

ATIK BETONLARIN BETON AGREGASI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

Ali KÖKEN*

Mehmet Alpaslan KÖROĞLU*

Fatih YONAR*

*Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Konya

Özet

Katı atıklarının önemli bir bölümünü oluşturan yapısal inşaat atıklarının 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.

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. Sonuç olarak; geri dönüşüm agregası kullanılarak üretilen betonlarda geri dönüşüm agregası oranı arttıkça beton basınç mukavemetinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler; Beton atıkları, geri dönüşüm agregası, agrega deneyleri

USAGE OF WASTE CONCRETES AS RECYCLED AGGREGATE

Abstract

The recycling of structural concrete wastes forming the majority of solid wastes on the world reduces the environmental damages besides the labor and time losses due to transportation of aggregates obtained from aggregates resources so far away from large cities.

In this study, the mechanical and physical properties of recycled aggregates

*Corresponding author. Tel.: +90-332-223 2655; Fax: +90-332-2410635.

E-mail address: akoken@selcuk.edu.tr (A. Köken), makoroglu@selcuk.edu.tr (M. A. Köroğlu)

produced from waste concretes having 20 MPa compression strength were investigated. Concrete specimens of different dosages were produced by using recycled aggregates instead of coarse and fine aggregates in the 1st mixture. In the 2nd mixture, recycled and normal aggregates were used instead of coarse and fine aggregates, respectively. Finally, 3rd mixture was formed with normal aggregates. All concrete mixtures produced with same dosage and water/cement ratio were compared and as a result, the compression strength of concrete decreased with the increasing amount of recycled aggregates.

Keywords: Concrete waste, recycled aggregate, aggregate experiments

1. Giriş

Doğal hayatı korumak için yapılan çevresel çalışmaların en önemlisi, doğal kaynakların kullanımının azaltılmasını sağlayan atıkların geri dönüşümüdür. Günümüzde çevreye bırakılan atıkların önemli bir bölümünü inşaat atıkları oluşturmaktadır. İnşaat atıklarının, özellikle atık betonların beton üretiminde agrega olarak kullanımı bu atıkların çevreye verdiği zararların azaltılmasının yanında, doğal agrega kaynaklarının tüketimini ve bunların çevresel etkilerini azaltır [1].

Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremler göstermiştir ki, depremlerde yıkılan binalardan elde edilen beton atıklarının sahillerde dolgu olarak kullanılması oldukça sakıncalı durumlar meydana getirmektedir. Ayrıca büyük yerleşim bölgelerinde doğal kaynakların bulunmaması ve bulunan kaynakların şehir merkezinden uzak olması, aynı zamanda bu ağır malzemelerin taşınmasının maliyetleri arttırması bir başka nedendir. Bir diğer neden ise, yıkılan binaların %75'ini betonun oluşturması ve bu atık betonun hiç değerlendirilmeden atılması ile atıkların yığıldıkları yerlerde kapladıkları alan kaybına ve çevre kirliliğine yola açmasıdır [2]. Agregası, betonun %55-%80'ini oluşturur. Eğer alternatif agrega kaynakları bulunmazsa, 2010 yılından sonra beton endüstrisi dünyada her yıl 8–12 milyar ton doğal agrega tüketecektir [1]. Dolayısıyla ham maddelerin azalması, artan nakliye ücretleri ve çevresel etkiler geri dönüşüm agregalarını kullanmayı gerekli hale getirmiştir [3].

Beton agregası; beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan (yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi

geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış tanelerin oluşturduğu bir yığındır [4].

Genel olarak beton agregaları, harçtan en ekonomik şekilde yararlanılacak granülometriye sahip olmalı, suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı, çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli, sert ve sağlam olmalı, su ile zararlı kimyasal bileşikler oluşturmamalı, kimyasal olarak zararlı maddelerle ve kille sarılı bulunmamalı veya çimentonun yapışma etkisine zarar vermemeli, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir. Agregası, kullanım yeri ve amacına göre; granülometrik dağılımı, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TSE'nin belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır [5].

Bu çalışmada İnşaat Mühendisleri Odası Konya Şubesi'nde 28 günlük silindirik basınç dayanımları 20 MPa olan beton numune artıklarından öğütülerek elde edilen malzemenin beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bunun için bazı deneysel çalışmalar yapılmıştır.

2. Literatür Araştırması

ELIAS ÖZKAN S. T. (2001) yaptığı çalışmada Türkiye'de de dünyanın diğer ülkelerinde olduğu gibi eski binaların yıkılıp yerlerine yenilerinin yapılacağı kaçınılmaz olduğunu belirterek çoğu zaman belediyelerden izinsiz ve uygunsuz yerlere bu moloz yığınlarının atıldığını incelemelerle tespit etmiştir. Bu çalışmayla rastgele moloz dökülmesinin önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Bu yüzden moloz dökümü yapılan yerlerde yapılarda kullanılmayan geri dönüşüm agregaları üretmek için bir geri dönüşüm çalışması yapılması gerektiğini ifade etmiştir. Ankara'da belediyelerden ve D.İ.E.'den alınan bilgilere göre yıllık 47471 m³ moloz artığı olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak büyük şehirlerde yıkımlar sonucu oluşan molozlar için döküm bölgeleri oluşturulması gerektiği ve bu bölgelerde molozları geri dönüştürebilecek hareketli tesislerin kurulması gerektiği tavsiye edilmiştir [7].

NIK. D. OIKONOMOU (2005) tarafından yapılan çalışmada, geri kazanılmış beton agregasının kullanım alanları ve uygunluk kriterleri incelenmiştir. Doğal afetler ve ömrü dolan binaların yıkımı ile elde edilen atıkların yeniden kullanılma yolları irdelenmiştir. Yıkım atıklarının ortalama, % 40'ının beton, % 30'unun seramik, %5'inin

metal, %5'inin plastik, %10'unun ahşap ve geri kalan %10'unun çeşitli malzemelerden oluştuğu belirtilmiştir. Geri dönüşüm agregalarının kullanılmasının çevresel katkılarının olacağı sonucuna varmıştır [6].

RAKSHVIR M., BARAI V. S.(2006) tarafından yapılan çalışmada geri dönüşüm agregalarının çeşitli mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Geri dönüşüm agregaların doğal agregalardan farklı davrandığı ve geri dönüşüm agregalarından yapılan betonların da kendine özgü davranışlar sergilediği gözlenmiştir. Bu çalışmada beton karışımında kullanılan geri dönüşüm agregalarının oranı arttırdıkça betonun basınç mukavemetinin %10 kadar azaldığı gözlenmiştir. Geri dönüşüm agregalarının su emmelerinin doğal agregalardan fazla olduğu beton karışımı sırasında gözlenmiştir [3].

TU T., CHEN Y., HWANG C. (2006) yaptıkları çalışmada geri dönüşüm agregasını kullanarak yüksek mukavemetli beton elde etmek için 10 grup deney yapmışlardır. Deneyler sonucunda birim ağırlığı, su emme kapasitesi, elek analizi, kuru birim ağırlığı ve aşınmasının genel olarak doğal agregadan daha kötü olduğu görülmüştür. Bunlara rağmen iyi bir tasarım hesabı yapıldığında geri dönüşüm agregalarını da kullanarak yüksek mukavemetli beton üretildiği görülmüştür [1].

GÜNÇAN N. F. (1995) yaptığı çalışmada C16 karışım standartlarına uygun olarak, %0, 30, 50, 60, 70, 100 oranlarında C16 kalitesinde eski beton atığı içeren beton numuneler üretmiştir. Üretilen beton numuneler üzerinde çeşitli fiziksel ve mekanik araştırmalar yapmıştır. Sonuçta beton karışımı içindeki eski beton atığı miktarının arttıkça betonun dayanımının ve birim hacim ağırlığının azaldığının tespit etmiştir [8].

3. Materyal ve Metod

Bu araştırmada kullanılan malzeme, İnşaat Mühendisleri Odası Konya Şubesi'nde test edilen beton numunelerden elde edilmiştir. Söz konusu beton atıkları konkasörde kırılarak kullanılabilir hale getirilmiştir.

3.1. 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 [9]. Agrega yığını içerisindeki malzemenin tane çaplarına göre dağılımına tane dağılımı (granülometri) adı verilmektedir. Agrega örneğinin içerisindeki taneler çeşitli tane sınıflarına göre, belirli boy gruplarına ayrılmıştır. Her boy grubunda agrega tanelerinin toplam ağırlıkları bulunarak, tüm agrega kümesi içerisinde % miktarı bulunmuştur. Elde edilen değerler Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Agrega elek analizi sonuçları ve incelik modülü (TSE 3530)

Elek Açıklığı (mm)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)
32	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 [10]. 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 [11]. 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 [12]. Tablo 2.'deki değerlerden de görüldüğü gibi atık betondan elde ettiğimiz agregaların aşınmaya veya parçalanmaya dayanıklı olduğu görülmektedir.

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

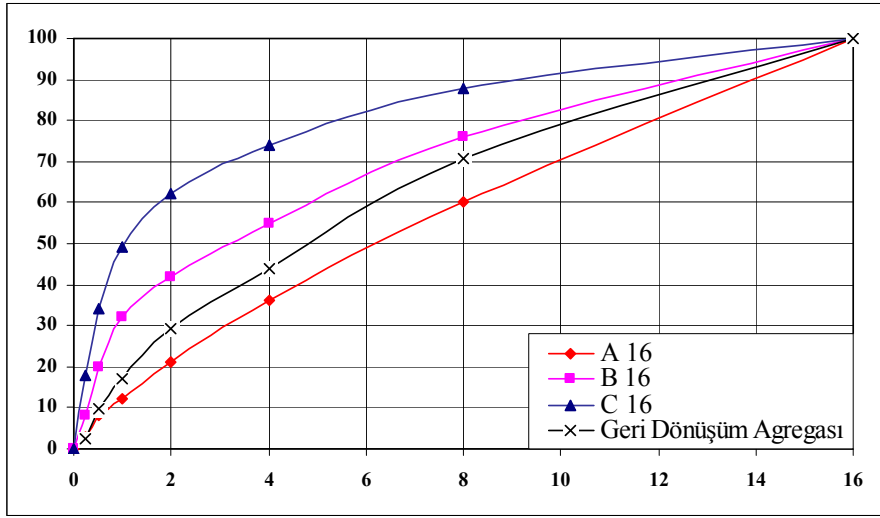
Los Angeles Aşınma Deneyi		
Kullanılan Numune (gr)	5000	5000
Devir Sayısı	500	100
1,6 Elek Üstü (gr)	3414	4607
1,6 Elek Altı (gr)	1586	393
Aşınma Yüzdesi (%)	31,72	7,86

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 [13].

3.2. Geri Dönüşüm Agregalarından Beton Üretilmesi

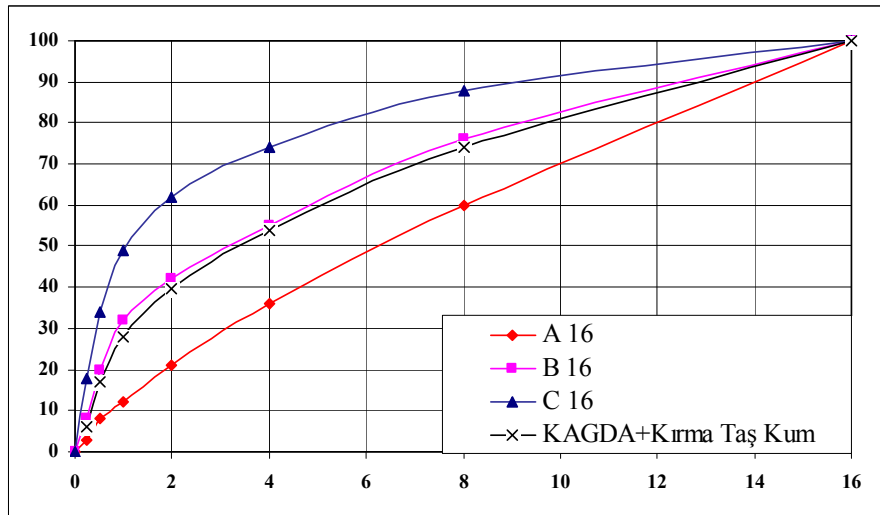
Deneylerde TS EN 197-1'e göre üretilmiş CEM II/B-M(P-L) 32,5 R tipi çimento kullanılmıştır [14]. Harçların hazırlanmasında içme suyu niteliğine sahip şehir şebekesinden sağlanan TS EN 1008'e uygun su kullanılmıştır [15].

Agrega 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 [16] ve TS 706'ya [4] 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.



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

3.3. Deneyde kullanılan malzeme miktarları ve elde edilen sonuçlar

Bu çalışmada Tablo 3.'de verilen beton karışım oranları kullanılmıştır. üç farklı deney grubu oluşturulmuştur. Birinci grupta kullanılan agrega tamamen geri dönüşüm agregasıdır. İkinci grupta kum (0-4 mm) olarak kırma taş agrega kullanılmış, iri agrega olarak geri dönüşüm agregası kullanılmıştır. Üçüncü grup karışımında agreganın tamamı kırma taş agregadan kullanılmıştır.

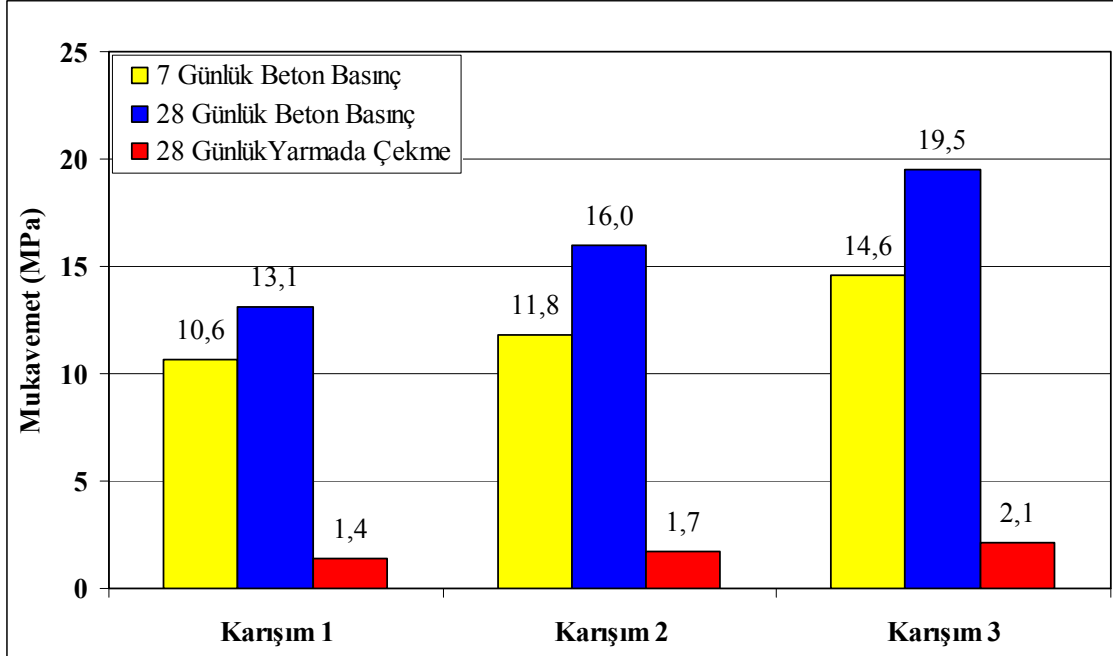
Tablo 3. Beton üretiminde kullanılan malzeme karışım miktarları (kg/m³)

	Karışım 1 (%100 GDA)	Karışım 2 (%50 GDA)	Karışım 3 (%0 GDA)
Çimento	320	320	320
Su	190	180	170
İnce Agrega (Kırma Taş Kum)	0	780	780
İnce Agregalı Geri Dönüşüm Agregası	690	0	0
İri Agrega (Kırma Taş)	0	0	1160
İri Agregalı Geri Dönüşüm Agregası	1090	1080	0
Hava Miktarı	%1,40	%1,30	%1,20
Birim Ağırlık (kg/m ³)	2290	2360	2430
Slump Değeri (mm)	75	85	90

Tablo 3.'de verilen oranlara göre hazırlanmış karışımlar 15x30 cm. ebatlarındaki standart silindir numunelere dökülmüş, 24 saat sonra kalıptan alınarak ortalama 20 C° suyun içinde muhafaza edilmiştir. Su miktarının kademeli olarak geri dönüşüm agregası kullandıkça arttırılmasının sebebi; geri dönüşüm agregalarının su emme yüzdelerini kullanılan kırma taş agregalardan fazla olmasıdır. Beton numuneler beton presinde aynı yükleme hızında 7 ve 28 günlük olarak kırılmışlardır. Deneylerden elde edilen 7 günlük ve 28 günlük beton silindir basınç mukavemetleri ve yarmada çekme mukavemeti sonuçları Şekil 4.'deki grafiklerde verilmiştir.

Agrega olarak % 100 geri dönüşüm agregasının kullanıldığı 1. karışımın 28 günlük beton basınç mukavemeti, agregasının tamamı kırma taş agrega olan 3.

karışımdan %33 daha az çıkmıştır. 1. karışımın 7 günlük beton basınç mukavemeti de 3. karışımdan %34 daha az çıkmıştır.



Şekil 4. 7 günlük ve 28 günlük beton silindir basınç ve çekme dayanım sonuçları

Agrega olarak agrega miktarının % 61'inin geri dönüşüm agregasının kullanıldığı 2. karışımın 28 günlük beton basınç mukavemeti, agregasının tamamı kırma taş agrega olan 3. karışımdan %18 daha az çıkmıştır. 2. karışımın 7 günlük beton basınç mukavemeti de 3. karışımdan %20 daha az çıkmıştır.

4. Sonuç ve Tartışma

DeneySEL çalışma sonucunda elde edilen bulgular ve yapılan öneriler aşağıda özetlenmiştir;

- 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.
- Gerek deprem gibi afetlerden sonra olsun gerekse eski yapıların yıkılmasıyla ortaya çıkan beton atıklarının geri dönüşüm agregası olarak kullanılması, bu atıkların depo edildikleri yerlerde oluşturacağı çevresel kirlilikleri azaltacaktır. Bunun yanında beton atıkların taşınması için harcanan nakliye giderleri azalacağı için bir ekonomi sağlayacağı da aşıkardır. Ayrıca nakliye işleminde kullanılacak yakıttan dolayı oluşacak hava kirliliği de azalacaktır. Yine geri dönüşüm agregaların kullanılmasıyla doğal agrega kaynaklarının kullanımını azalacağından dolayı doğal hayatın korunmasına da katkıda bulunulacaktır.

Kaynaklar

- [1] Tu Y T, Chen Y Y, Hwang L C, Properties of HPC with Recycled Aggregates, Cement and Concrete Research. 2006;36: 943–950.
- [2] Savaş Ö, Atık Betonların Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.
- [3] Rakshvir M, Barai V S, Studies on Recycled Aggregates-based Concrete, Waste Management & Research Res 2006; 24: 225–233.
- [4] TSE 706, 1980, Beton Agregaları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- [5] Yıldırım M, Yılmaz I, Yıldız Irmağı Çökellerinin Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliklerinin İncelenmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri, Aralık 2002 C.19, S.2, s. 181–192.
- [6] Nik. D. Oikonomou, Recycled Concrete Aggregates, Cement and Concrete Composites Volume 27, Issue 2, February 2005, Pages 315–318.
- [7] Elias-Ozkan S T, Recycling Rubble into Agregates: A Model for Local Governments, Habitat International 25 (2001) 493–502.
- [8] Günçan N F, Eski Beton Kırığı Agregalı Betonların Fiziksel ve Mekanik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Osmangazi Üniversitesi, 1995.
- [9] TS 3530 EN 933–1, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.
- [10] TS 3526, Beton Agregalarında Özgül Ağırlık ve Su Emme Oranı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1981.
- [11] TS EN 1097–2, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
- [12] Erdoğan Y T, Beton, Ankara, Odtü Yayıncılık, 2007.
- [13] TS EN 1367–1, Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler- Bölüm 1: Donmaya ve Çözünmeye Karşı Direncin Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2001.

- [14] TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
- [15] TS EN 1008, Beton-Karma Suyu-Numune Alma, Deneyler ve Beton Endüstrisindeki İşlemlerden Geri Kazanılan Su Dahil, Suyun, Beton Karma Suyu Olarak Uygunluğunun Tayini Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
- [16] TS 130 1978, Agrega Karışımlarının Elek Analizi Deneyi İçin Metot, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1978