



**KONYA TEKNİK  
ÜNİVERSİTESİ**

**T.C.**

**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**PREFABRİK BETON YAPI MALZEMELERİNİN GERİ DÖNÜŞÜM  
AGREGASI OLARAK BETON PARKE YAPIMINDA  
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Murat MEMİŞOĞULLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mart - 2019  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Murat MEMİŞOĞULLARI tarafından hazırlanan ‘‘Prefabrik Beton Yapı Malzemelerinin Geri Dönüşüm Agregası Olarak Beton Parke Yapımında Kullanılabilirliğinin Araştırılması’’ adlı tez çalışması 07.03.2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Doç. Dr. Ali KÖKEN

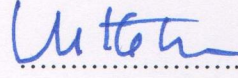
#### Danışman

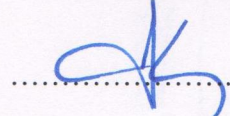
Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA

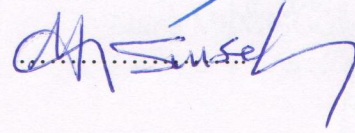
#### Üye

Dr. Öğr. Üyesi Osman ŞİMŞEK

### İmza







Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA  
LEE Müdürü V.




## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all materials and results that are not original to this work.

  
Murat MEMİŞOĞULLARI  
Tarih: 07.03.2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# PREFABRİK BETON YAPI MALZEMELERİNİN GERİ DÖNÜŞÜM AGREGASI OLARAK BETON PARKE YAPIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

**Murat MEMİŞOĞULLARI**

**Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA**

**2019, 71 Sayfa**

**Jüri**

**Doç. Dr. Ali KÖKEN**

**Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA**

**Dr. Öğr. Üyesi Osman ŞİMŞEK**

İnşaat ve yıkıntı atıkları Türkiye’de ve Dünya’da birçok çevresel soruna sebep olmaktadır. Bundan dolayı inşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüşüm sürecinden geçirilerek üretimde hammadde olarak kullanılması; çevresel sürdürülebilirlik ve sosyo-ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Kentlerde kullanımı giderek yaygınlaşan prefabrik beton yapı malzemeleri; eskime, yenileme, taşıma, yükleme, boşaltma vb. sebeplerle işlevsiz hale gelmekte ve bu atık malzemeler geri dönüştürülmediği takdirde birçok çevresel sorunların yanında ekonomik sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada; atık halde bulunan beton parke ve bordür yapı elemanları, seri kırıcılar vasıtasıyla ayrı ayrı parçalanarak ve eşit miktarda birleştirilerek beton parke karışımına %0, 20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında kırmataş agrega yerine ikame edilmiştir. Her ikame oranı (%0, 20, 40, 60, 80 ve 100) için TS 2824 EN 1338’de belirtilen; boyutların ölçülmesi, buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma ve çözölmeye karşı direncin tayini, su emmenin tayini, dayanımın ölçülmesi, aşınmaya karşı direncin böhme deneyi ile ölçülmesi işlem ve deneyleri ayrıca yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçları ışığında mevcut GDA’nın ne oranda geri dönüştürülebilir olduğu (%40) tespit edilmiş ve daha iri doğal agrega içeren diğer prefabrik beton elemanlarının da geri dönüşümünün mümkün olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Atık beton, geri dönüşüm agregası, parke taşı, su emme, yarmada çekme dayanımı

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

# **INVESTIGATION OF USABILITY OF PREFABRICATED CONCRETE CONSTRUCTION MATERIALS AS RECYCLED AGGREGATE IN CONCRETE PAVING CONSTRUCTION**

**Murat MEMİŞOĞULLARI**

**THE GRADUATE EDUCATION INSTITUTE  
TECNICAL UNIVERSITY OF KONYA  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN CIVIL ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Dr. Nail KARA**

**2019, 71 Pages**

#### **Jury**

**Assoc. Prof. Dr. Ali KÖKEN**

**Assist. Prof. Dr. Nail KARA**

**Assist. Prof. Dr. Osman ŞİMŞEK**

Construction and demolition waste is causing many environmental problems in the world and in Turkey. Therefore, the construction and demolition wastes are recycled and used as raw materials in production; It is of great importance for environmental sustainability and socio-economic aspects. Prefabricated concrete building materials that are becoming more and more common in cities; aging, renovation, transportation, loading, unloading etc. If the waste materials are not recycled, they bring with them many economic problems besides environmental problems In this study, concrete paving and curb Stone structural elements, which were in the form of waste, were crushed separately by means of jack hammers and combined in equal amounts, and were added to concrete paving mixtures in theratios of 0, 20, 40, 60, 80, and 100% to substitute for crushed Stone aggregate. For each substitution rate (0, 20, 40, 60, 80, and 100%), tests and experiments of measurement of dimensions, determination of resistance to freezing and thawing together with the effect of de-icing salt, determination of water absorption, measurement of resistance, measurement of resistance to abrasion by the Böhme test, as specified in TS 2824 EN 1338, were also conducted. In the light of the test results, the degree of recyclability of existing (%40) RCA was determined and it is revealed that it is possible to recycle other prefabricated concrete elements containing larger natural aggregates.

**Keywords:** Waste concrete, recycled concrete aggregate, parquet stone, water absorption, tensile strength at splitting

## ÖNSÖZ

Çalışmalarımın her aşamasında beni yönlendiren, bilgi ve ilgisiyle bana her zaman yol gösterici olan çok değerli danışman hocam Sn. Dr. Öğr. Üyesi Nail KARA'ya, numune üretimi için tesislerini kullanma imkanı tanıyan Betonel A.Ş. yetkililerine, destek ve katkılarından dolayı Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Öğretim Üyesi Sn. Dr. Öğr. Üyesi Osman ŞİMŞEK'e ve emeği geçen bütün hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen; Anneme, Babama, Ağabeylerime, Eşime, Oğluma ve tüm yeğenlerime teşekkür ederim.

Daha müreffeh, düzenli, sağlıklı bir toplum düzeninin oluşması ve toplumsal barış ortamının kentlerimizin her bir köşesine hakim olması dileğiyle.

Murat MEMİŞOĞULLARI  
KONYA-2019

## İÇİNDEKİLER

<b>TEZ BİLDİRİMİ .....</b>	<b>ii</b>
<b>ÖZET .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>v</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Önemi.....	2
1.3. Beton .....	3
1.4. Agregası.....	5
1.5. Çimento .....	7
1.6. Karışım Suyu.....	9
1.7. Beton Katkı Maddeleri.....	11
1.8. Geri Dönüşüm .....	13
1.8.1. Geri dönüşümün önemi .....	13
1.8.2. İnşaat, yıkıntı atıkları ve geri dönüşümünün önemi .....	14
1.8.3. Geri dönüşüm projelerinin yönetimi .....	15
1.9. Geri Dönüşüm Agregaları .....	17
1.9.1. Geri dönüşüm agregaları ile ilgili standartlar .....	20
1.9.2. Geri dönüşüm agregasının kullanım alanları .....	21
1.9.3. Geri dönüşüm agregası ile üretilen betonların genel özellikleri .....	21
1.9.4. Geri dönüşüm agregasının özellikleri .....	22
1.9.4.1. Tane şekli ve dağılımı.....	23
1.9.4.2. Su emme oranı, yoğunluğu ve birim hacim ağırlığı.....	24
1.9.4.3. Aşınma kaybı (L.A. Deneyi).....	25
1.9.4.4. İncelik modülü ve yassılık indeksi.....	26
1.10. Geri Dönüşüm Agregalı Taze Betonun Özellikleri.....	27
1.11. Geri Dönüşüm Agregalı Sertleşmiş Betonun Özellikleri.....	29
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>31</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM .....</b>	<b>37</b>

3.1. Numune Üretiminde Kullanılan Malzemeler.....	37
3.1.1. Geri dönüşüm agrega.....	38
3.1.2. Çimento .....	45
3.1.3. Katkı maddeleri .....	46
3.1.4. Karışım suyu.....	46
3.2. Numune Üretimi ve Kodlanması .....	48
3.3. Numunelerin Kürü .....	50
3.4. Beton Parkeler-Gerekli Şartlar ve Deney Metodları (TS 2824 EN 1338) .....	50
3.4.1. Boyutların ölçülmesi .....	50
3.4.2. Buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma/çözölmeye karşı direncin tayini....	52
3.4.3. Aşınmaya karşı direncin böhme deneyi ile ölçülmesi.....	53
3.4.4. Su emmenin tayini.....	54
3.4.5. Dayanımın ölçülmesi.....	55
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>57</b>
4.1. Beton Blok Boyutlarının Ölçülmesi Deney Sonuçları.....	57
4.2. Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma Çözölme Etkisine Direnç Deneyleri Sonuçları.....	59
4.3. Aşınmaya Karşı Direnç Deneyleri Sonuçları.....	60
4.4. Toplam Su Emmenin Tayini Deneyleri Sonuçları.....	61
4.5. Yarmada Çekme Dayanımı Deneyleri Sonuçları.....	62
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>64</b>
5.1. Sonuçlar.....	64
5.2. Öneriler .....	66
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>71</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

A	Taze betonun hava muhtevası
d	Yoğunluk
hs	Hacimce su emme oranı
hd	Ağırlıkça su emme oranı
k	Kılcal su emme katsayısı
N	Doğal agrega
S	Kıvam sınıfı
fc	Basınç dayanımı
fcts	Yarmada çekme dayanımı
s/ç	Su çimento oranı

### Kısaltmalar

AB	Atık beton
GD	Geri dönüşüm
GDA	Geri dönüşüm agregası
GDAi	İnce geri dönüşüm agregası
GDAk	İri geri dönüşüm agregası
TS	Türk Standartları
UK	Uçucu kül

## 1. GİRİŞ

Dünya’da özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasında batılı ülkeler arasında sağlanan barış ortamı ile birlikte nüfus hızla artmış, meydana gelen teknolojik gelişmeler sonucu kırsal alanlardan büyük kentlere doğru yoğun iş gücü göçleri oluşmuştur. Bu durum başta barınma ihtiyacı olmak üzere, ulaşım, altyapı gibi birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Bu sorunların çözümü için inşaat teknolojisinin her alanında özellikle de beton teknolojisinde çok sayıda gelişme meydana gelmiştir. Betonun; yüksek dayanımlarda ve istenilen ölçülerde elde edilebilmesi, diğer malzemelere nazaran daha ucuz ve kolay temin edilebilir olması, diğer yapı malzemeleri ile kolaylıkla uyum sağlayabilmesi, hava şartlarına ve yangına dayanıklı olması gibi özellikleri kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bunun yanında, beton bileşiminin, doğal ortam içerisinde kendiliğinden ayrışmasının ve yeniden hammadde haline gelmesinin mümkün olmaması atık betonları (AB) sorun haline getirmiştir. İnşaat işlerinin ve bu işlerle ilgili atıkların artması, sınırlı miktarda bulunan doğal hammadde kaynaklarının hızla tükenmesi, eski imar planlarının yeni ihtiyaçlara cevap verememesinden kaynaklı artış gösteren kentsel dönüşüm uygulamaları, inşaat ve yıkıntı atıklarının önemini daha da artırmıştır.

Türkiye, 107 milyon m<sup>3</sup> beton üretimi ile Avrupa’nın en fazla beton üreten ve agrega tüketen ülkesi durumundadır. Sadece beton üretimi sırasında tesislerde artık olarak adlandırılan ve yaklaşık 900 bin ton agrega tüketilerek üretilen betonun miktarı ise yıllık yaklaşık 500 bin m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur (Andaç ve Oral, 2016). Türkiye’de inşaat atıkları (Konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımı esnasında ortaya çıkan atıklar) ve yıkıntı atıkları (Konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların tamirata, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan atıklar) miktarının toplamı ise 4-5 milyon ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir (Anonim, 2014). Bu verilere günümüzde başlatılan ve önümüzdeki yıllarda artış gösterecek olan kentsel dönüşüm uygulamalarının da katılmasıyla mevcut sorunun daha da büyüyeceği, bu sorun ile ilgili yeterli çözüm üretilmemesinin, yeni çevresel zararlara, iş ve zaman kayıplarına, taşıma ve depolama gibi maliyetlere sebep olacağı beklenmektedir.

## 1.1. Çalışmanın Amacı

Başlangıçta plastik kıvamda bulunan, karıştırıldığı andan itibaren çimento ve su arasında başlayan kimyasal reaksiyonların etkisi ile sertleşen beton, plastik kıvamda iken istenilen şekildeki kalıplara yerleştirilebilmekte ve istenilen boyutta sert yapı malzemesi elde edilebilmektedir. Beton elde etmek amacıyla oluşturulan karışımın başlangıçta plastik kıvamda olması, beton yapı elemanlarının yerinde döküm veya ön üretimli (prefabrik) şekilde imal edilmesine olanak vermektedir.

Yaşam alanları ve doğa ile uyumlu olarak çeşitli renk ve biçimlerde üretilen prefabrik beton yapı elemanlarının (Parke taşları, bördür taşları, yağmur olukları, su kanalları, şev taşları, çit direkleri, çim taşları, beton kapaklar, kule vinç ağırlıkları, vantuz odaları, cephe giydirme prekastları, kanaletler, menholler, ahır ızgaraları ve mühtelif özel imalatlar); ıslanma-kuruma, donma-çözülme ve çeşitli kimyasal maddelere, yoğun yaya veya araç trafiği etkilerine dayanıklı olması, her mevsimde kolaylıkla döşenebilmesi ve sökülebilmesi, kaygan olmaması, kırma ve kesme olmadan sökülerek altyapı elemanlarında tamir, bakım ve onarım yapma imkânı vermesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı; beton parke ve bordür yapı elemanlarının üretimi, taşınması, yüklenmesi ve yerleştirmesi süreçlerinde oluşan atıklarından elde edilen GDA ile üretilen beton parkenin fiziksel ve mekanik özelliklerinin aynı karışım özelliklerine sahip doğal agregalı beton parke ile karşılaştırarak GDA'nın beton parke yapımında kullanılabilirliğinin incelenmesidir.

## 1.2. Çalışmanın Önemi

İnşaat ve yıkıntı atıklarının büyük bir kısmını beton atıkları oluşturmaktadır. Beton, agrega, çimento ve suyun, kimyasal ve mineral katkı maddeleri ilave edilerek veya edilmeden, üretim teknolojisine uygun olarak karıştırılması ile elde edilmektedir. Agreganın (kum, çakıl, mıcır) betonun mutlak hacminin %70'ini oluşturduğu düşünülürse beton atıklarının geri dönüştürülmesi hususunun ne denli önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Yapı beton çeşitlerinin yanı sıra günümüzde ürün çeşitliliği, yapım ve onarım kolaylığı sayesinde prefabrik beton elemanları geniş kullanım alanları bulabilmekte ve bu yapı elemanlarından kaynaklanan atık miktarı da gün geçtikçe artış göstermektedir. Bahar ve yaz aylarında Ankara Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı kaldırım onarım

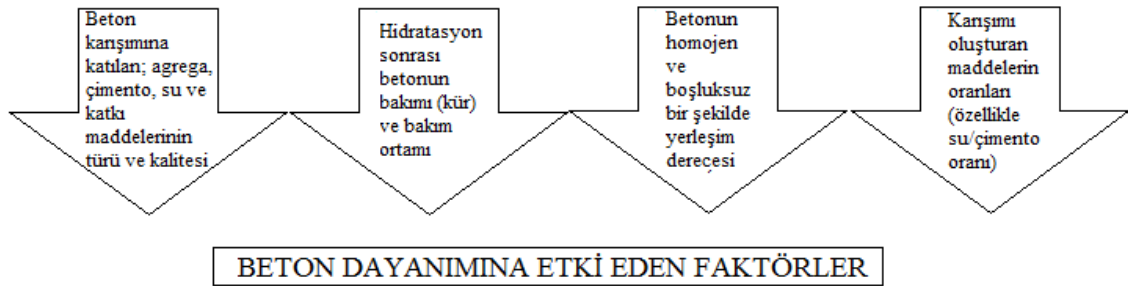
ekiplerinin çalışmasından oluşan beton atığı günlük 180-200 ton, kaldırım yapım ekiplerinin çalışmasından oluşan günlük beton atığı 800-1000 ton, kaldırım dışında diğer beton peyzaj yapı elamanlarının onarım ve yapım imalatlarından oluşan günlük beton atığı miktarı ise 100-150 ton olmaktadır.

Doğal hayatı ve sınırlı hammadde kaynaklarını koruyabilmek için işlevsiz halde bulunan her nevi betonun uygun şekilde parçalanarak geri dönüşüm agregası (GDA) olarak kullanılması ve muhtelif şekillerde yeniden mamul hale getirilmesi bu atıkların çevreye verdiği zararları ve doğal agrega kaynaklarının tüketimini azaltmaktadır.

### 1.3. Beton

Beton; çimento (~ %20), agrega (~ %70), su (~ %10) ve ihtiyaç duyulduğunda kimyasal ve/veya mineral katkı maddelerinin (taze ve sertleşmiş betonun özelliklerini geliştirmek maksadı ile %0,005'i aşmayacak şekilde) homojen olarak önceden belirlenen oranlarda karıştırılması ve bu karışımın (çimento, su ve katkı maddelerinin) reaksiyona girmesi (hidratasyonu) sonucunda elde edilen, reaksiyon öncesinde plastik kıvamda olan, zamanla gerçekleşen reaksiyonlar ile sertleşerek (mukavemet kazanarak) bulunduğu kalıbın şeklini alan, basınç dayanımı çekme dayanımından (11-20 kat) yüksek olan, kompozit bir inşaat malzemesidir. Beton, plastik kıvamda iken taze beton, hidratasyon sonrasında ise sertleşmiş beton ismini almaktadır.

Diğer bir deyişle beton, muhtelif işlemlerden geçirilerek elde edilmiş yapı malzemelerinin belirlenmiş oranlarda karıştırılması ve hazırlanan karışımın reaksiyonu sonucunda edilmiş bir "sonuç" malzemesidir. Bu sonucu doğrudan etkileyen beton karışım malzemelerin; bileşimi, miktarı, tipi, şekli, nem oranı gibi kendilerine özgü özellikleri; betonun işlenebilirliğini, taşıma ve yerleştirme işlemlerini dolayısıyla dayanımını yakından etkilemektedir (Şekil 1.1.).



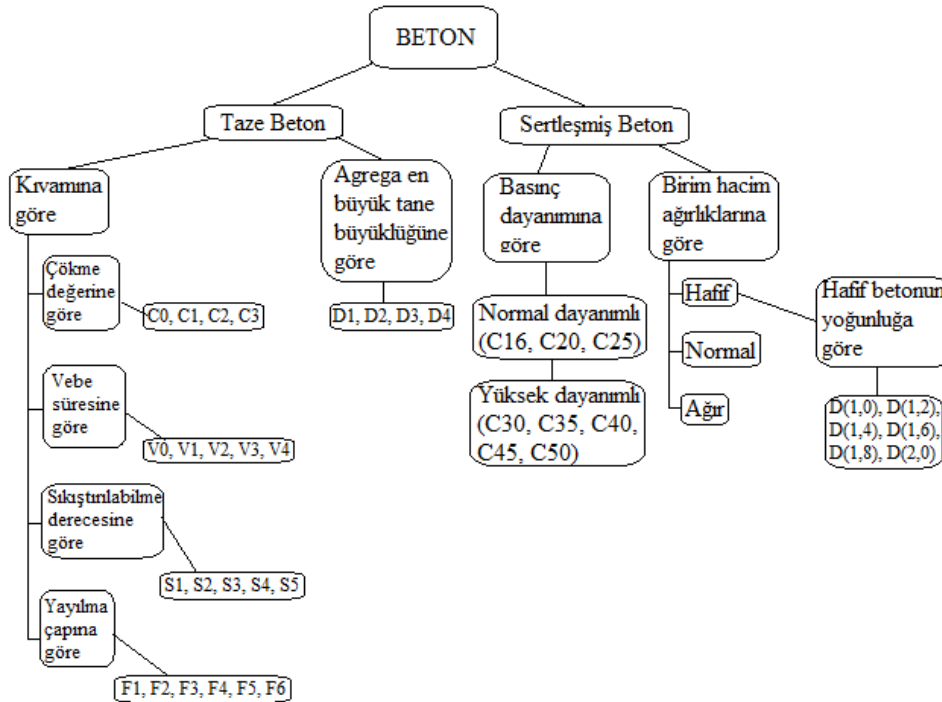
Şekil 1.1. Beton dayanımına etki eden faktörler



Betonun, Türkiye’de ve Dünya’da yaygın bir şekilde kullanılmasının ve sürekli geliştirilmesinin birçok sebebi bulunmaktadır. Bu sebeplerin başlıcaları; ekonomik olması, kolay ulaşılabilir olması, bakım işlemlerinin az ve masrafının düşük olması, istenilen şeklin verilerek üretilmesi, önceden üretilerek kullanılabilmesi, pompa yardımı ile yüksek ve erişilmesi güç yerlere betonun yerleştirilebilmesi, yüksek basınç dayanımı elde edilebilmesi, durabilitesinin ve yangına dayanımının yüksek olması, diğer malzemelere uyum sağlayarak kolaylıkla aderans sağlaması.

Betonun avantajlarının yanında diğer yapı malzemelerine göre birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajların başlıcaları ise; çekme dayanımının düşük olması, dayanım ve ağırlık oranının metallere oranla düşük olması, işçiliğinin zahmetli olması, bakım gerektirmesi, çeşitli etkilerle hacminde büyüme veya küçülme olabilmesi, geçirimli bir malzeme olması, sabit yük altında zamanla kalıcı deformasyon meydana gelebilmesi.

Betonun ihtiyaca binaen çeşitli karışım oranlarında oluşturulması, beton davranışı etkileyerek çeşitli şekillerde sınıflandırılmasına sebep olmuştur. Hangi çevresel ortamda ve hangi karışım oranında karıştırılırsa karıştırılsın genellikle betonun kazandığı nihai dayanım önemli olmakta ve yapılan sınıflandırmalar bu doğrultuda değerlendirilmektedir. Beton; basınç dayanımı, birim hacim ağırlığı, çökme, yayılma, vebe, sıkıştırılma gibi verilerinin sınıflandırmaya tabi tutulduğu görülmektedir (Şekil1.2.).

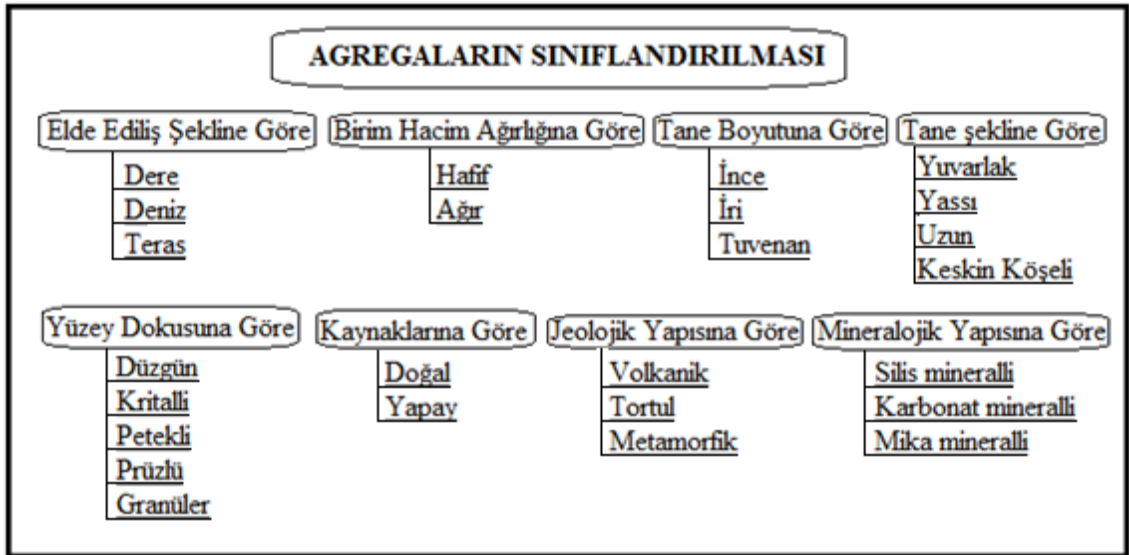


Şekil 1.2. Betonun sınıflandırılması

#### 1.4. Agregalar

Agrega, belli bir geometrik bir şekli bulunmayan, kaya, taş türü organik bileşikli maddelerin ya da sanayi yan ürünlerinin muhtelif ebatlarda kırılarak elenmesiyle ya da doğal şekliyle belirli bir granülometrik formülde beton karışımına katılması ile işlev kazanan, yığın şeklinde bulunan taneli bir malzemedir.

Agregalar, elde edilme şekline göre; doğal (kum, çakıl, kırmataş) ve yapay (yüksek fırın cürufu, uçucu kül, genleştirilmiş perlit ve kil gibi sanayi yan ürünleri), yoğunluğuna göre; normal (yoğunluğu 2000-3000 kg/m<sup>3</sup>), hafif (yoğunluğu 2000 kg/m<sup>3</sup>'den küçük), ve ağır (yoğunluğu 3000 kg/m<sup>3</sup>'den büyük), tane büyüklüğüne göre ise; ince (tane büyüklüğü 4 mm'den küçük) ve iri agregalar (tane büyüklüğü 4 mm'den büyük) olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma türlerini agregaların birçok özelliğine göre çeşitlendirmek mümkün olmaktadır (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Agregaların sınıflandırılması

Agregalarla ilgili bir çok standart tespiti yapılmıştır (Çizelge 1.1). Su emme miktarı, iri ve ince agregalar için en çok %2, biçimsiz tane miktarı, iri agregalar için en çok %40, gevşek birim hacim ağırlığı, ince agregalar için en az 1350 kg/m<sup>3</sup>, iri agregalar için ise en az 1250 kg/m<sup>3</sup>, özgül ağırlığı, ince agregalar için en az 2550 kg/m<sup>3</sup>, iri agregalar için en az 2600 kg/m<sup>3</sup> olmalıdır. Yapılarda kullanılan betonların en büyük agregalar tane büyüklüğü genellikle 63 mm'yi geçmemekle birlikte TS EN 706 EN 12620'de agregaların elek

analizi için kullanılması gereken elek açıklıkları (kare gözlü elekler için) mm olarak; 0,25, 0,5, 1, 2, 4, 8, 16, 31,5, 63, 90, 125 olarak ifade edilmektedir.

**Çizelge 1.1.** Agregalar ile ilgili mevcut standartlar

<b>Agregalar İle İlgili Mevcut Standartlar</b>	
<b>Standart adı</b>	<b>Standart başlığı</b>
<b>TS EN 933-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, (11:2010/AC)</b>	Agregaların geometrik özellikleri için deneyler
<b>TS EN 932-1, 2, 3, 5, 6</b>	Agregaların genel özellikleri için deneyler
<b>TS 10088 EN 932-3, (3/A1)</b>	Agregaların genel özellikleri için deneyler
<b>TS EN 1744-(1+A1), 3, 4, 5, 6, 7, 8</b>	Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler
<b>TS 2717 EN 13139</b>	Agregalar - Harç yapımı için
<b>TS 7043 EN 13450, (13450/AC)</b>	Demiryolu balastları için agregalar
<b>TS EN 13043</b>	Yollar, havaalanları ve trafiğe açık diğer alanlardaki bitümlü karışımlar ve yüzey uygulamalarında kullanılan agregalar
<b>TS EN 1367 - 1, 3/AC</b>	Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler
<b>TS 706 EN 12620+A1</b>	Beton agregaları
<b>TS EN 13242+A1</b>	İnşaat mühendisliği işleri ve yol yapımında kullanılan bağlayıcısız ve hidrolik bağlayıcı malzemeler için agregalar
<b>TS 13516</b>	Agregaların potansiyel alkali reaktivitesinin tayini (harç çubuğu yöntemi)
<b>TS 13517</b>	Bağlayıcı malzemeler ve agrega karışımlarının potansiyel alkali silika reaktivitesinin tayini (hızlandırılmış harç çubuğu yöntemi)
<b>TS 13518</b>	Çimento agrega karışımlarının potansiyel alkali reaktivitesi (harç çubuğu yöntemi)
<b>TS EN 1423</b>	Yol işaretleme malzemeleri - Dökülerek uygulanan malzemeler - Cam kürecikler, kayma önleyici agregalar ve bunların karışımları
<b>TS 3523</b>	Beton agregalarının yüzey nemi oranının tayini
<b>TS EN 1097-1, 2, (2/D1), 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11</b>	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler
<b>TS EN 1367-1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8</b>	Agregaların ısı ve bozunma özellikleri için deneyler
<b>TS 2517</b>	Agregaların potansiyel alkali silis reaktivliğinin tayini - kimyasal yöntem
<b>TS 3528</b>	Agrega - Betonda kullanılan - Hafif madde tayini
<b>TS EN 13179-2</b>	Bitümlü karışımlarda dolgu malzemesi olarak kullanılan agregalar için deneyler bölüm 2: Bitüm sayısı

Agrega özellikleri, betonun nihai dayanımına (iyi veya kötü) doğrudan ve dolaylı şekilde etki etmektedir. Öngörülen dayanımda beton elde edilebilmesi agreganın aşağıda belirtilen şartlara uygun olması gerekmektedir.

- Çimento ile agregadaki aderansı etkileyen; şekil, yüzey pürüzlülüğü, dizilim ve en büyük tane çapı ile agregaların; boşluk oranı (porozite), özgül ağırlığı, içerdiği su oranı, su emme kapasitesi, aşınma ve basınç dayanımı parametreleri beton dayanımını doğrudan etkilemektedir.
- Agreganın tanelerinin; betonun dayanımını ve çimento ile agreganın taneleri arasındaki aderansı olumsuz yönde etkileyecek; kil, silt vb, donatı korozyonuna sebep olabilen tuz, klorür vb, betonda ani genişlemelere (alkali silika reaksiyonu) sebep olabilen aktif silisler vb maddeleri içermemelidir. Bu zararlı maddeler agreganın tanelerinin yüzeyinden ve içeriğinden arındırılmış olmalıdır.
- Agreganın tanelerinde mümkün olduğunca iri ve kılcal çatlak bulunmamalıdır. Agreganın tanelerinin çatlak yapısı ve oranı, betonun dayanımını ve betonda büzülme ve genişleme sonucu oluşan hacim değişikliklerini yakından etkilemektedir.

Agrega toplam maliyet olarak çimentoya oranla oldukça düşük maliyetli bir malzemedir. Agreganın toplam maliyetini, hammadde maliyetinden ziyade nakliye bedeli oluşturmaktadır.

Bir betonun maliyetini azaltabilmek için kullanılan agreganın miktarının, yeterli miktardan ne az, ne de çok olması gerekmektedir. Agreganın az veya çok kullanılması; dayanım azalmasına, istenilen dayanıma ulaşılması için daha çok çimento kullanılmasına dolayısıyla maliyet artışına, iç gerilme oluşumuna ve hidrasyon ısısının yükselmesi sonucu çatlak oluşumuna sebep olmaktadır. Agreganın yeterli oranını artırıcı katkı maddelerinin kullanılması maliyetin düşmesi açısından uygun bir çözüm olmaktadır.

## 1.5. Çimento

Çimento, ~ %75 kalker (CaO) ve ~ %25 kilin (SiO<sub>2</sub> ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) karıştırılarak ~ 1400°C'de pişirilmesi ve oluşan sert malzemenin (klinker) öğütülmesi sonucu elde edilen, su ile temasında bağlayıcılık özelliği kazanan (taşlaşan) bir malzemedir. Portland çimentosu içeriği çizelge 1.2'deki gibidir.



**Çizelge 1.2.** Portland Çimentosu İçeriği

<b>Portland Çimentosu Bileşenleri</b>	
<b>Bileşik</b>	<b>Yüzde Oranı (%)</b>
CaO (Kalker)	63-67
SiO <sub>2</sub> (Silis)	20-25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Alumin)	5-9
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Demir oksit)	2-4
MgO (Magnezi)	0,5-3
SO <sub>3</sub> (Kükürttri oksit)	1-2,5
Diğer Maddeler	0,5-2

Çimentonun sertleşmesini (priz süresini) geciktirmek için klinkere %3-6 oranında alçı taşı ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) da eklenmektedir (Ersoy ve Özcebe, 2004). Çimento ve su arasında kimyasal tepkimeler meydana gelerek başta elde edilen plastik görünümün yerini zamanla katı bir görünüm almaktadır. Su altında sertleşebilen ve suda erimeyen bağlayıcıya hidrolik bağlayıcı denilmekte olup alçı ve kireç gibi bağlayıcılar bu özelliği gösterememektedir (Erdoğan, 2004).

Çimento türü ve kalitesi; çimento ve su arasındaki sertleşme süresini (hidratasyon hızı), hidratasyon sırasında ortama salınan ısı miktarını ve ısı yayılım hızını, betonun durabilitesini ve betonda meydana gelebilecek hacim değişikliklerini (genleşme veya büzülme) yakından etkilemektedir. Doğru çimento seçimi ile betonun yerleştirildiği ortama uyumu ve istenilen dayanımı elde edilmiş olmaktadır.

Çimento, içeriğinde bulunan ana maddelerin ve katkı maddelerinin karışım miktarları ve oranları, elde edilmek istenen betonun dayanımı gibi faktörler göz önünde bulundurularak birçok sınıfa ayrılmıştır. TS EN 197-1’de 27 farklı tipte çimento tanımlanmıştır. Bu çimento tipleri özetle çizelge 1.3.’deki gibidir.

Çizelge 1.3.’de belirtilen çimento tipleri dışında özel kullanım amacıyla tanımlanmış çimento tipleri de bulunmaktadır. Bunlar; düşük erken dayanımlı çimentolar, sülfatlara dayanıklı çimentolar, beyaz portlant çimentosu, harç çimentosu, çok düşük hidratasyon ısılı özel çimentolar, yüksek fırın cürufu katkılı çimentolar. Ayrıca çimentolar aynı standartta; basınç dayanımı, priz başlama ve genleşme verilerine göre 32.5N, 32.5R, 42.5N, 42.5R, 52.5N, 52.5R tiplere ayrılmıştır. Burada R harfi erken mukavemet kazanan çimentoları, N ise normal zamanda mukavemet kazanan çimentoları belirtmektedir.

**Çizelge 1.3. Çimento tipleri**

Ana Tipler	Genel Çimento Tipleri	Açıklama
<b>CEM I</b>	Portlant Çimentosu	Klinkerin, kalsiyum sülfat ve mineral katkı (minör bileşen olarak ağırlıkça en fazla %0-5 arası) ile öğütülmesi ile elde edilmektedir.
<b>CEM II</b>	Portlant- Cürüflu Çimento	Katkı türüne bağlı olarak bu tipte bulunan çimentolar; cürüflu, puzolanlı gibi isimler almaktadır. Mineral katkı oranı %6-35'dir.
	Portlant - Silis Dumanlı Çimento	
	Portlant - Puzolanlı Çimento	
	Portlant - Uçucu Küllü Çimento	
	Portlant - Pişmiş Şistli Çimento	
	Portland Kompoze Çimento	
<b>CEM III</b>	Yüksek Fırın Cürüflu Çimento	Katkı miktarı %36-95 arasındadır.
<b>CEM IV</b>	Puzolanik Çimento	Katkı miktarı, puzolan ve uçucu kül katkıları ile beraber %11-55 oranında değişim göstermektedir. Bu tipteki çimentolarda cüruf veya kalker katkı maddesi olarak kullanılmamaktadır.
<b>CEM V</b>	Puzolanik Çimento	Bu tip çimentolar kompoze şeklindedir. Bu tipteki çimentolarda; puzolan ve uçucu külün toplam miktarı (%18-50) ile cüruf (%18-50) miktarı klinker oranı %20-64 arasında kalacak şekilde birlikte katılır.

Betonu oluşturan malzemeler arasında maliyeti en fazla etkileyen çimento olmaktadır. Bunun en önemli sebebi çimento üretilebilmesi için belirli ısıl işlemler (yüksek enerji) gerekmesidir.

### **1.6. Karışım Suyu**

Beton karışım suyu, karışıma katıldığı anda çimento ile tepkimeye giren ve betona plastik kıvam kazandıran yegane malzemedir.

Karışım suyunun miktarı ve kalitesi betonun işlenebilirliği açısından son derece önemlidir. Betonun karılması, yerleşmesi, sıkışması ve yüzeyinin düzeltilmesi işlemlerinin segregasyon meydana gelmeden kolaylıkla yapılabilmesi karışım suyu sayesinde mümkün olmaktadır.

Hidratasyonun başlaması ve bitişi arasında geçen süreçte ihtiyaç duyulan su, çimento ağırlığının %25'i oranındadır. Bu miktarın altı ve üstü betonun dayanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Karışıma ihtiyaç miktarından %10 eksik su konulması basınç dayanımını %10 azaltmakta, %20 fazla su konulması ise basınç dayanımını %30 azaltmaktadır. Karışım suyunun fazla olması betonun boşluk oranını artırmakta, eksik olması ise hidratasyonun tamamlanamamasına sebep olmaktadır. Betonun yerleştirileceği kalıp tertibatı beton dökümü yapılmadan evvel sulanmalı ve suya doygun hale getirilmelidir. Yoksa kalıp elemanları hidratasyon için gerekli olan suyun bir kısmını kendi bünyesine alarak betonu susuz bırakabilmektedir.

Karışım suyu, betonun fiziksel ve kimyasal yapısına zarar verebilecek; kil, silt, yağ, klorür, asit, sülfat, magnezyum sülfat, sanayi atıkları ve benzeri maddelerden arındırılmış ya da bu maddeler, karışım suyu içerisinde zararlı olmayacak seviyelerde tutulmuş olmalıdır (Çizelge 1.4.). Karışım suyunun Ph değeri ise, asitlerle reaksiyon göstermemesi için 7 den büyük olmalıdır.

**Çizelge 1.4.** Beton karışım suyunda bulunabilecek yabancı maddelerin azami oranları (Erdoğan, 2004)

Yabancı Madde	Azami Oranları (%)
Kil ve Silt gibi katı maddeler	0.2
Yağ	Çimento Ağırlığının % 2'si
Yosunlu Maddeler	0.005-0.1
Şeker	0.005
Kalsiyum ve Magnezyum Bikarbonatlar	0.04
Alkali Karbonatlar ve Bikarbonatlar	0.1
Kalsiyum Klorür	Çimento Ağırlığının %2'si
Sodyum Klorür	2.0
Magnezyum Klorür	4.0
Sodyum Sülfat	1.0
Magnezyum Sülfat	4.0
Fosfat, Arsenat, Borat	0.05
Demir Tuzları	4.0
Hidroklorik ve Sülfürik Asitler	1.0
Sodyum Hidroksit	Çimento Ağırlığının %0.5'i
Potasyum Hidroksit	Çimento Ağırlığının %1.2'si

Karışım suyu kadar önemli olmasa da betonun istenilen dayanıma ulaşabilmesi için kür (bakım) suyu, beton yerleştirildikten birkaç saat sonra beton yüzeyi sertleşir sertleşmez, en az 7 gün ve günde 3 kez olmak üzere beton yüzeyi sulanmakta ve çeşitli tekniklerle (beton yüzeyine; ıslak bez, buhar verme, nemli toprak, nemli talaş örtülmesi vb) nemli (rutubetli) tutulmaktadır. Betonun kür süresini; sıcaklık, nem ve rüzgar gibi faktörler etkilemektedir. Kür suyu, beton yüzeyinde leke ve betonda kimyasal reaksiyonlar oluşturmamalıdır.

### 1.7. Beton Katkı Maddeleri

Beton katkı maddeleri, saf haldeki betonun birtakım özelliklerini (dayanımı, donmaya ve çözülmeye dayanıklılığı, ayrışma olmadan akıcılık [işlenebilirlik] sağlayabilmesi vb) daha uygun ve iyi hale getirmek maksadıyla betonun ana bileşenlerinin (su, çimento ve agrega) yanında karıştırma öncesinde veya sırasında, karışıma yeterli miktarda (genellikle karışım suyuna) katılan, kimyasal (organik ya da inorganik) ve mineral içerikli maddelerdir. Beton katkı maddeleri, çizelge 1.5.'de belirtildiği gibi taze (plastik kıvamlı hali) ve sertleşmiş durumdaki betonun bir veya birden çok özelliğini iyileştirmek için kullanılmaktadır.

**Çizelge 1.5.** Katkı maddelerinin sağladığı faydalar

<b>Katkı Maddelerinin Sağladığı Faydalar</b>	
<b>Taze Beton</b>	<b>Sertleşmiş Beton</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Betonun sertleşme süresini uzamasını veya kisasmasını sağlamak</li> <li>• Segregasyonu (ayrışma) önlemek veya kontrol altına almak</li> <li>• Beton içerisinde serbest kalan suyun yüzeye çıkmasından dolayı oluşacak dayanım kaybını (kuma) önlemek</li> <li>• Akışkanlık kaybını yavaşlatmak</li> <li>• Pompalanabilirliği arttırmak</li> <li>• Su oranı sabit tutularak ya da azaltılarak işlenebilirliğini arttırmak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidratasyon sırasında ortama salınan ısıyı azaltmak ya da geciktirmek</li> <li>• Çevresel etkilerin zararlarına karşı oluşacak sorunları (hacimsel stabilite) önlemek</li> <li>• Betonun poisson oranı, elastisite modülü, kayma modülü, ısıl genleşme katsayısı gibi mekanik özelliklerini iyileştirmek</li> <li>• Aderansı arttırmak</li> <li>• Boşluk oranını (geçirimsizlik) azaltmak</li> <li>• Alkali-silika reaksiyonunu kontrol altına almak</li> <li>• Dayanım kazanma hızını arttırmak</li> <li>• Nihai dayanımı ve dayanıklılığı arttırmak</li> <li>• Donatı korozyonunu azaltmak</li> <li>• Katkısız betona göre daha ekonomik beton elde etmek</li> </ul>



Beton katkı maddeleri, literatürde çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulmuş olup genellikle betonda geliştirdikleri özelliklere ve kimyasal içeriklerine göre çizelge 1.6.'daki gibi sınıflandırılmışlardır.

**Çizelge 1.6.** Beton katkı maddelerinin sınıflandırılması

<b>Beton Katkı Maddelerinin Sınıflandırılması</b>		
	<b>Tanımı</b>	<b>Özelliği</b>
<b>Kimyasal Katkılar</b>	Betonun özelliklerini değiştirmek ve geliştirmek amacıyla çimento kütlelerinin %5'ini geçmemek üzere, karışıma katılan organik veya inorganik içerikli maddelerdir.	Beton katkı malzemeleri TS 3452'ye uygun şekilde karışım suyu ihtiyacını azaltan, taze betonun priz almasını geciktiren, taze betonun priz almasını hızlandıran katkılarıdır. TS EN 934-2'ye göre kimyasal katkı tipleri; su azaltıcı/akışkanlaştırıcı, yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı, hava sürükleyici, su geçirimsizlik katkıları, su tutucu katkıları, sertleşme hızlandırıcı, priz hızlandırıcı/priz geciktirici, priz geciktirici, su azaltıcı/akışkanlaştırıcı, priz geciktirici, yüksek oranda su azaltıcı/süper akışkanlaştırıcı, priz hızlandırıcı, su azaltıcı/akışkanlaştırıcı olarak sıralanmaktadır.
<b>Mineral Katkılar</b>	Betonun işlenebilirliğinden taviz verilmeden, terlemeyi, hidrasyon ısısını ve su geçirgenliğini azaltmak, betonun nihai dayanımı ve sülfatlara karşı dayanıklılığı artırmak amacıyla çok ince şekilde öğütülerek çimento yerine ikame edilen; doğal puzolan adı verilen; tras, volkanik tüf, volkanik cam vb malzemelerle yapay puzolan adı verilen; uçucu kül, silis dumani, granüle yüksek fırın cürufu, pişmiş kil, vb malzemelerdir.	İşlenebilmeyi, dayanımı dayanıklılığı ve ekonomikliğini artırıcı, hidrasyon ısısını ve su geçirgenliğini azaltıcı katkılarıdır.
<b>Hava Sürükleyici Katkılar</b>	Betonun; kolay işlenebilmesi, donma çözülme etkilerine karşı dayanıklı olabilmesi amacıyla çimento kütlelerinin %5'ini geçmemek üzere karışıma katılan malzemelerdir.	Soğuğa (dona) karşı dayanıklılığını artırıcı katkılarıdır.
<b>Diğer Katkılar</b>	Kimyasal, mineral ve hava sürükleyici katkıları haricindeki diğer katkı malzemeleridir.	Korozyon önleyici, yüzey geciktirici, Alkali-silika tepkimesi azaltıcı, rötre azaltıcı, ayrışma azaltıcı, nem önleyici, su geçirgenliğini azaltıcı, renk verici ve diğer katkılarıdır.

Su, çimento ve agrega karışımının uygun formüller ile karıştırılması halinde, katkı maddeleri kullanılmamış olsa dahi bu maddelerin taze ve sertleşmiş beton üzerinde sağladığı faydalı etkiler bir miktar elde edilebilmektedir. Fakat bu durumda katkılı karışımlara nazaran maliyeti yüksek bir karışım elde edilmiş olmaktadır. Katkı

oranının gereğinden az konulması istenilen etkinin oluşmamasına, fazla konulması ise istenilmeyen durumların oluşmasına sebep olabilmektedir.

## **1.8. Geri Dönüşüm**

Literatürde geri dönüşüm (GD) ve geri kazanım kavramları birbirine karıştırılabilmektedir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde GD, "atıkların bir üretim prosedürüne tabi tutularak, orjinal amaçlı ya da enerji geri kazanımı hariç olmak üzere, organik GD dahil diğer amaçlar için yeniden işlenmesi" olarak, geri kazanım ise "tekrar kullanım ve GD kavramlarını da kapsayan; atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesi" olarak tanımlanmıştır. Yani GD kimyasal ve fiziksel bir işlem sonucunda enerji geri kazanımı olmadan ikincil hammaddeye dönüştürülerek aynı veya başka bir üretim sürecine dahil edilmesi, geri kazanım ise kimyasal ve fiziksel işlemler uygulanarak başka bir ürüne veya enerjiye çevrilmesidir. Bu bilgiler ışığında GD, malzemelerin üretiminden işlev kazanacağı hale getirilinceye kadar ya da kullanımı sırasında; işçilik (taşıma, yükleme, boşaltma vb) ya da malzeme kusurundan kaynaklanan aksaklıklar sebebiyle asıl işlevini kaybederek atık hale gelen malzemelerin, fiziksel ve/veya kimyasal işlemler uygulanarak aynı ya da bir başka üretim sürecine uygun hale getirilmesi ve elde edilen malzemenin hammadde yerine ikame edilmesidir.

### **1.8.1. Geri dönüşümün önemi**

Dünya'da barış ortamının kısmen sağlanması; nüfusun, kentleşmenin ve teknolojik gelişmelerin artmasına, teknolojik gelişmeler sonucu oluşan ekonomik refah ortamı, yaşam biçimlerinin değişmesine, değişen yaşam biçimleri ve yükselen alım gücü, tüketimin artmasına, tüketiminin artması ise; var olan doğal kaynakların hızla tükenmesine, atık malzemelerin çoğalmasına, çevre kirliliğine dolayısıyla doğal yaşam döngülerinin bozulmasına sebep olmaktadır.

Kaynakların verimli kullanımı sağlamak ve çevresel sorunların önüne geçebilmek için azımsanmayacak miktarda bulunan atık maddelerin geri dönüştürülmesi gerekmektedir. GD'nin sağlıklı bir şekilde sağlanması ile atık miktarının azaltılması, işlevsiz malzemelere tekrar işlev kazandırılması, kaynak korunumu, enerji tasarrufu ve çevresel sorunların kaynağında çözümü sağlanmış

olmaktadır. GD konusunda çevreci ve ekonomik çözümler üretilmesi ile de ülke ve dünya barışına katkıda bulunulmakta ve kaynakların azalması sonucu ileriki yıllarda meydana gelebilecek siyasal ve ekonomik krizlerin önüne kısmen geçilmiş olmaktadır.

### **1.8.2. İnşaat, yıkıntı atıkları ve geri dönüşümünün önemi**

İnşaat ve yıkıntı atıkları, her nevi inşaatın; yapımı, onarımı, yenilenmesi, yıkımı sırasında ve doğal afetler sonucunda meydana gelen genellikle ayrışması zor, katı malzemelerdir. Bu atıkların (Beton, tuğla, briket, ahşap, sıva, alüminyum, plastik, asfalt, seramik, çelik, kağıt, yalıtım malzemeleri vs) mekanik ve kimyasal özellikleri inşai faaliyetin; türüne (yol, köprü, bina vs), bulunduğu yere (ülkeye), teknolojisine, boyutuna, malzemesine ve yaşına bağlı olarak değişim göstermektedir.

İnşaat ve yıkıntı atığı olağanüstü sebeplerle (savaş, doğal afet vb) çözülmesi zor bir problem haline gelebilmektedir. İkinci Dünya Savaşı'nın bitmesi (1945) ile beraber Almanya'da harabe şekli alan şehirlerde büyük bir sorun haline gelen 400-600 milyon m<sup>3</sup> yıkıntı atığının, agregaya çevrilerek beton nevi malzemelerde kullanılması gündeme gelmiştir. Bu amaçla 1955 yılında GD tesisi kurulmuş ve 11,5 milyon m<sup>3</sup> GD tuğla agregası üretilmiştir. Elde edilen GDA ile bir yıl içerisinde 175.000 konutun inşası gerçekleştirilerek yıkıntı atığı miktarı %85 azaltılmıştır (Khalaf ve De Venny, 2004). Türkiye'de ise 17 Ağustos 1999 yılında meydana gelen Marmara depremi sonrasında milyonlarca m<sup>3</sup> yıkıntı atığı denize dökülerek konuya gereken önem verilememiştir.

Avrupa ülkelerinde yıllık 175-370 milyon ton (0.5-1 ton/kişi/yıl) inşaat ve yıkıntı atığı oluştuğu tahmin edilmektedir. Bu atıklarının %72'si depo edilmekte %28'i ise geri dönüştürülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise yılda yaklaşık 136 milyon ton inşaat ve yıkıntı atığı oluşmaktadır. Bu atığın %43'ü konut türü, %57'si ise konut dışı yapılardan elde edilen atıklar oluşturmaktadır. Bu atıkların %8'i yeni inşaat yapımı, %44'ü yenileme ve %48'i yıkıntı süreçlerinde meydana gelen atıklardan oluşmaktadır. 1998 yılı verilerine göre Hong Kong'da yılda üretilen inşaat/yıkıntı atığı miktarı 12 milyon tondur. İnşaat ve yıkıntı atıklarının bileşenleri, yapı elemanlarının inşasında kullanılan malzemelerin farklı olmasından, eski veya yeni olmasına bağlı oluşan teknoloji farklılıklarından dolayı, ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Hollanda ve Danimarka'da, inşaat atığının %80-85'i beton ve duvar malzemesi oluşturmaktadır. Kuveyt'te ise inşaat ve yıkıntı atığı miktarının yaklaşık %30'unu beton oluşturmaktadır (Öztürk, 2017).

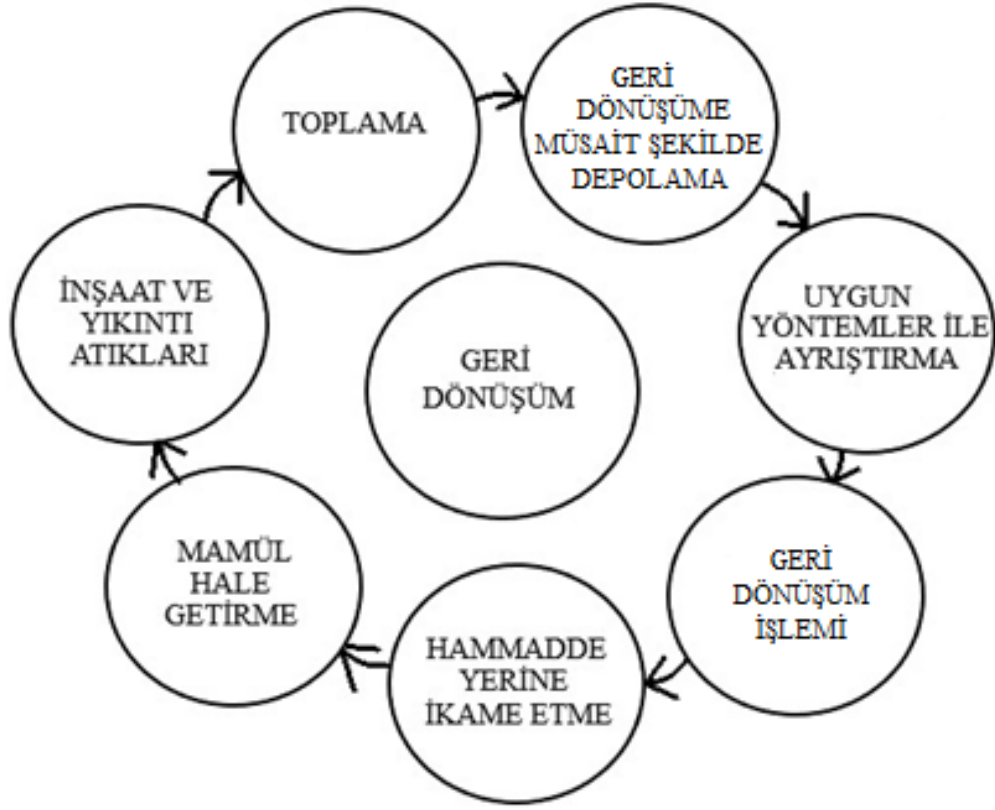
İnşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüştürülmesi sayesinde;

- Atık maddeler kullanılarak yeniden hammadde (çimento, agrega) üretiminin ve enerji tüketiminin önüne geçilmiş olmaktadır.
- Çevrede belli bir alan ve hacim kaplayan inşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüştürülmesi ile görüntü kirliliğinin önüne geçilerek ve doğal yaşam ortamları korunarak ülkenin sosyal gelişimine katkıda bulunulmakta ve en önemlisi bir gün tükenecek olan doğal kaynakların kullanımını azaltılmış olmaktadır.
- Doğal kaynakların kullanımını yerine atık maddelerin kullanılması ile daha az enerji harcanmakta ve ülkenin iktisadi gelişimine katkıda bulunulmuş olmaktadır.
- Hammadde üretimleri esnasında (özellikle çimento üretimi) atmosfere salınan karbondioksit ve benzeri zararlı gazların miktarı azaltılarak hava kirliliği kısmen önlenmiş olmaktadır.
- Sanayi atıkları durumunda bulunan; yüksek fırın cürufu, silis dumanı, uçucu kül, genişletilmiş perlit, kil, pirinç kabuğu külü gibi malzemelerin beton katkı maddesi olarak kullanılmasıyla betonda dayanım ve dayanıklılık artışı sağlanmaktadır. Ayrıca bu maddeler çimento yerine geçerek betonda kullanılacak çimento miktarını azaltacağından daha ekonomik bir beton elde edilmiş olmaktadır.

### **1.8.3. Geri dönüşüm projelerinin yönetimi**

GD projesi yönetimi, hammadde ve enerji kaynaklarının disiplinlerarası çalışmalarla en yüksek verim ile tüketilmesi anlamındadır.

GD'nin amacı; karışık halde toplanan atıklar içerisinde geri dönüştürülmesi mümkün olanların uygun teknoloji ile ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi, geri dönüştürülmesi mümkün olmayanların ise çevreye zarar vermeyecek şekilde depo edilmesidir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının GD'sindeki amaç da aynı şekilde atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde depolanması, uygun ekipmanlarla ayrıştırılması, geri dönüştürülmesi planlanan ürüne göre ve en az ziyanla parçalanarak yeniden kullanılmasıdır (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. İnşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüşümü

Atık politikalarının ve bu politikalar doğrultusunda oluşturulan projelerin yönetiminin sürdürülebilir bir şekilde hayata geçirilebilmesi için genel ve yerel otoritelerin öncelikle atık malzemelerin önemli bir sorun olduğunu kabul ederek ve yatırım hedeflerinde, kalkınma politikalarında bu sorunun çözümüne yer vererek geri dönüştürülebilir malzemelere yatırım önceliği vermesinin ve geri dönüştürülebilir malzemelerin üretimi, pazarlanması ve sair işlerde özel sektör yatırımlarını özendirici vergi ve kredi düzenlemeleri yapmasının uygun bir çözüm olacağı düşünülmektedir.

İnşaat ve yıkıntı atıklarının; geri dönüştürülmesi, azaltılması, çevreye zararının engellenmesi gibi konularda görev ve yetki bakımından daha uygun pozisyonda bulunan büyükşehir belediyelerinin çalışmalar yapması ve kararlılıkla yürütmesi gerekmektedir. İnşaat ve yıkıntı atıklarının dönüşümü için tesisler kurulmalı, kurulacak tesislerin faaliyete başlamasına kadar geçecek süreçte toplanan atık maddeler uygun şekilde ayrıştırılarak geri dönüştürüleceği bilinciyle depo edilmelidir. Büyükşehir il ve ilçe belediyeleri koordineli bir şekilde; küçük ve büyük miktardaki inşaat ve yıkıntı atıklarının nasıl toplanması, nerelerde ve ne şekilde depolanması, bu atıkların;

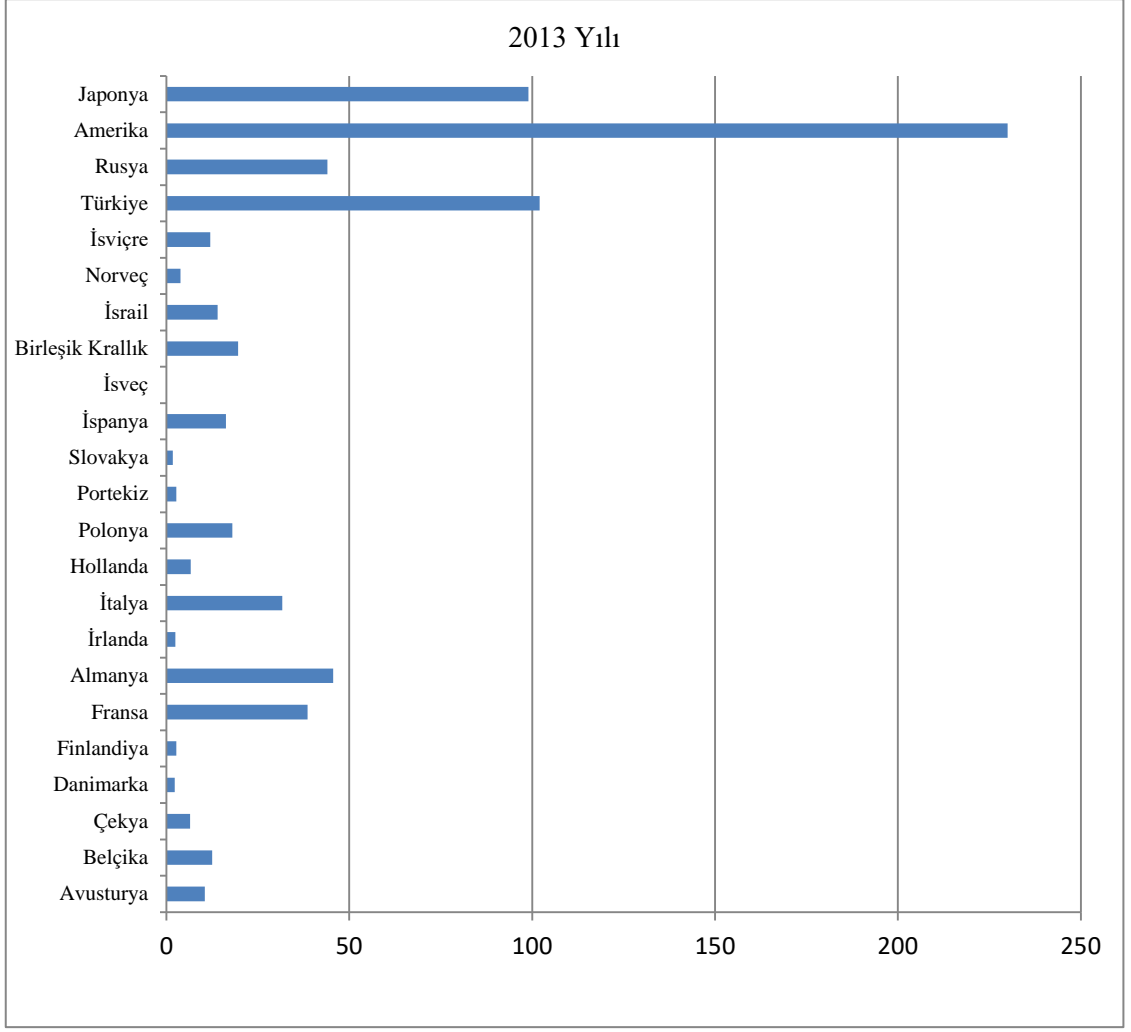
taşınması, GD'si, geri kazandırılan ürünlerin kullanımı gibi hususlar hakkında yönetim planları hazırlaması ve uygulaması gerekmektedir. Ayrıca bu yönetim planlarında yıkıntı atıklarının oluşumu, taşınması vb gibi işlemler esnasında meydana gelen; hava, ses, titreşim, yeraltı suyu ve benzeri kirlilikleri önleme çalışmalarına yer verilmelidir.

### **1.9. Geri Dönüşüm Agregaları**

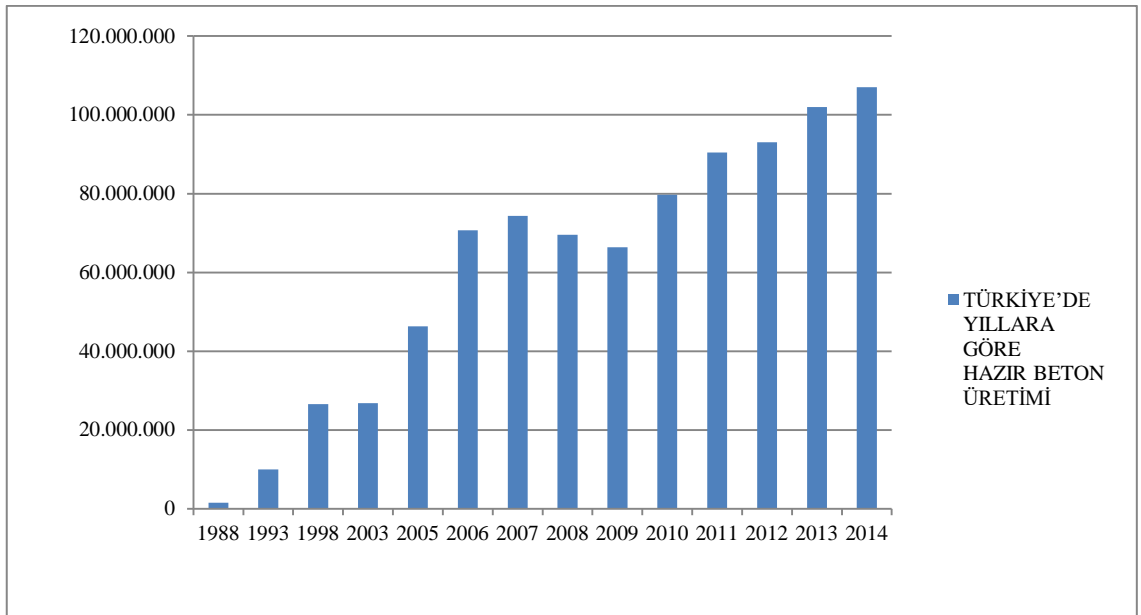
GDA, işlevsiz halde bulunan; beton, tuğla, seramik, cam, lastik vb inorganik malzemelerin 0,25-63 mm arası elek göz açıklıklarından geçecek şekilde parçalanarak beton karışımında normal agrega yerine, kısmen ya da tamamen ikame edilen karışım malzemesidir. Bugün Dünya'da birçok malzemenin agrega yerine kullanılması üzerinde çalışmalar yürütülmekle birlikte GDA denildiği zaman literatür kaynaklarında beton ve beton türü atıklardan elde edilen malzemeler anlaşılmaktadır. Böyle olmasının sebebi, betonun diğer malzemelere oranla atık miktarının fazla olması ve beton karışımı ile kolayca uyum sağlayabilmesidir.

Dünya'da beton yapı inşasında kullanılan en yaygın yapı malzemesi durumundadır. Oikonomou yaptığı çalışmada inşaat sektörünü, doğal kaynakların %50'sini, enerjinin %40'ını kullanan, atıkların %50'sinin ait olduğu sektör olarak tanımlamaktadır (Kadiroğlu ve ark., 2017). Bazı ülkelerin 2013 yılı hazır beton üretim miktarları şekil 1.5.'de gösterilmektedir. Çeşitli dalgalanmalar meydana gelse de her geçen yıl hazır beton ihtiyacı özellikle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hızla artış göstermektedir. Türkiye Hazır Beton Birliği'nin verilerine göre Türkiye'de üretilen hazır beton miktarlarının yıllara göre dağılımı şekil 1.6.'da gösterildiği gibidir. Artan ihtiyaç ve tükenen hammadde kaynakları GD'nin önemini artırmaktadır. Agreganın betonun mutlak hacminin %70'ini oluşturduğu düşünülürse GDA üzerinde düşünülmesi gereken hassas bir konu olmaktadır. Avrupa Agrega Birliği'nin (UEPG) 2015 yılı için Avrupa ülkelerinin ürettikleri agregaların türleri ve tahmini miktarları şekil 1.7.'de gösterildiği gibidir. Almanya 68 milyon ton GDA üretimiyle Avrupa ülkeleri arasında birinci sıradadır. Birleşik Krallık 52 milyon ton üretimle ikinci sırada üretim yapmaktadır.

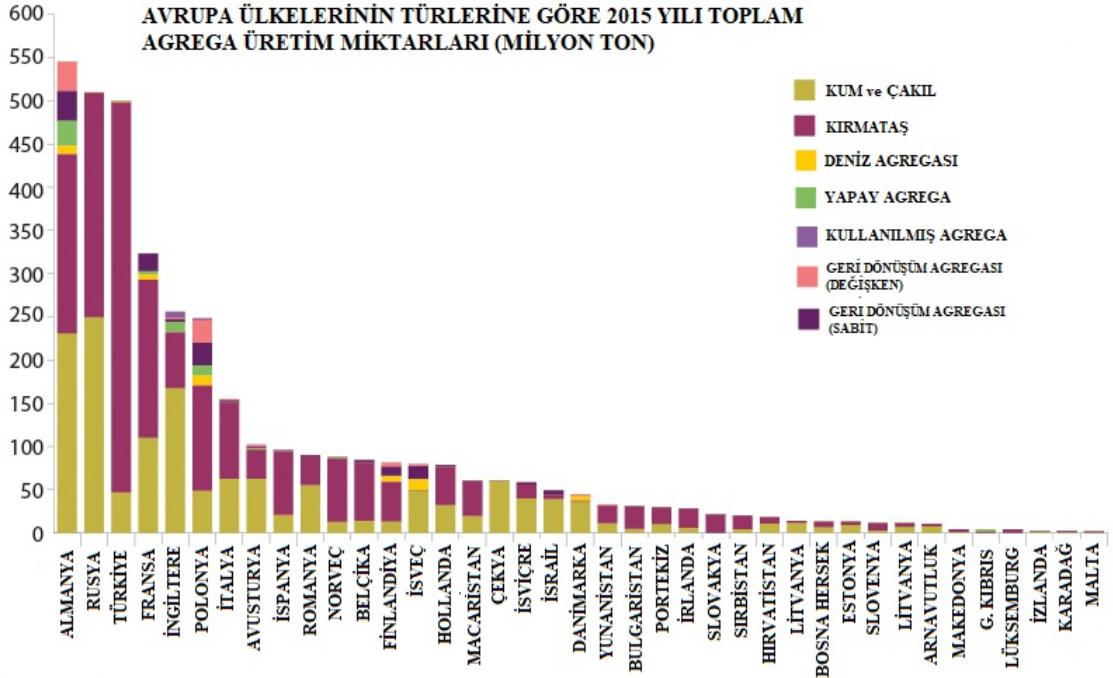




**Şekil 1.5.** Bazı ülkelerin 2013 yılı hazır beton üretim miktarları (milyon m<sup>3</sup>) (Anonim, 2014)

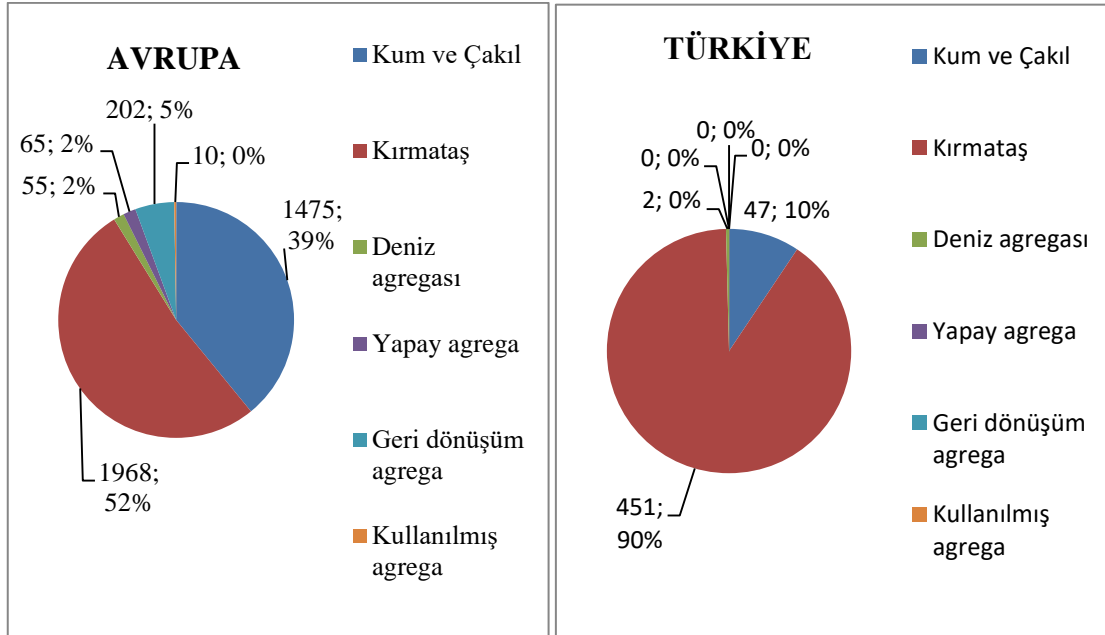


**Şekil 1.6.** Türkiye'de yıllara göre hazır beton üretim miktarları (Anonim, 2014)



Şekil 1.7. Avrupa ülkelerinde 2015 yılında üretilen agregaların türlerine göre miktarları (Anonim, 2015a)

Avrupa’da üretilen toplam 3775 milyon ton agrega ile Türkiye’de üretilen 500 milyon ton agreganın türlerine göre miktarı ve yüzdesi şekil 1.8.’deki gibidir.



Şekil 1.8. Avrupa’da ve Türkiye’de 2015 yılında üretilen agregaların türlerine göre oranlarının karşılaştırılması (Anonim, 2015b)

Türkiye Avrupa'nın en çok agrega tüketen ülkesi olmasına rağmen GDA konusuna henüz gereken önemi vermemiştir. Meydana gelen deprem, sel, heyelan gibi doğal afetlerden GD konusunda sosyal ve ekonomik nedenlerle gereken ders çıkarılamamış yıkılan yapılardan elde edilen beton atıklar sahillerde dolgu olarak kullanılmıştır. 2004 yılında yürürlüğe giren "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" inşaat ve hafriyat atıklarının GD'si, çevreye zararının azaltılması vb konularda hükümler getirmiş olsa da bilinç uyandırmamıştır. İnşaat yapımı, yıkımı, yenilenmesi vb süreçlerde oluşan inşaat ve yıkıntı atıkları ile hafriyat toprakları döküm sahalarına dökülerek çevresel ve ekonomik birçok sorunu beraberinde getirmiştir. Bir kısım şehirlerin yerleşim merkezlerinde agrega kaynakları tükenmiş ve daha uzak mesafelerden elde edilen agregalar sebebiyle beton maliyeti artmıştır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin bir iştiraki olan İSTAÇ'ın inşaat ve yıkıntı atıklarının kontrolünü ve GD'sini gerçekleştirmek için 200 ton/saat kapasiteli geri kazanım tesisi kurmuştur. Aynı kuruluşun Faaliyet raporlarında 2014, 2015 ve 2016 yılı faaliyet raporlarında sırasıyla; 60,5, 69,7 ve 72,1 milyon ton hafriyat, inşaat ve yıkıntı atığı depolandığı belirtilmekle birlikte bu atıkların ne kadarının geri kazandırıldığı ile ilgili bilgi bulunmamaktadır. Ankara, İzmir ve diğer büyükşehir belediyelerinin ise inşaat ve yıkıntı atığı GD'si ile ilgili herhangi bir tesisi bulunmamaktadır.

### **1.9.1. Geri dönüşüm agregalar ile ilgili standartlar**

20. yüzyılın özellikle son çeyreğinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen yüksek büyüme oranları ve artan inşai faaliyetler; çevresel ve ekonomik sorunlar doğurmuş ve GDA konusunda ülkeleri çalışma yapmaya itmiştir. Avrupa Standartlar Komitesi'nin (CEN) GDA konusunda yeterli bir standardizasyon çalışması bulunmaması, 2000'li yılların başından itibaren pek çok Avrupa ülkesini GDA'lar ile ilgili standartlar oluşturmasına sebep olmuştur. Konu ile ilgili; Almanya 2002 yılında DIN4226-100, Birleşik Krallık 2002 yılında BS8005-2, Fransa 2002 yılında (RILEM) TC,121-DRG, Belçika 2003 yılında PTV, 406, Portekiz 2006 yılında LNEC E471, İsviçre 2006 yılında OT70085, İspanya 2008 yılında EHE-08nolu standart oluşturmuştur. Dünya'da da benzer şekilde Japonya 2002 yılında BCSJ, 1977, Brezilya 2005 yılında NBR 15.116 nolu standart oluşturmuştur. Standartlarda genel olarak

GDA'ların; tanımı, çeşitleri, kullanımı, karışım oranları, içeriği, basınç dayanımları, deneyleri gibi hususların tespitlerine yer vermişlerdir.

Türkiye'de 2008 yılında, geri kazanılmış agrega özütünün çimentonun priz başlangıç süresi üzerindeki etkisinin tayini konusunda TS EN 1744-6 standardı yayınlanmıştır. 2009 yılında, beton yapımında kullanılmak amacıyla, doğal, yapay veya geri kazanılmış agregaların (yoğunluğu 1,5-2 g/cm<sup>3</sup> olan GDA'ların ve GDAları [D ≤ 4 mm] kapsar.), dolgu malzemesi olarak kullanılan agregaların ve bu malzemelerin oluşturduğu karışımların özelliklerini kapsayan TS 706 EN 12620+A1 nolu standart bulunmaktadır.

### **1.9.2. Geri dönüşüm agreganın kullanım alanları**

Geri dönüşüm agregalar;

- Agregalar olarak beton, grobeton ile parke, bordür, lahit vb prefabrik beton elemanların üretiminde,
- Genel dolgu ve yüzey serim malzemesi olarak inşaat sahalarında,
- Temel ve alt temel tabakalarında dolgu malzemesi olarak karayolu inşaatlarında,
- Asfalt agregası olarak asfalt üretiminde
- Zemin stabilizasyon (ıslah) malzemesi olarak zemin iyileştirme işlerinde,
- Borularının yastık, gömlek ve üst tabakalarının dolgu malzemesi olarak altyapı (içmesuyu, kanalizasyon, yağmursuyu) inşaatlarında kullanılmaktadır.

### **1.9.3. Geri dönüşüm agrega ile üretilen betonların genel özellikleri**

AB'lerden elde edilen GDA'nın kalitesi ve bu GDA ile üretilen betonun dayanımı, elde edildiği AB'nin kalitesine bağlı olmaktadır. Yerinde dökümü yapılan her beton arasında birbirinden farklıdır. Betonun bakımı, yerleşimi, yaşı, bulunduğu ortam, dayanım sınıfı vb birçok parametreye göre beton, dolayısıyla GDA farklı özellikte olmaktadır. Bir AB'nin agrega olarak kullanılabilmesi için fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri standartlarla belirlenen değerlerin altında olmaması gerekmektedir. GDA üzerinde yapılan çalışmalar, standartlara göre elde edilen GDA'lı betonların normal betonlara benzer özelliklerde olduğunu göstermektedir.

(Durmuş ve ark., 2009), yaptıkları çalışmada C20, C25, C30 ve C35 beton sınıflarındaki betonların mühendislik özelliklerini belirledikten sonra bu betonlardan

ayrı ayrı GDA üretmiş ve bu agregalarla üretilen (%100 ikame edilerek) betonların (aynı çimento miktarı ve işlenebilirlik için) mühendislik değerlerinin bir alt sınıftaki betonun mühendislik değerlerine yaklaştığını tespit etmişlerdir.

GDA'lı betonların, normal betonlara yakın özelliklerde olduğu bilinmekle birlikte GDA üzerinde yapılan çalışmalarda genellikle GDA'lı betonların normal betonlara göre; basınç dayanımı, işlenebilirliği, aderans sağlama özelliği, elastisite modülü ve birim hacim ağırlığı daha az, su emme oranı ve rötre miktarı daha fazla olduğu tespit edilmektedir.

(Sefidehkan, 2017) yaptığı çalışmada; kırmataş agregalı beton ile GDA'lı betonun özelliklerini karşılaştırmış ve GDA'lı betonların; çökme miktarının, birim hacim ağırlığının, sertleşmiş beton yoğunluğunun, basınç dayanımının ve donatı aderansının daha az, su emme, serbest rötre ve rötreden oluşan ağırlık kaybının daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

(Xiao ve Ark.,2005), yaptıkları çalışma ise geri dönüştürülmüş agrega kullanılan betonların elastisite modülünün normal betona göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Beton üretiminde %100 geri dönüştürülmüş iri agrega kullanımının elastisite modülünü %45'e kadar düşürdüğünü tespit edilmişlerdir.

GDA ile üretilen betonun özelliklerinin daha iyi olabilmesi için GDA karışımı içerisindeki 0-2 mm elekten geçen kısmın doğal kum ile değiştirilmesi gerekmektedir (Ajdukiewicz ve Kliszczewicz, 2002). GDA'nın beton üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ya da tamamen ortadan kaldırmak için beton karışımına uçucu kül, silis dumanı, öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu gibi katkı maddeleri katılmakta ve normal şekilde edilen betonların özelliklerine ulaşılmaya çalışılmaktadır.

#### **1.9.4. Geri dönüşüm agreganın özellikleri**

GDA'nın agrega olarak kullanabilmesi için beton agregası deneylerinin GDA üzerinde de yapılması, geometrik, mekanik, fiziksel, termal, bozunma ve kimyasal özelliklerinin uygunluğunun deneylerle tespit edilmesi gerekmektedir (Çizelge 1.7.).

**Çizelge 1.7.** Beton Agregası Deneyleri

<b>Beton Agregası Deneyleri</b>	
<b>Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler</b>	<b>Standart Numarası</b>
Eleme Metodu İle Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini	TS EN 933-1
Tane Şekli Tayini-Yassılık Endeksi	TS EN 933-3
İri Agregalarda Kavkı İçeriğinin Tayini-Kavkı Yüzdesi	TS EN 933-7
İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi	TS EN 933-9+A1
<b>Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler</b>	
Agregaların Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini	TS EN 1097-6
Parçalanma Direncinin Tayini	TS EN 1097-2
Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Micro-Deval)	TS EN 1097-1
<b>Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri İçin Deneyler</b>	
Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini	TS EN 1367-1
Magnezyum Sülfat Deneyi	TS EN 1367-2
Kuruma Çekmesi Tayini	TS EN 1367-4
Agregaların Potansiyel Alkali Reaktivitesinin Tayini (Harç çubuğu yöntemi)	TS 13516
<b>Agregaların Kimyasal Deneyleri:</b>	
Organik Madde Tayini Deneyi	TS EN 1744-1: 2009+A1
Harç Metoduyla Organik Kirleticilerin Tayini	TS EN 1744-1: 2009+A1

#### **1.9.4.1. Tane şekli ve dağılımı**

GDA üretilebilmesi için büyük beton parçalarının kırıcı makineler vasıtasıyla küçük parçalara ayrılması gerekmektedir. Beton kütleleri iri ve ince şekilde parçalara ayıran makinelerin ekipman özellikleri (gücü, hızı vs) ve kırım süresi GDA tanelerinin şekillerini, tane dağılımını ve yoğunluğunu etkilemektedir. Genellikle iri (40-50 mm), çokgen (köşeli) şekilde ve her kenarı pürüzlü olarak elde edilmektedirler. GDA'nın genellikle iri ve çokgen şekilde yani yassı ve ince şekillerde olmaması beton içerisinde kullanımını kolaylaştırmaktadır. Her kenarının pürüzlü olması GDA'nın beton hamuru ile iyi bir aderans sağlamasına fakat işlenebilirliğin azalmasına sebep olmaktadır.

AB kırıklarının yüzeylerinde eski doğal agrega ve beton harcı bulunmaktadır. Bu durum doğal agrega tanelerine nazaran homojen özellikte olmayan GDA tanelerinin su emme, işlenebilirlik, yoğunluk aşınma direnci vb özelliklerini yakından etkilemekte ve diğer GDA taneleri ile farklı özellikte olmasına, genelleme yapılarak kullanılmasına sebep olmaktadır.

Tane büyüklüğü dağılımı TS EN 933-1’de belirtilen eleme metodu ile yapılmakta ve tasarımı yapılan beton karışımının istenen nihai özellikleri (dayanım, dayanıklılık, geçirimsizlik, işlenebilirlik, gözeneklilik, sıkıştırma derecesi vb) için oldukça önemli olmaktadır. Bu metod ile agrega taneleri bir dizi eleme işleminden sonra belirli elek aralıklarında toplanarak birbirinden ayrılmaktadır. Bu şekilde tane çaplarına göre ayrıştırılan agrega taneleri aralarında daha sonra belirli oranlarda (en az boşluk kalacak şekilde) bir araya getirilmektedir. Bu oranlar topluluğuna granülometri (tane dağılımı) denilmektedir.

Eleme işleminden sonra granül haline gelen ve doğal agrega karışım hesaplarındaki gibi birbirleri ile en az boşluk kalacak şekilde bir araya getirilen GDA taneleri, beton karışımına katılarak GD işlemi büyük oranda sağlanmış olmaktadır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalarda 0-2 mm kalınlığındaki çok ince GDA tanelerinin betonun; su miktarını, boşluk oranını, porozitesini dolayısıyla geçirimsizliğini artırdığı, dayanımını ve dayanıklılığını ise düşürdüğü belirtilmektedir. 0-2 mm’lik kısmın doğal kum ile ikame edilerek beton içerisine katılması uygun görülmektedir.

#### **1.9.4.2. Su emme oranı, yoğunluğu ve birim hacim ağırlığı**

GDA’nın yüzeyinde bulunan eski harç tabakasının gözenekli yapısından dolayı suyu emme (absorbe) oranı, doğal agregaya nazaran daha yüksek olmaktadır. Hidratasyon için karışıma katılan suyun verimli bir şekilde görevini yerine getirerek betonun yeterli dayanıma ulaşabilmesi için GDA’ların su emme ihtiyacı göz önünde bulundurularak GDA’ların suya doyurulması ve yüzeylerinin kuru olması gerekmektedir. Konu ile ilgili incelenen çalışmalarda aynı granülometriye sahip doğal agregaların su emme oranının %0,5-2,5 arasında, GDA’nın ise; ince agrega oranı, üretildiği betonun özellikleri ve eski harç tabakasının miktarı ile doğru orantılı olarak su emme oranının %3-12 arasında değişmekte olduğu görülmüştür.

Yoğunluk, hacim başına düşen kütle, özgül ağırlık ise birim hacme düşen ağırlık anlamına gelmektedir. GDA ile üretilen betonların birim hacim ağırlıkları ve yoğunlukları GDA’nın boşluklu yapısından dolayı doğal agrega ile üretilen normal betonlara göre daha az olmaktadır.

(Köken ve Ark., 2008), çalışmalarında 0-4 mm arası GDA’nın ortalama su emme oranını %10,64, yoğunluğu 2,69 g/cm<sup>3</sup> ve 4-16 mm arası GDA’nın ortalama su emme oranını %4,62, yoğunluğu 2,67 g/cm<sup>3</sup> olarak tespit etmişlerdir.

(Brito ve ark., 2016) çalışmalarında 0-10 mm arası GDA'ların; su emme oranını %4,57, yoğunluğunu 2,65 gr/cm<sup>3</sup>, gevşek birim hacim ağırlığının 1285 kg/m<sup>3</sup> olduğunu, 10-20 mm GDA'ların ise; su emme oranını %4,66, yoğunluğunu 2,66 gr/cm<sup>3</sup> ve gevşek birim hacim ağırlığının 1248 kg/m<sup>3</sup> olduğunu tespit etmişlerdir. (Demirel ve Şimşek, 2014), çalışmalarında, 0-4 mm arası GDA'nın yoğunluğunu 2,5 gr/cm<sup>3</sup>, su emme oranını %13,7, 4-22,4 mm arası GDA'nın yoğunluğunu 2,6 gr/cm<sup>3</sup>, su emme oranını %6,2, olarak bulmuşlardır.

(Hansen ve Narud, 1983), çalışmalarında 4-8 mm arası GDA'ların su emme oranını %8,7, 16-32 mm arası GDA'nın su emme oranını ise %3,7 olarak tespit etmişlerdir.

(Padmini ve Ark., 2008), çalışmalarında 0-10 mm arası GDA'nın su emme oranını %4,6, yoğunluğunu 2,46 g/cm<sup>3</sup>, gevşek birim hacim ağırlığını 1338 kg/m<sup>3</sup> ve sıkışık birim hacim ağırlığını 1427 kg/m<sup>3</sup>, 10-20 mm agrega tanelerinin ise; su emme oranını %4,1, yoğunluğunu 2,52 g/cm<sup>3</sup>, gevşek birim hacim ağırlığını 1432 kg/m<sup>3</sup>, sıkışık birim hacim ağırlığını 1568 kg/m<sup>3</sup> olarak tespit etmişlerdir.

(Durmuş ve Ark., 2008), çalışmalarında iri GDA 'ların su emme oranını %5,49, yoğunluğunu 2,17 g/cm<sup>3</sup>, gevşek birim hacim ağırlığını 1363 kg/m<sup>3</sup> ve sıkışık birim hacim ağırlığını 1553 kg/m<sup>3</sup> olarak tespit etmişlerdir.

(Gökçe ve Şimşek, 2013), çalışmalarında yoğunluğu 2,34 cm<sup>3</sup> olan iri GDA'nın su emme oranını %5,5, yoğunluğu 2,37 cm<sup>3</sup> olan iri GDA'nın su emme oranını %6,1, yoğunluğu 2,30 cm<sup>3</sup> olan iri GDA'nın su emme oranını %4,9 olarak tespit etmişlerdir.

#### **1.9.4.3. Aşınma kaybı (L.A. Deneyi)**

Literatür kaynaklardan edinilen genel kanı GDA'nın Los Angeles aşınma yüzdesinin doğal agregaya nazaran çok daha yüksek olduğudur. Bunun sebebi GDA yüzeylerinin eski harç tabakası ve eski betona ait agrega kırığı ile çevrili olmasıdır.

(Hansen ve Narud, 1983), çalışmalarında 4-8 mm arası GDA için los angeles aşınma kaybı değerini %41,4, 16-32 mm arası GDA için los angeles aşınma kaybı değerini %22,4 olarak belirtmişlerdir.

(Brito ve Ark., 2016), çalışmalarında 0-10 mm arası GDA için los angeles aşınma kaybı değerini %33,3, 10-20 mm arası GDA için los angeles aşınma kaybı değerini %41,2 olarak tespit etmişlerdir.



(Demirel ve Şimşek, 2014) çalışmalarında 4-22,4 mm arası GDA'nın aşınma kaybı değerini %38,4, aynı elek açıklıklarından geçen kırmataş agreganın aşınma kaybını ise 23,9 olarak bulmuşlardır.

(Hasaba ve Ark., 1981), çalışmalarında 5-25 mm arası GDA için los angeles aşınma kaybı değerini %24.6 olarak bulmuşlardır.

(Durmuş ve Ark., 2008), çalışmalarında iri GDA için los angeles aşınma kaybı değerini %35,63 bulmuşlardır.

(Seara-Paz ve Ark., 2016), çalışmalarında 4-16 mm arası GDA için los angeles aşınma kaybı değerini %34,28 olduğunu tespit etmişlerdir.

#### **1.9.4.4. İncelik modülü ve yassılık indeksi**

GDA'nın karakteristik özelliklerinden biri de ekseriyetle iri olarak elde edilmesidir. GDA iri kısmının; şekil (köşeli), incelik modülü, yassılık indeksi, yüzey pürüzlülüğü, su emme kapasitesi gibi özellikleri ince kısma göre beton karışımı içerisinde kullanılmaya daha elverişlidir.

(Seara-Paz ve Ark., 2016), çalışmalarında 4-16 mm arası GDA'ların incelik modülünü 7,15 olarak tespit etmişlerdir.

(Köken ve Ark., 2008), çalışmalarında 0-16 mm arası GDA'ların incelik modülünü 3,38 olarak bulmuşlardır.

(Topçu ve Güncan, 1995), incelik modülü 5.50 olan GDA'ların özgül ağırlığını 2470 kg/m<sup>3</sup>, 30 dakikalık su emme oranını %7 olarak bulmuşlardır.

(Durmuş ve Ark., 2009), çalışmalarında iri GDA'nın yassılık indeksini 9,97 olduğunu belirtmişlerdir.

(Brito ve Ark., 2016), çalışmalarında 0-10 mm GDA'nın yassılık indeksini 11,5 ve 10-20 mm boyutundaki GDA'ların yassılık indeksini ise 12,2 olduğunu belirtmişlerdir.

(Demirel ve Şimşek, 2014), 4-22,4 mm arası GDA'nın yassılık indeksini 8,51, aynı elek açıklıklarından geçen kırmataş agreganın yassılık indeksini 3,0 olarak tespit etmişlerdir.

### 1.10. Geri Dönüşüm Agregalı Taze Betonun Özellikleri

GDA'nın yüzeyindeki eski harç kalıntılarının miktarı su emme kapasitesini yakından etkilemekte ve su emme kapasitesi eski harç tabakası ile doğru orantılı olarak artış göstermektedir. Yapılan çalışmalarda yarıdan fazla GDA ikame edilerek hazırlanan beton karışımların işlenebilirliği, aynı su oranındaki doğal agregalı beton karışımlarından daha az işlenebilir olduğu belirgin olarak görülmüştür. İşlenebilirliği etkileyen etmenler; GDA tanelerinin; köşeli, gözenekli ve pürüzlü yapısı ve yüksek su emme kapasitesi olmaktadır. GDA tanelerinin ekseriyetle şekil yapısına müdahale edilemediği için işlenebilirliği yeterli seviyelere getirebilmesi GDA tanelerinin suya doyurulması veya karışım suyu miktarının artırılması ile mümkün olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, GDA'nın yüzeyinin kuru, iç kısmının suya doygun şekilde beton karışımına katılmasının betonun nihai dayanımını artırdığı belirtilmektedir. GDA tanelerinin iç kısmının suya doyurulması betonun hidratasyonu için gereken su miktarının azalmasını engelleyerek dayanım kaybının önüne geçmektedir. GDA tanelerinin dış kısmının yaş kalması ise karışım suyu miktarını dolaylı bir şekilde artıracığı için betonun nihai dayanımını düşürmektedir. Bu yüzden GDA tanelerinin dış yüzeyi kuru olmalıdır.

(Demirel ve Şimşek, 2014), GDA ile kırmataş agreganın farklı oranlardaki karışımlarına uçucu kül katmışlar ve bu karışımların işlenebilirliği artırmak için süper akışkanlaştırıcı kullanmışlardır. Yapılan çalışmada, GDA kullanılan karışımların çökme miktarının 8-12 cm arasında değiştiği, GDAl ve GDAl birlikte kullanılan karışımların ise çökme miktarının 7-10 cm arasında değiştiği görülmüştür. Tamamı kalker agregası kullanılarak üretilen karışımın çökme miktarının 14 cm, tamamı GDA ile üretilen karışımın çökme miktarının ise 10 cm olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak tüm karışımlarda GDA oranı arttıkça çökme miktarının ve işlenebilirliğin azaldığı görülmektedir.

(Sefidehkan, 2017), çalışmasında su/çimento oranını sabit tutarak iri ve ince olarak ayrı ayrı GDA ikame oranı %20, 40, 60, 80 ve 100 olan karışımların çökme değerlerini sırasıyla 8, 7,5, 7, 6,5 ve 6 cm olarak, ince GDA ikame oranı %20, 40, 60, 80 ve 100 olan karışımların çökme değerleri ise sırasıyla; 8, 7,5, 7, 6,5 ve 6 cm olarak bulmuştur. %100 GDA (ince ve iri agrega karışık) ile üretilen betonun çökme miktarı 5cm, %100 kırmataş agrega ile üretilen betonun çökme miktarı ise 8,5 cm olarak tespit etmiştir. GDA oranı arttıkça çökmenin azaldığı görülmektedir.

(Durmuş ve Ark., 2008), çalışmalarında iri GDA'ları farklı oranlarda kullanarak hazırladıkları beton karışımlarının çökme değerini 18-22 cm arasında değişim gösterdiğini, GDA oranının artması ile çökme miktarının düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Büyük oranda GDA'nın elde edildiği eski betona ve GDA tanelerinin gözenekli yapısına bağlı olarak GDA'lı betonun yoğunluğu ve birim hacim ağırlığı normal betona göre daha az olmakta ve GDA miktarı arttıkça daha da azalmaktadır. (Durmuş ve Ark., 2008), çalışmalarında GDA ikame edilerek üretilen betonların birim hacim ağırlıklarının 2275-2500 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini ve karışımdaki GDA miktarı arttıkça yoğunluğun azaldığını tespit etmişlerdir.

(Topgül, 2016), çalışmasında suya doymun hale getirilmiş GDA'yı tamamı iri, tamamı ince ve iri ve ince GDA karışık olan karışımların birim hacim ağırlıklarını sırasıyla 2430 kg/m<sup>3</sup>, 2395 kg/m<sup>3</sup>, 2425 kg/m<sup>3</sup> ve 2390 kg/m<sup>3</sup> olarak bulmuştur. GDA katılarak üretilen betonların birim hacim ağırlıklarının normal betondan daha az olduğu belirtilerek iri agrega ile üretilen serilerin birim hacim ağırlıklarının ince agrega ile üretilen serilerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

(Sefidehkan, 2017), yaptığı çalışmada iri GDA ikame oranı; %20, 40, 60, 80 ve 100 olan taze betonların birim hacim ağırlığı sırasıyla; 2461, 2453, 2449, 2422 ve 2355 kg/m<sup>3</sup>, ince GDA ikame oranı; %20, 40, 60, 80, 100 olan taze betonların birim hacim ağırlıklarını; 2461, 2436, 2404, 2382 ve 2323 kg/m<sup>3</sup> olarak bulmuştur. %100 GDA (ince ve iri agrega karışık) ile üretilen betonun birim hacim ağırlığı 2146 kg/m<sup>3</sup>, %100 kırmataş agrega ile üretilen betonun birim hacim ağırlığı ise 2508 kg/m<sup>3</sup> olarak bulmuştur. GDA miktarı arttıkça birim hacim ağırlığı azaldığı sonucuna varılmıştır.

GDA'nın porozitesinin (boşluk hacmi) yüksek olması, GDA ikame edilerek üretilen betonların boşluk oranını artırmaktadır.

(Durmuş ve Ark., 2008), çalışmalarında GDA ikame oranı arttıkça hava miktarının arttığını, GDA ikame oranını arttırarak elde ettikleri taze beton karışımların hava miktarının %1,8-2,5 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

(Topgül, 2016), çalışmasında GDA ikame oranının arttırılarak hazırlandığı taze beton karışımlarının hava oranlarını; %0,9, 1,3, 1,5 ve 1,7 olarak tespit etmiştir.

### 1.11.Geri Dönüşüm Agregalı Sertleşmiş Betonun Özellikleri

GDA ile üretilen betonun basınç dayanımı büyük oranda; GDA'nın üretildiği betonun özelliklerine, agrega içerisindeki GDA miktarına, GDA tanelerinin nemine, GDA'nın en büyük tane çapına, GDA içerisinden 0-2 mm'lik kısmın çıkarılıp çıkarılmamasına, GDA'nın temizliğine, su ve çimento oranına ve karışımdaki katkı maddesi türüne ve miktarına bağlı olmaktadır.

(Durmuş ve Ark., 2008), çalışmalarında GDAk ikame oranları %10, 30, 50 ve 100 betonların basınç dayanımlarını; 44, 39, 37, 33 ve 30 MPa olduğunu, GDA ikame oranı arttıkça basınç dayanımının azaldığını tespit etmişlerdir.

(Tüfekçi, 2011), çalışmasında %0, 25, 50 ve 100 oranlarında GDA ikame ederek ürettiği betonlara %0, 30 ve 60 oranlarında öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu katmış ve GDA ikame oranı arttıkça betonun basınç dayanımının doğal agregalı betona benzer veya çok az farklı olduğunu belirtmiştir.

(Demirel ve Şimşek, 2014), çalışmalarında GDAk ile üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımlarının GDA oranı arttıkça dayanımının azaldığı numunelerin basınç dayanımlarının 27-31 MPa arasında değiştiği, GDAi ile üretilen beton numunelerin 25-29 MPa arasında değiştiği, GDAi ve GDAk birlikte kullanılarak hazırlanan numunelerin ise 25-30 MPa arasında değiştiği tespit edilmiştir.

GDA'lı betonların rötre miktarı, karışımda kullanılan GDA'nın su emme kapasitesi ile doğru orantılı bir şekilde artış göstermektedir. (Brito ve Ark., 2016), çalışmalarında doğal agregalı betonun (90 günlük) rötre değerini 480 um/m, %100 GDA ikameli betonun rötre değerini ise 560 um/m olarak bulmuşlardır. Aynı çalışmada 90 gün yaşındaki; doğal agregalı betonun karbonatlaşma derinliği 10,2 mm, %25 GDA ikameli betonun karbonatlaşma derinliği 10,3 mm ve %100 GDA ikameli betonun karbonatlaşma derinliği ise 11,1 mm olarak tespit etmişler ve GDA'nın karbonatlaşma üzerinde önemli etkisi olmadığı sonucuna varmışlardır. GDA üzerinde eski harçtan dolayı toplam çimento miktarı fazla olduğundan karbonatlaşma yavaşlamakta ve aynı derinliğe ulaşması daha uzun sürmektedir.

GDA'nın yüzeyinin gözenekli, pürüzlü ve köşeli olmasından dolayı GDA oranı arttıkça aşınma kaybı yüzdesi doğal agregalı betona göre daha az olmaktadır. (Guerra, 2014), çalışmasında %0, 20, 50 ve 100 GDA ikameli betonların aşınma kaybı değerlerini sırasıyla; %3,67, 3,52, 3,43 ve 2,96 olarak bulmuştur.

GDA oranı arttıkça sertleşmiş betonun su emme oranı artış göstermektedir. (Durmuş ve Ark., 2008), çalışmalarında GDAk kullanarak hazırladıkları farklı oranlardaki beton numunelerini karşılaştırarak GDA ikame oranı arttıkça su emme oranının arttığını belirtmişler, kontrol betonu için su emme oranını 1,65 ve %100 GDA ikameli beton numunesi için ise 1,97 olduğunu tespit etmişlerdir.

(Yaprak ve Ark., 2011), çalışmalarında %0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 100 GDAi ikameli beton numunelerin su emme oranlarını; %1,65, 1,68, 1,70, 1,71, %1,72, 1,75 ve 1,9 olduğunu belirtmişlerdir.

GDA ikame oranı arttıkça donatı aderans değeri, doğal agregalı betonun donatı aderans değerine göre azalmaktadır. Doğal agregata tanelerinin GDA tanelerine göre daha yüksek dayanıma sahip olması, normal betonların donatı aderans değerininin daha yüksek olmasına sebep olmaktadır.

(Xiao ve Falkner, 2007) çalışmasında 10 mm çaplı nervürlü ve nervürsüz çelik kullandığı donatı adarens deneyinde %0, 50 ve 100 GDA ikameli beton numunelerin aderans dayanımını nervürlü çubuk için; 17,39 MPa 17,29 MPa 17,24 MPa, nervürsüz çubuk için ise; 8,93 MPa, 8,36 MPa ve 7,84 MPa olarak bulmuştur. (Prince ve Ark., 2013), çalışmalarında 12, 16, 20 ve 25 mm çapındaki nervürlü çeliklerin, %25, 50, 75 ve 100 GDA ikameli betonlar üzerindeki aderans dayanımlarını; 36,9 MPa, 28,9 MPa, 26,2 MPa, 24,7 MPa ve 24 MPa olarak tespit etmişlerdir.

(Shmaran ve Ark., 2007), çalışmalarında GDA'lı betonun sülfata karşı direncini araştırmak amacıyla, numune betonunu ıslanma ve kuruma ile ısınma ve soğuma çevrimlerine maruz bırakarak betonun sülfata karşı direncini araştırmışlardır. Islama ve kuruma çevrimi, %5  $Na_2SO_4$  çözeltisinde 6 gün ıslanma ve 100 C derecede 1 gün kuruma şeklinde 8 kez tekrarlanmıştır. Sülfata karşı dayanıklı çimento ve puzolan katkılı çimento ile üretilen betonların basınç dayanımları sırasıyla 60MPa 67 MPa 43 MPa olarak tespit etmişlerdir.

(Sefidehkan, 2017), 28 ve 90 gün sonra ıslanma kuruma çevrimlerine maruz bırakılan ve bırakılmayan GDA ikame oranı; %20, 40, 60, 80 ve 100 olan numunelerin 28 ve 90 günlük basınç dayanımı kayıplarını sırasıyla; %13 ve 9, %18 ve 15, %19 ve 17, %22 ve 18, %29 ve 19 aynı şekilde ıslanma kuruma çevrimlerine maruz bırakılan ve bırakılmayan ince GDA ikame oranı %20, 40, 60, 80 ve 100 olan numunelerin 28 ve 90 günlük basınç dayanımı kayıplarını sırasıyla; %15 ve 16, %18 ve 9, %24 ve 12, %26 ve 15, %24 ve 19 olarak bulmuşlardır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

(Gürer ve Ark. 2004), bu çalışmada inşaat sektöründe GD'si mümkün olan malzemelerin bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilme şekilleri ve Dünya'daki uygulamalardan bahsedilmiştir.

(Kılıç ve Kadayıfçı, 2007), bu çalışmada, AB'lerden elde edilen GDA'lı betonun mühendislik özelliklerine silis dumanının etkileri incelenmiştir. GDA gerekli granülometrik değerlere sahip olmadığından doğal agrega ile uygun şekilde karıştırılmıştır. Oluşan karışım agregası ile oluşturulan betonun dayanımını arttırmak için %6, 8, 10, 12 ve 14 oranlarında silis dumanı, çimento yerine kullanılmış ve elde edilen numuneler üzerinde; elek analizi, tane yoğunluğu ve su emme, taze beton birim hacim ağırlığı, taze beton kıvamı, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Numunelere eklenen silis dumanı, karışımdaki su ihtiyacını artırarak su/çimento oranının yükselmesine ve buna mukabil basınç dayanımının azalmasına neden olmuştur. Basınç dayanımını korumak amacıyla karışımdaki su miktarını azaltıcı süper akışkanlaştırıcı kimyasal beton katkıları kullanılmıştır.

(Durmuş ve Şimşek, 2008), bu çalışmada, çimento yerine %10, 20, 30, 40 oranlarında uçucu kül çimento konularak parke taşı üretilmiştir. Üretilen parke taşların üzerinde standart ve tuzlu su kürü uygulaması yapılmış, yarmada çekme, su emme ve aşınma özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak, tuzlu su kürü erken yaşlarda yarmada çekme dayanımını arttırırken, ileriki yaşlarda düşürmüştür. Parke taşı numunelerinde uçucu kül ikame oranı arttıkça aşınma kaybı değeri arttığı su emme oranının ise azaldığı görülmüştür.

(Köken ve Ark., 2008), bu çalışmada basınç mukavemeti 20 MPa olan AB'lerden elde edilen GDA'ların fiziksel ve mekanik özellikleri incelenerek bu agregalardan farklı karışımlarda ve dayanımlarda beton üretilmiştir. İlk karışımda kullanılan agreganın tamamı GDA'dan oluşmaktadır. İkinci karışımın ise iri agregası GDA, ince agregası ise kırmataş ve kum şeklindedir. Üçüncü karışımda GDA kullanılmayarak tamamı kırma taş agregadan oluşmaktadır. Üç karışımda aynı dozajda üretilerek birbirleriyle kıyaslanmıştır. Çalışmanın sonucunda içerisine GDA katılan betonlarda GDA miktarı arttıkça elde edilen betonun basınç mukavemetinde azalma olduğu tespitine varılmıştır.

(Durmuş ve Ark., 2009), bu çalışmada, C20, C25, C30 ve C35 beton sınıflarında bulunan beton elemanların mühendislik özellikleri tespit edilmiştir. Daha

sonra bu beton elemanlardan GDA üretilmiştir. Elde edilen agregalar ile hazırlanan karışımlar 10x20 cm kalıplara konulmuş ve 7 ve 28 günlük numuneler üzerinde görünür özgül ağırlık, ultra ses ve basınç deneyleri yapılmıştır. Sonuç olarak, beton numunelerin deneylerden elde edilen mühendislik değerleri bir alt sınıf betonun mühendislik değerlerine yaklaştığı tespit edilmiştir. Doğal agreganın tamamının yerine GDA kullanılmak istenilirse tasarlanan beton sınıfının bir üstüne göre karışım hesabı yapılması gerektiği belirtilmiştir.

(**Demir, 2009**), bu çalışmada; inşaat yıkıntı artıkları, beton atıklarının kaynakları, atıkların GD'si ve kullanımını gerektiren ekonomik, teknik ve çevresel sebepler incelenmiştir. GDA ve GDA katılarak üretilen betonların teknik özellikleri, kullanım alanları, atıkların değerlendirilmesi araştırılmıştır.

(**Erdal, 2011**), bu çalışmada, beton içerisinde bulunan iri doğal agrega, beton atıklarından elde edilen iri GDA ile %0, 50 ve 100 oranlarında ikame edilerek beton veya betonarme numuneler üretilmiştir. Elde edilen beton numunelerin fiziksel ve mekanik özelliklerini iyileştirmek için öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu %0, 15, 30 oranında çimento ile yer değiştirilerek ve hacimce %0.1 oranında polipropilen lifler eklenerek veya eklenmeyerek beton numuneleri üretilmiştir. Sonuç olarak, Geri kazanılmış iri agregaların su emme ve Los Angeles aşınma değeri, yüzeyinde bulunan harç kalıntılarında dolayı, aynı granülometriye sahip doğal iri agregaya göre çok daha yüksek olduğu, geri kazanılmış agregaların beton üretiminde kullanım oranı arttıkça taze betonun işlenebilirliğini ve yoğunluğunu azalttığı, kılcal su emme katsayısını, hacimce su emme oranını, ultrases geçiş hızını, ve çekip çıkarma dayanımını arttırdığı, geri kazanılmış agrega ile üretilen taze betonun granüle yüksek fırın cürufu ve polipropilen lif katkılı beton serilerinin hava içeriği, doğal agrega ile üretilen beton serilerine göre belirgin bir farklılık göstermediği, aynı şekilde polipropilen lif kullanımının kılcal su emme katsayısında belirgin bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir.

(**Bayram ve Ark., 2011**), bu çalışmada; inşaat, tadilat ve hafriyat atıkları, inşaat atıklarında GD, Avrupa Birliği üyesi ülkelerde ve Türkiye'de konu ile ilgili olarak uygulanmakta olan yasal mevzuatlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, bir hazır beton tesisinin atık yönetimi incelenmiştir.

(**Gönen ve Ark., 2012**), bu çalışmada; beton karışımına agrega yerine endüstriyel veya endüstriyel olmayan atık malzemelerin katılıp katılamayacağını araştırılması ve en uygun oranların tespiti edilmesi amaçlanmıştır. Betona katılabilen;

plastikler, arıtma çamuru, poliüretan köpük, boya atıkları, atık döküm kumu ve araba lastiği gibi malzemelerin beton kalitesine etkileri incelenmiştir. Sonuçta incelenen malzemelerin betonun dayanımını koruduğu ya da daha üstün hale getirdiği tespit edilmiştir.

(**Ceylan ve Mança, 2013**), bu çalışmada; iri parçalı mermer atıkların GDA olarak kullanılabilirliği incelenerek parça mermer atıkları üzerinde agrega deneyleri yapılmıştır. GDA ve kontrol grubu kırmataş agregası ile üretilen betonların; basınç dayanımı, Schmidt yüzey sertliği ve ultrasonik ses geçirgenliği değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuçta GDA'lı betonların değerlerinin kırmataş agregalı betonlara çok yakın olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre parça mermer atıklarının beton agregası olarak kullanımının uygun olacağı belirtilmiştir.

(**Demirel ve Şimşek, 2014**), bu çalışmada, yaşı ve sınıfı belli AB'lardan elde edilen GDAl ve GDAk'ların beton karışımında kullanılabilirliği incelenmiştir. 0-4 ve 4-22,4 boyutlarında kırmataş agrega iki şekilde gruplandırılmıştır. Kırmataş agrega grupları sırasıyla; %0, 10, 20, 30, 40, 50 oranlarında eksiltiyle yerine GDA ikame edilmiştir. Elde edilen betonların 28 ve 90 günlük basınç dayanımları ile 28 günlük elastisite modülleri tespit edilmiş ve sonuç olarak, GDA'nın beton üretiminde kullanılabilirliği doğrulanmıştır.

(**Çakıroğlu ve Çimen, 2015**), bu çalışmada beton parke taşlarının çekme dayanımlarının tespiti için püskürtme beton uygulaması esnasında geri seken malzeme kullanılarak 29 adet parke taşı numunesi üretilmiştir. Bu numuneler üzerinde aşınma deneyleri yapılmıştır. Çekme dayanımı değerlerini tahmin edebilmek için geliştirilen yapay sinir ağı modelinin performansı, korelasyon katsayısı ve ortalama mutlak hata değerlerine göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, yapay sinir ağları yaklaşımının parke taşlarının çekme dayanımında kullanılabileceği anlaşılmıştır.

(**Demirel ve Ark., 2015**), bu çalışmada, yaşı ve sınıfı belli beton atıklarından elde edilen iri ve ince agreganın GDA olarak betonda kullanım olanakları araştırılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarına göre; su emme sonucu literatüre göre oldukça yüksek değerler verdiği, standartlara uygun kırmataş ve GDA ile beton üretiminde uçucu kül kullanılması durumunda işlenebilirlik için akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddesi kullanılması gerektiği, iri GDA'nın aşınma kaybı kırmataş agrega aşınma kaybından daha fazla olmasına karşılık sınır değerden az olduğu, GDA'nın taze betonların karışım suyu ihtiyacını artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada betonun üretimi aşamasında kullanılan enerjinin düşürülmesini sağlayacak yöntemlerin bulunmasının ve



GD'sini kolaylaştırıcı tasarım ve yapım yöntemlerinin geliştirilmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır.

**(Demirel ve Şimşek, 2015)**, bu çalışmada, dayanımı 30 MPa ve yaşı 7 gün olan beton atıkların uygun şekilde parçalanması ile elde edilen iri ve ince GDA taneleri beton içerisine katılarak betonun performansına etkileri araştırılmıştır. Kıırma agregası boyutları 0-4 ve 4-22.4 mm olarak iki şekilde gruplandırılmıştır. Kıırma agregası grupları %0, 10, 20, 30, 40, 50 ve 100 oranlarında ağırlıkça azaltılmış, azaltılan kıırma agregası kadar GDA eklenmiştir. Elde edilen beton numunelerin 28 ve 90 günlük basınç dayanımları ve 28günlük elastisite modülleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak; GDA'nın beton üretiminde kullanılabilceği ve sürdürülebilir beton üretimini için uygun olacağı anlaşılmıştır.

**(Döndüren ve Şişik, 2016)**, Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş AB agregaları üzerinde yapılan deneyler incelenerek geri dönüştürülmüş agregaların, beton içerisinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Sonuç olarak; geri dönüştürülmüş agregalı betonun basınç dayanımı (GDA'nın adareansının zayıf olmasından), deformasyonu ve elastisite modülü, normal betona göre daha düşük olduğu, geri dönüştürülmüş agregalı betondaki donma-çözünme sonundaki ağırlık kaybı, normal betona göre fazla olduğu, GDA'ların yüksek geçirgenlik ve kuru ağırlığının %5-10'u arasında bir su tutma kapasitesine sahip olduğu, GDA'ların yüksek su tutma kapasitesi, agregası içerisindeki poroz (boşluk) nedeniyle olduğu, Genellikle aynı çimento miktarı ve işlenebilirlik için, geri dönüştürülmüş agregalardan elde edilen beton mukavemetinin geleneksel betondan bir sınıf daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

**(Andaç ve Oral, 2016)**, bu çalışmada, Türkiye'de hazır beton santrali atıklarının GD'sinin nasıl yapıldığı, GD tesisleri ve bu tesislerin kullanımlarının işletmeye ve çevreye getireceği yararlar incelenmiştir. Türkiye genelinde, Türkiye Hazır Beton Birliğine (THBB) bağlı işletmelerden atık miktarları anket yolu ile toplanmış ve elde edilen anket ile Türkiye'de kullanılabilcek veriler elde edilmiştir.

**(Topgül, 2016)**, bu çalışmada; Doğal agregalarla ve GDA'larla üretilen 7., 28. ve 90. günlük beton numuneler üzerinde fiziksel ve mekanik deneyler yapılmıştır. Beton üretiminde çimento yerine %0, 15 ve 30 oranlarında öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufu kullanılmıştır. Doğal agregalı seriler için; doğal agregalar kullanılarak su/çimento 0.50 olan, 380 dozlu, XS1 (deniz suyundaki klorürün sebep olduğu korozyon tehlikesi olan) etki sınıfına maruz kalacağı düşünülen C30/37 dayanımında beton üretilmiştir. Geri kazanılmış agregalı seriler içinse; GD tesisinden alınan geri kazanılmış agregalar doğal agregalarla aynı granülometriye getirilmiş ve aynı dozajla,

su/bağlayıcı oranının kullanıldığı beton numuneler üretilmiştir. Doğal agrega ve geri kazanılmış agrega ile üretilen betonlar; taze betonda birim ağırlık, işlenebilme (çökme) ve hava içeriği deneyleri ile sertleşmiş betonda birim ağırlık, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, ultrases, kılcal su emme, hacimce su emme deneyleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak; GDAi ve GDAk'nın su emme oranı ve Los Angeles aşınma kaybı değeri, aynı granülometriye sahip doğal agregalara göre çok daha yüksek olduğu, geri kazanılmış agregalı ve yüksek fırın cürufu katkılı beton serilerinin hava içeriği, doğal agregalı beton serisine göre daha düşük olduğu, işlenebilirliğin geri kazanılmış agregalı beton serilerinde küçük farklarla da olsa daha yüksek olduğu, GDA'nın doğal agregaya, yüksek fırın cürufunun çimentoya göre daha düşük özgül ağırlığa sahip olmasından dolayı ikame oranı arttıkça taze ve sertleşmiş betonun yoğunluğunun azaldığı, yüksek fırın cürufu kullanımının betonun hacimce su emmesine olumlu bir katkısı bulunmadığı, geri kazanılmış agregalı betonda yüksek fırın cürufu kullanımı ultrases geçiş hızını, basınç dayanımını, yarmada çekme dayanımını artırıcı etki gösterdiği tespit edilmiştir.

(**Kaya ve Karakurt, 2016**), bu çalışmada, her alan için 12 adet olmak üzere 5 farklı alan için toplam 60 adet beton kilitli parke taşı numunesi üretilmiştir. Numunelerin su emme ve dayanım özellikleri incelenerek standartta belirtilen sınır değerler ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak bütün gruplarda bulunan numunelerin su emme yüzdelerinin standartta belirtilen sınır değerlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Dayanım değerlerinin ise ortalama değerlerinin standartın altında fakat standarda yakın değerler olduğu görülmüştür.

(**Sefidehkan, 2017**), bu çalışmada farklı miktarlarda GDA kullanılarak üretilen beton numuneler ile kırmataş agregası ile üretilen beton numunelerin mühendislik özellikleri karşılaştırılmıştır. C20 sınıfı beton bir kütleinin öğütülmesi ve elekten geçirilmesi ile GDA üretilmiştir. GDAi ve GDAk ile; %0, 20, 40, 60, 80 ve 100 oranlarında doğal ince ve iri agrega ile yer değiştirilmiştir. Karışımların hepsinde uçucu kül %20 oranında çimento ile ikame edilmiştir. Elde edilen beton numunelerinden; taze beton kıvamı, birim hacim ağırlığı, beton yoğunluğu, 7, 28, ve 90 günlük basınç dayanımları, ıslanma kuruma direnci, donatı aderansı, serbest ve kısıtlanmış rötre özellikleri belirlenmiştir. Numune tasarımları C25 beton sınıfı için yapılmış ve çalışmanın sonunda karışımların çoğunda istenilen hedef dayanıma ulaşıldığı görülmüştür. Kırmataş agregası ile üretilen numunelerin özellikleri GDA ile üretilen numunelere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Agrega miktarının tamamı

kırmataş agregası ile üretilen beton numune, GDA ile üretilen beton numuneye göre bir üst sınıfta yer almıştır.

**(Kadiroğlu ve Ark., 2017)** bu çalışmada taze ve sertleşmiş beton içerisine %0 ile %25 arasında değişen oranlarda katılan GDA'nın etkileri incelenmiştir. İkame olarak kullanılan GDA iki şekilde kullanılmıştır. Birincisi, çalışmada yalnızca doğal agregaların yanında GDA'nın kullanılması, ikincisi ise çalışmada ise GDA yanında yıkılan binaların atıkları kullanılmasıdır. Sonuç olarak karışımlarda önemli bir değişiklik yapılmadan %5 oranında GDA kullanılabilceği belirlenmiştir.

**(İpekçi ve Ark., 2017)**, bu çalışmada, inşaat sektöründe oluşan atıkların geri dönüştürülmesi ile yapı malzemelerinin sürdürülebilirliğine sağlayacağı katkı ile tasarımcıların ve kullanıcıların geri kazanılmış yapı malzemelerini tercih edilebilme durumu değerlendirilmiştir. Geri kazanılmış yapı malzemelerinin kullanımının yaygınlaşması, kaynak korunumu ve atıkların oluşturacağı çevresel ve ekonomik yükün hafifletilmesi açısından da olumlu katkılar sağlayacağı vurgulanmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın bu bölümünde; beton parke üretiminde kullanılan karışım malzemelerinin malzeme özellikleri, numune üretim süreci ve beton parkeler için gerekli şartlar ve deney metotları açıklanmıştır.

#### 3.1 Numune Üretiminde Kullanılan Malzemeler

Kullanılan her bir beton eleman belirli bir standart ebatta ve karışımda üretilmektedir. Bu beton elemanlar (Şekil 3.1.) standartlar çerçevesinde belirlenen sınır değerlerin hemen üzerinde kalacak şekilde üretilebildiği gibi müşterisinin talepleri doğrultusunda; farklı şekil ve ebatlarda, daha geçirimsiz, yüksek dayanımlı vs üretilebilmektedir.



Şekil 3.1. Prefabrik Beton Elemanlar

### 3.1.1. Agregada

Prefabrik beton elemanlar; üretim, taşınma, malzeme ve işçilik kusuru gibi nedenlerle zarar görerek kullanılamaz hale gelmektedir (Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.). Bir üretim tesisinin bahar ve yaz aylarında günlük beton atığı miktarı 5-10 m<sup>3</sup> olmaktadır. Geri dönüştürülebilir malzemeler arasında bulunan beton nevi ürünler, çimentonun bağlayıcılığı sayesinde belirli oranlarda ve çaplarda parçalanarak tekrar beton üretiminde kullanılabilir. Bu çalışmada da prefabrik beton elemanların geri dönüştürülebilirliğinin ne oranda mümkün olduğu test edilmiştir.



Şekil 3.2. İşlevini Yitirmiş (Atık) Prefabrik Beton Elemanlar



Şekil 3.3. Bir Üretim Tesisinde Atık Halde Bulunan Prefabrik Beton Elemanlar



Bu çalışmada kullanılan agrega, 2 ay önce imal edilen, fabrika alanı içerisinde atık halde bulunan çeşitli şekillerde ve ebatlardaki bordür ve parke elemanların ayrı ayrı parçalanması (Şekil 3.4.) ve eşit oranda harmanlanması ile oluşturulmuştur.



Şekil 3.4. GDA Üretim Süreci

Kırıcı vasıtasıyla elde edilen malzeme elenerek; 0-4 mm ince agrega, 4-11,2 mm ince çakıl ve 11,2-22,4 mm iri çakıl olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır. TS EN 933-1 esas alınarak her bir agrega grubu için tane büyüklüğü dağılımı elek analizi yapılmıştır (Şekil 3.5.). Bu deney, elek analizi ile agregaların tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi için yapılmıştır. Beton parke numuneleri üretiminde; ince agrega ve ince çakıl agrega kullanılmış, iri çakıl agrega ise beton parke üretimine uygun olmadığı için kullanılmamıştır. Elek analizi sonuçları çizelge 3.1.'deki gibidir.



Şekil 3.5. Elek Analizi Deney Düzeneği

Çizelge 3.1. Geri Dönüşüm Agregası Elek Analizi

Elek Açıklığı (mm)	Agrega Grupları (Yığılımlı Geçen %)		
	0-4	4-11,2	11,2-22,4
22,4	100	100	100
16	100	100	46
11,2	100	100	0
8	100	83	0
5,6	100	44	0
4	100	0	0
2	62	0	0
1	38	0	0
0,5	27	0	0
0,25	18	0	0
0,125	11	0	0

Gevşek ve sıkışık birim hacim tayini, agreganın doldurulduğu kabın içindeki net ağırlığının kap hacmine oranıdır (Şekil 3.6.). TS EN 1097-3 esas alınarak her grup agregası için üç deney yapılmış ve üç deneyin ortalaması alınmıştır. Deney sonuçları çizelge 3.2.'deki gibidir.



**Şekil 3.6.** Gevşek ve Sıkışık Birim Hacim Tayini Deney Düzeneği

**Çizelge 3.2.** Gevşek ve Sıkışık Birim Ağırlık Deney Sonuçları

Agrega Grupları	0-4 mm	4-11,2 mm	11,2-22,4 mm
Gevşek Birim Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	1285	1176	1113
Sıkışık Birim Ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )	1418	1296	1288

GDA'nın tane yoğunluğu ve su emme oranı TS EN 1097-6'da esas alınarak belirlenmiştir. İnce agreganın 0-4 mm ve iri agreganın (4-11,2 mm) tane yoğunluğunu ve su emme oranının tespit etmek için piknometre metodu (Şekil 3.7.) uygulanmıştır. Tane yoğunluğu, kütle/hacim oranından hesaplanmıştır. Kütle, deney numunesi kısmını, doymuş ve yüzeyi kurutulmuş halde ve tekrar etüvde kurutulmuş halde tartmak suretiyle tayin edilmiştir. Hacim ise, piknometre metodundaki tartımlar yoluyla, yer değiştiren suyun kütesinden tayin edilmiştir. Elde edilen ince ve kalın agreganın tane yoğunluğu ve su emme deneyleri aşağıdaki çizelge 3.3. ve çizelge 3.4.'de verildiği gibidir.





Şekil 3.7. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Deney Düzenegi

Çizelge 3.3. İnce Agrega İçin Tane Yoğunluğu ve Su Emme Deney Sonuçları

Numune adı	Görünür tane yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	Etüvde kurutulmuş tane yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun ve yüzeyi kuru tane yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	Su emme oranı (%)
1	2,649	2,174	2,353	8,254
2	2,697	2,205	2,388	8,254
3	2,697	2,205	2,388	8,254
Ortalama	2,681	2,195	2,376	8,254

Çizelge 3.4. Kalın Agrega İçin Tane Yoğunluğu ve Su Emme Deney Sonuçları

Numune adı	Görünür tane yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	Etüvde kurutulmuş tane yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	Doygun ve yüzeyi kuru tane yoğunluğu (gr/cm <sup>3</sup> )	Su emme oranı (%)
1	2,647	2,244	2,396	6,781
2	2,653	2,249	2,428	6,781
3	2,651	2,245	2,418	6,781
Ortalama	2,650	2,246	2,414	6,781

Tane şekli ve yassılık indeksi TS EN 933-3 esas alınarak tespit edilmiştir. Deney metodu, tane büyüklüğü 4 mm den küçük veya 80 mm den büyük olan agregalara uygulanmamaktadır. Yassılık indeksi deneyi iki eleme işleminde oluşmaktadır. Eleme çizelge 3.5.'de verilen tane büyüklüğü fraksiyonlarında di/Di çubuklar arası açıklığı Di/2 olan paralel çubuklu eleklerden elenmiştir. Toplam yassılık indeksi, çubuklu eleğin arasından geçen tanelerin toplam kütlesi deneye tâbi tutulan tanelerin toplam kuru kütlelerinin %'si olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. Yassılık İndeksi Deney Düzeneği

Çizelge 3.5. Yassılık İndeksi Deney Sonuçları

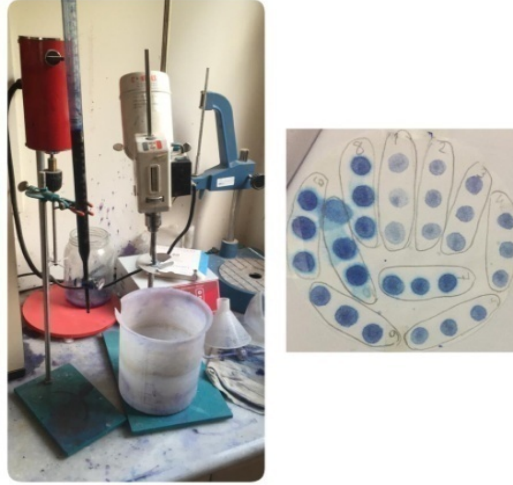
Çubuklu Elekte Aralık Genişliği (mm)	Tane Büyüklüğü Aralığı (mm)	Tane Büyüklüğü Aralığının Kütlesi (g), Ri	Çubuklu Elekten Geçen Kütle (g), mi	(%) Fli = (mi/Ri) x100
5	8/10	87	19	21,84
6,3	10/12,5	812	285	35,09
10	16/20	533	54	10,13
<b>TOPLAM</b>		<b>1432</b>	<b>358</b>	<b>25,00</b>

Parçalanma direncinin tayini için TS EN 1097-2’de belirtilen los Angeles aşınma deneyi uygulanmıştır. 10-14 mm elek aralığında kalan 5 kg agrega, bir tamburun içine 11 adet çelik bilye (bilyelerin çapı 45 mm, ağırlığı 400 gr) ile birlikte konularak kapağı kapatılmış ve 32 devir/dakika hızla 500 kere döndürülmüştür. Daha sonra tamburun kapağı açılarak numune tamburdan çıkartılmış ve 1,6 mm çapında elek ile elenmiştir. Elek üzerinde kalan malzeme yıkanmış ve 110°C sıcaklıkta sabit kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Kurutulan malzeme tartılmış (m) ve  $LA=(5000-m)/50$  denkleminde yerine konularak los angeles katsayısı 38,35 (LA<sub>40</sub>) olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Parçalanma Direncinin Tayini Deney Düzeneği

Metilen mavisi değerinin tayini için TS EN 933-9'daki esaslar uygulanmıştır. Metilen mavisi deneyi zararlı kil minerallerinin miktarı hakkında bilgi vermektedir. Bu deney ile kil minerallerinin cinsi belirlenmemektedir. Agregada karışımında kil mineralleri arttıkça, adsorblanan metilen mavisi miktarı artmaktadır. Metilen mavisi değerinin çok olması agregada karışımı içerisindeki kil ve silt miktarının da çok olması anlamına gelmektedir. Metilen mavisi çözeltisi, su içerisindeki deney numunesi süspansiyonuna arka arkaya ilâve edilmiştir. Çözeltinin her ilâvesinden sonra süzgeç kâğıdında bir leke deneyi yapılarak serbest boyanın varlığının belirlenmesi suretiyle kontrol edilmiştir. 7. Denemede hale oluşumu gözlenmiştir (Şekil 3.5.). Serbest boyanın varlığı teyit edildiğinde, metilen mavisi değeri hesaplanmış ve deneye tâbi tutulan agreganın beher kilogramı başına adsorblanan boya 1,75 gr ( $MB=(7 \times 5)/100$ ) olarak tespit edilmiştir. Genellikle beton santrallerinde MB değeri 0-1 arasında bulunan agregalar ile üretim yapılmakta olup MB değeri 1'in üzerinde olan agregaların kirli olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.10. Metilen Mavisi Deney Düzenegi

### 3.1.2. Çimento

GDA, betonun parçalanması ile oluşan ince veya iri agrega kırığı üzerine yapışmış ve hidrasyona uğramış harçtan oluşmaktadır. GDA, çimento ve karışım suyu sayesinde yeniden beton haline gelebilmektedir. Bu çalışmada, TS EN 197-1'e uygun olarak Ankara Limak Çimento Fabrikasında üretilen; portlant çimento klinkeri, alçıtaşı ve minör ilave bileşenlerden oluşan CEM-I 42,5R çimento kullanılmış olup kullanılan çimentoya dair, üretici firmadan alınan kimyasal ve fiziksel özellikler çizelge 3.6.'da görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.6. Kullanılan Çimentonun (CEM-I 42,5 R) Kimyasal Özellikleri (%)

Kimyasal özellikler	Oksitler	Oranlar (%)
	SiO <sub>2</sub>	15,81
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,63
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,48
	CaO	63,88
	MgO	0,97
	SO <sub>3</sub>	2,31
	Na <sub>2</sub> O	0,33
	K <sub>2</sub> O	0,67
	Cl-	0,0088
Fiziksel özellikler	Özellikler	Değerleri
	Çözünmeyen Kalıntı	1,44
	Kızdırma Kaybı	1,53
	Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	4098
	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	2,94
	Priz baslama süresi (dk.)	104
	Priz sona erme süresi (dk.)	163

### 3.1.3. Katkı maddesi

GDA'lı betonların normal betonlardan daha üstün olması mümkün değildir. Hidratasyona uğramış harç, boşluklu ve karışım suyunu içerisinde absorbe edebilen kusurlu bir malzemedir. Bu yüzden GDA'lı betonların doğrudan yüksek yapılarda kullanılması uygun olmamaktadır. GDA'lı numunelerin işlenebilirliğini ve dayanımını iyileştirmek amacıyla çimentonun %0,1 oranında; priz hızlandırıcı, akışkanlaştırıcı ve su azaltıcı beton katkıları kullanılmıştır. Kullanılan katkı maddesinin (Aydos yapı kimyasalları) kimyasal ve fiziksel özellikleri çizelge 3.7.'de görüldüğü gibidir.

Çizelge 3.7. Kullanılan Katkının Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Özellik	Test Metodu	Test Sonucu	Kabul Kriteri	TS EN 934-1'nin Standart Değerleri
Homojenlik	Görsel	Homojen	Homojen	Kullanıldığında homojen olmalıdır. Ayrışma üretici tarafından beyan edilen sınırı aşmaması
Renk	Görsel	Kahverengi sıvı	Kahverengi sıvı	Üniform ve üreticinin verdiği tarife uygun.
Bağlı Yoğunluk 20 C (kg/l)	ISO 758	1,173	1,17 ± 0,02	$d \geq 1,10$ ise $d \pm 0,03$ $d \leq 1,10$ ise $d \pm 0,02$ d üreticinin beyan ettiği yoğunluk değeri
pH 20 C (%10'luk Çözelti)	TS 6365 EN 1262	8,17	8±1	Üreticinin belirttiği değer ± 1, veya Üreticinin beyan ettiği aralık içinde olmalıdır.
Katı Madde (%)	TS EN 480-8	29,36	29,0±1	$T \geq \%20$ için $0,95 T \leq X < 1,05 T$ $T < \%20$ için $0,90 T \leq X < 1,05 T$ T: üreticinin beyan ettiği değer, kütlece %X deney sonucu, kütlece (%)
Etkin Bileşen 2	TS EN 480-6	Uygun	—	Üretici tarafından verilen referans kızıl ötesi spektrumu ile kıyaslandığında kızıl ötesi spektrumu etkin bileşen açısından değişiklik göstermemelidir.
Suda Çözünen Klorür (%)	TS EN 480-10	0,023	Max. %0,1	Kütlece en çok % 10 veya Üreticinin beyan ettiği değer altında olmalıdır.
Alkali Miktarı (Na <sub>2</sub> O) (%)	TS EN 480-12	1,14	Max. %0,1	Üreticinin beyan ettiği en yüksek değer altında
Korozyon Davranışı	TS EN 480-14	Korozyona etkisi yoktur.	Korozyona etkisi yoktur.	Korozyona etkisi yoktur.
Kullanım Oranı (%)	Çimento ağırlığının %0,4 ile %1,4 (100 kg çimento için 0,4-1,4 g) oranları arasında kullanılması önerilmektedir.			

### 3.1.4. Karışım suyu

Karışım suyu olarak içilebilir düzeyde bulunan Ankara İli şebeke suyu kullanılmıştır. Karışım suyuna ait analiz verileri çizelge 3.8.'de görüldüğü gibidir.

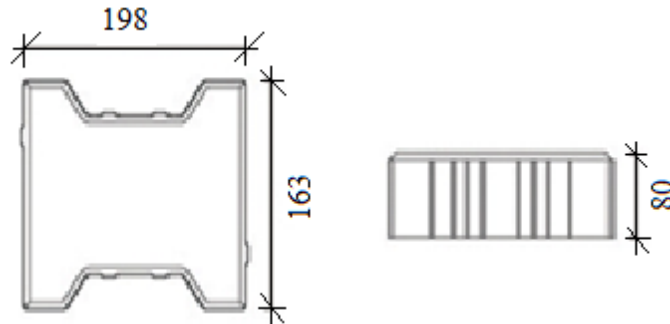
**Çizelge 3.8.** Numune Üretiminde Kullanılan Karışım Suyunun Analizi (Anonim, 2018)

Parametreler	Şebeke Suyu Analiz Verileri
Renk (Pt-Co Birimi)	<5
Bulanıklık (NTU Birimi)	0.2
Koku	Yok
Tat	Normal
Bakiye Klor (mg/l)	1
Ph	7,3
Elektriksel İletkenlik (25°C, ms/m)	88,7
Aluminyum (µg/l)	40
Amonyum (µg/l)	<0,07
Antimon (µg/l)	<1
Arsenik (µg/l)	2,6
Bakır (mg/l)	<0,003
Baryum (mg/l)	<0,5
Bor (mg/l)	0,11
Bromat (µg/l)	<3
Civa (µg/l)	<1
Çinko (mg/l)	<0,005
Demir (mg/l)	<5
Florür (mg/l)	0,19
Kadmiyum (µg/l)	<1
Klorür (mg/l)	116
Krom (µg/l)	1,9
Kurşun (µg/l)	<1
Mangan (µg/l)	<1
Nikel (µg/l)	<1
Nitrat (mg/l)	0,76
Nitrit (mg/l)	<0,01

### 3.2. Numune Üretimi ve Kodlanması

Beton parke taşı üretim süreci, santralde bulunan operatörün üretilcek beton parke taşlarını tanımlayan formülü bilgisayar ortamına aktarması ile başlamaktadır. Beton parke taşlarının karışım formülü (oranları) her üretim tesisinde karışımda kullanılan; çimento, katkı maddesi, su ve özellikle de agreganın özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Operatörün bilgisayar vasıtasıyla verdiği ilk komut sonrasında ayrı yerlerde depolanmış bulunan; agrega, çimento, su ve katkı maddesi tartılarak mikser kazanına aktarılmakta ve harmanlanmaktadır. Normal şartlarda (günlük standart üretim) beton parke taşı numunelerinin üretildiği tesiste bir harman; 585 kg kalın agrega (4-11,2 mm), 1265 kg ince agrega (0-4 mm), 255 kg çimento, 2,5 kg kimyasal katkı ve 115 kg sudan (Karışımdaki su oranı havanın sıcaklık durumuna göre değişebilmektedir.) oluşmaktadır. Bir harman beton karışımının hacmi genellikle 1 - 3 m<sup>3</sup> arasında bir olmaktadır. Karışım süresi, harmanın hacmiyle doğru orantılı olarak TS 11222 standardına göre, 1 m<sup>3</sup> ve altındaki harmanlar için karıştırma süresi en az 45 saniye, ek her 0,5 m<sup>3</sup> için ek 15 saniye olmaktadır. Oluşan karışım operatör gözetiminde parke kalıplarına basınçlı bir şekilde sıkıştırılarak konulmaktadır. Son olarak makineden çıkan beton parkelere buhar kürü uygulanarak gerekli işlemler tamamlanmaktadır.

Beton parke taşı numunelerinin üretilmesi için üretim tesisinde yukarıda bahsi geçen beton parke karışım oranları kullanılarak hazırlanan karışımlar yüzdesel olarak; %11,47 çimento, %56,92 ince agrega (0-4 mm), %26,32 kalın agrega (4-11,2 mm), %0,11 kimyasal katkı maddesi, %5,18 su olacak şekilde hazırlanmış ve makine vasıtasıyla harmanlanmıştır. Numune şekli ve ebatları Şekil 3.6.'da görüldüğü gibi 198x163x80 mm'dir.



Şekil 3.6. Numune şekli ve ebatları



Kontrol paneli ile; karışımın durumu ve numuneler üzerine uygulanan basınç şekil 3.7.'deki gibi takip edilmiştir.



Şekil 3.7. Beton Parke Taşı Üretim Süreci

Agrega karışımlarında ince ve iri KTA (ince çakıl) agregaya ağırlıkça %20, 40, 60, 80 ve 100 oranında azaltılarak yerine ince ve iri GDA ikame edilmiştir. Deney planı ve GDA ikame oranları çizelge 3.9.'da verilmiştir. (11,2-22,4 mm agregaya [iri çakıl] beton parke üretimine uygun olmadığı için kullanılmamıştır.)



Çizelge 3.9. Deney Planı ve Toplam Karışım İçerisindeki GDA İkame Oranları

Karışım Kodu	Karışım İçerisindeki Toplam GDA İkame Oranı (%)	GDA İkame Oranları (%)		KTA Kullanım Oranları (%)		Karışım İçerisindeki Toplam Agregata (GDA+KTA) Oranı (%)
		0-4 mm	4-11,2 mm	0-4 mm (ince agregata)	4-11,2 mm (ince çakıl)	
KTA100	0	0,00	0,00	56,92	26,32	83,24
GDA20 + KTA80	20	11,38	5,26	45,54	21,06	83,24
GDA40 + KTA60	40	22,77	10,52	34,15	15,80	83,24
GDA60 + KTA40	60	34,15	15,79	22,77	10,53	83,24
GDA80 + KTA20	80	45,54	21,06	11,38	5,26	83,24
GDA100	100	56,92	26,32	0,00	0,00	83,24

Beton parke karışımındaki malzeme oranları ile yapı betonlarındaki malzeme karışım oranlarının farklılık göstermesinin nedenleri;

- Beton parke üretiminin, fabrika ortamında belirli teknikler (basınç, buhar kürü vs) kullanılarak gerçekleştirilmesi,
- Beton parke taşlarının döşendiği yüzeyde üzerine gelen kuvvet ve moment etkilerini karşılayacak şekilde daha küçük ebatlarda yapılmasıdır.

### 3.3 Numunelerin Kürü

Beton parke numunelerine, havuz şeklinde bulunan bir kap içerisindeki  $20\pm 5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta suda 28 gün bekletilerek kür işlemi uygulanmıştır. 28 günün sonunda sudan çıkarılan numuneler temiz bir bezle yüzeyi temizlenerek deneylere hazır hale getirilmiştir.

### 3.4. Beton Parkeler-Gerekli Şartlar ve Deney Metotları

TS 2824 EN 1338 Standardında beton parke bloklarının uygunluğu ile ilgili gerekli şartlar ve deney metotları belirtilmiştir. Bu çalışmada GDA içeren numunelerin TS 2824 EN 1338 standardında belirtilen şartları sağlayıp sağlamadığı test edilmek amacıyla çizelge 3.9.'da belirtilen karışımlara ait numuneler üzerinde; beton blok

boyutlarının ölçülmesi, buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma çözülme etkisine direnç, aşınmaya karşı direnç, toplam su emmenin tayini ve yarmada çekme dayanımı deneyleri yapılmıştır.

### 3.4.1. Beton blok boyutlarının ölçülmesi

Numunelerin öncelikle üst yüzlerinde çatlama, pullanma gibi kusurların olup olmadığı kontrol edilerek ölçüm işlemine geçilmiştir. Numunelerin yüzey kaplaması ile beton blok bir bütün olacak şekilde 4 mm kalınlığında yüzey kaplaması (mil kum tabakası) yapıldığı, dik kenarlar açılı şekilde (pahlı) olduğu, beton blokların yüzeyine desen verilmemiş ve ikincil bir işleme veya kimyasal bir işleme tabi tutulmadığı, derz tırnakları çizgi şeklinde kabarık olması yönündeki imalat hedefleri doğrultusunda ölçüm işlemi yapılmıştır (Şekil 3.8.). Ölçümler hususunda TS 2824 EN 1338’de belirtilen sapmalar çizelge 3.10. ve çizelge 3.11.’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Numune ölçümü

**Çizelge 3.10.** Köşegenlerin 300 mm’den fazla olması halinde dikdörtgen prizması şeklinde olan bir bloktaki iki köşegen ölçüleri arasında izin verilen en büyük sapmalar (Anonim, 2005)

Sınıf	Sınıf Gösterim	Fark (mm)
1	J	5
2	K	3

Çizelge 3.11. Düzlük ve bombe için en büyük sapmalar (Anonim, 2005)

Mastar Uzunluğu (mm)	En Büyük Dış Bükeylik (mm)	En Büyük İç Bükeylik (mm)
300	1,5	1
400	2	1,5

### 3.4.2. Buz Çözücü tuz etkisiyle birlikte donma çözülme etkisine direnç

Numuneler şekil 3.9.'da görüldüğü gibi 91x91x80 mm ebadında elmas kesici ile kesilmiş ve üzerinde tespit edilen çıkıntı ve gevşek kısımlar temizlenmiştir. Numuneler, 28 gün süreyle, kütlece %97 su, %3 NaCl olan çözelti ile kaplanmış şekilde, 20°C sıcaklık ve %65±10 bağıl neme sahip ve buharlaşma hızı ilk 240 dakikada 200 g/m<sup>2</sup> olan iklim kabininde, aralarında 50 mm mesafe bırakılarak 168 saat süreyle bakıma tabi tutulmuştur. Bu süre zarfında plastik tabaka deneye tabi tutulacak yüzey hariç olmak üzere numunelerin bütün yüzeylerine yapıştırılmış ve deney süresi boyunca yapışık kalmıştır. Plastik tabaka ile numune arasına su girmesini önlemek için şekil 3.10.'da görüldüğü gibi üst yüzey etrafına silikon lastik sürülmüştür. Numunelerin deneye tabi tutulacak yüzeyine 20°C sıcaklıkta ve 5 mm derinlikte su 72 saat süreyle doldurularak numune yüzeyi ile plastik tabaka arasındaki yalıtımın uygunluğu test edilmiştir. Deney numuneleri donma kabini içerisine yerleştirilmesinden 30 dakika önce numune üzerindeki su, 5 mm derinlikte %3 NaCl çözeltisi ile değiştirilmiştir. Daha sonra deney numuneleri 28 gün donma çözülme çevrimine maruz bırakılmıştır (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Beton parkenin kesim işlemi (Numunelerin, üst yüzeyi 7500 mm<sup>2</sup>'den küçük, 25000 mm<sup>2</sup>'den büyük olmamalı ve kalınlığı en fazla 103 mm olmalıdır.)



**Şekil 3.10.** Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma Çözülme Etkisine Direnç Deneyi Numunesi

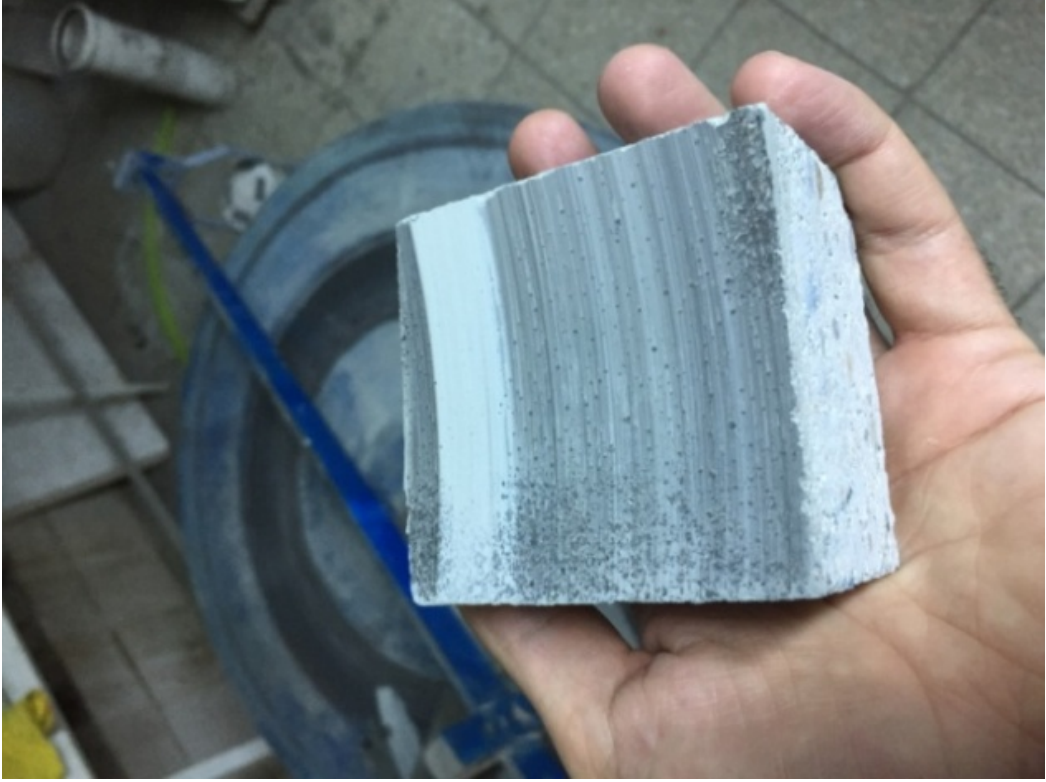
Deney sonucunda her bir numune için; yüzeyinden pullanma sonucu kalkan malzeme su püskürtülerek kap içerisine doğru yıkanmış ve daha fazla malzeme çıkmayınca kadar fırçalanarak bir kabın içerisinde toplanmıştır. Kapta toplanan malzeme ve sıvı, süzgeç kağıdına dökülmüş ve NaCl'den arındırılmak için 1 litre su ile yıkanmıştır. Daha sonra 24 saat süre ile 105°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutulan malzeme kütlesi  $\text{kg/m}^2$  cinsinden ölçülmüştür.

Donma şartlarıyla birlikte yüzeyin buz çözücü tuzlarla sık sık temas etmesi gibi özel şartların mevcut olduğu hallerde (deneyde belirtilen durum) donma çözülme deneyinden sonra kütle kaybı ( $\text{kg/m}^2$ )  $\leq 1$  olma şartını sağlamalıdır.

### **3.4.3. Aşınmaya Karşı Direncin Böhme Deneyi İle Ölçülmesi**

Deney numuneleri, beton parkelerin 71x71x80 mm ebadında elmas kesici ile kesilmesi ile elde edilmiş ve temas yüzü dört dönüşlük ön aşındırmadan sonra 110°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Numuneler böhme aşındırma diskinin üzerine standart aşındırıcı (Alüminyum Oksit [ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ]) serpilmiş ize denk gelecek şekilde yerleştirilmiş ve numune üzerine 294 Newton aşındırma kuvveti uygulanmıştır. Her bir numune bu kuvvet etkisi altında 22 dönüşten oluşan 16 çevrim gerçekleştirmiştir. Her çevrimden sonra disk ve temas yüzü temizlenmiş, yeni aşındırıcı konulmuş ve numune 90°

döndürülmüştür. 16 çevrim sonunda numunenin hacmindeki azalma hesaplanmıştır. Deney sonunda numune yüzeyi görünümü şekil 3.11. görüldüğü gibidir.



Şekil 3.11. Böhme Deneyi Sonrası Numunenin Görünümü

#### 3.4.4. Toplam Su Emmenin Tayini

Numuneler, üzerinde bulunan gevşek parçalardan temizlendikten sonra 20°C sıcaklıktaki suya sabit kütleye ulaşınca kadar batırılmıştır (Şekil 3.12.). Numuneler arasındaki mesafe en az 30 mm ve numunelerin üzerindeki su tabakası kalınlığı ise en az 50 mm olacak şekilde su dolu havuza yerleştirilmiş ve 3 gün bekletilmiştir. 3. günden sonra 24 saat ara ile yapılan 2 tartım arasındaki kütle farkı %0,1'den düşük olunca sabit doymuş kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir. Tartım öncesi numuneler nemli bir bezle kurulanmış ve beton yüzeyinin mat bir görünüm alması sağlanmıştır. Tartımı yapılan numune daha sonra 105°C sıcaklıkta değişmez sabit kuru kütleye erişinceye kadar 3 gün kurutulmuş ve 24 saat arayla yapılan 2 tartım (tartım esnasında numunenin sıcaklığı oda sıcaklığındadır.) arasındaki kütle farkı %0,1'den düşük olunca sabit kütleye ulaşıldığı kabul edilmiştir.



Şekil 3.12. Su Emmenin Tayini Deneyine Ait Numune Görünümü

#### 3.4.5. Yarmada Çekme Dayanımı

Numuneler, 20°C sıcaklıktaki suda 24 saat bekletilmiş, sudan çıkarıldıktan sonra üzerlerindeki varsa çıkıntılar giderilmiş ve yüzeyleri temiz bir bezle kurulanmıştır. Beton parke numuneler; kenarlarına paralel ve simetrik ve en uzun yarıлма kesiti boyunca, deney düzeneğine yerleştirme parçaları kullanılarak ve alt ve üst yükleme başlıklarına değmesi sağlanarak, yerleştirme parçaları ve yükleme başlığı eksenlerinin numunelerin yarıлма kesiti ile aynı çizgi üzerinde olacak şekilde deney makinesine yerleştirilmiştir (Şekil 3.13.). Numuneler üzerine etki ettirilen yük, 0,05 Mpa/sn gerilme artışı sağlayacak hızda, düzgün ve kesintisiz şekilde arttırılarak uygulanmış ve kırılma yükü kayıt edilmiştir. Numunelerin yarıлма dayanımı (T) ise  $T=0,637 \times kP/S$  bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu bağıntıdaki k düzeltme katsayısını, P kırılma yükünü (N/mm), S ise kırılma alanını (mm<sup>2</sup>) ifade etmektedir.





Şekil 3.13. Yarmada çekme deneyi düzeneği

Farklı karışım oranlarına sahip numunelerin kırık yüzeylerinin görünümü şekil 3.14.'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.14. Numunelere kırım işlemi uygulandıktan sonraki iç yüzey görüntüleri

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, GDA üretimi için 2 ay önce imal edilen normal agregaya ile üretilmiş atık halde bulunan 30 m<sup>3</sup> beton bordür ve parke konkasör yardımıyla ayrı ayrı parçalanarak 0-4 mm, 4-11,2 mm ve 11,2-22,4 mm ebatlarında parçalara ayrılmış, 0-4 mm, 4-11,2 mm agregaya grupları numune üretiminde kullanılmış, 11,2-22,4 mm agregaya grubu ise numune üretiminde kullanılmamıştır. Elde edilen GDA ile fabrika ortamında ve çizelge 3.9.'da belirlenen karışım oranlarına (KTA100, GDA20+KTA80, GDA40+KTA60, GDA60+KTA40, GDA80+KTA20, GDA100) sahip 6 adet harman yapılarak beton parke numuneleri üretilmiştir. Üretilen numuneler içerisinde; beton blok boyutlarının ölçülmesi deneyi için 48 adet, buz çözücü tuz etkisiyle birlikte donma çözülme etkisine direnç deneyleri için 18 adet, aşınmaya karşı direnç deneyleri için 18 adet, toplam su emmenin tayini deneyleri için 18 adet, yarmada çekme dayanımı deneyleri için 48 adet olmak üzere toplam 150 numune üzerinde işlem gerçekleştirilmiştir.

##### 4.1. Beton Blok Boyutlarının Ölçülmesi Deney Sonuçları

Hazırlanan tüm karışımlar ile hazırlanan numuneler üzerinde yapılan beton blok boyutu ölçümleri çizelge 4.1. ve çizelge 4.2.'deki gibidir.

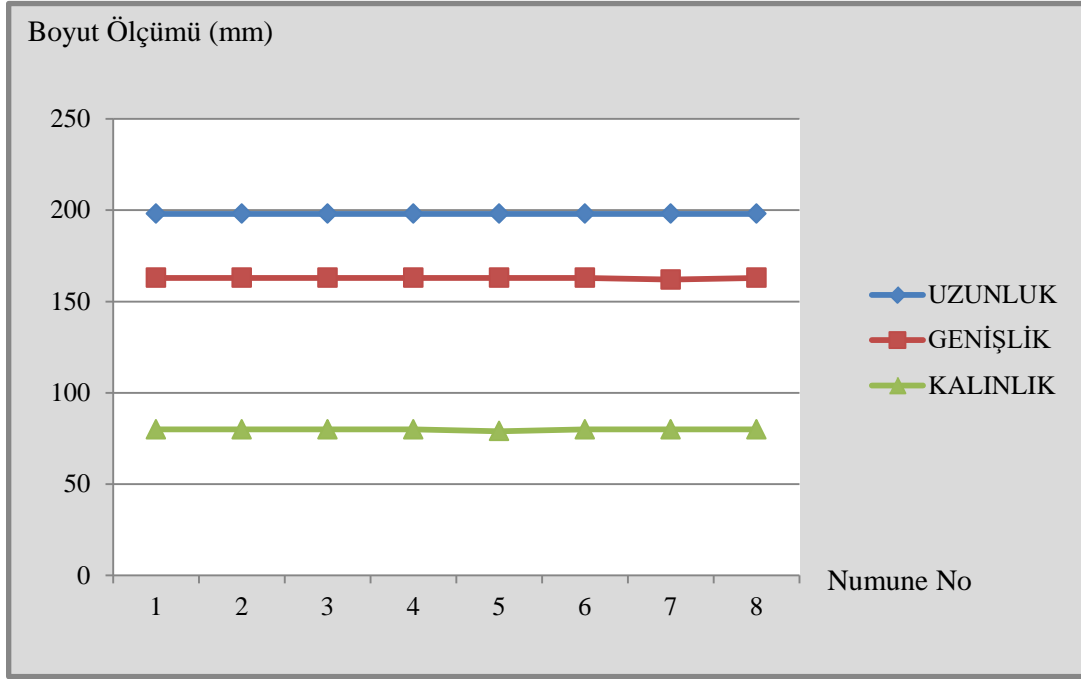
**Çizelge 4.1.** %100 KTA ile hazırlanan beton blok boyutlarının ölçülmesi

Numune No	Üst Tabaka Kalınlığı (mm)	Pah (mm)	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)
1	5	5	198	163	81
2	5	5	198	163	81
3	5	5	198	163	80
4	5	5	198	163	80
5	5	5	198	163	80
6	5	5	198	163	80
7	5	5	198	163	80
8	5	5	198	163	80



**Çizelge 4.2.** %100 GDA ile hazırlanan beton blok boyutlarının ölçülmesi

Numune No	Üst Tabaka Kalınlığı (mm)	Pah (mm)	Uzunluk (mm)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)
1	5	5	198	163	80
2	5	5	198	163	80
3	5	5	198	163	80
4	5	5	198	163	80
5	5	5	198	163	79
6	5	5	198	163	80
7	5	5	198	163	80
8	5	5	198	163	80



**Şekil 4.1.** %100 GDA ile hazırlanan beton blok boyutlarının ölçülmesi sonuçlarının grafiksel gösterimi

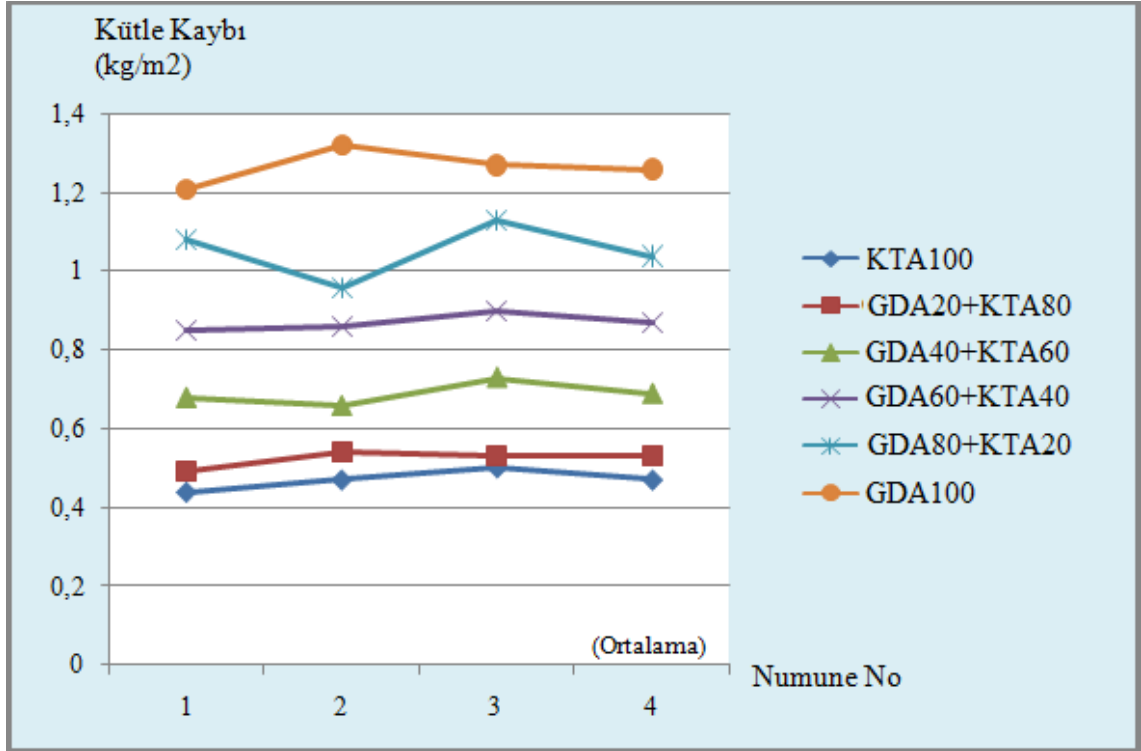
Sonuçlardan görüleceği üzere; karışımdaki GDA varlığının beton parke şeklinde herhangi bir boyut problemi oluşturmadığı ve standartta belirtilen sapmaların dışına çıkmadığı tespit edilmiştir. %40, 60 ve 80 oranlarında GDA ile hazırlanan numunelerin ölçüm sonuçları çizelge 4.1. ve çizelge 4.2.'deki ölçüm sonuçlarına benzer sonuçlar verdiği için burada değinilmemiştir.

## 4.2. Buz Çözücü Tuz Etkisiyle Birlikte Donma Çözülme Etkisine Direnç Deneyleri Sonuçları

Deney sonuçları çizelge 4.3.'de görüldüğü gibi; %20, 40 ve 60 oranında GDA içeren karışımlar standartta belirtilen sınır değerleri sağlamasına karşın %80 ve 100 GDA oranına sahip karışımlar ise sınır değerlerin üzerinde kalmıştır.

Çizelge 4.3. Buz Çözücü Tuz etkisiyle birlikte donma çözülme etkisine direnç deneyleri sonuçları

	KTA100	GDA20 + KTA80	GDA40 + KTA60	GDA60 + KTA40	GDA80 + KTA20	GDA100
Numune No	Kütle Kaybı (kg/m <sup>2</sup> ) ≤1	Kütle Kaybı (kg/m <sup>2</sup> ) ≤1	Kütle Kaybı (kg/m <sup>2</sup> ) ≤1	Kütle Kaybı (kg/m <sup>2</sup> ) ≤1	Kütle Kaybı (kg/m <sup>2</sup> ) ≤1	Kütle Kaybı (kg/m <sup>2</sup> ) ≤1
1	0,44	0,49	0,68	0,85	1,08	1,21
2	0,47	0,54	0,66	0,86	0,96	1,32
3	0,50	0,53	0,73	0,90	1,13	1,27
Ortalama	0,47	0,53	0,69	0,87	1,04	1,26



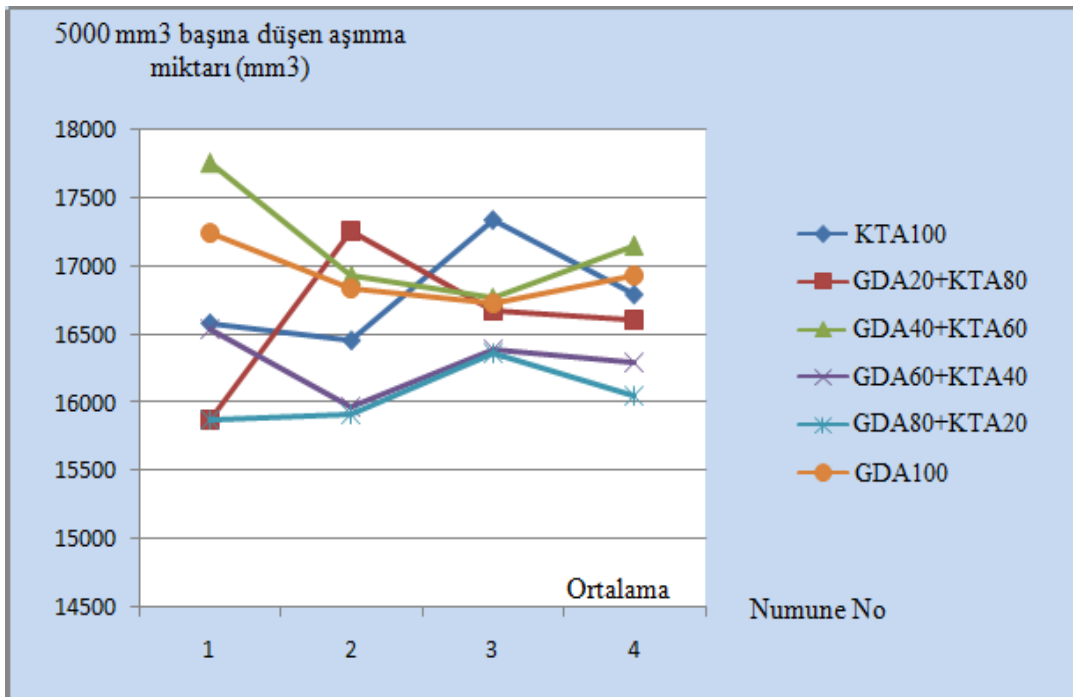
Şekil 4.2. Buz Çözücü Tuz etkisiyle birlikte donma çözülme etkisine direnç deney sonuçlarının grafiksel gösterimi

### 4.3. Aşınmaya Karşı Direnç Deneyleri Sonuçları

Aşınmaya karşı deney sonuçları çizelge 4.4.'de görüldüğü üzere; tüm numuneler sınır değerinin altında kalarak standartta belirlenen değer aşılmamıştır. Şekil 4.3.'den anlaşılacağı üzere farklı GDA oranına sahip numunelerin deney sonucu birbirine yakın olmuştur. Numuneler üzerinde aşınmaya tabi tutulan kısım 4 mm kalınlığındaki mil kum tabakası olduğundan ve bu yüzey deneylerde aşılmadığından benzer sonuçlara ulaşılmıştır.

Çizelge 4.4. Aşınmaya karşı direnç deneyleri sonuçları

Numune No	KTA ≤18000	GDA20 + KTA80 ≤18000	GDA40 + KTA60 ≤18000	GDA60 + KTA40 ≤18000	GDA80 + KTA20 ≤18000	GDA100 ≤18000
	mm <sup>3</sup> / 5000mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup> / 5000mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup> / 5000mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup> / 5000mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup> / 5000mm <sup>3</sup>	mm <sup>3</sup> / 5000mm <sup>3</sup>
1	16579	15876	17754	16543	15872	17242
2	16452	17253	16934	15972	15919	16834
3	17344	16671	16775	16394	16365	16733
<b>Ortalama</b>	<b>16791</b>	<b>16600</b>	<b>17154</b>	<b>16303</b>	<b>16052</b>	<b>16936</b>



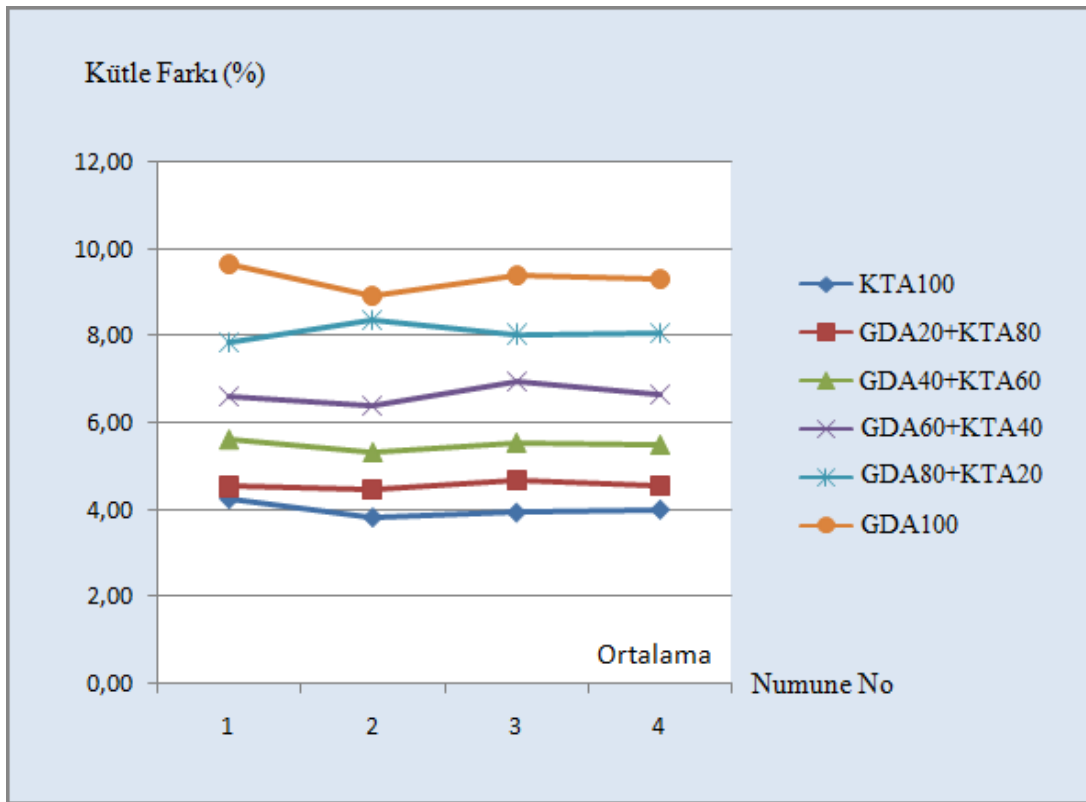
Şekil 4.3. Aşınmaya karşı direnç deney sonuçlarının grafiksel gösterimi

#### 4.4. Toplam Su Emmenin Tayini Deneyleri Sonuçları

Deney sonuçları çizelge 4.5.'de verildiği gibi; %20 ve 40 GDA'lı karışımlar standartta verilen sınır değerleri sağlamıştır. GDA'nın boşluklu yapısı, daha fazla suyu bünyesinde bulundurmasına sebep olmuş ve %60, 80 ve 100 GDA'lı karışımlara ait numuneler standartta verilen sınır değeri sağlamayarak üstünde kalmıştır.

Çizelge 4.5. Toplam su emmenin tayini deneyleri sonuçları

	KTA100	GDA20 + KTA80	GDA40 + KTA60	GDA60 + KTA40	GDA80 + KTA20	GDA100
Numune No	Kütle Farkı(%)	Kütle Farkı (%)	Kütle Farkı (%)	Kütle Farkı (%)	Kütle Farkı (%)	Kütle Farkı (%)
1	4,23	4,54	5,61	6,61	7,85	9,63
2	3,81	4,48	5,32	6,39	8,36	8,92
3	3,92	4,67	5,54	6,96	8,04	9,37
Ortalama $\leq 6$	3,99	4,56	5,49	6,65	8,08	9,31



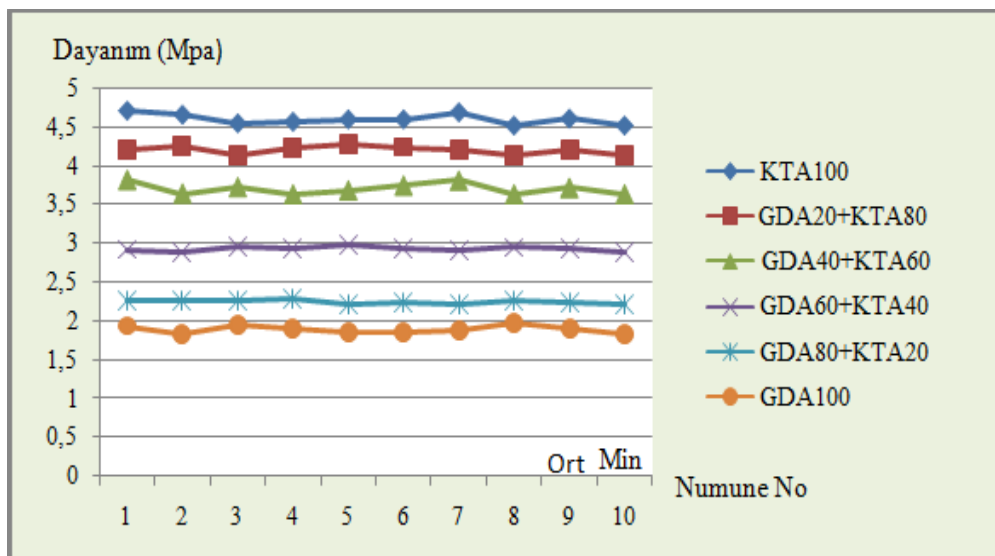
Şekil 4.4. Toplam su emmenin tayini deney sonuçlarının grafiksel gösterimi

#### 4.5. Yarmada Çekme Dayanımı Deneyleri Sonuçları

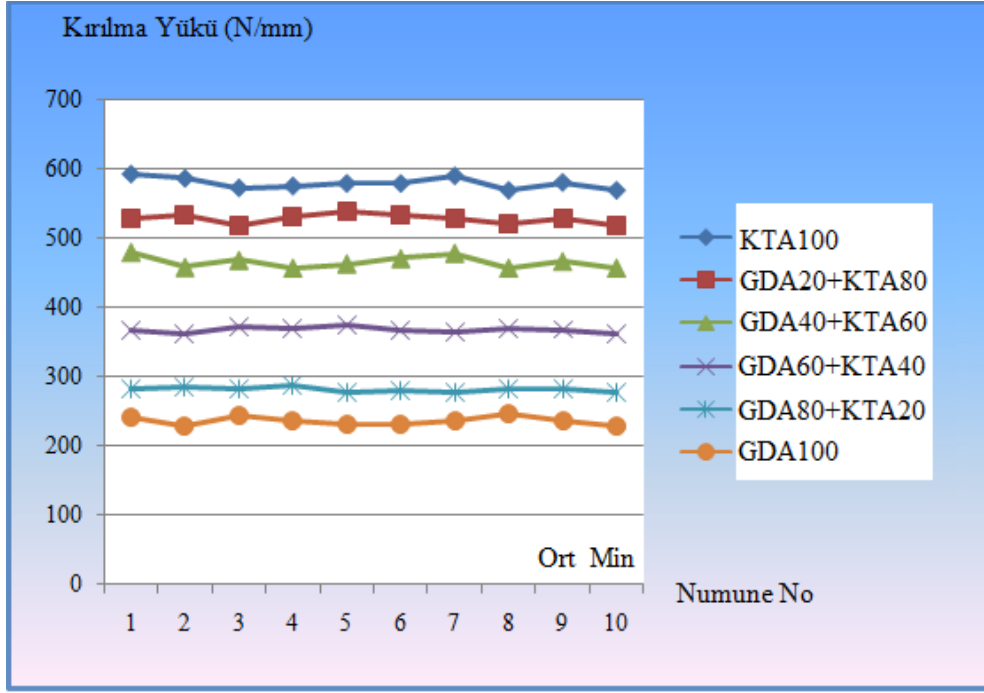
Çizelge 4.6.'daki veriler ile; %60, 80 ve 100 GDA'lı karışımlara ait numunelerin yarmada çekme deneyi sonucunda standartta belirtilen yeterli dayanımı sağlayamadığı, %20 ve 40 GDA'lı karışımlara ait numunelerin ise yeterli dayanımı sağladığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Yarmada çekme dayanımı deneyleri sonuçları

Numune No	KTA100		GDA20 + KTA80		GDA40 + KTA60		GDA60 + KTA40		GDA80 + KTA20		GDA100	
	Dayanım (Mpa) 3,6≤	Kırılma Yüğü (N/mm) 250≤	Dayanım (Mpa) 3,6≤	Kırılma Yüğü (N/mm) 250≤	Dayanım (Mpa) 3,6≤	Kırılma Yüğü (N/mm) 250≤	Dayanım (Mpa) 3,6≤	Kırılma Yüğü (N/mm) 250≤	Dayanım (Mpa) 3,6≤	Kırılma Yüğü (N/mm) 250≤	Dayanım (Mpa) 3,6≤	Kırılma Yüğü (N/mm) 250≤
1	4,72	592,78	4,22	529,98	3,82	479,75	<b>2,92</b>	366,72	<b>2,26</b>	283,83	<b>1,93</b>	<b>242,39</b>
2	4,67	586,50	4,26	535,01	3,65	458,40	<b>2,88</b>	361,70	<b>2,27</b>	285,09	<b>1,82</b>	<b>228,57</b>
3	4,56	572,68	4,14	519,94	3,73	468,45	<b>2,96</b>	371,74	<b>2,26</b>	283,83	<b>1,95</b>	<b>244,90</b>
4	4,58	575,20	4,24	532,50	3,64	457,14	<b>2,94</b>	369,23	<b>2,29</b>	287,60	<b>1,89</b>	<b>237,36</b>
5	4,61	578,96	4,29	538,78	3,69	463,42	<b>2,99</b>	375,51	<b>2,22</b>	278,81	<b>1,84</b>	<b>231,08</b>
6	4,61	578,96	4,25	533,75	3,75	470,96	<b>2,93</b>	367,97	<b>2,24</b>	281,32	<b>1,84</b>	<b>231,08</b>
7	4,70	590,27	4,21	528,73	3,81	478,49	<b>2,91</b>	365,46	<b>2,22</b>	278,81	<b>1,88</b>	<b>236,11</b>
8	4,53	568,92	4,15	521,19	3,64	457,14	<b>2,95</b>	370,49	<b>2,26</b>	283,83	<b>1,97</b>	<b>247,41</b>
Ort	4,62	580,53	4,22	529,98	3,72	466,72	<b>2,94</b>	368,60	<b>2,25</b>	282,89	<b>1,89</b>	<b>237,36</b>
Min	4,53	568,92	4,14	519,94	3,64	457,14	<b>2,88</b>	361,70	<b>2,22</b>	278,81	<b>1,82</b>	<b>228,57</b>



Şekil 4.5. Yarmada çekme dayanımı deneyleri dayanım sonuçlarının grafiksel gösterimi



Şekil 4.6. Yarmada çekme dayanımı deneyleri kırılma yüğü sonuçlarının grafiksel gösterimi

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Artan dünya nüfusu ve çevre kirliliği karşısında ters orantılı bir şekilde azalma eğilimi gösteren hammadde kaynakları, ülkeleri geri dönüşümü mümkün olan malzemeleri dönüştürmeye, geri dönüşümü mümkün olmayan malzemeleri ise fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirerek geri dönüşümü mümkün hale getirmeye sevk etmiştir. Yakın gelecekte önemi daha da artacak olan geri dönüşümün, beton ve beton nevi ürünler içinde tekrar tekrar gündeme gelmesi ve hatta zorunlu hale gelmesi muhtemeldir. Bu çalışmada prefabrik beton elemanların geri dönüştürülebilirliği ya da ne oranda dönüştürülebilir olduğu araştırılmış ve elde edilen veriler ışığında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

### 5.1 Sonuçlar

- Boyutların ölçülmesi deneylerinde, normal agregalı beton parke numuneleri ile GDA'lı numuneler birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Hiçbir numune standartta verilen sapmaların dışına çıkmamıştır. Her ne kadar GDA betonun işlenebilirliğini olumsuz yönde etkiliyor olsa da; beton parke numuneleri üretiminin, numuneler üzerinde basınç uygulanarak ve yüksek titreşim verilerek yapılıyor olması, GDA içeren numunelerin buldukları kalıbın şeklini almasında büyük oranda katkı sağlayarak KTA ile hazırlanmış numuneler ile benzer sonuçlara ulaşılmıştır.
- Donma çözülme çevrimlerine tabi tutulan; %20, 40 ve 60 GDA içeren karışımlara ait numunelerin kütle kaybı standartta belirtilen sınır değeri aşmamıştır. Üzerinde aynı deneyin uygulandığı %80 ve 100 oranında GDA içeren numuneler ise; GDA'nın yüksek su emme kapasitesi nedeniyle donma çözülme çevrimlerine daha fazla tepki göstererek kütle kaybı standartta belirtilen sınır değeri aşmıştır.
- Beton blok kısmı ile 4 mm kalınlığındaki mil kumlu ince yüzey tabakası bir bütün olacak şekilde hazırlanan GDA'lı ve normal agregalı numuneler, aşınmaya karşı direnç deneylerinde benzer sonuçlar vermiştir. GDA kullanılarak hazırlanan numunelerin beton blok kısmı ile mil kumlu üst tabaka birbirleri ile uyum sağlamıştır. Mil kum tabakası tüm numunelerde aynı şekilde ve kalınlıkta olduğundan ve GDA ile mil kum tabakasının herhangi bir uyumsuzluğu

bulunmadığından sonuçlar deneye tabii tutulan tüm numunelerde birbirine çok yakın çıkmıştır.

- GDA tanelerinin, KTA üzerine yapışmış ve sertleşmiş halde bulunan eski harç tabakasından ya da diğer bir ifade ile eski beton parçacıklarından oluşması, KTA'ya göre daha boşluklu ve daha yüksek oranda su emme kapasitesine sahip olmasına sebep olmuştur. Numune karışımlarında GDA ikame oranı arttıkça su emme oranı artış göstermiş ve %60, 80 ve 100 oranında GDA içeren karışımlara sahip numuneler, toplam su emmenin tayini deneylerinde standartta belirtilen sınır değeri aşmıştır.
- Karışımlardaki GDA oranı arttıkça, üzerine uygulanan kuvvet sonucu kırılan numunelerin kırılma anında kaydedilen kırılma yükü ve dayanım değeri azalmıştır. Yarmada çekme dayanımı deneyi sonucunda; %20 ve 40 oranında GDA içeren numuneler ise gerekli kırılma yükü ve dayanım değerini sağlamış, %60, 80 ve 100 oranında GDA içeren karışımlara sahip numuneler ise standartta belirtilen sınır değerlerin altında kalmıştır.
- Tüm deney sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; malzeme özellikleri deneylerle tespit edilen mevcut agreganın (GDA) %40 ve daha az oranlarda doğal agrega yerine beton kilit parke karışımına ikame edilmesinin mümkün olduğu görülmektedir. TS 2824 EN 1338 standardında belirtilen, beton parke bloklarının uygunluğu ile ilgili gerekli şartlar ve deney metotları, çizelge 3.9.'daki belirlenen karışım oranları ve özellikleri, deneylerle tespit edilen agrega ile üretilen numuneler üzerinde denenmiş ve elde edilen sonuçlar neticesinde %20 ve 40 GDA içeren numuneler tüm deneylerde başarılı olmuştur. %60, 80 ve 100 oranında GDA içeren karışımlara ait numuneler ise deneylerde başarı sağlayamasa da farklı malzeme özelliklerine ve karışım oranlarına sahip, %60 ve %60 üstünde bulunan oranlarda GDA içeren karışımlara ait numunelerin deneylerde başarılı sonuçlara ulaşmasının muhtemel olduğu düşünülmektedir.
- Üretim sahası içerisinde atık halde bulunan beton bordürlerin ve parkelerin parçalanması sonucu elde edilen GDA ile hazırlanan beton parke numuneleri üzerinde yapılan deneyler şunu göstermektedir ki; daha iri normal agrega içeren diğer prefabrik beton elemanların parçalanması ile elde edilecek GDA ile hazırlanan numunelerin, bu çalışmada elde edilen sonuçlardan daha olumlu sonuçlar verebileceği ve bu durumda karışımlara %40'ın üstünde GDA katılması



ile standartlarda belirtilen sınır değerlerin üzerinde sonuç alınabileceği düşünölmektedir.

- GDA karışımı içerisindeki 0-2 mm elekten geçen kısmın doğal kum ile değiştirilmesi, su emme potansiyeli çok yüksek olan ince taneli GDA'nın beton özelliklerine olan olumsuz etkisini (Betonun su miktarını, boşluk oranını, porozitesini dolayısıyla geçirimsizliğini artırmakta, dayanımını ve dayanıklılığını ise düşürmektedir.) azaltarak bu çalışmada elde edilen deney sonuçlarından daha olumlu sonuçlara ulaşılabileceği, diğer GDA gruplarının da doğal agregalar ile değişiminin yapılarak optimal faydayı sağlayacak karışım formüllerinin üretilmesi geri dönüştürölen malzeme oranını artıracakęı düşünölmektedir.

## 5.2 Öneriler

Türkiye'de ve Dünya'da GDA kullanılarak üretilen prefabrik beton elemanlar; uygun malzemeler, farklı karışım oranları, değişik türde ve miktarda katkı maddeleri karışımlara eklenerek denenmeye devam edilmelidir. Konu ile ilgili yapılacak her araştırma yeni bir fikrin ve gelişmenin kapısını aralayacaktır.

Günümüzde beton türü malzemelerin geri dönüşümü yüksek maliyet gerektirdiğinden, geri dönüşüm işlemleri sonucunda elde edilen malzemelerin üretimde kullanımı, özel sektör açısından cazip bulunmamaktadır. Bu noktada, geri dönüşümün Devlet eliyle özendirilerek dönüşüme uğrayan beton türü malzemelerin kullanımının, bir takım vergi avantajları ve kredi teşvikleri sağlanarak özel ya da kamu kuruluşları açısından cazip hale getirilmesi ve tekrar üretime kazandırılması gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- Andaç, M. S. ve Oral, E., 2016, Hazır beton üretiminde atık yönetimi: Türkiye'deki taze beton atığının durumu, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 31(2), 85-92.
- Anonim, 1983, RILEM, Recommendations on reinforcement steel for reinforced concrete, Revised edition of RC6of bond test for reinforcement steel: (2) Pull-out test, Paris: International Union of Laboratories and Experts in Construction Materials, Systems and Structures.
- Anonim, 1999, TS EN 1097-3, Agregaların fiziksel ve mekanik özellikleri için deneyler bölüm 3: Gevşek yığın yoğunluğunun ve boşluk hacminin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2005, TS 2824 EN 1338, Zemin döşemesi için beton kaplama blokları - Gerekli şartlar ve deney metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2009, TS 706 EN 12620+A1, Beton agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010a, TS EN 1097-2, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010b, TS EN 12350-2, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slump) deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010c, TS EN 12350-3, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 3: Vebe deneyi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010d, TS EN 12350-6, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 6: Yoğunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010e, TS EN 12350-7, Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 7: Hava muhtevasının tayini - Basınç yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010f, TS EN 12390-3, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010g, TS EN 12390-6, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2010h, TS EN 12390-7, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 7: Sertleşmiş beton yoğunluğunun tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2012a, TS EN 197-1, Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar - Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2012b, TS 3530 EN 933-1, Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2012c TS EN 933-3, Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 3: Tane şekli tayini - Yassılık indeksi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2013a, TS EN 934-2+A1, Beton kimyasal katkıları - Beton, harç ve şerbet için - Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları - Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2013b, TS EN 1097-6, Agregaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2013c, TS EN 1744-1 : 2009+A1, Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Kimyasal analiz, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2014, Türkiye Hazır Beton Birliği, Web Sitesi:

- <http://www.thbb.org/sector/istatistikler>, Erişim Tarihi: 20.12.2017.
- Anonim, 2015a, European Aggregates Association (UEPG), Aggregates from Construction ve Demolition Waste in Europe, Web Sitesi: <http://www.uepg.eu/statistics/estimates-of-production-data/data-2015>, Erişim Tarihi: 20.12.2017.
- Anonim, 2015b, European Aggregates Association (UEPG), Aggregates from Construction ve Demolition Waste in Europe, Web Sitesi: <http://www.uepg.eu/statistics/graphs>, Erişim Tarihi: 20.12.2017.
- Anonim, 2016, TS 802, Beton karışım tasarımı hesap esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2017, TS EN 206:2013+A1, Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2018, ASKİ Genel Müdürlüğü, Web Sitesi: <http://www.aski.gov.tr/TR/SuAnalizSonuclari.aspx>, Erişim Tarihi: 12.02.2018
- Ajdukiewicz, A. ve Kliszczewicz, A., 2002, Influence of recycled concrete aggregates on mechanical properties of HS/HPC, Cement and Concrete Composites, 24, 269-279.
- Brito, J., Ferreira, J., Pacheco, J., Soares, D., ve Guerreiro, M., 2016, Structural, material, mechanical and durability properties and behaviour of recycled aggregates concrete. Journal of building engineering, 6, 1-16.
- Ceylan, H. ve Mança, S., 2013, Mermer parça atıklarının beton agregası olarak değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi, 3 (2), 21-25.
- Çakıroğlu, M. A. ve Çimen, O., 2015, Geri seken malzeme ile üretilmiş parke taşlarının çekme dayanımlarının yapay sinir ağı yöntemi ile tahmin edilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (2), 60-65.
- Demirel, C. ve Şimşek, O., 2015, Erken yaştaki atık betonların geri dönüşüm agregası olarak beton üretiminde kullanılabilirliği ve sürdürülebilirlik açısından incelenmesi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3, 226-235.
- Demir, İ., 2009, İnşaat Yıkıntı atıklarının beton üretiminde kullanımı ve beton özelliklerine etkisi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2, 105-114.
- Demirel, C. ve Şimşek, O., 2014, C30 sınıfı atık betonun geri dönüşüm agregası olarak Beton üretiminde kullanılabilirliği, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2 (2), 45-53.
- Doğangün, A., 2005, Betonarme yapıların hesap ve tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Durmuş, G. ve Şimşek, O., 2008, Uçucu küllerin beton kilitli parke taşı üretiminde kullanımının araştırılması, Tübvav Bilim Dergisi, 1 (1), 1-6.
- Durmuş, G., Şimşek, O. ve Dayı, M., 2008 Geri dönüşümlü iri agregaların beton özelliklerine etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 29 (1) 183-189.
- Durmuş, G., Can, Ö. ve Şimşek, O., 2009, Geri dönüşüm agregalardan üretilen farklı sınıflardaki betonun mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (İats'09), Karabük, 1-4.
- Erdoğan, T., 2003, Beton, 1. Baskı, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara.
- Erdal, B., 2011, Geri kazanılmış agrega ile üretilen polipropilen lif katkılı betonların özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersoy, U. ve Özcebe, G., 2004, Betonarme, 5. baskı, Evrim Yayınevi, İstanbul.

- Gökçe, H. S. ve Şimşek, O., 2013, The effects of waste concrete properties on recycled aggregate concrete properties, Magazine of concrete research, 65(14) 844-854.
- Guerra, M., Ceia, F., Brito, J., ve Julio, E., 2014, Anchorage of steel rebars to recycled aggregates concrete, Construction and building materials, 72, 113-123.
- Gürer, C., Akbulut, H. ve Kürklü, G., 2004, İnşaat endüstrisinde geri dönüşüm ve bir hammadde kaynağı olarak farklı yapı malzemelerinin yeniden değerlendirilmesi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, İzmir.
- Hansen, T.C. ve Narud, H., (1983), Strength of recycled concrete made from crushed concrete coarse aggregate, ACI Concrete International, Design and Construction, 5, 79-83.
- Hasaba, S., Kawamura, M., Torijik, K. ve Takemoto, K., (1981), Drying shrinkage and durability of the concrete made of recycled concrete aggregate, Translation of The Japan Concrete Institute, 3, 55-60.
- İpekçi, C. A., Coşkun, N. ve Karadayı, T. T., 2017, İnşaat sektöründe geri kazanılmış malzeme kullanımının sürdürülebilirlik açısından önemi, Tübv Bilim Dergisi, 10 (2), 43-50.
- Kaya, T. ve Karakurt, C., 2016, Uygulamadaki beton parke taşlarının mühendislik özelliklerinin incelenmesi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4, 469-474.
- Khalaf, F. M. ve DeVenny, A. S., (2004), Recycling of demolished masonry rubble as coarse aggregate in concrete: review, ASCE Journal of Material In Civil Engineering, 16, 331-340.
- Kılıç, İ. ve Kadayıfçı, A., 2007, Geri dönüştürülmüş atık betonlarda silis dumanının etkileri, Araştırma makalesi, 8 (2), 115-121.
- Köken, A., Köroğlu, M.A. ve Yonar, F., 2008, Atık betonların beton agregası olarak kullanılabilirliği, Selçuk-Teknik Dergisi, 7 (1), 86-97
- Öcal, M. E. ve Oral, E. L., 2011, İnşaat atıkları kavramının yasal düzenlemesi ve hazır beton tesislerinde örnek uygulama, 6. İnşaat Yönetimi Kongresi, Bursa.
- Öztürk, M., 2017, İnşaat ve Yıkıntı Atıkları, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Padmini, A. K., Ramamurthy, K. ve Mathews, M. S., 2008, Influence of parent concrete on the properties of recycled aggregate concrete, Construction and building materials, 23, 829-836.
- Prince, M. J., ve Singh, B., 2013, Bond behaviour of deformed steel bars embedded in recycled aggregate concrete. Construction and building materials, 49, 852-862.
- Seara-Paz, S., Gonzalez-Fontboa, B., Martinez-Abella, F. ve Gonzalez - Taboada, I., 2016, time dependent behaviour of structural concrete made with recycled coarse aggregates, Creep and shrinkage, Construction and building materials, 123, 300-308.
- Sefidehkhani, P. S., 2017, Geri dönüşüm agrega ile üretilmiş betonun mühendislik özelliklerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Shahmaran, M., Erdem T. K. ve Yaman, I.O., 2007, Sulfate resistance of plain and blended cements exposed to wetting-drying and heating-cooling environments, Construction and building materials, 21, 1771-1778.
- Topçu, B. I. ve Guncan, F. N., (1995), Using waste concrete as aggregate, Cement and Concrete Research, 25, 1385-1390.
- Topgül, S. S., 2016, Öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufunun geri kazanılmış agregalı betonların özelliklerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2016.
- Turanlı, L., 1998, Atık betonların yeni betonda kaba agrega olarak kullanılması, hazır beton, 61-66.

- Tüfekçi, M. M., 2011, Geri kazanılmış agregaların beton üretiminde yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yaprak, H., Aruntas, H. S., Demir, I., Şimşek, O. ve Durmuş, G., 2011, Effects of the fine recycled concrete aggregates on the concrete properties. *International journal of the physical sciences*, 6(10) 2455-2461.
- Xiao, J., Li, J. Ve Zhang, C., 2005, Mechanical properties of recycled aggregate concrete under uniaxial loading, *Cement and Concrete Research*, 35, 1187-1194.
- Xiao, J. ve Falkner, H., 2007, Bond behaviour between recycled aggregate concrete and steel rebars, *Construction and building materials*, 21, 395-401.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı:** Murat MEMİŞOĞULLARI  
**Doğum Yeri ve Tarihi:** Ankara, 25.11.1985  
**Telefon:** 0 507 353 43 57  
**e-mail:** murat.memisoglu@ankara.bel.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Aydınlıkevler İnönü Anadolu Lisesi, Altındağ, Ankara	2003
Ön Lisans	Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Adalet Bölümü, Tepebaşı, Eskişehir	2017
Lisans	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Odunpazarı, Eskişehir	2007
Y. Lisans	Ankara Üniveristesi, Gayrimenkul Geliştirme ve Yönetimi ABD, Çankaya-Beşevler, Ankara	2018

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007 - 2008	Mah İnşaat Pey. Tic. San. Turz. Ltd. Şti.	Şantiye Yönetimi
2008-2010	Mizan Yapı Müh. Müş. İnş. San. Tic. Ltd. Şti.	Betonarme ve Altyapı Projeleri Hesap ve Çizimi
2010 (4 ay)	Sincan Belediyesi	Betonarme Proje Kontrolü
2010 - +	Ankara Büyükşehir Belediyesi	Kontrol Mühendisi, Uygulama ve Denetim Şefi, Betonarme Proje Kontrolü, Bordür ve Tretuvar Onarım Şefi, Kent Estetiği ve Ar-Ge Şube Müdürü, Kentsel Tasarım Şube Müdürü

### UZMANLIK ALANI

Kudeb Uzmanı, B Sınıfı İş güvenliği Uzmanı

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR

Anayasal İlkeler Çerçevesinde İmar Planı ve İmar Planı Değişiklikleri (Şubat - 2018)