

C30 SINIFI ATIK BETONUN GERİDÖNÜŞÜM AGREGASI OLARAK BETON ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ

¹ Can DEMİREL, ²Osman ŞİMŞEK

¹Kırklareli Üniversitesi, Pınarhisar Meslek Yüksek Okulu, Pınarhisar/Kırklareli
²Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Beşevler/Ankara
¹Can_demirel@hotmail.com, ²simsek@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 23.04.2014; Kabul/Accepted in Revised Form: 30.06.2014)

ÖZET: Son yıllarda atık malzemelerin geri dönüştürülerek yeniden kullanılması önem kazanmıştır. Özellikle beton atıklarının, geri dönüşüm agregası olarak kullanımı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, yaşı ve sınıfı belli beton atıklarından elde edilen iri ve ince agreganın geri dönüşüm agregası olarak betonda kullanım olanakları araştırılmıştır.

Kırma agregası 0-4 ve 4-22,4 boyutlarında iki grup kullanılmıştır. Kırma agregası grupları % 0, 10, 20, 30, 40, 50 oranların da 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 görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Atık beton, geri dönüşüm agregası, basınç dayanımı, elastisite modülü.

USING C30 CLASS WASTE CONCRETE AS RECYCLING AGGREGATE IN CONCRETE PRODUCTION

ABSTRACT: Recycling and re-use of waste materials have become very important especially in last two decades. Particularly using waste concrete as replacement of aggregate in concrete production has been continuing research interest in this field.

In this study, known class and age 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 and 50% ratios in concrete. Compressive strength of concrete specimens is determined as 28 and 90 days curing regime as well as elastic modulus of 28 days samples.

According to results, waste concrete production as recycling aggregates.

Key Word: Waste concrete, recycled aggregate, compressive strength, modulus of elasticity

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kaliteli agregası kaynaklarının giderek azalması, doğal çevrenin bozulması, çevresel kirliliğin artması ve kaliteli agregası 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 çevresel kirliliğin azalması 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 araştırmacı tarafından vurgulanmaktadır (Durmuş ve ark. 2009, Tu, Chen and Hwang, 2006, Nik, 2005).

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, agregaya kalitesine, betonun boşluğuna ve çimento hamuru agregaya aderansına bağlı olduğu belirtilmiştir (Durmuş ve ark. 2009, Özturan, 1988).

Durmuş ve ark. çalışmalarında, dört farklı beton sınıftan üretilen geri dönüşüm agregaları ile üretilen betonun yoğunluk, ultrases, basınç dayanım özelliklerini incelemiştir. Sonuç olarak ürettikleri betonun özelliklerinin, bir alt sınıftaki beton özelliklerine yaklaştığını görmüşlerdir (Durmuş ve ark. 2009). Bir çok çalışmada geri dönüşüm agregaya miktarı arttıkça betonun dayanımının ve birim hacim ağırlığının azaldığı tespit edilmiştir (Köken ve Köroğlu, 2008, Günçan, 1995).

Bu çalışmada öncelikle 28 günlük C30 sınıfı beton numuneleri kırılıp elenerek 0-4 ve 4-22.4 boyutunda GDA' sını üretilmiştir. Kırma agregaya (KA) grupları belirli oranlarda azaltılarak yerine GDA' sını ilave edilerek C25 beton üretimi amaçlanmıştır. Karışımlarda iri agregaya (İR), ince agregaya (İN) ve hem iri hemde ince agregaya% 0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 100 oranlarda 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.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

2.1. Malzemeler (Materials)

2.1.1. Agregaya (Aggregate)

Kalker esaslı kırma taş agregası (KA) ve 28 günlük C30 atık betonundan geri dönüşüm agregası (GDA) üretilmiştir. Her iki agregaya çeşidinde 0-4 ve 4-22.4 agregaya grupları kullanılmıştır.

2.1.3. Çimento ve Uçucu Kül (Cement and Fly Ash)

Beton karışımlarında CEM I 42.5 R tipi çimentosu ve Çayırhan Termik Santral uçucu külü kullanılmıştır. Bu uçucu külün Limak Çimento Fabrikasında kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1. CEM I 42.5 R ve UK'nin kimyasal özellikleri (CEM I 42.5 R and FA chemical, properties).

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

2.1.3. Karışım Suyu ve Akışkanlaştırıcı (Mixing Water and Plasticizer)

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.

2.2. Metot (Method)

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 agreg 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.

Çizelge 2. Beton karışımına giren malzeme miktarları ve üretilen betonların çökme değerleri (The amounts of materials used in concrete and slump values of produced concretes)

Karışım Kodu	GDA İkame Oranı %	GDA (kg)		Kırmataş agregası (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	10
KA	0	-	-	710	1000	0.53	400	-	4.8	14
GDA+UK	100	710	1000	-	-	0.53	320	80	4.8	8
KA+UK	0	-	-	710	1000	0.53	320	80	4.8	12
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	9
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
GDA İN50	50	355	-	355	1000	0.53	320	80	4.8	8
GDA İN40	40	284	-	426	1000	0.53	320	80	4.8	8.5
GDA İN30	30	213	-	497	1000	0.53	320	80	4.8	10
GDA İN20	20	142	-	568	1000	0.53	320	80	4.8	11
GDA İN10	10	71	-	639	1000	0.53	320	80	4.8	12
GDA İR+İN50	50	355	500	355	500	0.53	320	80	4.8	7
GDA İR+İN40	40	284	400	426	600	0.53	320	80	4.8	8
GDA İR+İN30	30	213	300	497	700	0.53	320	80	4.8	8
GDA İR+İN20	20	142	200	568	800	0.53	320	80	4.8	9
GDA İR+İN10	10	71	100	639	900	0.53	320	80	4.8	10

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.

Deneyle ilgili çalışmalar Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Beton Laboratuvarında yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Agreganın Özellikleri (Properties of Aggregates)

Araştırmada kullanılan GDA agregaları yoğunlukları 2.52 ile 2.60 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 kaynaklandığı 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.

Çizelge 3. Kırma ve iri geri dönüşüm agregasının teknik özellikleri (Technical properties of coarse and recycled aggregate)

Elekler	GDA		Kırmataş agregası (KA)		Literatür sınır değerleri [20,21]			
	0-4	4-22.4	0-4	4-22.4	Mükemmel	İyi	Orta	Zayıf
Yoğunluk, (g/cm³)	2.5	2.6	2.7	2.7	>2.9	2.6-2.9	2.5-2.6	<2.5
Su emme, (%)	13.7	6.2	1.0	4.6	<0.5	0.5- 2.0	2.0- 6.0	>6.0
Aşınma, (%)	-	38.4	-	23.9	< 15	15- 25	25-35	>35
Yassılık indeksi	-	8.51	-	3.0	-	-	-	-

Agreganın parçalanma direnci tayininde 500 devir sonrası en çok aşınma kaybı miktarı %50 olması önerilmektedir (Şimşek, 2010). Her agregası grubundan 3 er numune alınarak gerçekleştirilen deneylerde Kırmataş agregalarının aşınma kaybı %24 iken GDA %38 olarak gerçekleşmiştir.

3.2. Taze Betonun Özellikleri (Properties of Fresh Concrete)

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 GD agregası ile üretilen bütün karışımların çökme değerleri 8 ile 9 cm arasındadır. İnce GD agregası ile üretilen bütün karışımların çökme değeri 8 cm ile 12 cm arasında değişiklik gösterirken, iri + ince geri dönüşüm agregası ile üretilen bütün karışımlarda çökme miktarı 7 cm ile 10 cm arasında değiştiği görülmektedir. %100 kalker agregası ile üretilen taze beton karışımlarının çökme değeri 14 cm olurken, %100 geri dönüşüm agregası ile üretilen betonun çökme değeri 10 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.

3.3. Sertleşmiş Beton Özellikleri (Properties of Hard Concrete)

İri GDA ile üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımları incelendiğinde geri dönüşüm agregası oranı arttıkça dayanım azalmaktadır. GDA İR10 karışımıyla üretilen betonun basınç dayanımı 31 MPa ile bu grup içinde en yüksek dayanımı verirken GDA İR50 dayanımı 27 MPa ile en düşük dayanımı sağlamıştır. Aynı betonların 90 günlük basınç dayanımlarına bakıldığında 28 güne göre belirli bir artış görülmüştür.

İnce geri dönüşüm agregası ile üretilen betonların basınç dayanımları incelendiğinde bu karışımlarda en yüksek dayanımı GDA İN20 betonu 29 MPa olurken en düşük dayanımı GDA İN40 ile üretilen beton 25 MPa ile sağlamıştır. En düşük basınç dayanımı ile en yüksek basınç dayanımı arasında 4 MPa'lık fark söz konusudur. GDA İN ile üretilen betonun 28 günlük basınç dayanımları ile 90 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında yaşa göre belli artış olması normaldir. Bu artış ortalama olarak 7 MPa civarındadır. 90 günlük betonlarda en düşükle en yüksek basınç dayanımı arasındaki fark 3 MPa olduğu görülmektedir.

GDA İR+İN ile üretilen betonların basınç dayanımları incelendiğinde 28 günlük en düşük ve en yüksek arasındaki fark 5 MPa'dır. Bu sonuçlara göre oranların önemli bir etkisi olmadığı söylenebilir. En yüksek basınç dayanımı GDA İR+İN30 ile üretilen betonda 30 MPa olarak bulunurken, en düşük basınç dayanımı GDA İR+İN50 olan karışımda üretilen betonda 25 MPa olarak bulunmuştur. GDA İR+İN karışımlarıyla üretilen betonların 90 günlük basınç dayanımları incelendiğinde yaşa bağlı olarak belirli bir artış görülürken oranlar arasında 28 günlüğe paralellik görülmektedir. 90 günlüklerde en yüksek basınç dayanımı GDA İR+İN 30 ve İR+İN10 oranı ile üretilen betonda 34 MPa; en düşük basınç dayanımı ise GDA İR+İN50 oranı ile üretilen betonda 30 MPa olarak bulunmuştur. Bu iki değer arasında görüldüğü gibi 4 MPa'lık bir dayanım farkı vardır.

Çizelge 4. GDA ile üretilen betonların basınç dayanımları (Compressive strength of concretes produced with GDA)

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	26	31	27	1,414	28	33	31	0,951
GDA İR40	6	27	32	30	1,080	31	34	33	0,571
GDA İR30	6	29	33	31	0,922	33	35	34	0,782
GDA İR20	6	29	30	30	0,355	36	39	37	0,787
GDA İR10	6	30	33	31	0,803	35	40	38	1,870
GDA İN50	6	24	27	26	0,852	31	35	32	0,804
GDA İN40	6	23	27	25	0,816	30	33	32	0,749
GDA İN30	6	25	27	26	0,374	33	35	34	0,460
GDA İN20	6	27	31	29	0,884	34	36	35	0,463
GDA İN10	6	25	30	28	1,080	33	36	35	0,707
GDA İR+İN50	6	22	29	25	1,493	28	32	30	0,895
GDA İR+İN40	6	23	29	26	1,224	29	35	33	0,837
GDA İR+İN30	6	29	31	30	0,389	32	35	34	1,224
GDA İR+İN20	6	24	30	26	1,237	31	35	33	0,815

GDA İR+İN10	6	26	32	28	1,414	33	36	34	0,725
GDA+UK	6	24	29	26	1,080	28	32	30	0,489
KA+UK	6	26	31	28	1,196	33	38	36	0,837
GDA	6	21	26	23	1,166	22	25	24	0,725
KA	6	29	33	32	1,080	31	36	34	0,707

İR, İN, İR+İN birbirleriyle basınç dayanımı açısından karşılaştırıldığında İR ile üretilen betonların daha avantajlı olduğu söylenebilir. 90 günlük beton basınç dayanımında UK etkisi olduğu UK katkılı ile UK katkısız arasındaki farktan görülmektedir. GDA+UK basınç dayanımı 28 günde 26 MPa iken, 90 günde 30 MPa'a ulaşmaktadır. Bununla GDA karşılaştırıldığında UK' nin etkisi ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda KA+UK ile KA karşılaştırıldığında 28 ve 90 günlük basınç dayanımı arasındaki farkın 8 MPa olduğu görülmektedir.

4.3.3. Elastisite Modülü Değerleri (Modulus of Elasticity Values)

Beton dayanımına bağlı olarak geliştirilmiş olan bazı ampirik formüllerle hesaplanan elastisite modülü için Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Amerikan Beton Enstitüsü (ACI), 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 silindir 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 1. 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

Çizelge 5. Elastisite modülünün belirlenmesinde kullanılan formüller (Equations used for determining the modulus of elasticity)

TSE	ACI	BSI	CEB
$E = 14000 + 3250\sigma^{1/2}$	$E = 0.043w^{3/2} \sigma^{1/2}$	$E = 9100 \sigma^{1/3}$	$E = 9500(\sigma + 8)^{1/3}$

E =Elastisite Modülü (MPa), ω = Birim Ağırlık (kg/m³), σ = Basınç Dayanımı (Mpa)

GDA kullanılan betonların elastisite modül değerleri Tablo 6'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. Hem iri hem ince GDA'lı karışımlarda en yüksek elastisite modülünü GDA İR+İN10 karışımla elde edilen betonlar vermiştir.

Çizelge 6. GDA betonların elastisite modül değerleri MPa (GDA modulus of elasticity of concrete)

Karışım kodu	TSE $E = 14000 + 3250\sigma^{1/2}$	BSI $E = 9100 \sigma^{1/3}$	CEB $E = 9500(\sigma + 8)^{1/3}$	DeneySEL ASTMC469 göre
GDA+UK	30572	26989	30776	25763
KA+UK	31197	27633	31368	30651
GDA	29586	25879	29843	21301
KA	32385	28891	32489	31874
GDA İR50	30887	27300	31075	25665
GDA İR40	31801	28276	31939	26276
GDA İR30	32095	28587	32216	26753
GDA İR20	31801	28276	31939	26876
GDA İR10	32095	28587	32216	27659
GDA İN50	30572	26989	30776	25763
GDA İN40	30250	26609	30472	26691
GDA İN30	30572	26989	30776	26741
GDA İN20	31502	27958	31656	28093
GDA İN10	31197	27633	31368	28440
GDA İR+İN50	31502	26609	30472	25428
GDA İR+İN40	30572	26989	30776	26896
GDA İR+İN30	31801	28276	31939	27053
GDA İR+İN20	30572	26989	30776	27086
GDA İR+İN10	31197	27633	31368	28748

GDA ile üretilen betonların elastisite modülü değerleri deneysel olarak en düşük 21301 MPa ile GDA betonlarında elde edilir iken, en yüksek 31874 MPa ile KA karışimli referans betonunda bulunmuştur.

GDA kullanılan betonlarda iri GDA miktarı arttıkça elastisite modüllerinde azalma görülmektedir. Bütün amprik eşitliklerde %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 32589MPa ile 29586 MPa arasında bir birine yakın değerler çıkarken BS ve ASTM C469’a göre deneysel olarak elde edilen değerler 31874 MPa ile 21301 MPa arasında birbirlerine yakın çıkmıştır.

4. SONUÇLAR (RESULTS)

Bu araştırmada elde edilen sonuçlar şöyle özetlenebilir:

- GDA’nın yoğunlukları literatüre uyumluluk göstermekte fakat su emme sonucu literatüre göre oldukça yüksek değerler vermiştir. Bu durumun agrega tanelerine yapışık olan çimento parçalarından kaynaklandığı söylenebilir.
- Standartlara uygun kırmataş ve geri dönüşüm agregasıyla beton üretiminde UK kullanılması durumunda işlenebilirlik için akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddesi kullanılmalıdır.
- İri GDA’nın aşınma kaybı kırmataş agrega aşınma kaybından daha fazla olmasına karşılık sınır değerden azdır.
- GDA taze betonların karışım suyunu artırmıştır.
- İR, İN, İR+İN karışımli betonlar birbirleriyle basınç dayanımı açısından karşılaştırıldığında İR ile üretilen betonların basınç dayanımlarının daha yüksek görülmüştür.
- Betonun elastisite modülü TS ve CEB göre, BS amprik eşitliği ile hesaplanan sonuçlar ASTM C 469’a göre yapılan deney sonuçlarına oldukça yakındır.
- Atık betonlar geri dönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- ACI 318-92, Building code requirements for reinforced concrete, *ACI Manual of Concrete Practice Part 3*: 1994.
- British Standards Institute (BSI), *Code of Practice for the Structural use of concrete*, CP110, Part 1, London,1972CIRIA/CUR,. *Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering. CIRIA Special Publication 83, Report:154*, London, 607, 1991.
- CIRIA/CUR, CETMEF. *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering. 2nd edition. C683*, CIRIA, London, 1234, 2007.
- Comité Euro-International du Beton, *CEB-FIP Model Code for Concrete Structures*, Bull.124/125, April 1978.
- Durmuş G., Şimşek O., ve Dayı M., “Geri Dönüşümlü İri Agregaların Beton Özelliklerine Etkisi ” *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 24(1): 183-189, 2009.
- Durmuş, G., Can, Ö. ve Şimşek, O., Geri Dönüşüm Agregalarından Üretilen Farklı Sınıflardaki Betonun Mühendislik Özelliklerinin Belirlenmesi, *5.Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, 1-4, 2009.
- Günçan, N. F., Eski Beton Kırığı Agregalı Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmangazi Üniversitesi*, 1995.
- Nik, D. Oikonomou, Recycled Concrete Aggregates, *Cement and Concrete Composites*, 27 (2): 315-318, 2005.
- Köken, A. ve Köroğlu, M. A., Atık betonların beton agregası olarak kullanılabilirliği, *Journal of Technical-Online*, 7(1): 2008.
- Özturan, T., "Eski Beton Kırığı Agregalı Betonlar", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, *Yapı Malzemesi Seminerleri*, İstanbul, 1988.
- Şimşek, O., "*Beton Bileşenleri ve Beton Deneyleri*", Seçkin Yayıncılık 4. Baskı, Ankara, 1-384 , 2010.
- Topçu, İ.B., "Physical and Mechanical Properties of Concretes Produced with Waste Concrete", *Cement and Concrete Research*, 27, p.1817- 1823,1997.
- Topçu, İ.B., Sengel, S., "Properties of Concretes Produced with Waste Concrete Aggregate", *Cement and Concrete Research*, 34: 1307-1312, 2004.

- TS 3530 EN 933-1, "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1; Tane Büyüklüğü Dağılımı – Eleme Metodu", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.*
- TS EN 1097-6, "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.*
- TS EN 1097-2, "Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.*
- TS 9582 EN 933-3, "Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 3: Tane Şekli Tayini Yassılık Endeksi", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999*
- 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, 2002.*
- TS EN 12350-2, "Beton-Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slump) Deneyi", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.*
- TS EN 12390-3, "Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.*
- TS 500, Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü. Ankara, 2000.*
- Tu Y T, Chen Y Y, Hwang L C, Properties of HPC with Recycled Aggregates, *Cement and Concrete Research*, 36: 943-950, 2006.

