

Geri Dönüştürülmüş Beton ve Tuğla Agregalarının Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Investigation of The Usability of Recycled Concrete and Brick Aggregates in Concrete Production

Şeyma AYDIN¹, Atila Gürhan ÇELİK¹, *İbrahim GÜNEŞ¹

¹Giresun Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü. 28000 Giresun/TÜRKİYE

* Sorumlu yazar, e-mail: ibrahim.gunes@giresun.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7595-0121

Özet

İnşaat sektörü hammadde girdisi yüksek olan sektörler arasındadır. Hammadde kaynaklarının hızla tükenmesi ve buna karşılık olarak inşaat yıkıntı atıklarının gün geçtikçe artması, çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir problem haline gelmiştir. Bu çalışma kapsamında hazırlanan numunelerde iri boyuttaki (4 mm göz açıklı elek üzerinde kalan agrega) geri dönüştürülmüş beton agregası (GDBA) ve geri dönüştürülmüş tuğla agregası (GDTA), %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında doğal agrega ile yer değiştirilmiştir. Hazırlanan numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Genel olarak kontrol numunesine göre geri dönüşüm agregası (GDA) miktarındaki artış, su emme ve porozite yüzdelerinde artışa neden olurken birim hacim ağırlık, yoğunluk ve kompasite değerlerinde azalmaya neden olmuştur. Her iki agrega çeşidiyle hazırlanan numuneler için GDA miktarının artması 28 günlük basınç dayanım sonuçlarını olumsuz etkilemiştir. Her iki farklı GDA ile üretilen beton gruplarında GDA miktarındaki artış, basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, yoğunluk ve kompasite değerlerinde azalışa neden olurken su emme değerlerinde artışa neden olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Geri dönüşüm agregası, sürdürülebilirlik, basınç dayanımı

Abstract

The construction sector is among the sectors whose raw material input is high. The rapid depletion of raw material resources and against that the increase in construction wreckage, have become an important problem in terms of environmental sustainability. In the samples prepared within the scope of this study, %0, 25%, 50%, 75% and 100% natural aggregates were replaced with the large size (aggregate remaining on a 4 mm mesh screen) recycled concrete aggregate (RCA) and recycled brick aggregate (RBA). The usability of the prepared samples in concrete production in terms of some physical and mechanical properties has been researched. In general, the increase in the amount of recycle aggregate (RA) compared to the control sample caused an increase in the percentages of water absorption and porosity, while causing a decrease in unit volume weight, density and composite values. For samples prepared with both of the aggregate varieties, the increase of the amount of RA has effected the 28-day compressive strength results negatively. In the concrete groups produced with both different GDA, the increase in the FDA amount caused a decrease in the compressive strength, unit volume weight, density and compactness values, while it caused an increase in the water absorption values.

Keywords: Recycling aggregate, sustainability, compressive strength

1. Giriş

İnşaat sektörü ülkelerin ekonomisinde kritik önemi olan sektörler arasında yer alır. Sektörün hammadde girdisinin yüksek oluşu önemini daha da artırmaktadır. Özellikle beton en çok kullanılan yapı malzemeleri arasındadır. Beton içeriğinin ise hacimce yaklaşık %65'ini agregalar oluşturur. Nüfus artışıyla birlikte yeni yapılara olan ihtiyacın artması beton üretimindeki artışı da beraberinde getirmiştir. Sınırsız beton ihtiyacı karşısında agrega kaynaklarının sınırlı oluşu, çevresel sürdürülebilirlik açısından büyük problemlere yol açmaktadır. Bu nedenle bilim adamları agregalara alternatif oluşturabilecek bir malzeme arayışı içine girmiştir. Beton üretim süreci devam ederken servis ömrünü tamamlamış yapıların yıkımı, doğal afetler veya yangın gibi olaylar neticesinde oluşan yıkıntı atıkları ve beton laboratuvarlarında yapılan deneyler sonucunda oluşan beton atıkları ciddi bir hacim kaplayarak bertaraf problemine yol açmaktadır. Tüm bu atıkların geri dönüştürülerek beton üretiminde kullanılabilmesi pek çok problemin çözümünü de beraberinde getirecektir.

Kentsel katı atık içerisinde yaklaşık %13-30'luk önemli bir bölümünü inşaat yıkıntı atıkları oluşturmaktadır [1]. Atık yönetimi olarak yakma veya depolama yöntemlerine başvurulması kalıcı bir çözüm getirmeyip beraberinde farklı çevresel problemlere yol açmaktadır. Bu nedenle hem ülke ekonomisine katkı sağlayacak hem atık bertaraf problemine çözüm olabilecek bir çalışmanın yürütülmesi oldukça önem arz etmektedir.

Bu çalışma kapsamında hazırlanan numunelerde iri boyuttaki GDBA ve GDTA, %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında doğal iri agrega ile yer değiştirilmiştir. Hazırlanan numunelerin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Katı atıklar üreticisi tarafından artık istenmeyen, değerlendirildiklerinde kıymetli birer kaynak olabilen malzemelerdir [2]. Katı atıkların yönetimi, doğal kaynakların tükenmeden sürdürülebilirliğinin sağlanması ve depolamanın en son olarak uygulanması gereken yöntem olduğu anlayışına sahiptir [3]. Tablo 1.'de kentsel katı atığı oluşturan bileşenlerin ağırlık bazında yüzdeleri verilmiştir. İnşaat ve hafriyat atıkları %14'lük önemli bir paya sahiptir.

Tablo 1. Kentsel katkı atığı oluşturan bileşenlerin dağılımı (Endüstriyel ve tarımsal atıklar hariç) [3]

Atık kategorisi	Ağırlık bazında	(%)
	Sınırlar	Tipik
İnşaat ve hafriyat	8-20	14
Yerleşim yeri ve ticari (özel ve tehlikeli atık hariç)	50-75	62
Belediye hizmetleri, cadde ve alan temizliği	2-5	3,8
Tehlikeli atıklar (özel atıklar, akü, yağ, teker)	3-12	6
Ağaç ve bahçe dizaynı	2-5	3
Park ve rekreasyon alanları	1,5-3	2
Su toplama alanları	0,5-1,2	0,7
Arıtma tesisi çamuru	3-8	6

Beton üretiminde üç tip agrega kullanılmaktadır. Bunlar; doğal agrega, kırmataş agrega ve GDA'dır [4]. Beton içinde kullanılacak agregalarına taşınması istenen bazı özellikler vardır bunlar; organik madde içermemesi, kil taşımaması, klor ve sülfat iyonları gibi zararlı iyonları içermemesidir. Bunların dışında agregaların türü, geometrik şekilleri ve grönölometrik özellikleri de beton mukavemetini etkiler. Maksimum dane çapı da beton mukavemeti üzerinde etkilidir [5].

GDA içinde en büyük payı GDBA ve GDTA içermektedir. Türkiye'de ülkenin birçok bölgesine dağılmış tuğla ve kiremit fabrikaları mevcuttur. Tuğla ve kiremit sanayicileri derneğinin 2007 yılında yayınladığı rapora göre Türkiye'de 417 adet tuğla ve kiremit üretim tesisi vardır. Bu tesislerin tuğla üretim kapasitesi 5.327.000.000 adet/yıl ve kiremit üretim kapasitesi 609.000.000 adet/yıldır [6]. Türkiye'de üretilen kiremit ve tuğlaların yaklaşık %7'si atık olarak ortaya çıkmaktadır [7]. GDBA kaynaklarının ise eski binaların yıkılmasından, doğal afetler sonucu meydana gelen yıkımlardan, yapı denetim ve beton laboratuvarlarında ortaya çıkan atık numunelerden oluştuğu bilinmektedir [8].

Literatür verileri incelendiğinde GDBA ve GDTA'nın beton üretiminde kullanılabilirliği ile ilgili pek çok çalışma mevcuttur. Beton atıklarının beton üretiminde kullanılması ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde;

- GDBA kullanıldığında aşınma kaybının azaldığı,
- Su emme miktarı fazla olduğu için taze betonların karışım suyu ihtiyacını artırdığı,
- Beton kırığı kullanılarak üretilen betonların sertleşmiş birim hacim ağırlıklarının normal betonlara göre daha düşük olduğu, [9]
- Geride dönüştürülmüş iri agregalarla üretilen betonların basınç dayanımlarının ince olanlarına göre daha yüksek çıktığı, [10]
- Beton kırığı agregaları iri taneli yapıya sahip olduğu için kullanım miktarı arttıkça işlenebilirlik üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğu,[11]
- Silindir ve küp basınç mukavemetlerinin beton kırığı agregası miktarındaki artışa bağlı olarak azaldığı sonuçlarına ulaşılmıştır [12].

Tuğla atıklarının beton üretiminde kullanılması ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde;

- GDTA katkısı ile üretilmiş betonların uzun süre yangın altında yapısal bütünlüklerini korudukları,
- Beton numunelerin basınç dayanımındaki azalmaya ek olarak birim ağırlıklarında da azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir [7].

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda, bu çalışmada, geri dönüştürülmüş beton agregası (GDBA) ve geri dönüştürülmüş tuğla agregası (GDTA), %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında doğal agrega ile yer değiştirilerek üretilmiş numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri bakımından beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışmalar

2.1. Kullanılan Malzemeler

Bu çalışmada kullanılan DA Giresun Tirebolu ilçesinde yer alan Süleymanoğlu kum-çakıl ocağından temin edilmiştir. Geri dönüştürülmüş agrega olarak iki farklı malzeme çalışılmıştır. Bu malzemeler GDBA ve GDTA'dır. Beton karışımlarında CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. CEM I 42.5 R tipi çimentonun kimyasal özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmada karışım suyu olarak Giresun ili şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

Tablo 2. CEM I 42.5 R 'nin kimyasal özellikleri

Kimyasal kompozisyon	Çimento (%)
SiO ₂	20,35
Al ₂ O ₃	5,98
Fe ₂ O ₃	3,06
CaO	63,35
MgO	1,89
SO ₃	2,71
Na ₂ O	0,58
K ₂ O	0,88

Laboratuvar çalışmasında kullanılan araçlar ve gereçler; kare gözlü elekler, duyarlı terazi, etüv, plastik küp beton numune kalıpları, kür havuzu, tek eksenli basınç cihazı, fırça, gres yağı, mala, plastik tokmak ve şişleme çubuğudur.

2.2. Beton Üretimleri

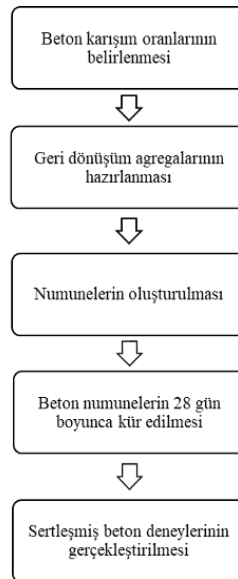
Söz konusu materyaller kullanılarak 15x15x15 cm³ küp boyutunda numuneler hazırlanmıştır. Literatür verileri GDA'nın çok yüksek su emme kapasitesine sahip olduğunu belirtmektedir [13]. Bu nedenle bu çalışmada ince malzeme olarak doğal kum kullanılıp GDA iri agrega ile %0, %25, %50, %75 ve %100 oranlarında yer değiştirilmiştir. GDA olarak iki farklı malzeme çalışılmıştır ve bunlar GDBA ve GDTA'dır.

Beton tasarım 2-4 mm 4-8 mm ve 8-16 mm boyutundaki agrega grupları kullanılıp, karışım suyu 180 L, TS 802 [14] ve TS EN 206-1 [15] esas alınarak C25 beton üretmek için 0-2 su/çimento oranı 0,50 olarak belirlenmiştir. Maksimum agrega dane çapı 16 mm seçilmiştir. Her beton grubu için üçer adet 15×15×15 cm³ boyutunda toplam 27 adet küp numune hazırlanmıştır. GDA ikame yüzdeleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Beton karışımlarının GDA ikame oranları

Agrega Grupları								
GDA ikame %’si	0-2 mm		2-4 mm		4-8 mm		8-16 mm	
	GDA (%)	DA (%)	GDA (%)	DA (%)	GDA (%)	DA (%)	GDA (%)	DA (%)
%0	0	42	0	14	0	20	0	24
%25	0	42	0	14	5	15	6	18
%50	0	42	0	14	10	10	12	12
%75	0	42	0	14	15	5	18	6
%100	0	42	0	14	20	20	24	0

Bu çalışmada sertleşmiş betonun su emme, yoğunluk, birim hacim ağırlık, kompasite ve basınç dayanımı tayin edilmiştir. Uygulama adımlarını gösteren akım şeması Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada izlenen uygulama adımları

Deneyisel çalışmalar Giresun Maksimal Yapı Denetim ve Beton Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

2.3 Agrega Örneklerinin Hazırlanması

Laboratuvara getirilen doğal agregalar kare gözlü eleklerde elenerek 0-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm olmak üzere dört gruba ayrılmıştır. Atık Tuğladan elde edilen gerideönüştürülmüş tuğla agregasının gerideönüşüm aşaması şu şekilde gerçekleştirilmiştir; Yaramanlar Yapı malzemeleri satış noktasında nakliye sırasında kırılan tuğlalar, Maksimal Yapı Malzemeleri Laboratuvarına

getirilmiştir ve burada kırım işlemi gerçekleştirilmiştir.

GDBA, Maksimal Yapı Denetim ve Beton Laboratuvarında tek eksenli basınç testi sonucunda atık olarak ortaya çıkan C25 küp beton numunelerinin kırılarak uygun gronülometriye getirilmesiyle elde edilmiştir. Geri dönüştürülmüş beton ve tuğla atıkları da doğal agrega gibi kare gözlü eleklerde elenerek 0-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm olmak üzere dört gruba ayrılmıştır.

2.4. Beton Numunelerinin Hazırlanması

Her bir numune grubu için gerekli olan DA, GDA ve çimento hassas terazide tartıldıktan sonra homojen olarak karıştırılması sağlanmıştır. 0,5 su/çimento oranı sağlayacak şekilde su ilave edilmiştir. Elde edilen harç homojen şekilde karıştırıldıktan sonra TS EN 12350-1'e [16] uygun olarak numune kalıplarına yerleştirilmiştir. Şekil 2'de kalıplara yerleştirilmiş beton numunesi örneğine yer verilmiştir.



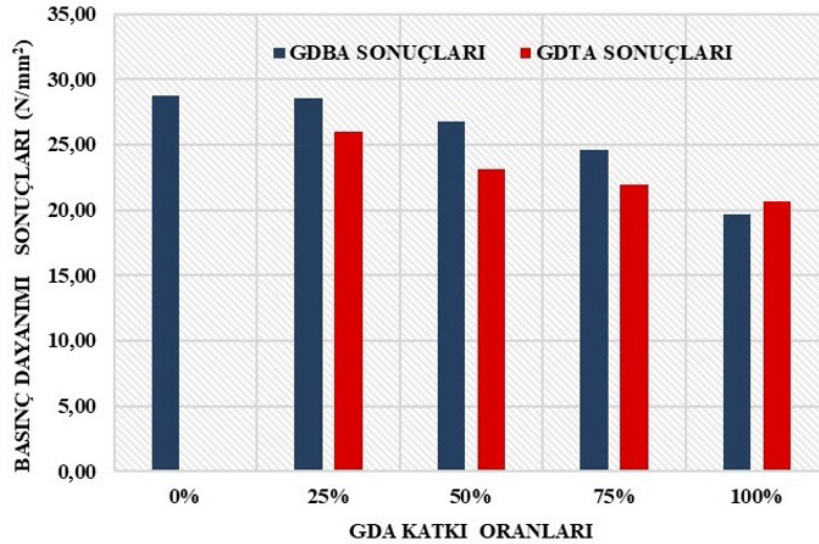
Şekil 2. Kalıplara yerleştirilmiş beton numunesi örnekleri

Numuneler alındıkları yerden taşınmadan, kalıp içerisinde yeterli sertliğe ulaşınca kadar, dış etkilerden, şoktan titreşimden ve kurumadan korunmuştur. Bir gün sonra kalıptan çıkarılan numuneler 20 ± 2 °C su içerisinde 28. güne kadar kür edilmiştir.

3. Deney Sonuçları

3.1. Basınç dayanımı

15x15x15 cm³ küp boyutunda olan, her bir beton grubu için üçer adet hazırlanan numuneler TS EN 12390-3'e [17] uygun olarak tek eksen basınç deneyine tabi tutulmuştur. Ortalama basınç dayanımı sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.



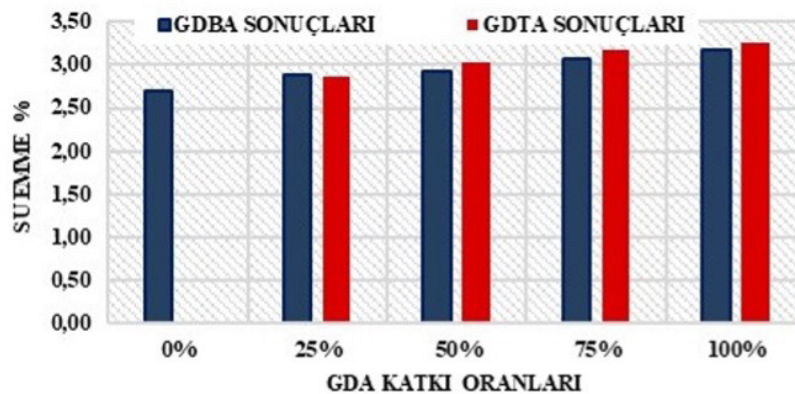
Şekil 3. Basınç dayanımı sonuçları

Verilen grafik incelendiğinde her iki agrega çeşidi için hazırlanan numunelerde GDA ikame oranındaki artış basınç dayanım sonuçlarını olumsuz etkilemiştir. Kontrol numunesine göre %25, %50, %75 ve %100 ikame oranıyla hazırlanan GDBA katkılı numunelerin basınç dayanımındaki azalış sırasıyla %0,97, %7,04, %14,72 ve %31,69'dır. Kontrol numunesine göre %25, %50, %75 ve %100 ikame oranıyla hazırlanan GDTA katkılı numunelerin basınç dayanımındaki azalış sırasıyla %9,61, %19,82, %23,92 ve %28,15'dir.

Demirel ve Şimşek yaptıkları çalışmada, erken yaştaki atık betonların geri dönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. İri GDA ile üretilen betonların 28 günlük basınç dayanım verilerine göre GDA oranı arttıkça basınç dayanımının azaldığını tespit etmişlerdir [18]. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatür verilerini destekler niteliktedir.

3.2. Su emme

Sertleşmiş betonda su emme tayini TS 3624'e [19] uygun olarak gerçekleştirilmiştir. GDBA ve GDTA katkılı beton numunelerine ait su emme tayini sonuçları Şekil 4'te verilmiştir.



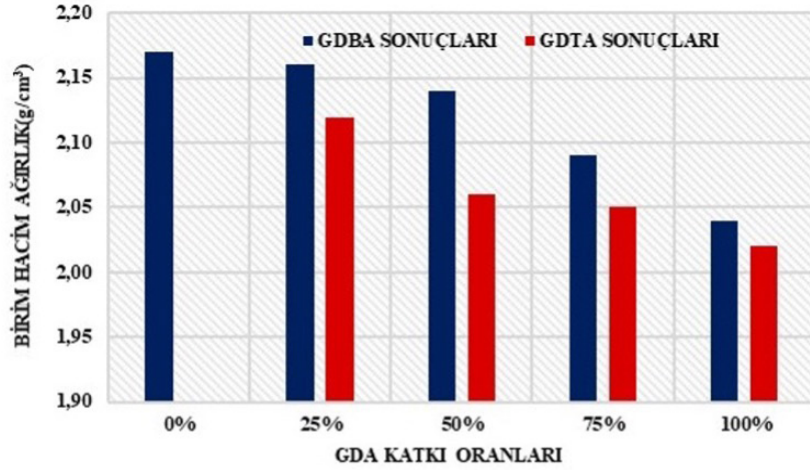
Şekil 4. Su emme tayini sonuçları

Deney verileri incelendiğinde GDA ikame oranındaki artışa bağlı olarak numunelerin su emme yüzdelерinin artmış olduğu gözlemlenmiştir. GDBA'nın %25, %50, %75 ve %100 ikamesi ile hazırlanan numunelerin su emme yüzdeleri kontrol numunesine kıyasla sırasıyla %7,43, %8,92, %14,50 ve %18,21 oranında artmıştır. GDTA'nın %25, %50, %75 ve %100 ikamesi ile hazırlanan numunelerin su emme yüzdeleri kontrol numunesine kıyasla sırasıyla %6,32, %12,64, %17,47 ve %21,19 oranında artmıştır.

Sefidehkan ve Şimşek'in gerçekleştirdiği, geri dönüşüm agregası kullanılarak üretilen betonun bazı mühendislik özelliklerinin araştırılmasını kapsayan çalışmada GDA kullanım oranında ki artışın su emme yüzdesindeki artışa neden olduğu sonucuna ulaşılmıştır [9]. Yaptığımız deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar ile literatür verileri benzerlik göstermektedir.

3.3. Birim hacim ağırlık

Numunelerin birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi TS EN 12390-7'e [19] uygun olarak gerçekleştirilmiştir. GDBA ve GDTA katkıli beton numunelere ait birim hacim ağırlık tayini sonuçları Şekil 5'de verilmiştir.



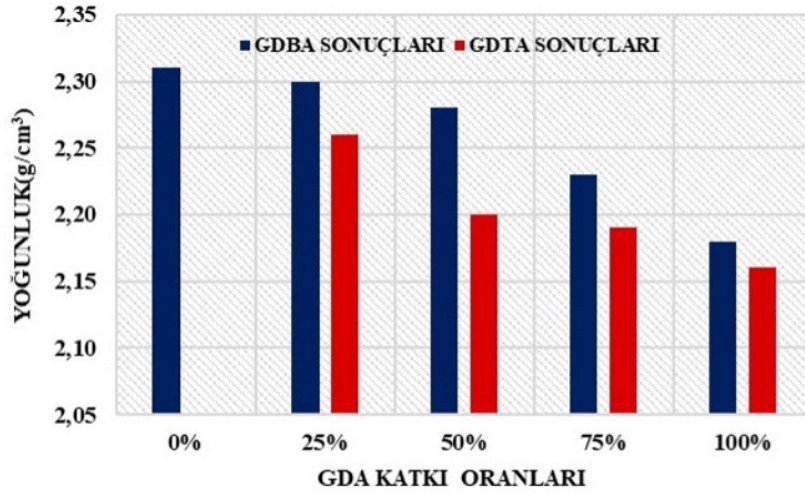
Şekil 5. Birim hacim ağırlık tayini sonuçları

%25, %50, %75 ve %100 oranlarında GDBA katkıli betonların kontrol numunesine göre birim hacim ağırlıklarındaki azalış sırasıyla %0,46, %1,84, %3,69 ve %5,99 olarak hesaplanmıştır. Aynı oranlarda GDTA katkıli betonların kontrol numunesine göre birim hacim ağırlıklarındaki azalış ise sırasıyla %2,30, %3,86, %5,33 ve %6,91 olarak hesaplanmıştır.

Khaloo yaptığı çalışmada, portland çimentolu betonda kaba agregalar olarak tuğla kırığı kullanmıştır. Normal agregalarla üretilen betonlar ile karşılaştığında basınç dayanımında %7 kayıp olduğunu belirtmiştir. Dayanımdaki azalmaya ek olarak tuğla kırıklı betonların birim hacim ağırlıklarının da %9,5 azalma olduğunu saptamıştır [20]. Gerçekleştirdiğimiz deneysel çalışmaya göre GDTA katkıli numunelerin dayanım kaybı en fazla %6,91 değerini alsa da katkı oranındaki artışa bağlı olarak birim hacim ağırlık değerinde ve basınç dayanımında ki azalış literatür verileriyle benzerlik göstermektedir.

3.4. Yoğunluk

Sertleşmiş beton yoğunluk tayini TS EN 12390-7'ye [21] uygun olarak gerçekleştirilmiştir. GDBA ve GDTA katkıli beton numunelere ait yoğunluk tayini sonuçları Şekil 6.'da verilmiştir.

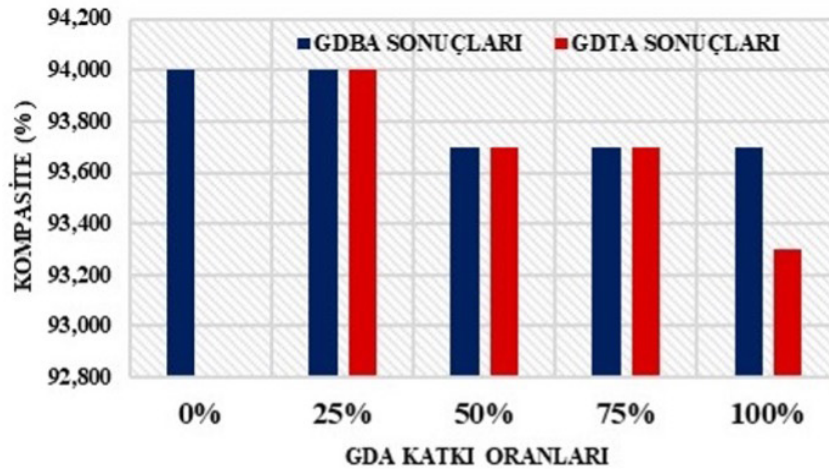


Şekil 6. Yoğunluk tayini sonuçları

GDBA'nın %25, %50, %75 ve %100 oranlarında ikamesiyle hazırlanan numunelerin yoğunluk tayini sonuçları kontrol numunesine göre sırasıyla %0,43, %1,30, %4,76 ve %5,63 oranında azalmıştır. GDTA'nın %25, %50, %75 ve %100 oranlarında ikamesiyle hazırlanan numunelerin yoğunluk tayini sonuçları kontrol numunesine göre sırasıyla %2,16, %4,76, %4,76 ve %6,49 oranlarında azalmıştır.

3.5. Kompasite

Numunelere ait kompasite tayini sonuçları Şekil 7'de verilmiştir. GDBA ve GDTA katkıli beton numunelerin %25, %50 ve %75 ikame oranları için kompasite sonuçları kıyaslandığında aynı kompasite değerlerine sahip olurken %100 ikame oranında GDTA katkıli numunelerin kontrol numunesine ve GDBA katkıli numunelere göre daha düşük bir kompasite miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 7. Kompasite tayini sonuçları

4. Sonuç ve Öneriler

Atık beton ve atık tuğlaların geri dönüştürülmesi yolu ile beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliğin araştırılmasını kapsayan bu çalışmada elde edilen sonuçlara aşağıda yer verilmiştir.

- GDBA ve GDTA katkılı numunelerde GDA kullanım yüzdelerindeki artışa bağlı olarak basınç dayanımları kıyaslandığında, %25, %50 ve %75 ikame oranlarında GDBA katkılı numunelerin ortalama basınç dayanımı GDTA katkılı numunelerden daha yüksek bir değere sahip olurken %100 ikame oranında GDTA katkılı numunelerin GDBA katkılı olanlardan daha yüksek bir basınç dayanımına sahip olduğu gözlenmiştir. Bu verilerden yola çıkarak her iki GDA çeşidi için ideal kullanım oranlarının farklı olduğu söylenebilir.
- GDBA ve GDTA katkılı beton grupları için su emme yüzdeleri incelendiğinde %25 ikame oranında GDBA katkılı beton numunelerin ortalama su emme yüzdeleri GDTA katkılı numunelerden fazla iken %50, %75 ve %100 ikame oranlarında GDTA katkılı numunelerin su emme yüzdelerinin daha yüksek bir değere sahip olduğu tespit edilmiştir. İkame oranları %50, %75 ve %100 gibi yüksek değerler aldığı su emme yüzdesindeki artışın GDTA katkılı numunelerde daha fazla olması, tuğla agregalarının geometrik yapısının belirli ikame oranlarından sonra boşluk oluşumunu arttırdığı ve buna bağlı olarak su emme miktarında artışa sebep olduğu şeklinde yorumlanabilir.
- Birim hacim ağırlık sonuçları incelendiğinde kontrol numunesine göre ortalama birim hacim hacim ağırlık sonuçlarındaki azalış, tüm ikame oranları için GDTA katkılı numunelerden daha fazladır.
- Yoğunluk tayini sonuçları incelendiğinde kontrol numunesine göre GDBA katkılı numunelerin yoğunluk değerlerindeki azalış GDTA katkılı numune gruplarından ya daha az ya da eşit olduğu tespit edilmiştir.
- Kontrol numunesine kıyasla tüm numune grupları için ikame oranı artmasıyla kompasite miktarındaki azalış GDTA katkılı numunelerde daha fazladır. Genel olarak ortalama su emme yüzdelerindeki artışın da GDTA katkılı numunelerde daha fazla olması, sonuçların birbirini desteklediğini göstermektedir.
- Her iki farklı GDA ile üretilen beton gruplarında GDA miktarındaki artış, basınç dayanımı, birim hacim ağırlık, yoğunluk ve kompasite değerlerinde azalışa neden olurken su emme değerlerinde artışa neden olmuştur.
- Tüm numune gruplarıyla yapılan deneylerde kontrol numunesine en yakın olan sonuçları GDA katkı oranı en az olan numuneler sahip olmuştur.

Bu çalışma sonucunda her iki atık malzemenin geri dönüştürülmesi ile elde edilen agregaların beton üretiminde belirli oranda kullanılabileceği ancak dikkat edilmesi gereken hususlar olduğu anlaşılmıştır. Bu hususlardan bir tanesi geri dönüştürülmüş tuğla agregalarının su emme eğiliminin fazla olmasından kaynaklı, kullanılmadan önce mutlaka kuru yüzey suya doygun duruma getirilmesidir. Beton numunelerinin hazırlanması sırasında geri dönüştürülmüş agrega miktarındaki artışın, beton işlenebilirliğini olumsuz etkilediği gözlenmiştir. Bu nedenle benzer çalışmalarda kesinlikle akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanımı önerilmektedir.

Kaynaklar

[1] Ölmez E., Yıldız Ş., “İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetimi ve Planlanan İstanbul Modeli Kent Yönetimi”, İnsan ve Çevre Sorunları 2008 Sempozyumu, İstanbul, (2008.)

[2] Kocasoy G., “Katı atıkların toplanması ve kazanılması”, Boğaziçi üniversitesi, İstanbul, (1990).

- [3] Topkaya B., “Katı atık yönetimi ders notları”, Akdeniz üniversitesi, Çevre mühendisliği bölümü, Antalya, (2015).
- [4] Neville, A.M. “Properties of Concrete (Third Edition)”, Longman Scientific and Technical, New York, (2000).
- [5] Yalçın, H., Gürü M., “Çimento ve Beton”, Palme Yayıncılık, Ankara, (2006).
- [6] Anonim (2007). Tuğla ve kiremit sanayi bilgileri. Tuğla ve Kiremit Sanayicileri Derneği, <http://www.tukder.org/>. (Erişim tarihi: 12 Ocak, 2021)
- [7] Kurç, H. C.ve Şişman, C. B. “Tuğla Kırıklarının Betonun Dayanım Özellikleri Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi”, Bilimsel araştırma projesi, (2016).
- [8] Öztürk M., “İnşaat/Yıkıntı Atıklarının Yönetimi”, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, (2003).
- [9] Pourghadri S. H., Şimşek O., “Farklı oranlarda gerideönüşüm agregası kullanılarak üretilen betonun bazı mühendislik özelliklerinin araştırılması”, Politeknik Dergisi, 21(1), (2018) 83-91.
- [10] Özalp F., Yılmaz H. D., Kaya Ö., “İnşaat ve Yıkıntılardan Geride Kazanılan Agregaların Çeşitli Beton Elemanların Üretiminde Değerlendirilmesi”, 9. Ulusal Beton Kongresi, Antalya, (2015).
- [11] Malesev, M., Radonjanin, V. and Marinkovic, S. “Recycled Concrete as Aggregate for Structural Concrete Production”, Sustainability, 2(1), (2010), 1204-1225.
- [12] Çimen S., “İnşaat Sektöründe Gerideönüştürülmüş Agregaların Tekrar Kullanımı”, Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi, 1(1), (2018), 44-54.
- [13] Döndüren M. S., Şişik Ö., “Gerideönüştürülmüş Agregalarla Üretilen Betonların Özellikleri”, Teknik-Online Dergi, 15(2), (2016).
- [14] TS 802, “Beton karışım tasarımı hesap esasları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- [15] TS EN 206-1, “Beton-Bölüm 1: Özellik, performans, imalat ve uygunluk”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [16] TS EN 12350-1, “Taze beton deneyleri-Bölüm 1: Numune alma”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [17] TS EN 12390-3 “Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 3:Deney numunelerinde basınç dayanımının tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [18] Demirel, C., & Şimşek, O., “Erken Yaştaki Atık Betonların Gerideönüşüm Agregası Olarak Beton Üretiminde Kullanılabilirliği ve Sürdürülebilirlik Açısından İncelenmesi”, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, (2015).

[19] TS 3624, “Sertleşmiş betonda özgül ağırlık, su emme ve boşluk oranı tayin metodu”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

[20] Khaloo, A.R., “Properties of concrete using crushed clinker brick as coarse aggregate”, ACI Mater. Journal, 91 (2), (1994), 401-40.

[21] TS EN 12390-7, “Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 7: Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.