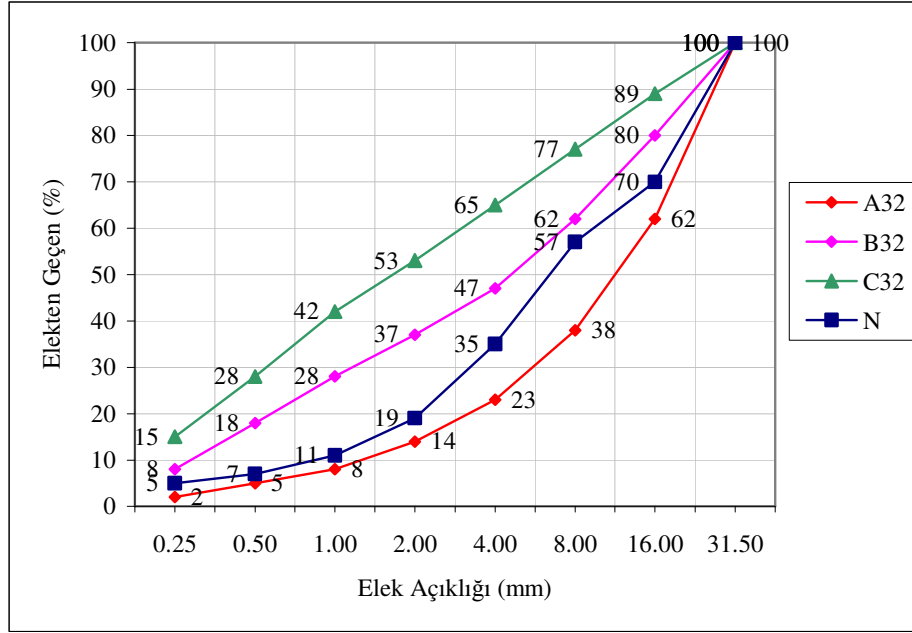
Çalışmada, elek analizi TS 3530 EN 933-1 (1999), taze beton birim hacim ağırlık TS 2941 (1978), taze beton kıyım deneyi TS EN 12350-2 (2002), tek eksenli basınç dayanımı TS EN 12390-3 (2003), ultrases geçiş hızı ile ölçüm ASTM C 597 (2002)'ye göre yapılmıştır.

Deneme konuları arasındaki farklılıklar "Varyans analizi" ile konuların sınıflandırılması ise "LSD testi" ile yapılmıştır (Düzgüneş, 1963).

## Bulgular

Atabey agregası, 0-4 mm (N1), 4-16 mm (N2) ve 16-32 mm (N3) olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. A32-B32 sınır değerleri arasında bir granülometri değeri sağlamak için

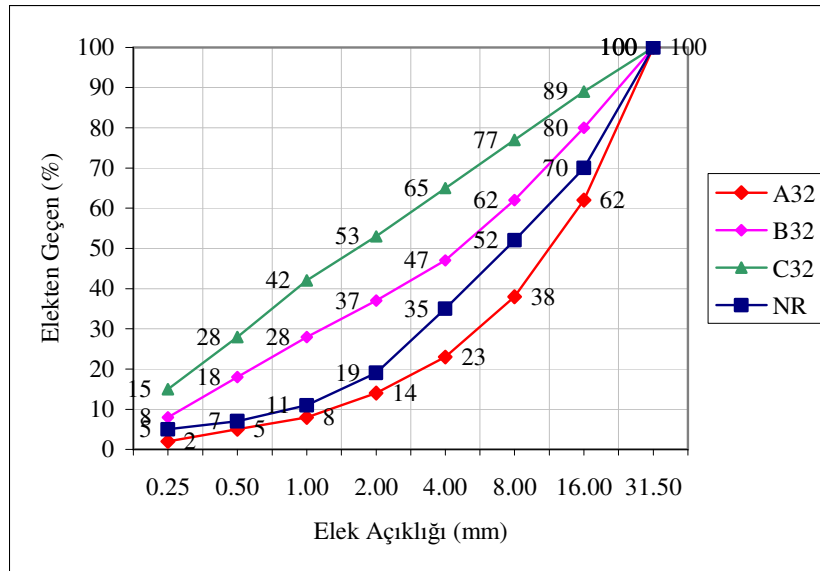
kendi aralarında %30 N1, %35 N2, %35 N3 yüzdelinde karıştırılmışlardır. Elde edilen karışıma ait granülometri eğrisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Atabey agregasına ve sınır değerlere ait granülometri eğrisi.

Atık betondan elde edilen agrega 4-8 mm (R1) ve 8-16 mm (R2) olmak üzere konkasörle kırılarak elde edildiğinden dolayı iki gruba ayrılmıştır. Atık beton agregasında uygun granülometriyi sağlayabilmek amacıyla Atabey agregasıyla karıştırılmıştır. Karışım

işlemi Atabey agregasıyla yapılan karışımdaki 4-16 mm (N2) yerine, 4-16 mm atık beton agregası kullanılarak yapılmıştır. 4-16 mm atık beton agregası aralığında ise %50 R1 ve %50 R2 kullanılmıştır. Karışıma ait granülometri eğrisi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Atabey ve atık beton agregasının karıştırılmasıyla elde edilen granülometri eğrisi.

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar tablo olarak Çizelge 2’de, grafik halinde ise Şekil 3, 4, 5 ve 6’da verilmiştir.

Uçucu kül kullanılan beton örneklerinde (UKC), karışım betonuna oranla birim hacim ağırlık değerlerinde %0.8-1.6 bir artış, çökme değerlerinde ise %11-44 arasında bir artış gözlemlenmiştir. Birim hacim ağırlık ve çökme değerlerindeki bu artışın, beton örneklerindeki uçucu kül yüzdesinin artmasıyla doğru orantılı olarak arttığı Çizelge 2’de görülmektedir. Değerlerdeki bu artışa, uçucu külün betonun işlenebilirliğini artırma özelliği etki etmiştir.

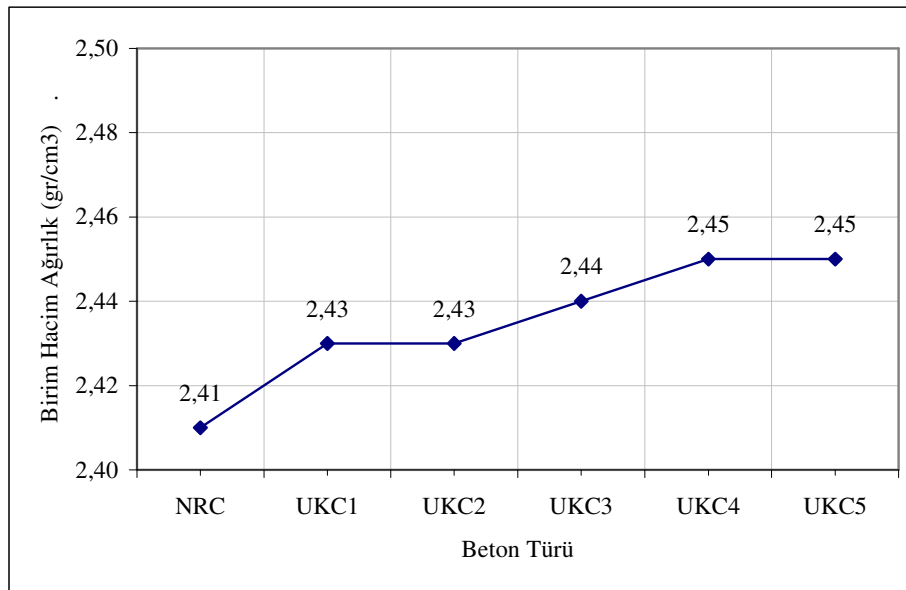
Uçucu külün atık beton ve Atabey agregası karışımı ile elde edilen agrega ile üretilen betonun dayanım üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla farklı oranlardaki (%10, 15, 20, 25, 30) uçucu kül kullanılarak elde edilen beton örneklerine ilişkin 7 ve 28 günlük basınç dayanımları ile konular arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analizi sonucunda elde edilen LSD testi

grupları Çizelge 2’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, konular arasında  $P \leq 0.01$  düzeyinde istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmamaktadır. Uçucu kül kullanılan betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımları değerlendirildiğinde, 7 günlük için %11-25, 28 günlük için ise %2-13 azaldığı görülmektedir. Bununla birlikte beton içerisindeki uçucu kül miktarının artmasına doğru orantılı olarak dayanımda azalma olduğu tespit edilmiştir.

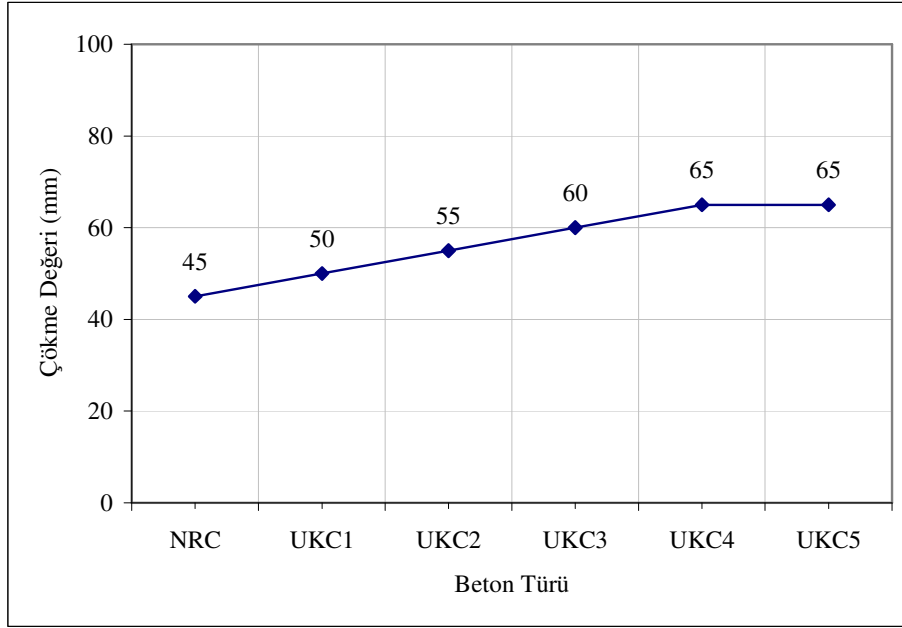
Ultrases geçiş hızı sonuç değerleri incelendiğinde, konular arasında  $P \leq 0.01$  düzeyinde uçucu kül katkısının istatistiksel açıdan ultrases geçiş düzeyini etkilemediği,  $P < 0.05$  düzeyinde incelendiğinde ise uçucu külün betonun ultrases geçiş hızını %0.4-3 oranında azalttığı belirlenmiştir. Bu azalma miktarı, beton karışımındaki uçucu kül oranının artmasına ters orantılı olarak azalmıştır. Bunun nedeni uçucu külün akışkanlığı artırmasından dolayı betondaki boşluk miktarının azalmasıdır.

**Çizelge 2.** Birim hacim ağırlık, çökme, basınç dayanımı ve ultrases hızı deney sonuçları.

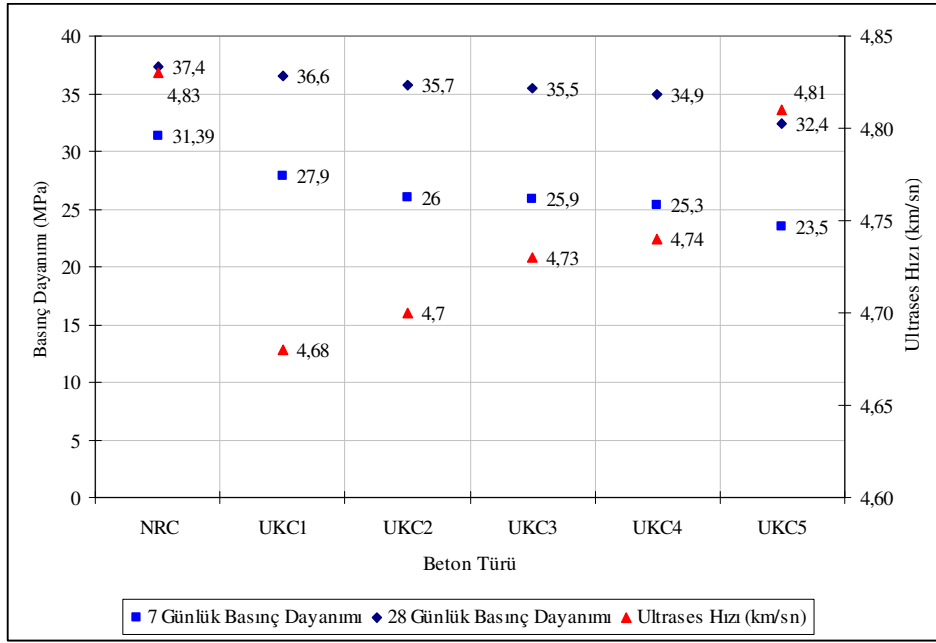
Beton Türü	Katkı Oranı (%)	Birim Hacim Ağırlık ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Çökme Değeri (mm)	Basınç Dayanımı (MPa)		Ultrases Geçiş Hızı (km/s)
				7 günlük	28 günlük	
UKC1	10	2.43	50	27.944 b	36.596 a	4.68 c
UKC2	15	2.43	55	26.032 c	35.667 b	4.70 bc
UKC3	20	2.44	60	25.936 c	35.473 b	4.73 b
UKC4	25	2.45	65	25.258 c	34.892 b	4.74 b
UKC5	30	2.45	65	23.470 d	32.400 c	4.81 a
NRC	-	2.41	45	31.385 a	37.364 a	4.83 a



**Şekil 3.** Birim hacim ağırlık deneyi sonuç değerleri.



Şekil 4. Çökme deneyi sonuç değerleri.



Şekil 5. Ultras hız testi ve Basınç dayanımı testi sonuç değerleri.

## Tartışma ve Sonuç

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, uçucu kül birim hacim ağırlık değerlerini %0.8-1.6, çökme değerlerini ise %11-44 oranlarında artırmıştır. 7 günlük basınç dayanımını %11-25 ve 28 günlük basınç dayanımını ise %2-13 azaltmıştır. Ultras geçiş hızı değerlerinde de %0.4-3 oranlarında bir azalma olduğu saptanmıştır. Beton içerisinde uçucu kül miktarının artmasına ters orantılı olarak dayanımda bir azalma olduğu fakat birim hacim

ağırlık, çökme ve ultras geçiş hızı değerlerinde ise doğru orantılı olarak bir artış olduğu belirlenmiştir. Buradan elde edilen sonuçlara göre, uçucu külün atık beton agregasıyla elde edilen betonlarda su gereksinimini azaltmak ve işlenebilirliği arttırmak amaçlı olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, geri dönüştürülmüş atık betonlarda, katkı maddesi olarak kullanılacak olan uçucu külün, karışıma %10-20 oranlarında katılması gerektiği belirlenmiştir.

## Kaynaklar

- Ajdukiewicz, A., Kliszczewicz, A. 2002. Influence of Recycled Concrete Aggregates on Mechanical Properties of HS/HPC. Cement and Conc. Composites, 24, 269-279.
- ASTM C 597, 2002. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards. Vol. 04.02. West Conshohocken, PA, 912 pp.
- Bayazıt, Ö. L. 1988. Beton ve Deneyleeri. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, DSİ Matbaası, Ankara, . 230 s.
- Buck, A. D. 1973. Recycled Concrete. Highway Research Record. No:930, Highway Research Board, England, 8 pp.
- Düzgüneş, O. 1963. İstatistik Prensipleri ve Metodları. Ege Üniversitesi, İzmir, 364 s.
- Erdin, E., Alten, A., Tunalı, T. 2004. İnşaat Atıklarının Değerlendirilmesi. 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, 13-14 Mayıs, İzmir, 387-393
- Erdoğan, T.Y. 1997. Admixtures for Concrete. Middle East Technical University Press, Ankara, 188 pp.
- Güler, G., Güler, E. İpekoğlu, Ü., Mordoğan, H. 2005. Uçucu Küllerin Özellikleri ve Kullanım Alanları. 19. Uluslararası Madencilik Kongresi ve Fuarı, IMCET2005, 09-12 Haziran, İzmir, 419-423
- Günçan, N. F. 1995. Eski Beton Kırığı Agregalı Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 44 s.
- Hansen, T. C. Narud, H. 1983. Strength of Recycled Concrete Made from Crushed Concrete Coarse Aggregate. ACI Concrete International, Design and Construction, 5, 79-83.
- Mukai, T. 1979. Study on Reuse of Waste Concrete for Aggregate of Concrete. Energy and Resources Conservation in Concrete Tecnology. Japan-US Cooperative Science Programme, San Francisco, 8 pp.
- Mukai, T., Kikuchi, M., Koizumi, H. 1978. Fundamental Study on Bond Properties Between Recycled Aggregates Concrete and Steel Bars. Cement Association of Japan, 168-175.
- Nixon, P. J. 1978. Recycled Conrete as an Aggregate for Concrete. First State of Art Report RILEM TC-37-DRC, Materials and Structures (RILEM), 65, 378. pp.
- Özsöylev, T. 1993. Hazır Beton ve Ekipmanları. Birsen Yayınevi, İstanbul, 225 s.
- Postacıoğlu, B. 1975. Betonun İşlenebilme Özelliği. Yapı Malzemesi Problemleri, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 126 s.
- Şimşek, O. 2004. Beton ve Beton Teknolojisi. Seçkin Yayıncılık, I. Baskı, Ankara, 154 s.
- Topçu, İ. B. 1997. Physical and Mechanical Properties of Concretes Produced with Waste Concrete. Cement and Concrete Research, 27, p.1817-1823.
- Topçu, İ. B., Şengel, S. 2004. Properties of Concretes Produced with Waste Concrete Aggregate. Cement and Concrete Research, 34, 1307-1312.
- TS 2941, 1978. Taze Betonda Birim Hacim Ağırlık Tayini, Türk Stand. Enst., Ankara, 14 s.
- TS 3530 EN 933-1, 1999. Agrega Tane Büyüklüğü Dayanımı (Elek Analizi), Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 11 s.
- TS 802, 1985. Beton Karışım Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 18 s.
- TS EN 12350-2, 2002. Taze Beton Kıvam Deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 5 s.
- TS EN 12390-3, 2003. Numuneler Üzerinde Beton Basınç Deneyinin Yapılışı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12 s.
- Türker, P., Erdoğan, B., Kantaş, F., Yeğınobalı, A., 2004. Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, ARGE Y03.03, Ankara,102 s.
- Yiğiter, H., Aydın, S., Yazıcı, H., Baradan, B. 2004. C Tipi Uçucu Kül Katkılı Betonların Bazı Fiziksel, Mekanik ve Durabilite Özelliklerinin Araştırılması. Beton 2004 Kongresi Bildirileri, 10-12 Haziran, İstanbul, s.58-66