

ATIK BETONLARIN GERİ DÖNÜŞÜM AGREGASI OLARAK BETON ÜRETİMİNDE KULLANILMASININ BASINÇ DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF EFFECTS ON PRESSURE RESISTANCE OF WASTE CONCRETE USING AS A RECYCLING AGGREGATE IN CONCRETE PRODUCTION

Can DEMİREL

Kırklareli Üniversitesi, Pınarhisar Meslek Yüksekokulu, candemirel@klu.edu.tr

Osman ŞİMŞEK

Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, e-mail@mail.edu.tr

ÖZET: Günümüzde atık betonların beton üretiminde agrega olarak kullanımı, bu atıkların çevreye verdiği zararların azaltılmasıyla birlikte, doğal agrega kaynaklarının tüketimini ve bunların çevresel etkilerini de azaltmaktadır. Bu çalışmada, yaşı 7 gün ve sınıfı C30 olan beton atıklarından elde edilen iri agreganın geri dönüşüm agregası olarak betonda kullanım olanakları araştırılmıştır. Kıırma agrega 0-4 ve 4-22.4 boyutlarında iki grup olarak kullanılmıştır. Kıırma iri agrega grubu % 0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 100 oranların da ağırlıkça azaltılarak yerine geri dönüşüm agregası ikame edilmiştir. Beton örneklerinin 28 ve 90 günlük basınç dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre; geri dönüşüm agregasının beton üretiminde kullanılabileceği ve sürdürülebilir beton üretimine yol göstereceği görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Sürdürülebilir beton, Atık beton, Geri dönüşüm agregası, Basınç dayanımı.

ABSTRACT: In this study, known class C30 and age 7 days of waste concrete is used as coarse aggregates as production of concrete. There are two types of aggregates are used in concrete production as 0-4 and 4-22.4 sizes. The coarse aggregates groups are replaced with normal aggregates as 0, 10, 20, 30, 40, 50 and 100% ratios in concrete. Compressive strength of concrete specimens are determined as 28 and 90 days. According to the experimental results, it has been seen that recycled aggregates may be used in concrete production and that they may shed light in the production of sustainable concrete.

Key words: Sustainable concrete, Waste concrete, Recycled aggregate, Compressive strength.

GİRİŞ

Hizmet ömrünü tamamlayan yapıların yıkıldığı zaman ortaya çıkan inşaat ve yıkıntı atıkları katı atıkların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu atıkların kontrolü ve yönetimi, günümüzde toplumların en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Yapı malzemelerinin geri dönüşebilirlik oranı ve atıkların çevreye olan etkileri de incelenmesi gereken önemli bir konudur.

Kaliteli agrega kaynaklarının giderek azalması, doğal çevrenin bozulması, çevresel kirliliğin artması ve kaliteli agrega maliyetindeki artışlar, yeni arayışları ortaya çıkarmıştır. Bu çerçevede atık betonların kırılarak geri dönüşüm beton agregası olarak değerlendirilmesi çevrenin korunması bakımından son derece önemlidir. Atık betonlar geri dönüşüm agregası olarak değerlendirilmesi hem çevresel kirliliğe hem de ülke ekonomisi açısından önemli bir kazanımdır. Bu nedenle atık betonlara ekonomik değer kazandırmak günümüzde ön plana çıkmaktadır. İnşaat sektöründe kullanılan malzemelerin % 50'sinin doğal kaynaklardan sağlandığı birçok araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır (Demirel & Şimşek, 2014; Durmuş et. al., 2009; Chen & Hwang, 2006; Nik, 2005).

Demirel ve Şimşek çalışmalarında, kırmataş agregasını 0-4 ve 4-22,4 boyutlarında iki gruba ayırdıktan sonra % 0, 10, 20, 30, 40, 50 oranların da azaltarak yerine geri dönüşüm agregası ikame etmişlerdir. Beton örneklerinin 28 ve 90 günlük basınç dayanımları, 28 günlük elastisite modülleri belirlenmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre; geri dönüşüm agregasının beton üretiminde kullanılabileceği görülmüştür (Demirel & Şimşek, 2014).

Demirel ve Şimşek çalışmalarında, yaşı 7 gün ve sınıfı C30 olan beton atıklarından elde edilen iri ve ince agreganın geri dönüşüm agregası olarak betonda kullanım olanakları araştırılmıştır. Kıırma agrega 0-4 ve 4-22.4 boyutlarında iki grup olarak kullanılmış ve Kıırma agrega grupları % 0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 100 oranların da

ağırlıkça azaltılarak yerine geri dönüşüm agregası ikame edilmiştir. Beton örneklerinin 28 ve 90 günlük basınç dayanımları, 28 günlük elastisite modülleri belirlenmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre; geri dönüşüm agregasının beton üretiminde kullanılabilmesi ve sürdürülebilir beton üretimine ışık tutacağı görülmüştür (Demirel & Şimşek, 2015).

Demirel ve Şimşek çalışmalarında, yaşı ve sınıfı belli beton atıklarından elde edilen iri ve ince agreganın geri dönüşüm agregası olarak betonda kullanım olanakları araştırılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre; Sürdürülebilir yapılarda beton üretiminde geri dönüşüm agregasının kullanılabilmesi görülmüştür (Demirel et al., 2015).

Demirel ve Şimşek çalışmalarında, yaşı ve sınıfı belli beton atıklarından elde edilen iri ve ince agreganın geri dönüşüm agregası olarak bir alt sınıf betonda kullanım olanakları araştırılmıştır. Araştırmada; kırma iri agrega yerine %0, 10, 20, 30, 40, 50; kırma ince agrega yerine %0, 10, 20, 30, 40, 50 oranların da ağırlıkça geri dönüşüm beton agregası (GDBA) kullanılmıştır. Beton örneklerinin basınç dayanımları, elastisite modülleri birim ağırlık ve su emme oranları belirlenmiştir. Ayrıca, üretilen geri dönüşüm agregalı betonların elastisite modülleri çeşitli ülkelerin standartlarında önerilen ampirik formüllerle de hesaplanmıştır. Deneysel olarak belirlenen elastisite modülleri ile ampirik formüllerle hesaplanan elastisite modülleri arasındaki ilişki belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, betondaki geri dönüşüm agrega miktarı arttıkça deneysel verilerle hesaplanan elastisite modülleri ile ampirik formüllerle hesaplanan elastisite modülleri arasındaki ilişkinin azaldığı belirlenmiştir. Amerika Beton Enstitüsü (ACI) tarafından önerilen formül ile deneysel olarak hesaplanan elastisite modülü arasında oldukça yüksek bir ilişki olduğu görülmüştür (Demirel & Şimşek, 2014).

Bu çalışmada öncelikle 7 günlük C30 sınıfı beton numuneleri kırılıp elenerek 0-4 ve 4-22.4 boyutunda GDA' sı üretilmiştir. Kırma agrega (KA) grupları belirli oranlarda azaltılarak yerine GDA' sı ilave edilerek bir alt sınıf olan C25 beton üretimi amaçlanmıştır. Karışımlarda GDA iri agrega (İR) % 0, 10, 20, 30, 40, 50 oranlarında ağırlıkça ikame edilmiştir. Araştırmada çimento ağırlığının %20'si oranında uçucu kül (UK) ve çimento miktarının ağırlıkça %1.2'si oranında süper akışkanlaştırıcı (SA) kimyasal kullanılmıştır. Taze betonlar üzerinde çökme (slump) deneyleri; sertleşmiş betonlar üzerinde 28 ve 90 günlük; basınç dayanımları belirlenmiştir.

MALZEME VE YÖNTEM

Malzeme

Kalker esaslı kırma taş agregası (KA) ve 7 günlük C30 atık betonundan geri dönüşüm agregası (GDA) üretilmiştir. Her iki agrega çeşidinde 0-4 ve 4-22.4 agrega grupları kullanılmıştır.

Beton karışımlarında CEM I 42.5 R tipi çimentosu ve Çayırhan Termik Santral uçucu külü kullanılmıştır. Kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. CEM I 42.5 R Ve UK'nin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal kompozisyon	Çimento (%)	Uçucu kül (%)
SiO ₂	20.35	50.88
Al ₂ O ₃	5.98	13.34
Fe ₂ O ₃	3.06	10.09
CaO	63.35	13.09
MgO	1.89	5.50
SO ₃	2.71	3.32
Na ₂ O	0.58	2.59
K ₂ O	0.88	2.72

Çalışmada karışım suyu olarak Ankara ili şehir şebeke suyu ve POLYCAR-100 adlı ASTM C 494'e uygun F tipi süper akışkanlaştırıcı (SA) katkı maddesi kullanılmıştır.

Yöntem

Tane büyüklüğü dağılımı tayini TS 3530 EN 933-1, tane yoğunluğu ve su emme oranının tayini TS EN 1097-6, standardına göre, aşınma deneyi, TS EN 1097-2 standardına göre, yassılık indeksi, TS 9582 EN 933-3 standardına göre yapılmıştır.

Beton tasarımında TS 802 ve TS EN 206-1 esas alınarak C 25 beton üretmek için 0-4 ve 4-22,4 agrega grupları, karışım suyu 212 lt, s/ç oranı 0,53 ve çökme miktarları 7 cm olarak belirlenmiştir.

Karışımlarda çimentonun %20'si azaltılarak yerine UK ikame edilmiştir. SA ise çimento ağırlığının %1,2'si oranında karışım suyuna ilave edilmiştir. Beton üretiminde kullanılan malzeme miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de verilen her bir karışım oranlarından 6'ar adet 100x200 mm boyutunda silindir beton örnekleri hazırlanmıştır.

Tablo 2. Beton Karışımına Giren Malzeme Miktarları Ve Üretilen Betonların Çökme Değerleri

Karışım Kodu	GDA İkame Oranı%	GDA (kg)		Kırmataş agrega (KA) (kg)		S/Ç	Çimento (kg)	UK (kg)	SA (kg)	Çökme (cm)
		0-4	4-22.4	0-4	4-22.4					
GDA+UK	100	710	1000	-	-	0.53	320	80	4.8	8
KA+UK	0	-	-	710	1000	0.53	320	80	4.8	10
GDA İR50	50	-	500	710	500	0.53	320	80	4.8	8
GDA İR40	40	-	400	710	600	0.53	320	80	4.8	8
GDA İR30	30	-	300	710	700	0.53	320	80	4.8	8,5
GDA İR20	20	-	200	710	800	0.53	320	80	4.8	9
GDA İR10	10	-	100	710	900	0.53	320	80	4.8	9,5

Taze betonun çökme değerleri TS EN 12350-2 standardına göre yapılmıştır. Beton numunelerinin basınç dayanımı TS EN 12390-3 standardına göre yapılmıştır.

BULGULAR

Araştırmada kullanılan GDA agregaları yoğunlukları 2.61 ile 2.64 g/cm³ arasındadır. Kırmataş agregasının (KA) yoğunlukları ise 2.69 ile 2.70 g/cm³ arasında olduğu görülmektedir. Tablo 3'deki değerler literatür sınır değerleriyle karşılaştırıldığında GDA değerleri orta sınıftır. KA ise iyi sınıfta yer almaktadır. Sırasıyla diğer özellikleri de incelenirse GDA zayıf sınıflamada yer almaktadır. Bunun sebebi geri dönüşüm agregasının yapısından kaynaklanmaktadır. Üzerinde yapışık olan çimento kalıntılarının sebep olduğu söylenebilir. Bundan dolayı su emme yüzdesi yüksek çıkmıştır.

Tablo 3. Kırma Ve İri Geri Dönüşüm Agregasının Teknik Özellikleri

Elekler	GDA		Kırmataş agrega (KA)		Literatür sınır değerleri (Cıria/Cur, 2007)			
	0-4	4-22.4	0-4	4-22.4	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf
Yoğunluk, (g/cm³)	2,6	2,6	2,7	2,7	>2,9	2,6-2,9	2,5-2,6	<2,5
Su emme,(%)	10,9	6,7	11,0	4,6432	<0,5	0,5-2,0	2,0-6,0	>6,0
Aşınma, (%)	-	28,4	---	23,9	<15	15-25	25-35	>35
Yassılık indeksi	-	5,6	-	3,0	--	-	-	-

Agreganın parçalanma direnci tayininde 500 devir sonrası en çok aşınma kaybı miktarı %50 olması önerilmektedir (Şimşek, 2013). Her agrega grubundan 3'er numune alınarak gerçekleştirilen deneylerde Kırmataş agregaların aşınma kaybı %24 iken GDA %28 olarak gerçekleşmiştir.

Çalışmada üretilen betonların çökme değerleri süper akışkanlaştırıcı ile 12±1 cm olması planlanmıştır. Beton çeşitlerinin çökme değerleri Tablo 2'de görülmektedir. Tablo 2 incelendiğinde iri GDA ile üretilen bütün karışımların çökme değerleri 8 ile 9,5 cm arasındadır. %100 kalker agregası ile üretilen taze beton karışımlarının çökme değeri 10 cm olurken, %100 geri dönüşüm agregası ile üretilen betonun çökme değeri 8 cm'dir. Bütün karışımlarda geri dönüşüm agregası oranı arttıkça çökmenin azaldığı yani su ihtiyacının arttığı görülmektedir. Geri dönüşüm agregası oranı arttıkça işlenebilirlik olumsuz yönde etkilenmektedir. Bunun

nedeni geri dönüşüm agregası yüzeyinin pürüzlü, keskin köşeli ve gözenekli olmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür.

İri GDA ile üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde geri dönüşüm agregası oranı arttıkça dayanım azalmaktadır. GDA İR10 karışımıyla üretilen betonun basınç dayanımı 36 MPa ile bu grup içinde en yüksek dayanımı verirken GDA İR50 dayanımı 29 MPa ile en düşük dayanımı sağlamıştır. Aynı betonların 90 günlük basınç dayanımlarına bakıldığında GDA İR20 ve GDA İR30 karışımlarının en yüksek dayanımı verdiği görülmüştür.

Farklı oranlarda kullanılan bütün betonlarda hedef dayanıma ulaşıldığı görülmektedir.

Tablo 4. GDA İle Üretilen Betonların Basınç Dayanımları

Karışım kodu	Numune sayısı	28 günlük basınç dayanımı (MPa)				90 günlük basınç dayanım (MPa)			
		min	max	ort	Standard hata	min	max	ort	Standard hata
GDA İR50	6	28	30	29	0,353	37	40	39	0,454
GDA İR40	6	29	35	32	1,080	41	43	42	0,408
GDA İR30	6	32	33	33	0,244	42	43	43	0,285
GDA İR20	6	34	36	35	0,408	42	45	43	0,430
GDA İR10	6	33	37	36	0,837	40	41	41	0,122
GDA+UK	6	29	31	30	0,408	37	41	39	0,857
KA+UK	6	34	38	36	0,816	43	47	45	0,775

SONUÇ

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- ❖ GDA'nın su emme sonucu literatüre göre yüksek değerler vermiştir. Bu durumun agregası tanelerine yapışık olan çimento parçalarından kaynaklandığı söylenebilir.
- ❖ Yapışık olan çimento parçalarının aderansı kuvvetlendirdiği söylenebilir.
- ❖ Beton yaşı 7 gün olduğundan iri agregaların diğer yaşlara göre betondan kolay ayrıldığı söylenebilir.
- ❖ Standartlara uygun kırmataş ve geri dönüşüm agregasıyla beton üretiminde UK kullanılması durumunda işlenebilirlik için akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddesi kullanılmalıdır.
- ❖ Eğer beton içerisinde bağlayıcı malzeme olarak kullanılan çimento tüketiminde azalma sağlanabilirse, çimento üretiminde kullanılan malzemelerden kalker, kil gibi doğal kaynakların tüketiminde azalma sağlanabilecektir.
- ❖ GDA su emiciliği fazla olduğundan taze betonların karışım suyunu artırmıştır.

KAYNAKLAR

- Cırla/Cur, (2007).Cetmef. *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering. 2nd edition.* C683, Cırla, London, 1234.
- Demirel, C., Şimşek, O.,(2014). Geri Dönüşüm Agregalı Betonlarda Elastisite Modülünün Deneysel Ve Teorik Olarak İncelenmesi', S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.2, s.3, syf 13-24.
- Demirel, C., Toklu, K., Şimşek, O., (2015). 'The Usability of Recycle Aggregate in The Concrete Production And Its Evaluation in Terms of Sustainability', 2nd International Sustainable Buildings Symposium, page 42-48, Ankara.
- Demirel, C., Şimşek, O., (2015). Erken Yaşdaki Atık Betonların Geri Dönüşüm Agregası Olarak Beton Üretiminde Kullanılabilirliği ve Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi" *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3 226-235.

- Demirel, C., Şimşek, O., (2015). C30 Sınıfı Atık Betonun Geri Dönüşüm Agregası Olarak Beton Üretiminde Kullanılabilirliği, *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.*, c.2, s.2, 46-54.
- Durmuş G., Şimşek O., ve Dayı M., 2009. Geri Dönüşümlü İri Agregaların Beton Özelliklerine Etkisi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 24(1): 183-189.
- Nik, D., (2005). Oikonomou, Recycled Concrete Aggregates, *Cement and Concrete Composites*, 27 (2): 315-318.
- Şimşek, O., (2013). *Beton Bileşenleri ve Beton Deneyler*, Seçkin Yayıncılık 4. Baskı, Ankara, 1-384.
- TS 3530 EN 933-1, “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1; Tane Büyüklüğü Dağılımı – Eleme Metodu”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*
- TS EN 1097-6, “Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*
- TS EN 1097-2, “Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*
- TS 9582 EN 933-3, “Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*
- TS. 802, “Beton Karışım Hesap Esasları”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2009.*
- TS EN 206-1, “Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*
- TS EN 12350-2, “Beton-Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi”, *Türk Standartları Enstitüsü, .*
- TS EN 12390-3, “Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.*
- Tu Y T, Chen Y Y, Hwang L C, (2006). Properties of HPC with Recycled Aggregates, *Cement and Concrete Research*, 36: 943-950.