

GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ AGREGALARLA ÜRETİLEN BETONLARIN ÖZELLİKLERİ

M.Sami DÖNDÜREN¹, Özlem ŞİŞİK¹

¹Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya
Türkiye sdonduren@selcuk.edu.tr

Özet

Doğal kaynakların kullanımının azaltılmasını sağlayan atıkların geri dönüşümü, doğal hayatı korumak için yapılan çevresel çalışmalardan biridir. Katı atıkların önemli bir bölümünü yapısal inşaat atıkları meydana getirmektedir. Yapısal inşaat atıklarının yaklaşık %40'ını ise beton atıkları oluşturmaktadır. Betonun yapısının da yaklaşık %55-%80'ini agregaların oluşturduğu düşünülürse, agregaların geri dönüşümü, çevreye verilen zararları azaltacağı gibi büyük şehirlerde doğal agrega kaynaklarının şehir merkezlerinden çok uzak olmasından dolayı nakliye masraflarının yanında, nakliye sırasında harcanan iş ve zaman kaybını da azaltacaktır. Beton agregaları, kullanım yeri ve amacına göre, granülometrik dağılımı, tane şekli, aşınma direnci, donma dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TSE'nin belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır. Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş atık beton agregaları üzerinde yapılan deneylere yer verilerek, geri dönüştürülmüş atık beton agregalarının, beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık beton, Doğal agrega, Geri dönüşüm, Geri dönüştürülmüş agregalar.

MANUFACTURED WITH RECYCLED AGGREGATES CHARACTERISTICS OF CONCRETE

Abstract

The recycling of waste that can help reduce the use of natural resources is one of the environmental work done to protect the wildlife. An important part of the structural construction waste, solid waste form. In about 40% of construction waste is composed

of structural concrete waste. Considering the form of aggregates to around 55-% to 80% in the structure of the concrete, recycling of aggregates, such as to reduce damage to the environment in big cities alongside the natural aggregate resources of the city due to the very far from the center transportation costs, labor expended during transport and will also reduce the waste of time. In general, concrete aggregates, according to the place of use and purpose, particle size distribution, particle shape, abrasion resistance, durability in terms of freezing and hazardous substances must be in accordance with the criteria set by the TSE. In this study, recycled waste by employing tests on concrete aggregates, recycled waste concrete aggregates, as concrete aggregate availability investigated.

Keywords: Waste concrete, Natural aggregates, Recycling, Recycled aggregates.

1. Giriş

Toplum bilincine sahip herkes için teknik performans ve ekolojik sorumluluk önemlidir. Mühendislik uygulamalarında, yalnız teknik özelliklerin temeli üzerinde uzun analizler ve değerlendirmeler değil, bu uygulamaların çevre üzerindeki etkileri de dikkate alınır. Bu nedenle amaç, hem atık miktarını minimize etmek ve doğal kaynakların korunmasını sağlamaktır hem de toprak, su, hava gibi yenilenemeyen enerjinin tüketiminde benzer çevresel etkinin azaltılmasıdır [1].

Günümüzde atık maddelerin yeniden kullanılması ile ilgili çalışmalar oldukça önem kazanmıştır. Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremlerde yıkılan binalardan elde edilen beton atıklarının, sahillerde dolgu olarak kullanılması oldukça sakıncalı durumlar meydana getirmiştir. Ayrıca, büyük yerleşim bölgelerinde doğal kaynakların bulunamaması, bulunan kaynakların ise şehir merkezlerinden uzak olması ve ağır malzemelerin taşınmasının maliyetleri arttırması, bu araştırmaları önemli kılan bir nedendir. Bir diğer neden ise, yıkılan binaların %75'ini betonun oluşturması ve bu atık beton malzemenin hiç değerlendirilmeden atılması ile atıkların yığıldıkları yerlerde kapladıkları alan kaybına ve çevre kirliliğine yol açmasıdır [2].

Yapı atıklarının milyonlarca tonu geri dönüştürülebilmekte ve Avustralya'da geri dönüştürülmüş agregalar ile beton kullanımının geliştirilmesi için çeşitli projeler yapılmaktadır [3]. Kullanım alanına göre geleneksel betondan daha pahalı olmayan bu yeni üretim, doğal kaynakların korunmasına ve boş arazilerin doldurulmasını önlemeye

yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmalarla inşaat ve yıkıntı atıklarının toplamının %40'ı tekrar kullanılabilir. Birçok ülkede ise geri dönüştürülmüş beton agregasının %100'ü bir süredir ticari amaçlı beton üretiminde de denenmektedir ve geri dönüştürülmüş agregalarla üretilen hazır betonlar, bisiklet yolları gibi inşaat sektörünün yapısal olmayan kısımlarında kullanılmaktadır. Bunun dışında yaya yolları, kaldırım taşları, konut ve sürücü yollarında yer döşemesi olarak da kullanılabilir. Bunun anlamı milyonlarca ton atık betonun temizlenerek yeniden kullanımını sağlamak ve el değmemiş hammadde ihtiyacını azaltmaktır [4].

İnşaat malzemelerinin geri kazanımı, artan atık problemine katkıda bulunması ve doğal agrega kaynaklarının ömrünün uzamasına yardım etmesi gibi, ekolojik ve ekonomik faydalarından dolayı, uzun yıllardır çeşitli ülkeler tarafından araştırılmaya değer bulunmuş ve bu konuyla ilgili pek çok aşama kaydedilmiştir [5].

Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş agregalar ve bu agregalardan üretilen beton üzerinde araştırmacılar tarafından yapılan deneyler incelenerek, sonuçlar üzerinde irdelenmeler yapılacaktır.

2. Geri Dönüştürülmüş Agregalı Betonlar Üzerinde Yapılan Deneyler

2.1. Oporto, Betopal Hazır Beton Tesislerinde Yapılan Deneyler (Portekiz)

2.1.1. Deneysel çalışmalar

Oporto yakınlarındaki, Betopal Hazır Beton Tesislerinin laboratuvarında küp numuneler kırılarak elde edilen agregalarla üretilen betonun özellikleri incelenmiştir. Oporto Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde de farklı karışımlarla mukavemet ve taze beton testleri yürütülmüştür. Enkaz kırıcı ile kırılarak, 25mm'lik elekten tamamen geçebilen malzeme elde edilmiştir. Eleme yapıldıktan ve (5mm'den küçük) ince parçalar atıldıktan sonra, 2 sınıf 5/15 ve 5/25'lik kaba malzeme elde edilmiştir. İki farklı cinsle geri dönüştürülmüş agrega ve doğal kumla sırasıyla 300 ve 400 kg/ m³ çimento eklenerek beton numuneler hazırlanmıştır. Sonuçları karşılaştırmak için sırasıyla 300 ve 400 kg/ m³ aynı tip çimentodan ve kaba ve ince geleneksel agregalar kullanılarak iki farklı karışım hazırlanmıştır. Beton içerisindeki geri dönüştürülmüş ve geleneksel malzemeler, hesaplamalar da aynı çökmeyi elde etmek için, su hacimleri hariç karışımlardır. Her bir karışımdan 15x15x15 cm³ küp ve 15x15x55 cm³ 'lük prizma

numuneler yapılmış ve küplere mukavemet, su emme ve permabilite testleri, prizmalara eğilme testleri, elastisite ve statik modülü, Amsler-Loffon aşınma testleri uygulanmıştır. Agregaların elek analizi, özgül ağırlık, su emme ve Los Angeles aşınma değerleri ölçülmüştür. Geri dönüştürülmüş 5/15 ve 15/25'lik kaba agregalar ve doğal kumların elek analizinden elde edilen sonuçlar Tablo 1 ve Tablo 2'de yer almaktadır [6].

Tablo 1. Kaba agregaların test sonuçlarından elde edilen değerler

	Geri Dönüştürülmüş Agrega		Normal Agregası (Betopal)	
	5/15	15/25	5/15	15/25
İncelik Modülü	6.38	7.35	6.69	7.40
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2.36	2.39	2.64	2.63
Su Emme %	6.6	5.1	0.9	1.2
Los Angeles %	46		34	

Tablo 2. İnce agregaların test sonuçlarından elde edilen değerler

	Kum 0.5/5 (Betopal)	Kum 0.2/0.5 (Betopal)
	İncelik Modülü	3.82
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2.6	2.6
Su Emme %	1.2	1.1

Hazır beton üretim tesislerinde, geri dönüştürülmüş agregalarla beton üretilebilir, ancak dönüştürülen agregaların gerçekten iyi temizlenmiş ve iyi kalitede olması oldukça önemlidir. Geri dönüştürülmüş agregaların çok yüksek su emme kapasitelerinden dolayı, ince malzeme olarak doğal kumun kullanılması tavsiye edilmektedir. Geri dönüştürülmüş agregalı betonların işlenebilirlik ve mekanik karakterleri tamamen yeterlidir ve dayanıklılığı doğal agregalı betonlarla aynı özellikler göstermektedir. İşlenebilir olması için karıştırma suyunun artırılması, hacmi artırdığı için dikkat edilmesi gereklidir. Geri dönüştürülmüş agregalı betonun mukavemeti, geleneksel agregalı betona nazaran biraz daha azdır. Bu durum su/çimento oranının daha yüksek olmasının bir sonucudur. Genellikle aynı çimento miktarı ve işlenebilirlik

için, geri dönüştürülmüş agregalardan elde edilen beton mukavemetinin (European ENV 206 standartlarına göre) geleneksel betondan bir sınıf daha düşük olduğu söylenebilir.

2.2 Geri Dönüştürülmüş Agregalı Betonun Yapısal Elemanlarda Kullanılmasıyla İlgili Deneyler (Silesian Üniversitesi, POLONYA)

2.2.1 Test programı

On iki kiriş, dörderli seriler halinde klasik dört- nokta testiyle test edilmiştir. Kirişlerin boyutları, mesnetleri ve yükleme sistemleri bütün elemanlarda aynıdır. Her seride üç kiriş aynı donatıdan ve aynı nitelikli betondan hazırlanmıştır, fakat farklı agrega bileşimleriyle karıştırılmıştır. Her serinin ilk kirişi, mukayese elemanı olarak, doğal agregalardan yapılmıştır. Son olarak, her serideki üçüncü kiriş geri dönüştürülmüş kaba agrega ve ince agregalardan yapılmıştır. Kirişler O3, G3, G6 ve G9 olarak ayrı ayrı isimlendirilmiştir. Kirişlerin üretiminde, yuvarlak nehir çakılı ve kırma granitli iki çeşit agrega ile üretilen betondan, orijinal olarak yapılmış 2-4 yıllık prefabrike elemanlar kırılarak elde edilen geri dönüştürülmüş agregalar kullanılmıştır. Beton karışımlara aynı tutarlılığın sağlanması için, biraz su ilave edilmesine ihtiyaç duyulmuştur, bu miktar da denenerek tayin edilmiştir. Bütün kirişlerin eşit kuvvet altında kırılma dayanımı test edilmiştir. Kuvvetler her defasında 5 KN arttırılarak, beton gerilmeleri, kirişlerin sehimi ortalamalarının miktarı, özellikle ana donatı düzeyindeki çatlakların yeri ve genişlikleri ölçülmüştür. Donatılı beton kirişlerin davranışı, malzeme ve yapısal niteliklerinin, eğilme ve kesme güvenliği üzerindeki etkileri bakımından incelenmiştir. Aynı oranlarda karıştırılan fakat farklı agregalar kullanılan betondan, benzer elemanlar oluşturularak hesaplamalar yapılmıştır. Bu hesaplamalarda, farklı agregaların kullanılmış olması, taşıma kapasitesinin, sehiminin v.s değerlerinin tespitini güçleştirmiştir. Bu durum özellikle geri dönüştürülmüş agregaların kullanıldığı betonlarda ortaya çıkmıştır. Buna rağmen geri dönüştürülmüş agregalar kullanılarak yapılan betonun farklı özelliklerinin tespiti için testler tamamlanmış, bu analizlerle aşağı yukarı temel standartlar belirlenerek global sonuçlar elde edilmiştir [7].

Dörderli kiriş serilerinde yapılan test sonuçlarının ve incelemelerin karşılaştırılmasıyla aşağıdaki sonuçlara varılabilmektedir:

- ✓ Kirişlerin taşıma kapasitesi, geri dönüştürülmüş agregaların katılmasıyla üretilen beton serilerinde, ortalama-mukavemetli betonda (30–60 MPa), yüksek-mukavemetli betonda (80–90 MPa) olmak üzere oldukça fark etmektedir.

- ✓ Geri dönüştürülmüş agregalı betondan yapılan kirişlerin sehimleri, doğal agregalarla yapılan karşılaştırma kirişlerinininkinden %30-%50 daha fazla olmasına rağmen, betonun basınç mukavemeti bu kirişlerde sadece %6-%23 daha küçüktür.
- ✓ Testlerin sonuçları genel olarak beklentileri doğrulamıştır, ancak elemanların deformasyonlarındaki büyük farkların açıklanması için kirişlerde daha fazla test yapılmasına ihtiyaç olduğu görülmüştür. Böyle testler kolonlar için de hazırlanmalıdır.

2.3 Geri Dönüştürülmüş Agregalarla Üretilen Beton Üzerinde Yapılan Deneyler (Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta)

Bu çalışmada, deprem ve imar yüzünden yıkılan binaların oluşturduğu atık betonların agrega olarak kullanılması ile maliyet ve çevresel nedenlerin oluşturduğu sakıncaların azaltılması amaçlanmıştır [2].

2.3.1 Malzemeler

Bu araştırmada, malzeme olarak İzmit-Gölcük'te meydana gelen deprem nedeniyle yıkılan binalara ait deprem atıkları ile Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bir binadan alınan atıklar, atık beton agregası olarak kullanılmıştır. Şahit beton ise Atabey agregası kullanılarak yapılmıştır.

Söz konusu malzemeler ile ilk aşamada aşağıdaki beton örnekleri hazırlanmıştır:

- a) Normal beton agregası (Atabey kum-çakıl) ile elde edilen beton örnekleri (N),
- b) Temizlenmiş ve derecelenmiş Gölcük bölgesi deprem atıkları ile elde edilen beton örnekleri (GT),
- c) Temizlenmemiş ve derecelenmemiş Gölcük bölgesi deprem atıkları ile elde edilen beton örnekleri (GK),
- d) Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış bina atıklarının temizlenmiş ve derecelenmiş kısmı ile elde edilen beton örnekleri (İT),
- e) Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış bina atıklarının temizlenmemiş ve derecelenmemiş kısmı ile elde edilen beton örnekleri (İK).

Yukarıda GT, GK, İT ve İK ile belirtilen beton örneklerinden elde edilen bulgular standartlara uygun sonuçlar vermediğinden atık betonlardan elde edilen agregalar, normal beton agregası ile karıştırılmıştır. Ancak karışımlarda belli oranlara

uyulması gerektiğinden, temizlenmemiş ve derecelenmemiş atık beton agregaları karışımlarda kullanılmamıştır.

Beton karışımları aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

- a) Atabey ince agregası + Gölcük deprem atıklarından elde edilen kaba agregası (K1)
- b) Atabey kaba agregası + Gölcük deprem atıklarından elde edilen ince agregası (K2)
- c) Atabey ince agregası + Isparta atıklarından elde edilen kaba agregası (K3)
- d) Atabey kaba agregası + Isparta atıklarından elde edilen ince agregası (K4)

Beton yapımında bağlayıcı malzeme olarak, Göлтаş Gölle Bölgesi Çimento Fabrikası'nın üretmiş olduğu (TS 12143, PKÇ-A 32.5) çimentolar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan su, Isparta Bölgesi şebeke suyudur. Laboratuvar aşamasında kullanılan araçlar; etüv, TS 706'da belirtilen kare gözlü elekler, duyarlı terazi, cam balon, silindir ve küp beton kalıpları. Los Angeles aleti, silindir ve küp örneklere uygulanacak olan tek eksenli basınç aleti, ultrases aletidir.

Bu araştırmada geri dönüştürülmüş agregalar (deprem atıkları ve imar yüzünden yıkılmış yapı atıkları) ile şahit beton agregaları üzerinde deneysel çalışmalar yapılmış ve sonuçları aşağıda değerlendirilmiştir. İzmit-Gölcük'te meydana gelen deprem nedeniyle yıkılan binalara ait deprem atıkları ile Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bir binadan alınan atıkların beton agregası olarak kullanıldığı beton örneklerinden, Atabey ince agregası ile Isparta atıklarından elde edilen kaba agreganın (K3) en ideal karışım oluşu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, gerek İzmit-Gölcük'te yıkılan binalara ait deprem atıkları ve gerekse Isparta yöresinde imar yüzünden yıkılmış olan bir binadan alınan atıkların taşıyıcı beton agregası olarak kullanılamayacağı tespit edilmiştir. Ancak bu agregaların taşıyıcı olmayan betonlarda, grebetonlarda, koşu ve bisiklet yolu betonlarında vestabilize yol dolgularında kullanılması önerilebilmektedir.

2.4. Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği Üzerinde Yapılan Deneyler (Selçuk Üniversitesi, Konya)

Bu çalışmada, beton basınç mukavemeti 20 MPa olan atık betonlardan elde edilen geri dönüşüm agregalarının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş, bu agregalardan farklı karışımlarda beton üretilmiştir. 1. karışımın tamamı geri dönüşüm agregasından oluşmaktadır. 2. karışımın iri agregası geri dönüşüm agregası olup ince

agregası kırma taş kumdur. 3. karışımın ise tamamı kırma taş agregadan üretilmiştir. Bütün karışımlar aynı dozajda üretilerek birbirleriyle kıyaslanmıştır [8].

2.4.1. Geri dönüşüm agregasının fiziksel özellikleri

Elek analizi elde edilen agreganın tane büyüklüklerinin uygun bir şekilde ayarlanması ile istenilen kalitede betonun elde edilebilmesi için çok önemlidir. Bu sebeple elek analizi önemli bir deneydir. Agregayı oluşturan malzemenin bir takım seri eleme işlemi yardımıyla, azalan büyüklüklerdeki farklı tane boyutları halinde belirlenmesiyle, deney TSE 3530 (1980)'a uygun olarak yapılmıştır. Agregaya yığılı içerisindeki malzemenin tane çaplarına göre dağılımına tane dağılımı (granülometri) adı verilmektedir. Agregaya örneğinin içerisindeki taneler çeşitli tane sınıflarına göre, belirli boy gruplarına ayrılmıştır. Her boy grubunda agregaya tanelerinin toplam ağırlıkları bulunarak, tüm agregaya kümesi içerisinde % miktarı bulunmuştur. Elde edilen değerler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Agregaya elek analizi sonuçları ve incelik modülü (TSE 3530)

Elek Açıklığı (mm)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)
32,0	100	0
16,0	95,7	4,3
8,0	71,5	28,5
4,0	68,3	31,7
2,0	47,4	52,6
1,0	40,4	59,6
0,5	22,7	77,3
0,25	15,7	84,3
	İncelik Modülü	3,38

Agregaların su emme ve birim ağırlık değerleri TS 3526'ya göre ayrı ayrı bulunmuştur. Gerekli hesaplamalar yapıldıktan sonra ince agregaların (0-4 mm arasındaki agregalar) ortalama su emme değerleri %10,64 olup, iri agregaların (4-16 mm arasındaki agregalar) ortalama su emme miktarı % 4,62'dür. İnce agregaların özgül

ağırlığı 2,69 ve iri agregaların özgül ağırlığı 2,67 olarak bulunmuştur. Agreganın aşınma dayanıklılığını tayin etmek üzere TS EN 1097-2 'ye göre Los Angeles aşınma deneyleri yapılmıştır. Bu deneyde, darbe ve aşınmaya karşı mukavemeti bakımından iri agreganın kalitesi araştırılmıştır. Deneyler sonucunda 100 dönüşte %7,86 ve 500 dönüş sonunda %31,72 aşınma kaybı değerleri elde edilmiştir. Aşınmaya veya parçalanmaya dayanıklı agregalarda, bilyalı tamburun 100 ve 500 devir döndürülmesi sonucunda ortaya çıkacak aşınma miktarı, %10 ve %50'den fazla olmamalıdır. Tablo 4'deki değerlerden de görüldüğü gibi atık betondan elde ettiğimiz agregaların aşınmaya veya parçalanmaya dayanıklı olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Los Angeles aşınma deney sonuçları (TS EN 1097-2)

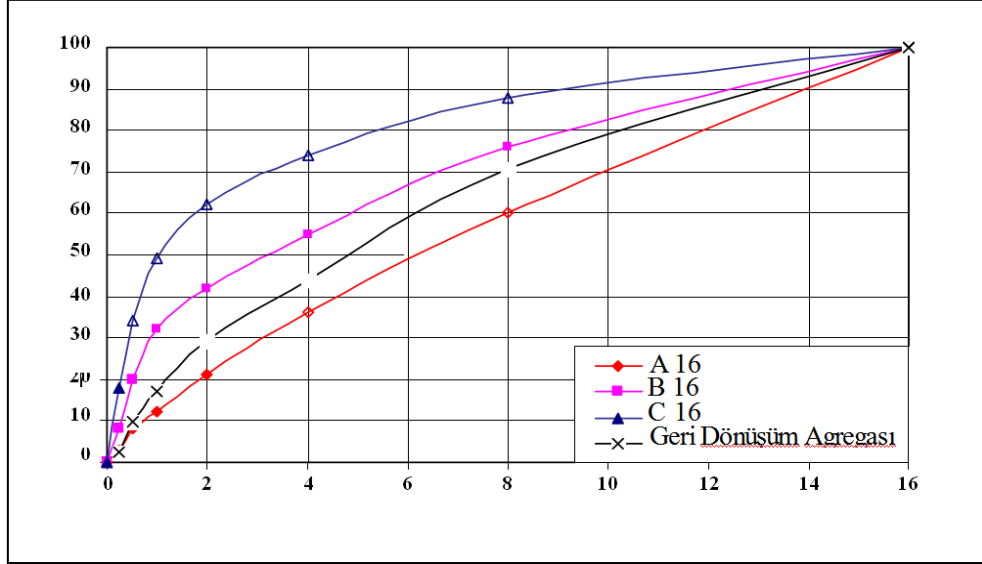
Los Angeles Aşınma Deneyi		
Kullanılan Numune (gr)	5000	5000
Devir Sayısı	500	100
1,6 Elek Üstü (gr)	3414	4607
1,6 Elek Altı (gr)	1586	393
Aşınma Yüzdesi (%)	31,72	7,86

Dona dayanıklılığın bulunması için kimyasal yöntemlerden Na₂SO₄ ile dona dayanıklılığın bulunması yöntemi tercih edilmiştir. Deneyde; 1,155 g/cm³ yoğunluğunda, deneye tane hacminin 5 katından daha fazla sodyum sülfat (Na₂SO₄) çözeltisi hazırlanmıştır. Deney sırasında çözeltinin yoğunluğunun değişmemesi için çözeltinin üzeri kapalı tutulmuştur. Deney 4-8 ve 8-16 mm tane sınıflarına uygulanmıştır. Deney sonucunda 4-8 mm tane sınıfında ortalama %22,16 kayıp bulunmuş ve 8-16 mm tane sınıfında ortalama %22,29 kayıp bulunmuştur. Sonuç olarak agregalarda oluşan ağırlık kaybı TS EN 1367-1'de istenilen yüzdeden fazladır.

2.4.2 Geri dönüşüm agregalarından beton üretilmesi

Deneylerde TS EN 197-1'e göre üretilmiş CEM II/B-M(P-L) 32,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Harçların hazırlanmasında içme suyu niteliğine sahip şehir şebekesinden sağlanan TS EN 1008'e uygun su kullanılmıştır. Agregada olarak tamamı geri dönüşüm agregasından üretilen betonda, en büyük dane çapı 16 mm olacak şekilde geri dönüşüm agregası elenerek, ince ve orta diye adlandırılan agregadan %40 ve kalın

diye adlandırılan agregadan %20 oranında kullanarak TS 130'a ve TS 706'ya göre hesaplanarak Şekil 1'deki oranlar kullanılmıştır. Bu standartlara göre A16; 16 mm'lik elek standartlarında alt sınırı, B16 orta sınırı ve C16 da üst sınırı göstermektedir

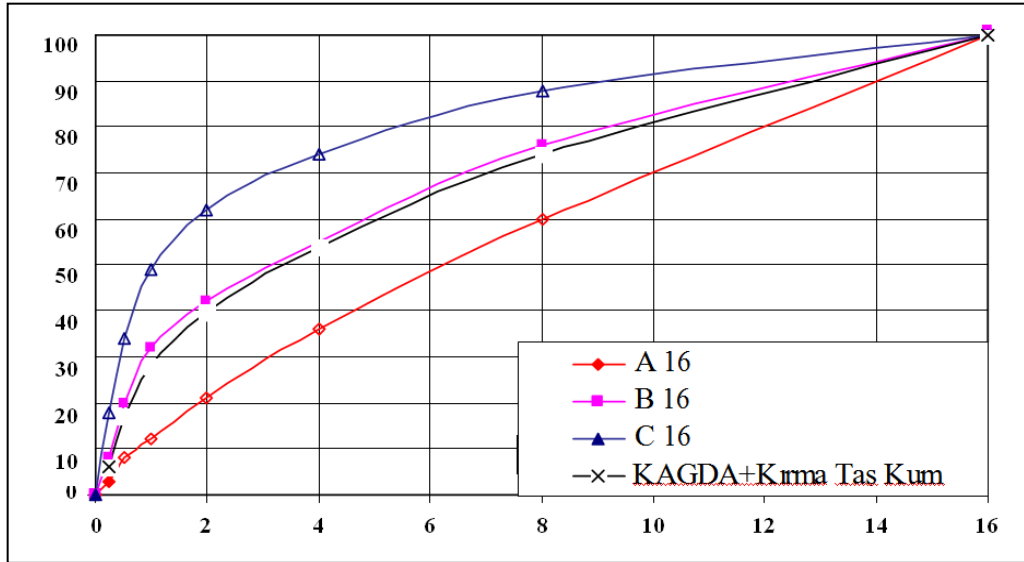


Şekil 1. Beton üretiminde kullanılan geri dönüşüm agregası granülometri eğrisi

Kullanılan toplam agreganın kumu kırma taş agrega, kalın agregası geri dönüşüm agregasından (KAGDA) olan karışımda geri dönüşüm agregasının su emme miktarı % 4,62 ve birim ağırlığı 2,67' dir. Kum olarak kullanılan kırma taş agreganın su emme miktarı %1,02 ve birim ağırlığı 2,71' dir. Bu karışımdan elde edilen granülometri eğrisi Şekil 2'de verilmiştir. Tamamı kırma taş agregadan üretilmiş betonun içinde kullanılan agreganın da granülometrisi Şekil 2' deki oranlarda olacak şekilde ayarlanmıştır.

Geri dönüşüm agregalarının üzerinde kalan harç kırıntıları nedeniyle geri dönüşüm agregalarının normal agregaya göre birim ağırlığının daha düşük olduğu görülmüştür. Geri dönüşüm agregalarının özellikle ince agregalı geri dönüşüm agregalarının su emme kapasitelerinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. İnce agregalı geri dönüşüm agregalarının ortalama su emme değerleri %10,64 olup, kalın agregalı geri dönüşüm agregalarının ortalama su emme miktarı %4,62'dür. Geri dönüşüm agregalarının Los Angeles Aşınma değer kaybı %31,72 bulunmuştur. Bu da agreganın aşınmaya ve parçalanmaya karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir. Geri dönüşüm agregalarının beton üretiminde kullanımı arttıkça taze betonun işlenebilirliğinin azaldığı görülmektedir. İşlenebilirliği arttırmak için geri dönüşüm

agregalarının betondaki kullanım oranına göre akışkanlaştırıcı katkıları kullanılmalıdır. Beton karışımında kullanılan geri dönüşüm agregası miktarı arttıkça 7 günlük ve 28 günlük beton basınç mukavemetinin düştüğü görülmektedir. Betonda geri dönüşüm agregası miktarı arttıkça betonun yarmada çekme dayanımının azaldığı tespit edilmiştir. Geri dönüşüm agregalarının işlenebilirliği azaltması, betonun hem basınç hem de çekme mukavemetini azaltmasına rağmen hiç bir kimyasal katkı maddesi kullanılmadan, farklı beton dozajları, farklı su/çimento oranları ve farklı gradasyon eğrileri denenmeden tamamen geri dönüşüm agregasından 28 günlük beton basınç dayanımı 13,14 Mpa olan beton elde edilebilmektedir. Dolayısıyla artan yıkım atıklarını hem yapısal hem de yapısal olmayan betonda kullanmak hem atık betonların çevreye verdiği zararları azaltacak hem de ekonomik çözümler üretecektir.



Şekil 2. Beton üretiminde kullanılan KAGDA+Kırma taş kum granülometri eğrisi

3. Sonuçlar

Yapılan araştırmalarda geri dönüştürülmüş agregalı betonun basınç dayanımı, deformasyonu ve elastisite modülü, normal betona göre daha kötü sonuçlar vermiştir. Geri dönüştürülmüş agrega ile taze harcın arasındaki yapışmanın iyi olmamasından dolayı geri dönüştürülmüş agregalı betonun dayanımı düşüktür. Yeni ara yüzdeki basınç dayanımını arttırmak için daha güçlü aderans sağlanması gerekir.

Geri dönüştürülmüş agregalı betondaki donma-çözünme sonundaki ağırlık kaybı, normal betona göre fazla olduğu tespit edilmiştir. Geri dönüşümlü agregalar, yüksek geçirgenlik ve kuru ağırlığının %5-10'u arasında bir su tutma kapasitesine sahiptir. Beton karışımında kullanılan geri dönüşümlü agregaların su emme miktarının hesabına dikkat edilmelidir.

Agregaların yüksek su tutma kapasitesi, agrega içersindeki poroz (boşluk) nedeniyledir. Uygulamalı örnekler göstermiştir ki; bazı zamanlarda süper akışkanlaştırıcının uygulanması tam işlenebilirlik uyumunu yeniden canlandırabilmektedir.

Eski betonda hava sürüklenme katkısı kullanmanın geri kazanılmış betonda önemli bir hava sürüklenme etkisi yapmadığı saptanmıştır. Geri kazanılmış agregaların yüksek kalitesi için beton teknolojisinde sadece birkaç değişiklik gerekmektedir. İşleme teknolojisindeki gelişmeler, bu malzemenin kalitesini yükselterek beton üretimine uygun olmasına yardım edebilir. Genellikle aynı çimento miktarı ve işlenebilirlik için, geri dönüştürülmüş agregalardan elde edilen beton mukavemetinin geleneksel betondan bir sınıf daha düşük olduğu söylenebilir.

Geri dönüştürülmüş agregalı betonun, normal agregalı betona göre hemen hemen yakın olması inşaat betonu üretiminde, geri dönüştürülmüş beton agregasının, ana agrega olarak kullanabileceğini göstermiştir. Geri kazanılmış betondan oluşturulan agrega ile taze harç arasındaki aderansın sağlanması ile geri dönüştürülmüş betonun yapısal beton da olarak birçok alanda kullanılması sağlanacaktır.

Kaynaklar

- [1] Müller C, Requirements on Concrete for Future Recycling, Aachen Teknik Üniversitesi. Aachen,1999, Almanya.
- [2] Savaş Ö, Atık Betonların Geri Kazanımı, Süleyman Demirel Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi,2002, Isparta.
- [3] Fraser A, A Sign Of The Times: Recycled Concrete,1999, Avustralya
- [4] Assbrock O, Bundesverband der Deutschen Transportbeton industrie,1999, Almanya.
- [5] Garg A, Koster G, Rühl M, Implementation of long term measurements at a building made of concrete with aggregate derived from concrete rubble, 1998,Almanya.

- [6] Hansen T.C, Hedegard E, Properties of Recycled Aggregate Concretes as Affected by Admixtures in Original Concretes, ACI Journal, s. 21–26,1984, İngiltere.
- [7] Ajdukiewicz A, Structural RC MEMbers From Recycled Aggregate Concrete, Department of Structural Engineering, Silesian University of Technology, Gliwice, 2000, Polond.
- [8] Köken A, Köroğlu M.A, Yonar F, Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, S.Ü Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Teknik-Online Dergi, Cilt 7, Sayı: 1, 2008, Konya.