

# BÜYÜKÇEKMECE İLÇESİ KENTSEL DÖNÜŞÜM ÇALIŞMALARI KAPSAMINDA AÇIĞA ÇIKAN İNŞAAT YIKINTI ATIKLARININ BETON ÜRETİMİNDE KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE USE OF CONSTRUCTION WASTES  
RELEASED FROM URBAN TRANSFORMATION PROJECTS IN  
BÜYÜKÇEKMECE DISTRICT FOR CONCRETE PRODUCTION

**Arda Sepetçi, Muhittin Tarhan**

Akçansa Çimento AŞ, İstanbul  
arda.sepetci@akcansa.com.tr

**Rıza Evren Kılıç**

Büyükçekmece Belediyesi, İstanbul

**Ramazan Çelebi, Mehmet Kutlu, Ali Barış Katrancı**

Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

**Özgür Çakır**

Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

## Özet

Ülkemizde 2012 yılında başlayan “Kentsel Dönüşüm” çalışmaları kapsamında, yapıların deprem güvenliği bakımından yıkılıp yeniden yapılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmalar kapsamında ortaya çıkan/çıkacak olan inşaat ve yıkıntı atıklarının çevre sorunlarına sebep olmadan geri dönüşümü ve hammadde olarak yeniden kullanımı son derece önem arz etmektedir. Deneysel çalışma kapsamında, İstanbul İli Büyükçekmece İlçesi bünyesinde yürütülmekte olan kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında yıkılan konutlardan elde edilen molozlar kaynağında seçimli olarak ayrıştırılmış ve konkasör yardımı ile kırılmıştır. Elde edilen 5,6 – 11,2 mm ve 11,2 – 22,4 mm boyutlarındaki geri kazanılmış agregalar, hacimce doğal agregalar ile farklı oranlarda yer değiştirilerek geri kazanılmış agregalı beton serileri üretilmiştir. Beton üretiminde ayrıca mineral katkı olarak silis dumanı ve uçucu kül farklı oranlarda kullanılmıştır. Sertleşmiş beton serilerinde 28. günde basınç ve yarmada çekme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, molozlardan elde edilen geri kazanılmış agregaların mineral katkıları da ilave edilerek beton üretiminde kullanımının inşaat sektöründe sürdürülebilirlik konusunda hem çevreye hem de ekonomiye katkı sağlayacağı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Geri kazanılmış agrega, kentsel dönüşüm, uçucu kül, silis dumanı, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı.

## Abstract

Within the scope of the "Urban Transformation" studies that started in 2012, it is aimed to demolish and reconstruct the buildings in terms of earthquake safety. It is extremely important to recycle and reuse construction and demolition wastes as raw materials without causing environmental problems. In the experimental study, the rubble obtained from the demolished houses as part of urban transformation projects in Büyükçekmece District of Istanbul was selectively separated at the source and crushed with the help of a aggregate crusher. Recycled aggregates of 5.6 – 11.2 mm and 11.2 – 22.4 mm in size were replaced with natural aggregates in different proportions by volume and recycled aggregate concrete series were produced. In the production of concrete mixtures, silica fume and fly ash were used in different proportions as mineral additives. Compressive and splitting tensile strength tests were carried out 28 days after casting. It has been obtained that the use of the recycled aggregates with presence of mineral additives can contribute to both the environment and the economy in terms of sustainability in the construction sector.

**Keywords:** Recycled aggregate, urban transformation, fly ash, silica fume, compressive strength, splitting tensile strength.

## 1. GİRİŞ

2. Dünya Savaşı, Afganistan Savaşı, Suriye Savaşı ve Irak Savaşı gibi dünyada yaşanan geniş toprakları –ülkeleri– etkileyen savaşlar, 7,5 büyüklüğündeki Gölcük Depremi, 7,2 büyüklüğündeki Van Depremi ve 8,4 büyüklüğündeki Peru Depremi gibi büyük yıkımlara neden olan depremler ve Katrina Kasırgası, Mitch Kasırgası ve Dorian Kasırgası gibi kasırgalar dâhil olmak üzere meydana gelen doğal afetler ile dünyada birçok ülkede yürütülen kentsel dönüşüm çalışmaları sonucunda kent merkezlerinde büyük hacimli yapı yıkıntı atıkları (YYA) meydana gelmiş, bu durum ülkeleri atık bertarafı için çözüm arayışı içine itmiştir. Ülkemiz açısından konu ele alındığında, geçmişte yaşanan depremler sonrasında şehir merkezlerinde yüksek miktarlarda yapı yıkıntı atıkları (YYA) oluştuğu ve etkili bertaraf mekanizmaları geliştirilemeyip çoğunun deniz dolgusu ve yol alt dolgusu gibi uygulamalarda kullanıldığı görülmektedir [1] (Şekil 1).



Şekil 1. İnşaat yıkıntı atıkları.

Dünya’da birçok ülkede yaşanan YYA problemi ve çözümüne yönelik yapılan çeşitli araştırmalarda YYA’nın betonda agrega olarak kullanımı ve böylelikle bertaraf edilmesi önerilmektedir [2]. Yapılan çalışmalar, YYA’nın betonda geri kazanılmış agrega (RA) olarak kullanılması durumunda, RA’nın beton özelliklerini olumsuz etkilediğini

göstermekte ve bu olumsuzluğun RA'nın sahip olduğu yapışmış eski harç kalıntısından (AOM) ileri geldiği rapor edilmektedir [3] (Şekil 2).



Şekil 2. Geri kazanılmış agrega fazları.

Geri kazanılmış agregalı beton (RAC) çalışmaları, RA'dan kaynaklı oluşan zayıf beton özelliklerinin iyileştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadırlar ve çalışmalarda önerilen RA iyileştirme metodlarının iki ana grupta toplandığı görülmektedir [6]: Eski harç kalıntısının giderilmesi ve eski harç kalıntısının güçlendirilmesi. Asitle RA'nın solüsyonda çözülmesi sonucu AOM fazının RA'dan giderilmesi ve mekanik aşındırma ile AOM katmanının RA'dan uzaklaştırılması gibi prosesler genellikle RA'dan AOM kalıntısı azaltma yöntemleri olarak literatürde çeşitli çalışmalarda kullanılırken, AOM güçlendirme çalışmalarının polimer emdirme ve puzolan çamuru emdirme gibi prosesleri dikkate aldığı görülmektedir [4].

Yöntemlerde kullanılan malzemelerin, ekipmanların cinsi ve uygulanan proseslerin şekli dikkate alındığında; iyileştirme işlemlerinin birbirinden ayrıldıkları ve ayrıca yöntemlerin avantajlara/dezavantajlara sahip oldukları görülmektedir. Bu noktada, yöntemlerin RA üzerindeki iyileştirme performansları büyük önem kazanmaktadır. Örneğin, iyileştirme işlemleri uygulanması sırasında oluşturdukları çevre yükü miktarı, çevreye zararlı toksin açığa çıkartıp çıkartmadıkları, enerji tüketim değerlerinin seviyeleri, atmosfere saldıkları karbon miktarları gibi parametreler bakımından mekanik iyileştirme yöntemleri ile mekanik/mikro dalga iyileştirme yöntemleri en çevreci yöntemler olarak karşımıza çıkmaktadır [5,6].

Geri kazanılmış agrega ile ilgili çalışmalar tüm dünyada olduğu gibi Ülkemizde de son zamanlarda hızlanmıştır. Diğer ülkelerde, geri kazanılmış agrega üzerine detaylı çalışmalar yapmış ve ortak bilgi birikimi bu yeni konu üzerinde oluşmaya başlamıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü tarafından hazırlanan "Olası Yıkıcı Bir İstanbul Depreminde Oluşabilecek Enkaza Dair Yönetim Planı"nda her yıl yaklaşık 25-30 Milyon m<sup>3</sup> inşaat yıkıntı atığının depolandığı belirtilmekle beraber ilgili standartları sağlamak koşulu ile bu malzemelerin inşaat uygulamalarında kullanılabileceği ifade edilmektedir [7].

Yapılan çalışmalarda varılan ortak görüş, genellikle geri kazanılmış agrega oranının beton içerisinde artışı ile basınç ve çekme dayanımlarının düştüğü, elastisite modüllerinin azaldığı, buna ek olarak yoğunluklarının düştüğü ve su emme oranlarının arttığı şeklindedir. Geri kazanılmış agregaların sahip olduğu özellikler arasında su emme oranı yüksekliği ve yoğunluklarının düşüklüğü kullanıldıkları betondaki yoğunluk ve su emme özelliklerini aynı şekilde değiştirmektedir. Betonda kullanıldıkları durumda oluşan düşük fiziksel ve mekanik özelliklerin iyileştirilmesi değişik oranlarda mineral katkı kullanımı ile düzeltilebilmektedir [8-10].

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Büyükçekmece Belediyesi bünyesinde yürütülmekte olan kentsel dönüşüm çalışmaları kapsamında yıkılan binalardan elde edilen molozlar (Şekil 3), kırıcı yardımı ile kırılarak beton üretiminde kullanılacak boyutlara getirilmiştir (Şekil 4).

Elde edilen geri kazanılmış agregalar, beton üretiminde kullanılan doğal agregalar ile %0-10-20-30-40-50-75-100 oranlarında yer değiştirilerek geri kazanılmış agregalı beton serileri üretilmiştir. Geri kazanılmış agrega kaynağı olarak yıkılan binalardan toplanan iki grup moloz (H ve L) kullanılmıştır. Bunlar, basınç dayanımı yaklaşık 5 MPa (L) olan beton atıkları ve basınç dayanımı yaklaşık 15 MPa (H) olan beton atıklarıdır. Deneysel çalışma kapsamında ayrıca çimento ile yer değiştirmeli olarak silis dumanı (%0-5-10), uçucu kül (%0-5-10) ve hibrit (%5 silis dumanı ve %5 uçucu kül) katkılı beton serileri üretilmiştir. Üretilen betonlarda işlenebilme sabit tutulmuş, sabit çökme (S4) değerlerine sahip üretimler kalıplara yerleştirilmiş, 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış, 28. güne kadar kirece doymun suda kür edilmiştir. Basınç dayanımı testi ve yarmada çekme dayanımı testleri 28.günde gerçekleştirilmiştir.

Deneysel çalışma kapsamında, her seriden 3'er adet küp ve 3'er adet silindir numune üretilerek toplamda 288 adet 10 cm boyutlu küp ve 288 adet 10/20 cm boyutlu silindir olmak üzere toplam 576 adet beton numune üretilmiştir.

Beton serilerin kodlanması aşağıdaki gibidir:

**C:** Kontrol Betonu

**CS5:** %5 Silis Dumanı Katkılı Beton

**CS10:** %10 Silis Dumanı Katkılı Beton

**CU5:** %5 Uçucu Kül Katkılı Beton

**CU10:** %10 Uçucu Kül Katkılı Beton

**CS5U5:** %5 Silis Dumanı ve %5 Uçucu Kül Katkılı Beton

**H:** Basınç Dayanımı ortalama 15 MPa olan beton moloz

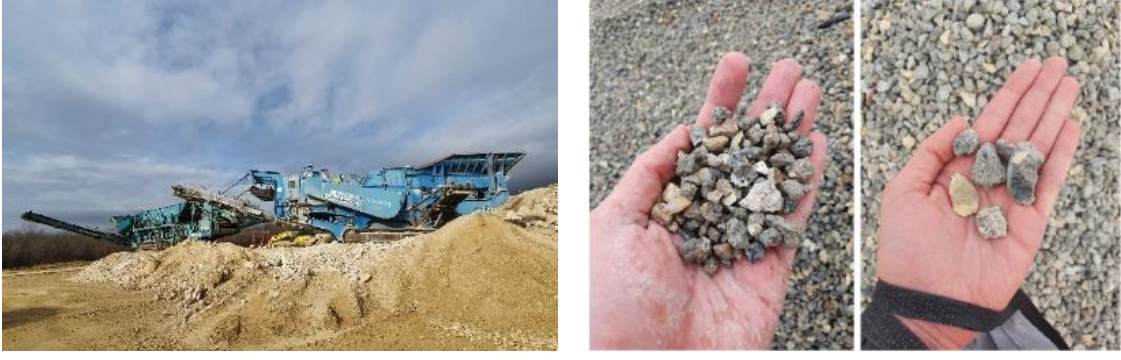
**L:** Basınç Dayanımı ortalama 5 MPa olan beton moloz

**RH10:** %10 Geri Kazanılmış Agregalı Beton (15 MPa molozdan elde edilen)

**RL10:** %10 Geri Kazanılmış Agregalı Beton (5MPa molozdan elde edilen)



Şekil 3. Kentsel dönüşüm kapsamında yıkılan ve projede GKA olarak kullanılan yapılar.



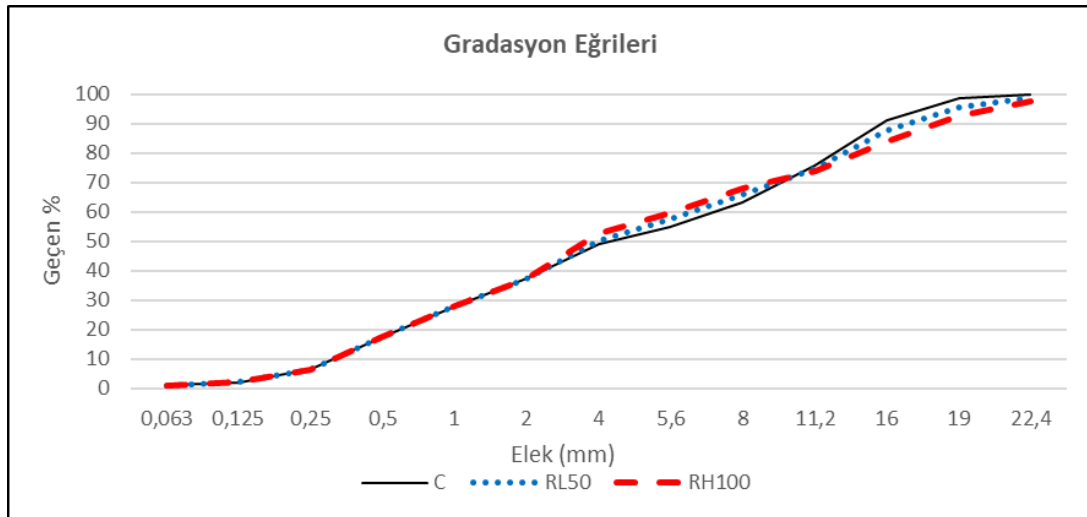
Şekil 4. Molozlardan elde edilen geri kazanılmış agregalar.

## 2.1. Malzemeler

Çalışma kapsamında Akçansa Büyükçekmece fabrikasından temin edilen Blaine değeri  $3690 \text{ cm}^2/\text{g}$  ve 28 günlük harç dayanımı  $58,1 \text{ MPa}$  olan TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42,5 R çimentosu kullanılmıştır. Beton karışımlarında  $2,71 \text{ g/cm}^3$  özgül ağırlığa sahip  $22,4 - 11,2 \text{ mm}$ ,  $11,2 - 5,6 \text{ mm}$ ,  $5,6 - 0 \text{ mm}$  boyutlarında kırma kireçtaşı ve  $2,60 \text{ g/cm}^3$  özgül ağırlığında  $4 - 0 \text{ mm}$  boyutlarında doğal kum kullanılmıştır (Tablo 2). Ayrıca çalışmada aynı işlenebilirlikte eşit su – bağlayıcı oranının (S/B) elde edilebilmesi için polikarboksilat eter (PCE) esaslı hiper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Hiper akışkanlaştırıcı kimyasal katkının özellikleri

Özellik	Değer	Alt Limit	Üst Limit
Yoğunluk - ISO 758 ( $\text{g/cm}^3$ )	1,064	1,045	1,075
pH - ISO 4316	4,83	3,50	5,50
Katı Madde İçeriği (%) (EN 480-8)	21,72	20,90	23,10
Klorür İçeriği (%) (EN 480-10)	0,15	-	$\leq 0,20$
Alkali İçeriği (%) (EN 480-12)	$< \%5$	$< \%5$	-



Şekil 5. Agregada gradasyon eğrileri

Tablo 2. Kullanılan iri agregaların özellikleri

Özellikler	Kireçtaşı	GKA - H (15 MPa)	GKA - L (5 MPa)
Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	2,70	2,29	2,28
Su Emme (%)	2	7,38	7,46
Los Angeles (LA) Aşınma Değeri (%)	16,3	58,3	52,3

## 2.2. Karışım Oranları

Bu çalışmada toplam 90 farklı beton karışımı hazırlanmış, örnek olarak C, RL50, RH100 gruplarına ait bileşen miktarları Tablo 3'te verilmiştir. Aynı şekilde, geriye kalan farklı GKA oranlı karışımlar iri agrega ile yer değiştirmeli olarak sabit su – bağlayıcı oranı (S/B) değişken hiper akışkanlaştırıcı katkı miktarı ile hazırlanmıştır (Şekil 6).

Kısaltmalarda; Ç: Çimento, SD: Silis dumanı, UK: Uçucu kül, HP: Hiper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı, İ.n.A: İnce agrega, İr.A: İri agrega, GKA: Geri kazanılmış agrega, TBA: Teorik birim ağırlık anlamına gelmektedir.

Tablo 3. Betonların karışım oranları (kg/m<sup>3</sup>)

Kod	Ç	SD	UK	Su	HP	İ.n.A	İr.A	GKA	TBA
C	350	0	0	165	3,15	951	899	0	2368
CS5	332,5	17,5	0	165	3,36	951	899	0	2369
CU5	332,5	0	17,5	165	2,80	951	899	0	2368
CS10	315	35	0	165	3,68	951	899	0	2369
CU10	315	0	35	165	2,45	951	899	0	2367
CS5U5	315	17,5	17,5	165	3,15	951	899	0	2368
RL50	350	0	0	165	2,59	951	450	381	2300
RL50S5	332,5	17,5	0	165	2,80	951	450	381	2300
RL50U5	332,5	0	17,5	165	2,28	951	450	381	2300
RL50S10	315	35	0	165	3,15	951	450	381	2300
RL50U10	315	0	35	165	2,10	951	450	381	2299
RL50S5U5	315	17,5	17,5	165	2,59	951	450	381	2299
RH100	350	0	0	165	2,80	951	0	762	2231
RH100S5	332,5	17,5	0	165	3,15	951	0	762	2231
RH100U5	332,5	0	17,5	165	2,70	951	0	762	2231
RH100S10	315	35	0	165	3,50	951	0	762	2232
RH100U10	315	0	35	165	2,35	951	0	762	2230
RH100S5U5	315	17,5	17,5	165	2,91	951	0	762	2231

## 2.3. Uygulanan Testler

Çalışmada 90 farklı reçeteden 3'er adet 100x100 mm boyutlu küp numune 28 günlük basınç dayanımı, 3'er adet 100x200 mm boyutlu silindir numune 28 günlük yarmada çekme dayanımı deneyleri için hazırlanmıştır. Karışımlar, işlenebilirlikleri S4 kıvam sınıfı dahilinde kalacak şekilde ayarlanmıştır. Numuneler 24 saat sonra kalıptan çıkartılarak deney gününe kadar 20 ± 2 °C sıcaklıktaki kirece doymun suda kürlenmiştir.



Taze karışımların birim ağırlıkları ve çökmeleri sırasıyla TS EN 12350-6 ve TS EN 12350-2 standartlarına göre ölçülmüştür.

### 3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada hazırlanan toplam 90 farklı beton karışımının 28 günlük basınç dayanımı ve yarmada çekme dayanımı sırasıyla TS EN 12390-4 ve TS EN 12390-6 standartlarına göre yapılmıştır. Basınç dayanım sonuçları Tablo 4’te, yarmada çekme dayanım sonuçları Tablo 5’te verilmiştir. Kısaltmalar; BD: Basınç dayanımı, SS: Standart sapma.

#### 3.1. Sertleşmiş Beton Basınç Dayanım Değerlendirmesi

28.günde yapılan basınç deneyi sonuçlarına göre; mineral katkısız kontrol serilerinde ortalama basınç dayanımı 45 MPa, %5 ve %10 silis dumanı katkılı serilerde sırası ile 46 MPa ve 47 MPa, %5 ve %10 uçucu kül katkılı serilerde sırası ile 44 MPa ve 40 MPa’dır. Silis dumanı ve uçucu külün beraber kullanıldığı seride ise 44 MPa basınç dayanımı elde edilmiştir.

Tablo 4. Basınç dayanım sonuçları (MPa)

Grup	S5		S10		U5		U10		S5U5			
	Katkısız		Silis Dumanı Katkılı				Uçucu Kül Katkılı				SD ve UK Katkılı	
	BD	SS	BD	SS	BD	SS	BD	SS	BD	SS	BD	SS
<b>C</b>	50	0,4	47	0,9	53	0,9	50	1,1	45	1	50	0,4
<b>RH10</b>	54	1,7	55	1,7	57	1	50	1,5	46	0,3	50	0,8
<b>RH20</b>	50	1,4	52	0,6	52	0,8	48	0,5	44	0,8	49	0,5
<b>RH30</b>	47	0,6	51	0,6	54	0,9	50	1,6	46	0,6	47	1,5
<b>RH40</b>	47	1,6	46	1,2	49	1,7	45	1,3	42	1,3	46	1,5
<b>RH50</b>	42	2,5	41	1,9	40	0,8	43	0,9	37	1,6	42	0,7
<b>RH75</b>	39	0,7	40	0,7	42	0,6	39	0,5	36	1,6	38	0,5
<b>RH100</b>	37	1,5	37	2	37	0,5	36	1,2	34	0,5	35	1,6
<b>RL10</b>	47	0,6	49	1,2	52	2,2	47	0,6	44	0,5	47	1,6
<b>RL20</b>	50	1,3	53	1,9	53	2,5	46	1,5	45	1	51	0,9
<b>RL30</b>	46,9	0,9	45	1,1	50	0,6	46	0,4	43	0,6	48	0,6
<b>RL40</b>	45	1,4	47	1,1	47	0,5	45	0,3	41	1,4	46	1,1
<b>RL50</b>	41	2	42	2,3	43	0,8	39	4	35	2,3	40	2,5
<b>RL75</b>	40	1	40	1,9	39	0,4	38	1,4	34	1,2	37	0,7
<b>RL100</b>	37	1,5	38	0,6	36	0,1	37	0,9	33	1,2	36	1,2

H sınıfı geri kazanılmış agregaların kullanıldığı beton serileri beraber değerlendirildiğinde; en yüksek basınç dayanımının %10 silis dumanı katkılı %10 geri kazanılmış agregalı seride 57 MPa olarak belirlendiği, en düşük basınç dayanımının ise %10 uçucu kül katkılı %100 geri kazanılmış agregalı seride 34 MPa olarak belirlendiği görülmektedir.

L sınıfı geri kazanılmış agregaların kullanıldığı beton serileri beraber değerlendirildiğinde; en yüksek basınç dayanımının %10 silis dumanı katkılı %20 geri kazanılmış agregalı seride 53 MPa olarak belirlendiği, en düşük basınç dayanımının ise %10 uçucu kül katkılı %100 geri kazanılmış agregalı seride 33 MPa olarak belirlendiği görülmektedir.

Her iki sınıf ele alındığında en yüksek basınç dayanımı 57 MPa ile RH10S10, en düşük dayanım 33 MPa ile RL100U10 kodlu karışımlara aittir.

### 3.2. Sertleşmiş Beton Yarmada Çekme Dayanım Değerlendirmesi

28.günde yapılan yarmada çekme deneyi sonuçlarına göre; mineral katkısız kontrol serilerinde ortalama yarmada çekme dayanımı 2,2 MPa, %5 ve %10 silis dumanı katkılı serilerde sırasıyla 2,1 MPa ve 2,2 MPa olarak belirlenmiştir. %5 ve %10 uçucu kül katkılı serilerde sırası ile 2,2 MPa ve 2,1 MPa'dır. Silis dumanı ve uçucu külün beraber kullanıldığı seride ise 2,1 MPa yarmada çekme dayanımı elde edilmiştir

Tablo 5. Yarmada çekme dayanım sonuçları (MPa)

		S5	S10	U5	U10	S5U5
	Katkısız	Silis Dumanı Katkılı		Uçucu Kül Katkılı		SD ve UK Katkılı
<b>C</b>	2,3	2,3	2,3	2,3	2,2	2,1
<b>RH10</b>	2,9	2,6	3	2,4	2,2	2,7
<b>RH20</b>	2,3	2,2	2,2	2,3	2,1	2,2
<b>RH30</b>	2,3	2,6	2,4	2,4	2,5	2,4
<b>RH40</b>	2	2	2,1	2	1,7	2
<b>RH50</b>	2,1	2	2,5	1,9	2	2,2
<b>RH75</b>	1,6	1,9	2	2	2,4	1,8
<b>RH100</b>	1,9	1,8	2	1,8	1,9	1,8
<b>RL10</b>	1,9	2,1	2,2	2,6	2,1	2,1
<b>RL20</b>	2,3	2,4	2,2	2,2	2,2	2,3
<b>RL30</b>	2,3	2	2,1	2,3	2,2	2
<b>RL40</b>	2,4	2,1	2,2	2	2,3	2,1
<b>RL50</b>	2,1	2,3	1,9	2,5	2,1	2,1
<b>RL75</b>	2	1,7	1,6	1,9	1,3	1,9
<b>RL100</b>	1,9	2	1,7	1,9	1,8	1,8

H sınıfı geri kazanılmış agregaların kullanıldığı beton serileri beraber değerlendirildiğinde; en yüksek yarmada çekme dayanımının %10 silis dumanı katkılı %10 geri kazanılmış agregalı seride 3,0 MPa olarak belirlendiği, en düşük yarmada çekme dayanımının ise mineral katkısız %75 geri kazanılmış agregalı seride 1,6 MPa olarak belirlendiği görülmektedir

L sınıfı geri kazanılmış agregaların kullanıldığı beton serileri beraber değerlendirildiğinde; en yüksek yarmada çekme dayanımının %5 uçucu kül katkılı %10 geri kazanılmış agregalı seride 2,6 MPa olarak belirlendiği, en düşük yarmada çekme



dayanımının ise %10 uçucu kül katkılı %75 geri kazanılmış agregalı seride 1,3 MPa olarak belirlendiği görülmektedir.

Her iki sınıf ele alındığında en yüksek yarmada çekme dayanımı 3,0 MPa ile RH10S10, en düşük dayanım 1,3 MPa ile RL75U10 kodlu karışımlara aittir.

#### **4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu çalışmada, farklı karot basınç dayanımına sahip yapılardan elde edilen 2 grup geri kazanılmış agregaların 8 farklı oran kullanılarak beton basınç dayanımına ve yarmada çekme dayanımına etkisi araştırılmıştır. Özetle aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Beton serilerinde 28. günde yapılan basınç dayanımı sonuçlarına göre H ve L sınıfları ele alındığında en yüksek basınç dayanımı 57 MPa ile RH10S10, en düşük dayanım 33 MPa ile RL100U10 kodlu karışımlara aittir.
2. Farklı karot basınç dayanımına sahip numunelerin sertleşmiş beton performansına dikkate değer ölçüde etki ettiği gözlemlenmiştir. Yapılara ait karot basınç dayanımının ve dolayısıyla GKA kalitesinin taze ve sertleşmiş beton performansına etkisinin detaylı incelenmesi amacıyla numune sınıfları arttırılması önerilebilir.
3. Geri kazanılmış agregaların su emme kapasitelerinin doğal agregalara kıyasla daha yüksek olması sebebiyle, kullanım oranı arttıkça deneyler sırasında taze beton kıvam koruma performansında düşme gözlemlenmiştir. Geri kazanılmış agregaların belirli süreler boyunca taze betonun kıvam koruma performansına ilişkin deneylerin yapılması önerilebilir.

#### **Kaynaklar**

1. H. Dilbas, “An Examination on Mechanical Behaviour of A Cantilever Beam Produced With Recycled Aggregate Concrete,” *Graduate School of Natural and Applied Science, Yildiz Technical University*, 2014.
2. J. Xiao, W. Li, and C. Poon, “Recent studies on mechanical properties of recycled aggregate concrete in China-A review,” *Sci. China Technol. Sci.*, vol. 55, no. 6, pp. 1463–1480, 2012.
3. V. S. Babu, A. K. Mullick, K. K. Jain, and P. K. Singh, “Mechanical properties of high strength concrete with recycled aggregate – Influence of processing,” *Indian Concr. J.*, vol. 88, no. 5, pp. 10–26, 2014.
4. C. Shi, Y. Li, J. Zhang, W. Li, L. Chong, and Z. Xie, “Performance enhancement of recycled concrete aggregate – A review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 112, pp. 466–472, 2016.
5. M. Quattrone, S. C. Angulo, and V. M. John, “Energy and CO2 from high performance recycled aggregate production,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 90, pp. 21–33, 2014.

6. H. Dilbas, “Geri Kazanılmış Agrega Kullanımının Beton Özelliklerine Etkilerinin İncelenmesi,” *Graduate School of Natural and Applied Science, Yıldız Technical University*, 2020.
7. “Olası Yıkıcı Bir İstanbul Depreminde Oluşabilecek Enkaza Dair Yönetim Planı”, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, Haziran 2021.
8. Kou S.-C., Poon C.-S. ve Chan D., (2007). “Influence of Fly Ash As Cement Replacement on The Properties of Recycled Aggregate Concrete”, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19(9): 709–717.
9. Kou S.-C., Poon C.-S. ve Chan D., (2008). “Influence of Fly Ash As A Cement Addition on The Hardened Properties of Recycled Aggregate Concrete”, *Materials and Structure*, 41(7): 1191–1201.
10. Xiao J., Li J. ve Zhang C., (2005). “Mechanical Properties of Recycled Aggregate Concrete Under Uniaxial Loading”, *Cement and Concrete Research*, 35: 1187-1194.