



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Erken Yaşdaki Atık Betonların Geri Dönüşüm Agregası Olarak Beton Üretiminde Kullanılabilirliği ve Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi

Can DEMİREL^{a,*}, Osman ŞİMŞEK^b

^a *Yapı Denetim Bölümü, Pınarhisar MYO., Kırklareli Üniversitesi, Kırklareli, TÜRKİYE*

^b *İnşaat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE*

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: candemirel@klu.edu.tr

ÖZET

Katı atıkların yönetimi, günümüzde gelişmiş toplumların en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Yeşil bina konseptiyle birlikte atık malzemelerin geri dönüştürülerek yeniden kullanılması önem kazanmıştır. Sürdürülebilir hayatta inşaat yıkıntı atıklarının çevreye verdiği zarar geri kazanılmış agreganın kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada, yaşı 7 gün ve sınıfı C30 olan beton atıklarından elde edilen iri ve ince agreganın geri dönüşüm agregası olarak betonda kullanım olanakları araştırılmıştır. Kıırma agregası 0-4 ve 4-22.4 boyutlarında iki grup olarak kullanılmıştır. Kıırma agregası 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 kullanılabileceği ve sürdürülebilir beton üretimine ışık tutacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Yeşil bina, Sürdürülebilir beton, Atık beton, Geri dönüşüm agregası, Basınç dayanımı.*

Using Early Age Waste Concretes as Recycling Aggregate in Concrete Production and Green Buildings

ABSTRACT

Solid waste management, has become one of the biggest problems of advanced societies today. Together with the concept of green building, recycling and re-use of waste materials has gained importance. The damage of the waste of demolition to the the environment makes use of recycled aggregates compulsory in order to enable sustainable life.

In this study, known class C30 and age 7 days of waste concrete is used as coarse and fine aggregates as production of concrete. There are two types of aggregates are used in concrete production as 0-4 and 4-22.4 sizes. These 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 coring regime as well as elastic modulus of 28 days samples.

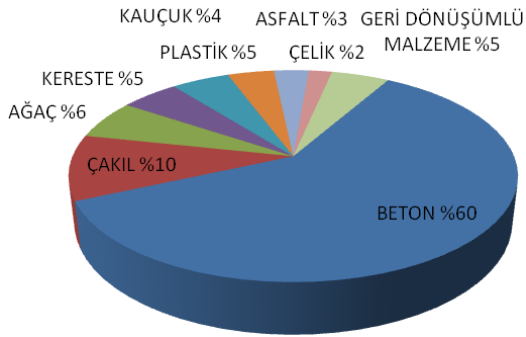
According to the experimental results, it has been seen that recycled aggregates may be used in concrete production and that they may shed light in the production of sustainable concrete.

Keywords: Green building, Sustainable concrete, Waste concrete, Recycled aggregate, Compressive strength.

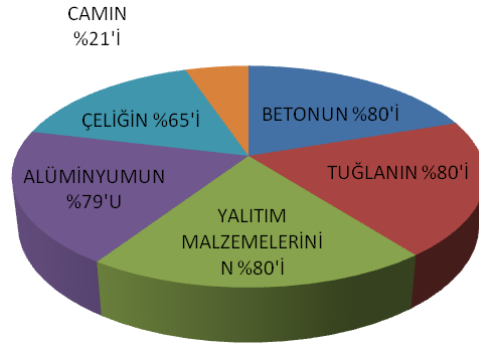
I. GİRİŞ

YEŞİL bina doğal kaynakları verimli kullanabilecek şekilde tasarlanan, inşa edilen, yenilenen ve işletilen binalara verilen isimdir. Yeşil bina; içinde yaşayanların sağlığını korumak, çalışanların verimini arttırmak, suyu enerjiyi ve diğer kaynakları daha verimli kullanmak, oluşabilecek çevresel olumsuz etkileri en aza indirmek amacıyla inşa edilmektedir. Yeşil binalar yeni yapı ve eski binaların kısmen ya da tamamının tadilatı ile oluşturulur [1].

Dünya ölçeğindeki bina ve yapı faaliyetlerinde, her sene 3 milyon ton işlenmemiş malzeme tüketimi söz konusu olmaktadır. Bu oran küresel kullanımın %40'ına karşılık gelmektedir. Geleneksel bir evin yapımında yalnızca %5 oranında geri dönüşümlü malzeme kullanılmaktadır (Şekil 1) [1]. “Yeşil” binalarda ise kullanılan malzemelerin hemen hemen tamamı geri dönüştürülmüş kaynaklardan elde edilmektedir (Şekil 2).



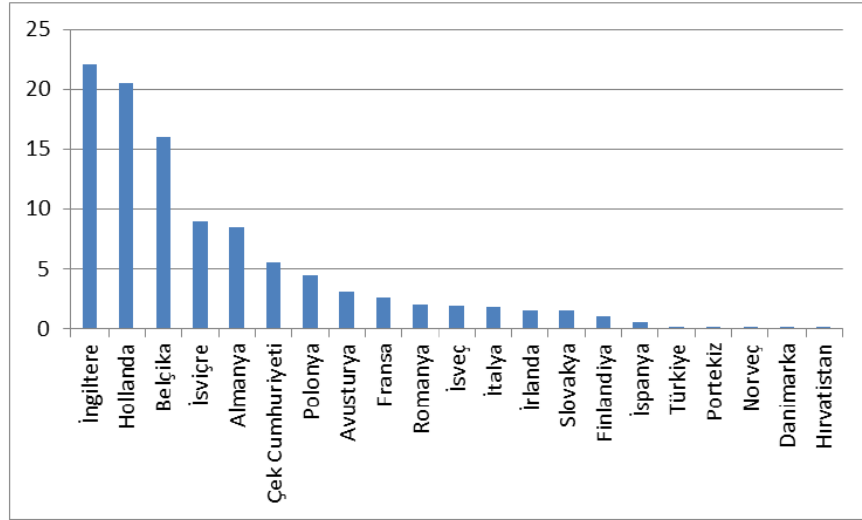
Şekil 1. Klasik Bir Binanın Yapımında Kullanılan Malzeme Oranları



Şekil 2. “Yeşil” Bir Binada Kullanılan Geri Dönüşümlü Malzeme Oranları

Avrupa Beton Platformu (ECP) ve Avrupa Mimarlar Konseyi (ACE) ile birlikte Avrupa Ekonomik ve Sosyal Komitesi (EESC) yeni, çok dilli Sürdürülebilir Beton Yapı Sözlüğü adında bir sözlük yayınlamışlardır. Bu sözlüğün amacı, sürdürülebilir yapı çerçevesinde kullanılan terminolojinin ortak bir şekilde kavranması, ulusal düzeyde ve Avrupa düzeyinde politika oluşturanlar tarafından kullanılması ve doğrudan ilgili sektörlerde iletişim, eğitim ve öğretim amaçlı olarak kullanılmasıdır [2].

En önemli geri kazanım kaynağı inşaat yıkıntı atıklarından elde edilen agregalardır. Avrupa ülkelerine baktığımızda İngiltere, Hollanda ve Belçika’da yüksek oranda kullanıldığını görmekteyiz. Türkiye geri kazanım konusunda Avrupa’da kayda değer bir görüntü verememektedir. Şekil 3’te Avrupa’da geri kazanılan agreganın toplam kullanılan agrega miktarı içerisindeki payını görmekteyiz.



Şekil 3. Avrupa'da toplam agrega içindeki geri kazanılan agrega yüzdeleri [3].

Yapı hizmet ömrünü tamamlayıp yıkıldığı zaman ortaya çıkan inşaat ve yıkıntı atıkları katı atıkların büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Katı atıkların kontrolü ve yönetimi, günümüzde gelişmiş toplumların en büyük sorunlarından biri haline gelmiştir. Yapı malzemelerinin geri dönüşebilirlik oranı ve atıkların çevreye olan etkileri de bu süreçte incelenmesi gereken bir konudur [4,5].

Beton malzemenin geri dönüşümü ise günümüzde adından sıkça söz edilmeye başlanmış bir konu haline gelmiştir. Yıkılan binalardan çıkan beton ya da betonarme eleman atıklarının kırılıp parçalandıktan ve ayrıştırıldıktan sonra yeniden beton agregası olarak kullanılması konusunda son yıllarda bir çok uygulama yapılmıştır. Kırılmış betonların, kaldırım yapımında, drenaj sisteminde, kanalizasyon borusu döşemede, açık otopark alanlarında ya da hava alanlarında alt yapı dolgu malzemesi olarak ya da dolgu çakıl yollarda yüzey örtücü olarak kullanılması betonun geri dönüşebilir bir malzeme haline getirmektedir. Ayrıca günümüzde beton atıklarının öğütülerek kısmen yeni çimento üretiminde değerlendirilmesi de mümkün olabilmektedir [6].

Atık betonlardan elde edilen geri dönüşüm agregası (GDA) ile yapılan çalışmalarda, agreganın kalitesinin elde edildiği atık betonun kalitesine bağlı olduğu belirtilmektedir. Ayrıca karışımda çimento hamuruyla iyi bir aderans sağladığı, daha düşük bir yoğunluğa sahip olduğu, Los Angeles aşınma kaybı ve su emme yüzdesinin normal agregaya göre yüksek olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca GDA ile elde edilen betonun basınç dayanımı ve elastisite modül değerleri eski betonun su/çimento (s/ç) oranına, çimento miktarına, agrega kalitesine, betonun boşluğuna ve çimento hamuru agrega aderansına bağlı olduğu belirtilmiştir [7, 8, 9].

Demirel ve Şimşek çalışmalarında, yaşı ve sınıfı belli geri dönüşüm agregaları ile üretilen betonun yoğunluk, basınç dayanım ve elastisite özelliklerini incelemişlerdir. Sonuç olarak ürettikleri betonun özelliklerinin, bir alt sınıftaki beton özelliklerine yaklaştığını görmüşlerdir [7]. Bir çok çalışmada geri dönüşüm agrega miktarı arttıkça betonun dayanımının ve birim hacim ağırlığının azaldığını tespit edilmiştir [7, 10, 11].

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), ince agrega (İN) % 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 dayanımı yanında 28 günlük elastisite modülleri belirlenmiştir.

II. MALZEME ve YÖNTEM

A.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.

B. 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	100	710	1000	-	-	0.53	400	-	4.8	7
KA	0	-	-	710	1000	0.53	400	-	4.8	12
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
GDA İN50	50	355	-	355	1000	0.53	320	80	4.8	7
GDA İN40	40	284	-	426	1000	0.53	320	80	4.8	8
GDA İN30	30	213	-	497	1000	0.53	320	80	4.8	8
GDA İN20	20	142	-	568	1000	0.53	320	80	4.8	10,5
GDA İN10	10	71	-	639	1000	0.53	320	80	4.8	11

Taze betonun çökme değerleri TS EN 12350–2 standardına göre yapılmıştır.

Beton numunelerinin basınç dayanımı TS EN 12390–3 ve elastisite modülü deneyi ASTM C 469’a standardına göre yapılmıştır.

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

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. Kırmataş agregasının su emme yüzdesi 0-4 agregada iyi sınıfta yer alırken 4-22.4 agregada orta sınıfta yer almaktadır.

Tablo 3. Kırma ve iri geri dönüşüm agregasının teknik özellikleri

Elekler	GDA		Kırmataş agrega (KA)		Literatür sınır değerleri [20,21]			
	0-4	4-22.4	0-4	4-22.4	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf
Yoğunluk, (g/cm ³)	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 [12]. 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. İnce GDA ile üretilen bütün karışımların çökme değeri 7 cm ile 11 cm arasında değiştiği görülmektedir. %100 kalker agregası ile

üretilem taze beton karışımlarının çökme değeri 12 cm olurken, %100 geri dönüşüm agregası ile üretilem betonun çökme değeri 7 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 üretilem betonların 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde geri dönüşüm agregası oranı arttıkça dayanım azalmaktadır. GDA İR10 karışımıyla üretilem 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.

İnce geri dönüşüm agregası ile üretilem betonların basınç dayanımları incelendiğinde bu karışımlarda en yüksek dayanımı GDA İN30 betonu 32 MPa olurken en düşük dayanımı GDA İN50 ile üretilem beton 26 MPa ile sağlamıştır. En düşük basınç dayanımı ile en yüksek basınç dayanımı arasında 6 MPa'lık fark söz konusudur. GDA İN ile üretilem betonun 28 günlük basınç dayanımları ile 90 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında yaşa göre belli artış olması normaldir. 90 günlük betonlarda en düşükle en yüksek basınç dayanımı arasındaki fark 5 MPa olduğu görülmektedir.

Tablo 4. GDA ile üretilem 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 İN50	6	24	28	26	0,725	34	37	36	0,679
GDA İN40	6	28	32	30	0,816	38	39	39	0,367
GDA İN30	6	31	33	32	0,374	39	41	41	0,694
GDA İN20	6	30	32	31	0,362	40	42	41	0,533
GDA İN10	6	27	29	28	0,389	37	44	40	1,575
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
GDA	6	31	35	32	1,080	34	36	35	0,326
KA	6	33	35	34	0,374	39	42	41	0,352

90 günlük beton basınç dayanımında UK etkisi olduğu UK katkılı ile UK katkısız arasındaki farkdan görülmektedir. GDA+UK basınç dayanımı 28 günde 30 MPa iken, 90 günde 39 MPa'a ulaşmaktadır. Bununla GDA karşılaştırıldığında UK' nin etkisi ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda KA+UK ile KA karşılaştırıldığında 90 günlük basınç dayanımı arasındaki farkın 4 MPa olduğu görülmektedir.

Farklı oranlarda kullanılan bütün betonlarda hedef dayanıma ulaşıldığı görülmektedir.

Beton dayanımına bağlı olarak geliştirilmiş olan bazı ampirik formüllerle hesaplanan elastisite modülü için Türk Standartları Enstitüsü (TSE), İngiliz Standart Enstitüsü (BSI) ve Avrupa Beton Komitesi (CEB) tarafından önerilmiş ve geleneksel beton için birbirine yakın sonuçlar veren formüller kullanılmaktadır.

Betondaki gerilme-birim deformasyon ilişkisi ASTM C469 a uygun deneysel olarak belirlenmiş ve bu amaçla 100x200 mm boyutlu standart silindirik numuneler üretilmiş, 28. günlerde basınç deneyinde olduğu gibi deney presinde yüklemeye tabi tutulmuştur. Deneye başladıktan sonra, giderek artan yüklere karşılık betonda oluşan deformasyonlar kaydedilmiş ve bu işleme numune kırılıncaya kadar devam edilmiştir. Kaydedilen değerlerden max. yük belirlenmiş, maksimum gerilme değerinin %40'ına karşılık gelen gerilme (MPa) değeri temel alınmıştır (σ_1). %40'ına karşılık gelen birim deformasyon (ε_2) formülde yerine yazılmıştır. Daha sonra yine kaydedilmiş birim deformasyon değerlerinden 0.00005 mm' e karşılık gelen gerilme (σ_2) de kaydedilmiştir. Bulunan değerler aşağıdaki eşitlikte yerine yazılarak elastisite modülü (E) bulunmuştur.



Şekil 4. Elastisite modül belirlemede deney düzenegi

$$E = (\sigma_2 - \sigma_1) / \varepsilon_2 - 0.00005$$

Burada;

E: Elastisite modülü

σ_1 : 0.00005 mm' e karşılık gelen gerilme, MPa

σ_2 : max. yükün %40'ına karşılık gelen gerilme, MPa

ε : max. yükün %40'ına karşılık gelen birim deformasyon

Tablo 5. Elastisite modülünün belirlenmesinde kullanılan formüller

TSE	BSI	CEB
$E = 14000 + 3250\sigma^{1/2}$	$E = 9100 \sigma^{1/3}$	$E = 9500(\sigma + 8)^{1/3}$
E = Elastisite Modülü (MPa), σ = Basınç Dayanımı (Mpa)		

GDA kullanılan betonların elastisite modül değerleri Tablo 5'da verilmiştir. GDA kullanılan betonlarda iri GDA miktarı arttıkça elastisite modüllerinde azalma görülmektedir. İnce GDA kullanılan karışımlar içinde en yüksek elastisite modül değeri GDA İN10 karışımla üretilen betonlarda elde edilmiştir.

Tablo 6. GDA betonların elastisite modül değerleri MPa

Karışım kodu	TSE	BSI	CEB	Deneyisel
	$E = 14000 + 3250\sigma^{1/2}$	$E = 9100 \sigma^{1/3}$	$E = 9500(\sigma + 8)^{1/3}$	ASTMC469 göre
GDA+UK	34554	31121	34525	24762
KA+UK	35801	32367	35684	31874
GDA	33227	29766	33282	22437
KA	34810	31378	34763	30651
GDA İR50	34296	30860	34283	26643
GDA İR40	34810	31378	34763	26972
GDA İR30	35062	31631	34998	27452
GDA İR20	35311	31880	35230	28998
GDA İR10	35311	31880	35230	29359
GDA İN50	33500	30047	33538	26786
GDA İN40	34296	30860	34283	26943
GDA İN30	34810	31378	34763	28642
GDA İN20	34810	31378	34763	28920
GDA İN10	34554	31121	34525	29432

GDA ile üretilen betonların elastisite modülü değerleri deneysel olarak en düşük 22437 MPa elde edilir iken, en yüksek 31874 MPa ile KA karışımlı referans betonunda bulunmuştur.

GDA kullanılan betonlarda iri GDA miktarı arttıkça elastisite modüllerinde azalma görülmektedir. Bütün amprik eşitlerde %100 GDA ile üretilen beton en düşük, % 100 KA ile üretilen beton yüksek elastisite modül değeri vermektedir. Tablo 5’de görüldüğü gibi amprik eşitlikler yardımıyla hesaplanan elastisite modülleri incelendiğinde TS ve CEB eşitliği ile elde edilen değerler 35801 MPa ile 35684 MPa arasında bir birine yakın değerler çıkarken BS ve ASTM C469’a göre deneysel olarak elde edilen değerler 32367 MPa ile 31874 MPa arasında birbirlerine yakın çıkmıştır.

IV. SONUÇ

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- GDA’nın yoğunlukları literatüre uyumluluk göstermekte fakat su emme sonucu literatüre göre yüksek değerler vermiştir. Bu durumun agregata tanelerine yapışık olan çimento parçalarından kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle ince agregata içerisindeki çimento taneleri agreganın su emiciliğini artırmaktadır. 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.
- İri GDA’nın aşınma kaybı kırmataş agregata aşınma kaybından daha fazla olmasına karşılık sınır değerden azdır.

- GDA su emiciliği fazla olduğundan taze betonların karışım suyunu artırmıştır.
- İR, İN karışumlu betonlar birbirleriyle basınç dayanımı açısından karşılaştırıldığında İR ile üretilen betonların basınç dayanımlarının daha yüksek olduğu görülmüştür.
- Betonun elastisite modülü TS ve CEB göre, BS amprik eşitliği ile hesaplanan sonuçlar ASTM C 469'a göre yapılan deney sonuçlarına oldukça yakındır.
- Projeye ve deprem yönetmeliğine uygun olmayan beton dökümlerinde yapı denetim firmalarının yıkılıp tekrar yapılmasını istediği durumlarda erken yaşta kırılan betonlar GDA olarak değerlendirilebilir.
- Diğer sektörlerin atıkları, yan ürünleri olan uçucu kül, öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu, silis dumanının beton üretiminde kullanılması, hem çevre kirlenmesini hem de çimento üretimini azaltacak ve betonun çevre koşullarına dayanıklılığını, faydalı ömrünü arttıracaktır.
- Üreticiler kadar tüketicilerin de sürdürülebilir ürünlere talep göstermesi, yönetimlerin atık toplama, depolama, işleme konusunda daha çok yatırım yapması, sürdürülebilir üretimin her aşamada teşvik edilmesi konusunda kararlı olması çok önemlidir.
- Atık betonlar geri dönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilir. Betonun üretimi aşamasında kullanılan enerjinin düşürülmesini sağlayacak yöntemler bulmak ve geri dönüşümünü kolaylaştırıcı tasarım ve yapım yöntemleri geliştirilmelidir.

V. KAYNAKLAR

- [1] O. Kıncay, Sürdürülebilir Yeşil Binalar, www.yildiz.edu.tr/~okıncay/dersnotu/Yesil-I.Bol.pdf, Erişim Tarihi (13.07.2014).
- [2] ERMCO Haber, *Haber Bülteni 2/2011 Sayfa 1, Türkiye Hazır Beton Birliği*, İstanbul, 2012 .
- [3] World Business Council for Sustainable Development, The Cement Sustainability Initiative, "Recycling Concrete-Executivesummary"
<http://www.wbcd.org/home.aspx>, <http://wbcsdcement.org/pdf/CSI-RecyclingConcrete-Summary.pdf>, Annual review 2012.
- [4] M. Öztürk, "İnşaat Yıkıntı Atıkları Yönetimi" *Çevre ve Orman Bakanlığı*, Ankara 2005
- [5] T. Esin, N. Coşgun, "Betonarme Yapım Sistemlerinin Ekolojik Açıdan Değerlendirilmesi" *2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi*, Ekim 2004
- [6] C. Gürer, H. Akbulut, G. Kürklü, "İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm ve Bir Hammadde Kaynağı Olarak Farklı Yapı Malzemelerinin Yeniden Değerlendirilmesi", *V. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu*, ss. 28-36, 13-14 Mayıs (2004), İzmir.
- [7] C. Demirel, O. Şimşek *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg.* 2(2) (2014) 46-54.
- [8] G. Durmuş, O. Şimşek ve M. Dayı *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 24(1) (2009) 183-189.
- [9] T. Özturan, "Eski Beton Kırığı Agregalı Betonlar", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, *Yapı Malzemesi Seminerleri*, İstanbul, 1988.
- [10] A. Köken, ve M.A. Köroğlu *Journal of Technical-Online* 7(1) (2008) 86-97.
- [11] N.F. Günçan, Eski Beton Kırığı Agregalı Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmangazi Üniversitesi*, 1995.
- [12] O. Şimşek "*Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri*", Seçkin Yayıncılık 4. Baskı, Ankara, 1-384 , 2013.
- [13] TS 3530 EN 933-1, "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1; Tane Büyüklüğü Dağılımı – Eleme Metodu", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara*.

- [14] TS EN 1097-6, "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara.
- [15] TS EN 1097-2, "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara.
- [16] TS 9582 EN 933-3, "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara.
- [17] TS. 802, "Beton Karışım Hesap Esasları", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2009.
- [18] TS EN 206-1, "Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara.
- [19] TS EN 12350-2, "Beton-Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi", **Türk Standartları Enstitüsü**, .
- [20] TS EN 12390-3, "Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini", **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara.
- [21] TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, **Türk Standartları Enstitüsü**. Ankara.
- [22] O. Şimşek, "**Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri**", Seçkin Yayıncılık 4. Baskı, Ankara, 1-384, 2010.
- [23] CIRIA/CUR,. Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering. **CIRIA Special Publication 83, Report:154**, London, 607.
- [24] CIRIA/CUR, CETMEF. **The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering. 2nd edition**. C683, CIRIA, London, 1234, 2007.
- [25] ACI 318-92, Building code requirements for reinforced concrete, **ACI Manual of Concrete Practice Part 3**.
- [26] British Standards Institute (BSI), **Code of Practice for the Structural use of concrete**, CP110, Part 1, London.
- [27] Comité Euro-International du Béton, **CEB-FIP Model Code for Concrete Structures**, Bull.124/125.