

## SÜRDÜRÜLEBİLİR İNŞAAT SEKTÖRÜ İÇİN GERİ DÖNÜŞÜM BETON AGREGASI

Onur YAVAN<sup>1\*</sup>, İlknur BOZBEY<sup>2</sup>

<sup>1\*,2</sup> *İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü*

### Öz

Dünya nüfusunun artmasıyla beraber oluşturulacak yeni yerleşim yerlerinin oluşturulması inşaat sektörünün sürekli aktif olmasını sağlamaktadır. İnşaat sektöründe de en çok kullanılan yapı malzemelerinden biri agregadır. Agreganın rezervlerinin kısıtlı kaynak olması sebebiyle bu malzemenin yerine geçebilecek yeni malzeme arayışları sürmektedir. Özellikle yapı ömrünü tamamlamış ve/veya doğal afetler sonucu gibi sebeplerle oluşan inşaat yıkıntı atıklarının tekrar agregaya olarak kullanılması son yıllarda çalışılan konulardandır. Bu çalışma kapsamında, doğal agregaya yerine inşaat yıkıntı atıklarından elde edilen geri dönüşüm beton agregalarının kullanımı ile ilgili çalışmalar incelenmiş olup, bu inşaat malzemenin sürdürülebilir kaynak olmasının önemi belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Geri Dönüşüm Beton Agregası, İnşaat Yıkıntı Atığı, Seçici Yıkım, Sürdürülebilirlik

## RECYCLED CONCRETE AGGREGATE FOR SUSTAINABLE CONSTRUCTION MARKET

### Abstract

The creation of new settlements to be created with the increase population in the world ensures construction sector is constantly active. Aggregate is one of the most used building materials in the construction industry. Due to the limited resource of aggregate reserves, the search for new materials to replace this material continues. The reuse of construction debris, which has completed its life and/or due to reasons such as natural disasters, as aggregate is one of the subjects studied in recent years. Within the scope of this study, studies on the use of recycled concrete aggregates obtained from construction debris wastes instead of natural aggregates were examined and the importance of this construction material being a sustainable resource was stated.

**Keywords:** Recycled Concrete Aggregate, Construction Demolition Waste, Selective Demolition, Sustainability

*Sorumlu Yazar: Onur YAVAN, oyavan@klu.edu.tr*

## 1. GİRİŞ

Ülkeler nüfuslarının artmasıyla beraber buldukları bölgelerde yeni yerleşim yerleri oluşturup insanların barınma ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Yeni yerleşim yerlerinin oluşması da inşaat sektörünün sürekli olarak hareketli olmasına neden olmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde en çok kullanılan yapı türü betonarme yapılardır. Betonarme yapıların inşası için günümüz teknolojisinde hazır beton tesisleri kurulup hazır beton üretilmektedir.

Avrupa Hazır Beton Birliğinden (ERMCO) alınan 2017 yılı verilerine göre tüm Avrupa Birliği üyesi ülkelerin toplam beton üretim miktarı 235,2 milyon m<sup>3</sup> iken, Türkiye tek başına 115,0 milyon m<sup>3</sup> beton üretmektedir [1]. Bu üretim miktarı ile Türkiye, AB ülkeleri arasında birinci iken Almanya 51,7 milyon m<sup>3</sup> üretim ile ikinci, Fransa 38,7 milyon m<sup>3</sup> üretim ile üçüncüdür. Tablo 1’de Türkiye’de üretilen hazır beton miktarı yıl yıl verilmiştir [2].

**Tablo 1.** Türkiye’de Yıllara Göre Hazırlanan Beton Üretimi [2]

Yıl	Hazır Beton Üretimi (milyon m <sup>3</sup> )	Hazır Beton Firma Sayısı	Tesis Sayısı	Yıl	Hazır Beton Üretimi (milyon m <sup>3</sup> )	Hazır Beton Firma Sayısı	Tesis Sayısı
1988	1,5	25	30	2012	93,1	540	980
1993	10,0	70	110	2013	102,0	580	1040
1998	26,5	166	341	2014	107,0	580	1040
2003	26,8	238	429	2015	107,0	621	1098
2005	46,3	277	568	2016	109,0	570	1120
2006	70,7	409	718	2017	115,0	540	1184
2007	74,4	477	845	2018	100,0	495	1100
2008	69,6	462	825	2019	77,0	450	900
2009	66,4	467	845	2020	95,0	542	1032
2010	79,7	500	900	2021	105,0	600	1106
2011	90,5	520	945				

2017-2019 yılları arasında üretilen beton miktarı azalmıştır. Dünya çapında etkili olan pandemi etkisiyle inşaat sektörü etkilenmiş ve sektörde beton üretimi azalmıştır. Ancak 2020 yılından itibaren kurulan hazır beton santral sayısı ve buna bağlı olarak üretilen beton miktarı tekrar artmaya başlamıştır. 1988 yılından günümüze kadar üretilen beton miktarı, kurulan tesislerin ve hazır beton firmalarının sayısı genellikle artış göstermiştir.

Beton birim hacim ağırlığının  $2,8 \text{ t/m}^3$  olduğu kabul edilirse, 2022 yılında üretilen beton miktarının 294,0 milyon ton olduğu hesaplanabilir.  $1 \text{ m}^3$  beton birim ağırlığının, hacimsel olarak %40'ını, ağırlık olarak ise %45'ini iri agrega oluşturmaktadır. Bu veriler dikkate alındığında, 2022 yılı doğal iri agrega tüketiminin 132,3 milyon ton olduğu hesaplanabilmektedir. Agregaların birim hacim ağırlığının ortalama  $2,7 \text{ ton/m}^3$  olduğu düşünüldüğünde Türkiye'de sadece beton üretmek için kullanılan agrega üretiminde yaklaşık olarak  $49,0 \text{ milyon m}^3$ 'lük bir hacim kapladığı hesaplanabilir. Agrega Üreticileri Birliği Derneği'nin (AGÜB) raporuna göre 2022 yılında Türkiye'de yaklaşık 300 milyon ton agrega üretildiği belirtilmiştir. Bu miktar Türkiye'de yaklaşık  $110 \text{ milyon m}^3$ 'lük bir doğal taş rezervinin kullanımı demektir [3]. Amerika Birleşik Devletlerinde bir araştırmaya göre 2004 yılında 2,7 milyar ton doğal agrega üretilmiştir [4]. Doğal agrega özgül ağırlığının yaklaşık  $2,7 \text{ ton/m}^3$  hesaba katılırsa, bu alanın  $1,0 \text{ milyar m}^3$ 'lük bir hacim kapladığı hesaplanabilir. Bu durum, doğal agrega üretimi için geniş bir alanda bulunan doğal çevrenin zarar görmesi anlamına gelmektedir. Ayrıca, bu agrega üretim tesislerinin yaydığı toz emisyonu, gürültü ve görsel kirlilik gibi etkiler de dikkate alınması gereken faktörler arasında yer almaktadır.

Ancak agrega rezervleri sınırlı bir kaynak olduğundan, sürdürülebilir agrega kaynaklarına yönelik araştırmalar son yıllarda artmaktadır. Yenilenebilir agrega kaynakları, geri dönüştürülmüş malzemeler ve alternatif malzemeler gibi çözümler araştırılmaktadır. Bu kapsamda özellikle inşaat yıkıntı atıklarının tekrar kullanılabilirliği ile ilgili çalışmalar sürdürülmektedir.

## 2. İNŞAAT YIKINTI ATIĞI

İnşaat Yıkıntı Atığı (İYA)'nın ana kaynağı servis ömrü dolan yapıların yıkılmasıdır. Fakat çeşitli faaliyetler sonucunda İYA oluşabilmektedir. Bunlar;

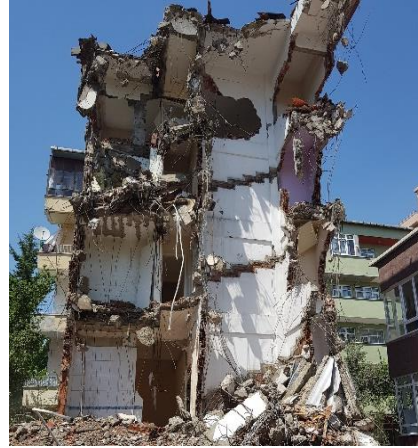
- Şehir bölge imar kanunlarındaki değişiklik sonucu ortaya çıkan yıkımlardan,
- Yeni yapıların inşaatı sırasında meydana gelen atıklardan,
- Ticari beton veya prefabrike tesislerin atıklarından,
- Bilimsel araştırmaların yapıldığı üniversite laboratuvarında meydana gelen atıklardan,
- Ticari laboratuvar atıklarından,

- Deprem, sel vb. doğal afetlerin sonucunda oluşan yıkıntı atıklarından, meydana gelebilmektedir.

İYA bileşenleri ülke ve bölgelerin kullandıkları malzemelere bağlı olarak kompozisyonunda farklılıklar göstermesine rağmen genel olarak iki gruba ayrılmaktadır. Birinci grup seramik malzemeler (tuğla, kiremit vb.), beton, kum, çakıl ve diğer agregalardan oluşurken ikinci grup tahta, cam, plastik, metal, kauçuk ve kağıt gibi malzemelerden oluşmaktadır. Bu malzemelerin düzgün bir şekilde depolanabilmesi ve kullanılabilmesi için seçici yıkım şartnamesi olmalıdır.

Özellikle Türkiye’de 2012’de başlayan kentsel dönüşüm projesi kapsamında 7 milyon yapının değerlendirilmesi ve bunların da birçoğunun da yıkılması gündeme gelmiştir. Şekil 1’de İstanbul’un Fikirtepe, Kartal, Beylikdüzü ve Güngören ilçelerinde kentsel dönüşüm projesi kapsamında yıkılan yapılara örnekler verilmiştir. Bu proje kapsamında yıkılan yapıların tamamından inşaat yıkıntı atıkları ortaya çıkmakta olup günümüzde hafriyat rehabilitasyon sahalarına taşınmaktadır.

Gerek kentsel dönüşüm projesi kapsamında gerek deprem gibi doğal afet sonunda ortaya çıkan, gerekse yaşam ömrünü tamamlayan yapıların tekrar revize edilmesi gerekliliğinden ortaya çıkan bu atıkların geri dönüşüme sokularak kullanılması sürdürülebilirlik kapsamında çok büyük önem arz etmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Başkanlığı tarafından; Türkiye’de yıllık ortaya çıkan 45 milyon ton İYA miktarının, 2012 yılında yayımlanan Kentsel Dönüşüm Kanunu ile birlikte ilk 3 yıl boyunca yıllık 10 milyon ton ilave atık oluşacağı dikkate alındığında yıllık 55 milyon ton İYA meydana geleceğini açıklamıştır [5].



**Şekil 1.** Kentsel Dönüşüm Projesi Kapsamında Yıkılan Yapılara Örnek Fotoğraflar

Depremlerden sonra oluşan yıkıntı atıkları da büyük bir problem oluşturmaktadır. 06.02.2023 tarihinde merkez üssü olan Pazarcık ve Elbistan merkezli Kahramanmaraş Depremlerinde birçok ilimiz etkilenmiştir. THBB, 2022 raporuna göre 04.03.2023 tarihine kadar yapılan incelemelerde 227 bin 27 binanın acil yıkılması gerektiği, ağır hasarlı veya yıkık olduğu belirtilmiştir. Bu yapılardan %96,7 sinin 1999 yılı öncesi yapı olduğu belirtilmiştir. Bu bölgede bulunan bu İYA atıkları günümüzde rehabilitasyon merkezlerine taşınmakta ve kullanılmamaktadır [2].

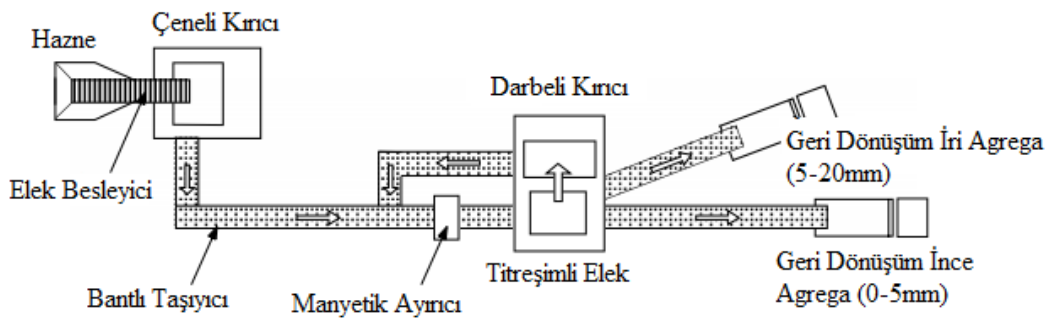
### **3. GERİ DÖNÜŞÜM BETON AGREGASI VE ÜRETİMİ**

RILEM (Reunion Internationale Des Laboratoires D'essais Et De Recherches Sur Les Materiaux Et Les Constructions) komitesi tarafından üç çeşit geri kazanılmış agrega tanımlanmıştır [6-7]. Bunlar;

1. Tip 1: Öncelikle duvar molozlarından elde edilenler (Kargir kalıntılardan elde edilenler, (birim hacim ağırlık,  $1,5 \text{ g/cm}^3$ ),
2. Tip 2: Öncelikle beton molozlarından elde edilenler (Beton kalıntılardan elde edilenler, (birim hacim ağırlık,  $2,0 \text{ g/cm}^3$ ),
3. Tip 3: Doğal agrega (%80) ile geri kazanılmış agreganın (%20) karışımı ile elde edilenler, (birim hacim ağırlık,  $2,4 \text{ g/cm}^3$ ).

Geri dönüşüm beton agregalarının (GDA) üretim süreci doğal agregaların üretimine benzemektedir. Agrega üretiminde kullanılan çeneli veya darbeli kırıcılar geri dönüşüm beton agregası üretiminde de kullanılabilir. Kırıcı haznesine getirilen İYA'lar kırıcı çenesinden geçtikten sonra titreşimli eleklerden geçerek istenilen boyutta depolanabilir. Burada kullanılacak elek açıklıkları üretilmesi planlanan geri dönüşüm beton agregalarının boyutlarına uygun değiştirilebilmektedir.

Genel olarak toplanan inşaat yıkıntı atıkları mekanik bir şekilde parçalanmaktadır. Parçalanma sonrasında farklı boyutlu parçalar elekler kullanılarak istenilen boyutta üretilmekte ve agrega olarak kullanılmaktadır. Eguchi ve ark. (2007) GDA'nın üretiminde kullanılan örnek bir tesisi Şekil 2'deki gibi örneklendirmiştir [8]. İYA'ların geri dönüştürülmesi için günümüzde portatif kırıcılarda bulunmaktadır. Yıkım yapılacak olan bölgede herhangi bir nakliye işi olmadan şantiyede de geri dönüşüm işi yapılabilmektedir.



Şekil 2. Geri dönüşüm agregası için üretim tesisi [8]



#### 4. GERİ DÖNÜŞÜM BETON AGREGASININ KULLANIM ALANLARI

İnşaat atıklarının çoğunluğu geri dönüştürülebilir niteliktedir. Ülkemizde, 2004 yılında yayınlanan Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği [9] kapsamında belirlenen kriterleri sağladıktan sonra, geri dönüştürülen inşaat atıkları doğal malzemelerle birlikte veya ayrı olarak, yeni beton üretiminde, yol, otopark, kaldırım, yürüyüş yolları, drenaj çalışmaları, kanalizasyon boruları ve kablo döşemeleri için dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Ayrıca, alt ve üst yapı inşaatlarında, spor ve oyun tesislerinin yapımında ve diğer dolgu ve rekreasyon çalışmalarında öncelikli olarak değerlendirilebilir.

Beton atıklarının yeniden kullanımı, beton blokların erozyonu önlemek ve dolgu malzemesi olarak kullanmak gibi sınırlı örneklerle sınırlı değildir [10-11]. İnşaat ve yıkıntı atıklarından elde edilen beton, parçalara ayrılarak elekten geçirilerek ince ve iri agrega elde etmek için işlenebilir. Beton atıkları, özellikle bu yöntemle geri dönüştürüldüğünde, GDA olarak kabul değerlendirilebilir [12-13].

İYA'lardan elde edilmiş GDA'lar genellikle diğer inşaatlarda dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Jeon vd. çalışması ile beton kaldırımların taban ve taban altlığında %100 geri kazanılmış agregaların kullanılabilirliğini sonucuna göstermiştir [14]. GDA Amerika Birleşik Devletleri ve İngiltere'de geniş bir şekilde kaldırımlarda kullanılmaktadır. Geri kazanılmış agregaların (kaba ve ince agreganın) yol taban malzemesi olarak kullanılmasının doğal yol taban malzemesi ile karşılaştırılabilecek nitelik taşıdığını rapor etmişlerdir [15-16]. Hollanda da kırılan beton atıklarının %95'i yol taban malzemesi olarak kullanılmaktadır [17].

GDA kanalizasyon dolgularında, yol yapım çalışmalarında taban malzemesi olarak çevre düzenlemesi, su kanalları, drenaj malzemesi, dolgu malzemesi ve beton blok üretimi işlerinde kullanılabilir [18]. Bazı araştırmacılar beton agregalarının kullanım alanlarını boyutları ile ilişkilendirerek;

- 80-200 mm beton agregaları; dolgu malzemesi olarak hidrolik işlerinde,
- 0-80 mm beton agregaları; standartları yerine getirmek şartı ile beton imalatında, yol inşaatlarında zemin malzemesi olarak, toprak dolgu malzemesi olarak ve park sahalarında,
- 0-56 mm geri kazanılmış kargir; zemin dolgusu olarak ve sertleşmemiş zemin oluşturmak için park sahalarında,

- Asfalt agregaları; yollar ve park alanları kaplamalarında, yeni asfalt içinde kullanımı şeklinde sınıflandırmışlardır [19-20].

Kianimehr ve ark. geri dönüşüm beton agregaları killi zeminlerde kullanarak, zeminin mukavet ve deformasyon değişimlerini incelemiştir. GBA optimum su muhtevasında killi zeminlere katılmasının maksimum kuru birim hacim ağırlığını düşürdüğü sonucuna varmışlardır. Ayrıca GBA'ların karışımdaki oranının artmasıyla kayma mukavemeti parametrelerinin de arttığını belirtmişlerdir [21].

Bordoloi ve ark. geri dönüşüm beton agregalarının doymun olmayan durumlarda hidro-mekanik özelliklerine bakarak henüz tam anlamıyla açıklanamamış çevre uygulamalarında kullanılabilirliğini çalışmışlardır. GBA'ların gözenekli oluşu ve etrenjit varlığının da su emme yüzdelerinin doğal agregalara göre daha yüksek olduğunu belirtip bu malzemelerin eğimli arazilerde, yol alt tabakalarında, geosentetik donatılı duvarlarda dolgu malzemesi olarak kullanılabilir olduğunu gösteren çalışmaların azlığından bahsedip bu alanlarda boşluk olduğunu belirtmişlerdir [22].

## **5. GERİ DÖNÜŞÜM BETON AGREGALARIN EKONOMİYE KATKISI**

Bir metre küplük betonun üretim maliyeti içerisinde en büyük payı %40 ile çimento tutarken, ikinci sırada %20 ile iri agrega gelmektedir [20]. İnşaat ve yıkıntı atıklarından elde edilen beton atıkları, kırılıp parçalandıktan sonra en çok, iri ve ince agrega olarak kullanılabilir [12-13]. GDA doğal agregalara göre maliyeti daha uygundur [4-23]. Buna göre GDA'nın, yeniden kullanımı ile önemli ölçüde ekonomik kazanç sağlanabilecektir [24].

İYA'lar çöp sahasına atılmak yerine, ikinci bir kullanıcıya satılmak üzere geri dönüşüm için değerlendirildiğinde, çöp depolama alanına gönderme maliyetinde %90 oranında bir düşüş meydana gelebilir. [20]. Atık ayırma ve işleme tesislerinde oluşan istihdam ve geri kazanılmış ürünlerin pazarlanması yöntemi ile İYA'nın geri kazanımı önemli bir ekonomik faaliyet oluşturabilir [23].

Günümüzde petrol fiyatlarının artışı nakliye işlerinin fiyatlarının artmasına sebep olmuştur. Yıkılan yapıların atıkları da rehabilitasyon merkezlerine taşınmaktadır. Nakliye ücretlerinin yanında rehabilitasyon merkezlerine atılan atıkların ton miktarına göre de belediyelere ücretler



ödenmektedir. Bu İYA'ların yerinde beton agrega dönüştürülmesi hem nakliye hem de atık ücretini ortadan kaldıracaktır.

## 6. SONUÇ

Betonarme yapıların inşası ve yeni yerleşim yerlerinin oluşturulması için dünya genelinde büyük miktarda doğal agrega kullanılmaktadır. Bu durum doğal çevrenin tahrip edilmesine, toz emisyonu, gürültü ve görüntü kirliliği gibi olumsuz etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilirlik açısından agrega kaynaklarının yönetimi ve alternatif çözümler araştırılması gerekmektedir.

İnşaat yıkıntı atıkları, servis ömrünü tamamlamış veya yıkılan yapıların bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Bu atıkların büyük bir kısmı geri dönüştürülebilir niteliktedir. Geri dönüşüm beton agregası, inşaat yıkıntularından elde edilen ve yeni beton üretiminde kullanılan bir malzeme olabilir. GDA, alt ve üst yapı inşaatlarında, yol yapımında, drenaj çalışmalarında, geri dolgu malzemesi ve diğer pek çok alanda kullanılabilir.

Geri dönüşüm beton agregasının kullanımı, çevresel etkileri azaltma ve doğal kaynakların korunması açısından önemlidir. Yeniden kullanılan betonlar, çeşitli inşaat projelerinde dolgu malzemesi olarak, yol yapımında, otoparklarda, kaldırımlarda, drenaj çalışmalarında ve daha birçok alanda kullanılabilir. Bu şekilde, inşaat yıkıntı atıkları geri dönüştürülerek sürdürülebilir bir inşaat sektörü desteklenmekte ve çevreye olan olumsuz etkiler azaltılmalıdır.

## KAYNAKLAR

[1] ERMCO, European Ready Mixed Concrete Organization Association, Brussels, Belgium, (2016).

[2] Türkiye Hazır Beton Sektörü İstatistikleri, 2022- [www.thbb.org](http://www.thbb.org)

[3] Agrega Üreticileri Birliği, 2022- [www.agub.org.tr](http://www.agub.org.tr)

[4] Rao, A., Kumar, N., Jha ve Misra, S., (2007). Use of Aggregates from Recycled Construction and Demolition waste in Concrete, Conservation and Recycling, 50, 71-81.

[5] Çevre Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Atık Yönetimi Başkanlığı, 2012, <https://cygm.csb.gov.tr/atik-yonetimi-i-450>

- [6] RILEM TC 121-DRG, (1994). Specifications for Concrete with Recycled Aggregates, Materials and Structures, 27, 557-559.
- [7] Oikonomou, N.D., (2005). Recycled Concrete Aggregates, Cement and Concrete Composites, 27, 315–318.
- [8] Eguchi, K., Teranishi K., Nakagome, A., Kishimoto, H., Shinozaki, K., Narikawa, M., (2007). Application of Recycled Coarse Aggregate by Mixture to Concrete Construction, Construction and Building Materials, pp 1542-1551.
- [9] Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 2004.
- [10] Fonteboa, B.G. ve Abella, F.M., (2008). Concretes with Aggregates from Demolition Waste and Silica Fume/Materials and Mechanical Properties, Building and Environment, 43:429-437.
- [11] Topçu, İ.B. ve Şengel, S., (2003). Properties of Concretes Produced with Waste Concrete Aggregate, Cement and Concrete Research, 34, 1307-1312.
- [12] Poon, C.S., (2006). Management of Construction and Demolition Waste, Waste Management, 27, 159-160.
- [13] Rakshvir, M. ve Barai, S.V., (2006). Studies on Recycled Aggregates-Based Concrete, Waste Manage Res., 24, 225-233.
- [14] Jeon H.Y., Cho S.H., Mok M.S., Park Y.M., Jang J.W., Polymer Testing, Assessment of Chemical Resistance of Textile Geogrids Manufactured with PET High-Performance Yarn, 2005.
- [15] Chini, A.R., Kuo, S.S., Armaghani, J.M. ve Duxbury, J.P., (2001). Test of Recycled Concrete Aggregate in Accelerated Test Track, Journal of Transportation Engineering, 127:486-492.
- [16] Nataatmadja, A., ve Tan, Y.L., (2001). Resilient Response of Recycled Concrete Road Aggregates, Journal of Transportation Engineering, 127:450-453.
- [17] Mulder, E., De Jong, T.P.R. ve Feenstra, L., (2007). Closed Cycle Construction: An Integrated Process for the Separation and Reuse of C&D Waste, Waste Management, 27:1408-1415.
- [18] Corinaldesi, V., (2010). Mechanical and Elastic Behaviour of Concretes Made of Recycled-Concrete Coarse Aggregates, Construction and Building Materials, 24:1616-1620.
- [19] Kartam, N., Al-Mutairi, N., Al-Ghusain, I. ve Al-Humoud, J., (2004). Environmental Management of Construction and Demolition Waste in Kuwait, Waste Management, 24:1049-1059.
- [20] Arioğlu, E., Köylüoğlu, Ö.S. ve Akıllıoğlu, E., (1996). Dünyadaki Geri Kazanılmış Agregat Üretim Politikalarının Gözden Geçirilmesi ve Ülkemiz Açısından İrdelenmesi, I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 7-8 Ekim 1996, İstanbul.



[21] Kianimehr M., Shourijeh P.T., Binesh S.M., Mohammadinia A., Arulrajah A., (2019). Utilization of Recycled Concrete Aggregates for Light-Stabilization of Clay Soils, *Construction and Building Materials*, 227 (2019), 116792.

[22] Bordoloi S., Afolayan O. D., Ng C.W.W., (2022). Feasibility of Construction Demolition Waste for Unexplored Geotechnical and Geo-Environmental Applications-A Review, *Construction and Building Materials*, 356 (2022), 129230.

[23] Lennon, M., 2005. *Recycling Construction and Demolition Wastes A Guide for Architects and Contractors*, The Institution Recycling Network.

[24] Demir, İ., 2009. İnşaat Yıkıntı Atıklarının Beton Üretiminde Kullanımı ve Beton Özelliklerine Etkisi, *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 02, 105-114.