



**T.C.  
KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BETON ATIKLARININ AGREGA OLARAK  
KULLANILMASI İLE ÜRETİLEN MAKRO  
LİFLİ BETONLARIN MEKANİK  
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**OSMAN AĞAOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**

**ŞUBAT - 2018  
KONYA  
Her Hakkı Saklıdır**

BETON ATIKLARININ AGREGA OLARAK KULLANILMASI İLE ÜRETİLEN  
MAKRO LİFLİ BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Osman AĞAOĞLU

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programı

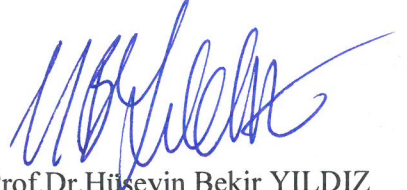
Yüksek Lisans Tezi

KONYA

*Şubat*, 2018



Fen Bilimleri Enstitü Onayı



Prof.Dr.Hüseyin Bekir YILDIZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdür V.

Bu tezli yüksek lisans bitirme projesinin yapılması gereken bütün gerekliliklerinin yerine getirdiğini onaylıyorum.



Doç.Dr.Atilla ÖZÜTOK

Ana bilim Dalı Başkanı

Osman AĞAOĞLU tarafından hazırlanan Beton Atıklarının Agraga Olarak Kullanılması ile Üretilen Makro Lifli Betonların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi başlıklı bu çalışma 19.02.2018 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından tezli yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Yrd.Doç.Dr. S. Kamil AKIN  
Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

Başkan: Yrd.Doç.Dr. S. Kamil AKIN

Üye: Yrd.Doç.Dr. M. Alpaslan KOROĞLU

Üye: Yrd.Doç.Dr. Abdülkerim İLGÜN

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca proje yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu bitirme projesinde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak ve kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

19.02.2018

OSMAN AĞAOĞLU



## ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BETON ATIKLARININ AGREGA OLARAK KULLANILMASI İLE ÜRETİLEN  
MAKRO LİFLİ BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

OSMAN AĞAOĞLU

KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr.S.Kamil AKIN

Şubat 2018

Çevreye bırakılan atıkların büyük bir kısmını inşaat atıkları oluşturmaktadır. İnşaat atıklarının önemli bir kısmı ise beton atıklarından meydana gelmektedir. Beton atıklarının geri dönüşüme gönderilmesini sağlayarak hem doğanın korunmasına hem de kaynak kullanımını aza indirgeyerek kaynak kullanımı esnasında ortaya çıkan iş, zaman ve maliyet kaybının da önlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmada geri dönüştürülen agrega ile hazırlanan betonlara makro lif ilave ederek mekanik özellikleri incelenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Atık, Agrega, Beton, Atık Beton, Makro lif, Mekanik özellik, Lifli Beton

## **ABSTRACT**

### **THESIS**

#### **ANALYSIS OF MECHANICAL SPECIFICATIONS OF FIBRE REINFORCED CONCRETE PRODUCED BY CONSTRUCTION WASTE BEING USED AS CONCRETE AGGREGATE**

**OSMAN AĞAOĞLU**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE  
OF KTO KARATAY UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN CIVIL ENGINEERING**

**Advisor: Yrd.Doç.Dr.S.Kamil AKIN  
February 2018**

The wastes which is dumped to the environment composes mostly from the waste of the constructions. The important part of the construction wastes compose from the wastes of concrete. It is aimed to decrease both sourcing and protection of the nature moreover, work, time and costs with sending the waste of concrete to recycle.

In this study, the mechanical specifications of the recycled aggregate which is added fibre into it was examined.

**Keywords:** Waste, Aggregate, Concrete, Fibre, mechanical specifications

## TEŞEKKÜR

Bu alıŐma KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsüne Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuŐtur.

Lisans ve Yüksek lisans eğitiminin boyunca bana rehberlik eden bilgi ve tecrübesini benimle paylaşan, günün her saatinde benimle ilgilenen, yardımcı olan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. S. Kamil Akın'a ve laboratuvar çalışmalarında desteğini ve yardımını esirgemeyen Rıza Elvan'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışma boyunca bana yardımcı olan yol gösteren bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Son olarak tüm eğitim yaŐantım boyunca beni destekleyen aileme ve arkadaşlarıma Őükranlarımı sunarım.

OSMAN AğAOğLU  
KONYA-2018



# İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	x
TABLoların LİSTESİ	xvii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı	2
1.2. Tezin Önemi	2
1.3. Tezin Kapsamı	2
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Beton Atıkları	3
2.1.1. Beton Atıklarının Kaynakları	3
2.1.2. Beton Atıklarının Geri Kazanım Gerekliliği	4
2.2. Çevresel Sebepler	4
2.3. Geri Kazanılmış Agregaların Sınıflandırılması	5
2.4. GDB Agregaları ve Doğal Agregalı Beton Özelliklerinin Karşılaştırılması	8
2.4.1. Tane Boyutu Dağılımı	8
2.4.2. Yoğunluk	8
2.4.3. Su Emme	9
2.4.4. Basınç Mukavemeti	9
2.4.5. Eğilme Mukavemeti ve Aderans	10
2.4.6. Elastisite Modülü, Rötme, Donma-Çözünme Direnci	11
2.5. Lifler	11
2.5.1. Sentetik Lifler	16
2.5.2. Liflerin Narinliği	16
2.5.3. Liflerin Hacimsel Yüzdesi	18
2.5.4. Liflerin Çekme Dayanımı	20
2.5.5. Liflerin Basınç Dayanımı	21
2.5.6. Karma Lifli Betonlar	22
2.6. Betonun Mekanik Özellikleri	26
2.6.1. Betonun Basınç Dayanımı	27
2.6.2. Betonun basınç dayanımına etki eden faktörler	28
2.6.3. Çimento Türünün Beton Dayanımına Etkileri	28
2.6.4. Su/Çimento Oranının Beton Dayanımına Etkileri	29
2.6.5. Kür Ortamının Beton Basınç Dayanımına Etkileri	29

2.6.6. Betonun Yerleştirilme ve Sıkıştırılması İşlemlerinin Beton Dayanımına Etkileri	30
2.6.7. Katkı Malzemelerinin Beton Dayanımına Etkileri	32
2.6.8. Betonun basınç dayanımının belirlenmesi	32
2.6.8.1. Tahribatlı (hasarlı) deney yöntemleri	33
2.6.8.2. Tahribatsız (hasarsız) deney yöntemleri	34
2.6.9. Betonun Çekme ve Eğilme Dayanımı	34
2.6.10. Betonun Yorulma Dayanımı	36
2.6.11. Betonun Gerilme-Birim Deformasyon İlişkisi	36
2.6.12. Poisson Oranı	39
2.6.13. Betonun Elastisite Modülü ve Kayma Modülü	39
<b>3. ATIK BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİ ARAŞTIRMAK İÇİN YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR</b>	<b>40</b>
3.1. Örnek Çalışma 1 - Düşük Mukavemetli Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği	40
3.1.1. Atık Betondan Üretilmiş Geri Dönüşüm Agregasının Fiziksel Özellikleri	41
3.1.2. Geri Dönüşüm Agregalarından Üretilen Betonun Karışım Hesabı	42
3.1.3. Sonuç	44
3.2. Farklı Deneysel Çalışmalar ve Sonuçları	45
<b>4. MATERYAL VE METOT</b>	<b>48</b>
4.1. Deneysel Çalışmanın Amacı ve İçeriği	48
4.1.1. Deneylerde Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri	48
4.1.2. Çimento	48
4.1.3. Agregalar	49
4.1.4. Süperakışkanlaştırıcı	56
4.1.5. Lif	56
4.2. Beton Karışımları	58
4.3. Numune Boyutları	58
4.4. Taze Beton Deneyleri	59
4.4.1. Slump (Çökme) ve Yayılma Deneyi	59
4.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri	60
4.5.1. Basınç Deneyi	60
4.5.2. Yarmada Çekme Deneyi	62
<b>5. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ</b>	<b>63</b>
5.1. Yarma Deneyi	63
5.2. Basınç Dayanımı Deneyi	64
5.2.1. Küp Numuneler	64
5.2.2. Silindir Numuneler	65
<b>6. GENEL SONUÇLAR</b>	<b>66</b>
<b>KAYNAKÇA</b>	<b>68</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>74</b>

## TABLoların LİSTESİ

Tablo 2.3. Los Angeles aşınma deney sonuçları (TS EN 1097-2)	5
Tablo 2.3.1. Geri kazanılmış agreganın taze beton özelliklerine etkisi	6
Tablo 2.3.2. Geri kazanılmış agreganın sertleşmiş beton özelliklerine etkisi	7
Tablo 2.3.3. Geri kazanılmış agreganın betonun dayanıklılığına etkisi	7
Tablo 2.5.1. Çeşitli lif tiplerinin kullanım alanları	13
Tablo 2.6.1. Beton basınç dayanımına etki eden faktörler ve etkime yüzdeleri	28
Tablo 2.6.2. Beton sınıfları ve dayanımları	35
Tablo 3.1.1. Geri dönüşüm agregası elek analizi sonuçları	41
Tablo 3.1.2. Özgül ağırlık ve su emme deney sonuçları	42
Tablo 3.1.3. 1 m <sup>3</sup> beton için üretiminde kullanılan malzeme karışım miktarları	43
Tablo 3.1.4. 7 günlük ve 28 günlük beton silindir basınç ve çekme dayanım sonuçları	44
Tablo 4.1.2. Kullanılan çimentonun özellikleri	48
Tablo 4.1.3.1. % 0 atık elek analizi değerleri	50
Tablo 4.1.3.2. % 25 atık elek analizi değerleri	51
Tablo 4.1.3.3. % 50 atık elek analizi değerleri	52
Tablo 4.1.3.4. % 75 atık elek analizi değerleri	52
Tablo 4.1.3.5. % 100 atık elek analizi değerleri	53
Tablo 4.1.3.6. İri agrega özgül ağırlık ve su emme değerleri	54
Tablo 4.1.3.7. İnce agrega özgül ağırlık ve su emme değerleri	55
Tablo 4.1.3.8. Los Angeles Deney Sonuçları	56
Tablo 4.1.4. Akışkanlaştırıcı kimyasal katkı malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri	56
Tablo 4.1.5. Poliolefin lifin fiziksel ve mekanik özellikleri	57
Tablo 4.2.1. Karışımda kullanılan malzeme oranları(1m <sup>3</sup> için)	58
Tablo 4.2.2. Karışımda kullanılan lif oranları	58
Tablo 4.4.1. Yalın ve lifli betonun slump deneyi sonuçları	60
Tablo 5.1.1. Küp numunelerin 28 günlük yarma dayanım değerleri	63
Tablo 5.2.1. Küp numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri ve 28 günlük yarmada çekme yüzdesi	64
Tablo 5.2.2. Silindir numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri	65

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil.2.5.1. Tek eksenli basınç altında normal ve yüksek dayanımlı betonlarda gerilme-şekil	12
Şekil 2.5.2. Liflerin gerilme kuvvetlerini bir köprü gibi aktarması	15
Şekil 2.5.3. Farklı narinliğe (L/d) sahip çelik tellerle donatılmış betonların özgül kırılma enerjisinin (GF), tel içeriği (Vf) ile değişimi	17
Şekil 2.5.4. Lif doğrultusunda ve tersi yönde malzeme özellikleri	18
Şekil 2.5.5. Farklı oranlarda lif içeren kompozitler için tipik yük-sehim eğrileri	19
Şekil 2.5.6. Farklı tipteki liflerle üretilmiş beton kirişlerin yük-sehim eğrileri	20
Şekil 2.5.7. Çelik tel içeriğinin beton basınç gerilmesi ile düşey şekil değiştirme ilişkisine etkisi	22
Şekil 2.5.8. Çatlak köprülenmesine farklı tel boyutlarının etkisi	23
Şekil 2.5.9. Karma çelik tel donatılı betonda çelik tel narinliğinin ve içeriğinin kırılma enerjisine etkisi	25
Şekil 2.6.1. Basınç Dayanımı - Zaman İlişkisi	27
Şekil 2.6.2. Kürün Önemi	30
Şekil 2.6.3. Taze betonun ayrışması	32
Şekil 2.6.4. Pres aleti	33
Şekil 2.6.5. Yarmada Çekme Dayanım Deneyi	36
Şekil 2.6.6. Hidrolik pres aletinde beton numunenin kırılması	37
Şekil 2.6.7. Betonun gerilme-birim deformasyon ( $\sigma - \epsilon$ ) eğrisi	37
Şekil 2.6.8. Farklı kalitedeki betonlar için ( $\sigma - \epsilon$ ) eğrisi	38
Şekil 2.6.9. Betonun elastisite modülünün bulunmasında kullanılan değişik yöntemler Başlangıç teğet yöntemi, Teğet yöntemi, Sekant yöntemi, Kiriş yöntemi	40
Şekil 3.1.1. Deneylerde kullanılan agregaların granülometri eğrisi	43
Şekil 4.1.3.1. Elekten geçen geri kazanılmış agregalar	49
Şekil 4.1.3.2. Geri kazanılmış agregaların sınıflandırılması	49
Şekil 4.1.3.3. Elek Analizi	50
Şekil 4.1.3.4. % 0 atık elek analizi grafiği	51
Şekil 4.1.3.5. % 25 atık elek analizi grafiği	51
Şekil 4.1.3.6. % 50 atık elek analizi grafiği	52
Şekil 4.1.3.7. % 75 atık elek analizi grafiği	53
Şekil 4.1.3.8. % 100 atık elek analizi grafiği	53

Şekil 4.1.3.9. Los Angeles deneyi	55
Şekil 4.1.5. Polielofin lif (enduro 600)	57
Şekil 4.3.1. Numunelerin boyut ve şekilleri	59
Şekil 4.4.1. Çökme ve yayılma deneyi	59
Şekil 4.5.1. Basınç Deneyi	61
Şekil 4.5.2. Basınç deneyi ve hazırlanan numuneler	61
Şekil 4.5.3. Yarmada çekme deneyi	62



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$\mu$  = Poisson oranı

$\epsilon_y$  = Eksenel yük nedeniyle oluşan yanal birim deformasyon

$\epsilon_x$  = Eksenel yük nedeniyle oluşan eksenel birim deformasyon

$E$  = Elastisite modülü

$D$  = Çap

$\epsilon_{cu}$  = Kırılma birim kısalması

$f_{u=}$  Betonun kırıldığı andaki gerilme değeri

$\epsilon$  = Birim deformasyon

$\Delta L$  = Toplam deformasyon

$L$  = Malzemenin ilk boyu

$f_{ctk}$  = Eksenel çekme dayanımı

$f_{ck}$  = Betonun karakteristik basınç dayanımı

$f_{ctm}$  = Deneylelerden elde edilen ortalama çekme dayanımı

$G_F$  = Kırılma enerjisi

**YDÇT** = Yüksek dayanımlı çelik tel

**NDÇT** = Normal Dayanımlı çelik tel

**f** : Yarma-çekme dayanımı (MPa)

**P**: Kırılma yükü (N)

**L**: Numunenin yükleme parçasına temas çizgisinin uzunluğu(mm)

**d**: Numunenin seçilen en kesit ölçüsünü (mm)

## **Kısaltmalar**

**GKA** = Geri Kazanılmış Agregat

**GDBA** = Geri Dönüştürülmüş Beton Agregat

**RILEM** = Reunion Internationale Des Laboratoires D'essais Et De Recherches Sur Les  
Materiaux Et Les Constructions



## 1. GİRİŞ

Kaliteli agrega kaynaklarının giderek azalması, doğal çevrenin bozulması, çevresel kirliliğin artması ve agrega ihtiyacından dolayı beton maliyetindeki artışlar, yeni arayışları ortaya çıkarmıştır.

Geri dönüşüm beton agregasının tekrar kullanılması çevrenin korunması bakımından son derece önemlidir. Atık betonlar hem çevresel kirliliğe, hem de ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle atık betonların ekonomik değer olarak kazanılması önem arz etmektedir.

Atık betonların beton üretiminde agrega olarak kullanımı bu atıkların çevreye verdiği zararların azaltılmasının yanında, doğal agrega kaynaklarının tüketimini ve bunların çevresel etkilerini azaltır [35].

Ayrıca büyük yerleşim bölgelerinde doğal kaynakların bulunmaması, bulunan kaynakların şehir merkezinden uzak olması ve bu ağır malzemelerin taşınmasının maliyetleri arttırması bir başka nedendir[59].

Ülkemizde, özellikle İstanbul ve benzeri büyükşehirlerde hızlı kentleşme sürecine bağlı olarak agrega rezervlerinin hızla tüketilmesi ile çok yakın gelecekte sıkıntı yaşanacağı açıktır. 1990'lü yıllarda, dünyada enerji tasarrufu ve çevreyi koruma yönelik geliştirilen "sürdürülebilirlik" kavramı ile birlikte, başta Avrupa ülkeleri olmak üzere geri kazanılmış agreganın beton sektöründe kullanılmaya başlandığı görülmektedir [32].

Birçok ülkede yapılan deneysel araştırmalar sonucunda beton agregası ile ilgili standartlarda geri kazanılmış agreganın kullanımı ile ilgili olarak bilgilere yer verilmeye başlanmıştır. Türkiye' de ise bu konu ile ilgili olarak Nisan 2009 da yürürlüğe giren TS 706 EN 12620+A1 standardında geri kazanılmış agreganın tanımı ve sınıflandırılması yapıp, bu tip agregalar için genel agrega deneylerinde nelere dikkat edileceği bildirilmiştir. Bu standartta ayrıca yeni deney metotlarının da hazırlandığı ifade edilmektedir.



### **1.1. Tezin Amacı**

Agrega kalitesi beton üretiminde ekonomik ve teknik yönden çok önemlidir. Betonda agrega kullanımı, sertleşme ve betonda hacim değişikliğini önlemekte ve azaltmakta diğer taraftan çevre etkilerine karşı betonun dayanıklılığını artırmaktadır.

Bu çalışmadaki amaç; beton atıklarını agrega olarak kullanarak agrega kaynaklarını minimum ölçüde kullanmak, beton atıklarının çevreye verdiği zararı azaltmak ve lif ilavesi ile betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamaktır.

### **1.2. Tezin Önemi**

İnşaat sektöründe yapılardan oluşan atıkların çevreye verdiği zararları azaltmak için özellikle yapılardan elde edilen beton atıklarını agregaya dönüştürerek tekrar kullanmak oldukça önemlidir.

Bu atıkların agrega olarak değerlendirilmesi çevreye verilen zararı azaltmaya, ciddi oranda ekonomik fayda sağlamaya ve lif ilavesi ile daha dayanıklı ve mekanik özellikleri iyileştirilmiş beton üretimine yardımcı olacaktır.

### **1.3. Tezin Kapsamı**

Daha önce yapılan birçok çalışmada belirli oranlarda kullanılan liflerin beton üzerinde olumlu etkilerinin olduğu ve mekanik özelliklerinin gelişimine katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışma kapsamında; inşaat atık agregalarından üretilen makro sentetik-polipropilen lifli betonun mekanik özellikleri araştırılmıştır

## **2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

## **2.1.Beton Atıkları**

Çimento beton üretim maliyetini en çok etkileyen hammadde iken iri agrega çimentodan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Beton atıkları işlem gördükten sonra iri, ince agrega ve kum olarak kullanılabilir. Dolayısıyla betonun ikinci maliyet kalemi olan iri agrega hem daha ucuza temin edilmiş, hem de yeniden kullanımı ile çevresel etkileri azaltılmış olmaktadır.

Şayet farklı agrega kaynakları bulunmazsa, 2010 yılından sonra beton endüstrisi dünyada her yıl 8–12 milyar ton doğal agrega tüketecektir [74].

Dolayısıyla ham maddelerin azalması, artan nakliye ücretleri ve çevresel etkiler geri dönüşüm agregalarını kullanmayı gerekli hale getirmiştir ( Rakshvir M, Barai V S, 2006).

Örneğin; ABD'de 44 eyalette inşaatlarda geri dönüştürülmüş beton agregası (beton üretiminde kullanılan kum, çakıl, kırmataş vb.) kullanmak zorunludur [47].

### **2.1.1. Beton atıklarının kaynakları**

Geri dönüşüm için kullanılabilir beton atıkları;

- Yıkılmış ya da yıkılacak binalar,
- Doğal afet yıkıntıları,
- Standart dışı beton üretimi,
- Kalite kontrolü amacı ile alınan numuneler,
- Prefabrik beton atıkları ve uygun kalitede olmayan beton ürünleridir.

### **2.1.2. Beton atıklarının geri kazanımının gerekliliği**

İnşaat yıkıntı atıklarından oluşan beton atıklarının oranları hakkında farklı türden çalışmalar yapılmıştır.

Lauritzen vd., [45], 100-150 metrekare oturma alanına sahip bir konutun yıkımında elde edilecek yıkıntı miktarları üzerine yaptıkları çalışmada, toplam yıkıntı ağırlığının %40'ına tekabül eden yaklaşık 56 tonluk bir beton atığına sahip olunabileceğini hesaplamışlardır. Bu oran tüm diğer atık malzemelere göre ağırlıkça en büyük miktarı oluşturmaktadır.

Oikonomou, [49], GKA (geri kazanılmış agregası) konusunda yaptığı çalışmada; bir yıkıntıdan elde edilebilecek maksimum beton miktarının % 40 civarında olacağını tahmin etmişlerdir

Huang vd., [42] yaptığı çalışmasında Hong Kong'daki inşaat ve yıkıntı atıklarının yaklaşık olarak yarısının beton atıklarından oluştuğunu belirlemiştir.

## **2.2. Çevresel Sebepler**

İnşaat ve yıkıntı atıklarının atılması için geniş depolama alanları gerekmekte, bu da milyonlarca metrekare alanın heba olmasına ve ekonomiye geri kazandırılacak agreganın kaybına sebep olmaktadır.

ABD'de bir araştırmaya göre 2004 yılı için yaklaşık 2,7 milyar ton doğal agregası kullanıldığını tespit etmişlerdir [57]. Özgül ağırlığın doğal agregası yaklaşık 2,7 ton/m<sup>3</sup> [55] olduğu düşünülürse, bu miktarın 1 milyar m<sup>3</sup>'lük bir hacme tekabül ettiği görülebilir. Bunun sonucunda agregası temini için doğal çevrenin çok geniş bir alanda tahrip edildiği anlaşılmaktadır. Bu tesislerden ortaya çıkan gürültü, görüntü kirliliği ve toz emisyonu ayrıca insan ve doğaya etkileri dikkate alınmalıdır.

Ülkemizde hazır beton üretimi için gereken agregasının %86'sının kırma taş, %14'ünün doğal kum olduğu ve bir kırma taş tesisinde yılda ortalama 400.000 ton, doğal kum tesisinde ise yılda ortalama 200.000 ton agregası üretildiği kabul edilmektedir. 2006 yılı itibarıyla ülkemizde 650 kurulu kırma taş tesisi ve 120 kum tesisi olduğu düşünüldüğünde 770 noktada agregası üretildiği ortaya çıkmaktadır ( Rakshvir M, Barai V S, 2006 ).

Dünya genelinde tüm maden üretimi içinde %58'lik payla birinci sırayı alan agreganın Avrupa'da ki yıllık ortalama kişi başı kullanımı 7 ton iken ülkemizde bu rakam ise 4 ton'dur ( Rakshvir M, Barai V S, 2006).

### 2.3. Geri Kazanılmış Agregaların Sınıflandırılması (GKA)

Geri dönüştürülmüş beton agregasının kalitesi, atık betonun kalitesine bağlıdır. Geri dönüştürülmüş beton agregasının çimento hamuru ile iyi aderansa sahip olduğu, daha düşük özgül ağırlığa ve Los Angeles aşınma yüzdesi değerlerinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir [8].

**Tablo 2.3.** Los Angeles Aşınma Deney Sonuçları (TS EN 1097-2)

LOS ANGELES AŞINMA DENEYİ		
Kullanılan Numune (gr)	5000	5000
Devir Sayısı	500	100
1,6 Elek Üstü (gr)	3414	4607
1,6 Elek Altı (gr)	1586	393
Aşınma Yüzdesi (%)	31,72	7,86

RILEM (Reunion Internationale Des Laboratoires D'essais Et De Recherches Sur Les Materiaux Et Les Constructions) komitesi geri kazanılmış agregayı üç şekilde tanımlamışlardır [49].

Bunlar:

**Tip 1:** Öncelikle duvar molozlarından elde edilenler

**Tip 2:** Öncelikle beton molozlarından elde edilenler

**Tip 3:** Doğal agregaya (%80) ile geri kazanılmış agreganın (%20) karışımı ile elde edilenler

Geri kazanılmış agregaya ile beton üretilirken normal şartlarda doğal agregaya ile nasıl beton üretiliyor ise aynı koşullarda beton üretimi gerçekleştirilir. Ancak, birim su içeriği belirlenirken geri kazanılmış agreganın daha fazla olan su emmesinin dikkate

alınması(RILEM) ayrıca atık betonlara yapışık diğer maddelerden temizlenmesi gerekmektedir [24].

GDBA(geri dönüştürülmüş beton agregası) ile üretilen betonların su tutma kabiliyeti fazla olduğundan sertleşme, çok hızlı bir şekilde oluşur. Bunu önlemek için süper akışkanlaştırıcıların geciktirici ve işlenebilirliğe olumlu etkilerinden yararlanılarak poroz (boşluklu) agregaların yüksek su tutma kapasitesi azaltılabilir. Dolayısıyla GDBA kullanılarak üretilen betonların rijitliklerini geliştirmede olumlu yönünde katkı sağlar. [15].

Tablo 2.3.1’de geri kazanılmış agreganın taze beton özelliklerine etkisi, Tablo 2.3.2’de Geri kazanılmış agreganın sertleşmiş beton özelliklerine etkisi, Tablo 2.3.3’de Geri kazanılmış agreganın betonun dayanıklılığına etkisi verilmiştir.

**Tablo 2.3.1.** Geri kazanılmış agreganın taze beton özelliklerine etkisi [38].

Özellikler	Doğal agregalı benzer karışımli betona göre değişim oranları	
	Sadece geri kazanılmış iri agregası kullanılan	Geri kazanılmış iri ve ince agregası kullanılan
Su İhtiyacı	Yüksek	Çok yüksek
Kuruma rötresi	%20-50 artma	%70-100 artma
İşlenebilme	%5-10 azalma	%5-10 azalma

**Tablo 2.3.2.** Geri kazanılmış agreganın sertleşmiş beton özelliklerine etkisi [38].

Özellikler	Doğal agregalı benzer karışumlu betona göre değişim oranları	
	Sadece geri kazanılmış iri agregaya kullanılan	Geri kazanılmış iri ve ince agregaya kullanılan
Basınç dayanımı	%5-24 azalma	%15-40 azalma
Elastisite modülü	%10-33 azalma	%25-40 azalma
Yarmada Çekme Dayanımı	%10 azalma	%10-20 azalma
Özgül ağırlık	%5-10 azalma	%5-10 azalma
Termal Genleşme	Biraz daha az	Biraz daha az
Sünme	%30-60 artma	%30-60 artma

**Tablo 2.3.3.** Geri kazanılmış agreganın betonun dayanıklılığına etkisi [38].

Özellikler	Doğal agregalı benzer karışumlu betona göre değişim oranları	
	Sadece geri kazanılmış iri agregaya kullanılan	Geri kazanılmış iri ve ince agregaya kullanılan
Geçirimsizlik	%200-500 artma	%200-500 artma
Donma- çözülme direnci	Hava boşluğuna bağlı	Hava boşluğuna bağlı
Karbonatlaşma	%65 artma	%65 artma
Sülfata karşı direnç	Karışıma bağlı	Karışıma bağlı
Korozyon hızı	Daha hızlı	Daha hızlı

RILEM komitesinin Geri kazanılmış agregaya ile üretilen betonun oranları için değerlendirmeleri Rao vd. [57], tarafından şöyle özetlenmiştir.

- Geri kazanılmış agregaya ile üretilen farklı beton sınıflarının karışımlarında, betonun karakteristik basınç dayanımı belirlenirken amaçlanan dayanımdan daha yüksek standart sapmalar hesapta dikkate alınmalıdır.
- Doğal kum ve geri kazanılmış iri agregaya birlikte kullanıldığında, gerekli sıkıştırılabilirlik için gereken s/ç oranı, standart betondaki oranlarda olacaktır.

- Aynı çökme değeri için geri kazanılmış agreganın su miktarı standart betona göre %5 daha fazla olmalıdır.
- Geri kazanılmış agrega ile üretilecek beton için kum-agrega oranı, doğal agrega kullanılması durumu ile aynı oran olmalıdır.
- Geri kazanılmış agrega kullanılarak oluşturulan betonun s/ç oranı ve gerekli işlenebilirliği elde etmek için geri kazanılmış agreganın özellikleri ve kaynağına bağlı olarak, uygun ayarlama ve deneme karışımlarının yapılması zorunludur.

## **2.4. GDBA ve Doğal Agregalı Beton Özelliklerinin Karşılaştırılması**

### **2.4.1. Tane boyutu dağılımı**

İnşaat ve yıkıntılardan elde edilen beton atıkları kırma ve eleme işlemlerinden sonra ince ve kaba agrega haline getirilir. Çok iri parçalar kırıcıda tekrar kırılarak istenen tane sınıfına getirilir [57]. Kırma sırasında tuğla malzemelerin normal agrega ve betona göre çok fazla ince malzeme ortaya çıkaracağı dikkate alınarak kırma işlemi yapılmalıdır. Malzeme içinde bulunan metal vb maddeleri ise mıknatıs yardımıyla uzaklaştırmak gerekir.

### **2.4.2. Yoğunluk**

Topçu [60], GKA için 2450 kg/m<sup>3</sup> lük yoğunluk değerini ölçmüşken, Poon [52], geri kazanılmış iri ve ince agrega için sırası ile 2100 kg/m<sup>3</sup> ile 2300 kg/m<sup>3</sup> değerlerini, ince veya iri doğal agrega için ise 2600 kg/m<sup>3</sup> değerlerini ölçmüştür.

Poon vd. [55], başka bir çalışmada yüzey kuru geri kazanılmış agrega için 2487 kg/m<sup>3</sup>, geri kazanılmış agrega için; 2411 kg/m<sup>3</sup> değerlerini, yüzey kuru doğal agrega için; 2622 kg/m<sup>3</sup>, etüv kurusu doğal agrega için; 2594 kg/m<sup>3</sup> birim ağırlık değerlerini ölçmüşlerdir.

Doğal afetlerde oluşan karışık yıkıntı molozlarının yoğunlukları ise 850-1400 kg/m<sup>3</sup> civarındadır [50][51].

RILEM tarafından sınıflandırılan geri kazanılmış agregalar türleri 3 tipe ayrılmıştır. Buna göre, doymun kuru yüzeyli agregalar için yoğunluk değerleri ;

Tip 1 için (kargir atıklarından elde edilen agregalar) 1500 kg/m<sup>3</sup>,

Tip 2 için (beton atıklarından elde edilen agregalar) 2000 kg/m<sup>3</sup> ve

Tip 3 için (geri kazanılmış agregalar+doğal agregalar karışımı -doğal agregalar min.%80, Tip I agregalar maks.%10) 2400 kg/m<sup>3</sup> olarak verilmiştir (Akıllıoğlu vd., 1996).

Atık kaynaklarının farklı olmasından dolayı elde edilen beton atıklarının yoğunlukları birbirinden farklı olabilmektedir. Bu yüzden geri kazanılmış agregaların ve bunlardan üretilen betonların yoğunluğu, doğal agregalara ve doğal agregalar ile üretilen betonlara göre daha düşük olmaktadır.

### **2.4.3. Su emme**

Topçu vd. [61]'ne göre atık beton agregalarının su emme oranının yüksek olması nedeninden dolayı beton üretimi yapılırken uygulanabilirliği düşük olmaktadır. Rakshvir vd., (2006) çalışmasında çeşitli kaynaklardan elde edilen geri kazanılmış agregalar ile yapılan deneylerde, su emme oranını %1,63 ile %1,65 olarak elde etmiştir.. Poon vd., [53][54] ise iri ve ince geri kazanılmış agregaların su emme değerlerini %3.17 ile %10,3 arasında belirlemiştirlerdir. Bu değerler doğal agregalar için %0,5 ile %1 arasındadır [57]. Buna göre iri ve ince taneli geri kazanılmış agregaların su emme kapasitesi doğal agregalara göre daha yüksek elde edilmiştir.

### **2.4.4. Basınç mukavemeti**

Doğal agregalarla yapılmış beton (şahit numune) için basınç mukavemeti; 30 H 2 MPa civarlarında iken, %100 GKA ile yapılan betonun basınç mukavemeti 18 H 2 MPa civarında elde edilmiştir [58].

Birçok araştırmacı doğal agregalar ile GKA karıştırarak yaptıkları çalışmalarla optimum oranda GKA kullanımını araştırmışlardır. GKA oranının %50'nin üzerine çıkması ile basınç mukavemetinin önemli ölçüde düştüğü tespit edilmiştir [46] [52].

Ajdkiewicz vd.[31], karışımdaki su oranının uygun şekilde değiştirilmesi ile GKA ve doğal agregaların birlikte kullanılarak ürettikleri betonda orijinalinden daha yüksek



basınç mukavemeti değerleri elde etmişlerdir. 0.6-0.75 gibi yüksek su/çimento (s/ç) oranında, GKA'nın karışımdaki payı %75'lere çıktığında bile GKA kullanılarak üretilen betonun mukavemet değeri referans betonun değerine ulaşmıştır [43].

Rao [57], tamamen GKA kullanılarak üretilen betonun s/ç oranı 0.55'in üzerine çıkıldığında referans betonla karşılaştırılabilir değerlerde basınç mukavemetine sahip olabileceğini belirlemiştir.

#### **2.4.5. Eğilme mukavemeti ve aderans**

Eğilme mukavemetini ölçmek için yapılan deneysel çalışmalarda genellikle geri kazanılmış agrega ile üretilmiş betonun, doğal agregalar ile üretilen betona göre daha düşük eğilme mukavemeti değerlerini elde etmişlerdir. Ajdukiewicz vd.[31], GKA ile üretilen betonun eğilme mukavemetinin, 28. günde, referans betona göre % 10 daha düşük olduğunu belirlemiştir. Chen vd.[35], içerisinde bir miktar kiremit ve tuğla kırıkları bulunan GKA ile ürettikleri betonun eğilme mukavemetinin normal betona göre %9 ile %22 düştüğünü belirlemiştir. Rakshvir vd. (2006), bir yıllık bir yıkıntıdan alınan içerisinde belli miktar siva da bulunan GKA (M1) ve 30 yıllık bir yıkıntıdan aldıkları içerisinde bir miktar sıvada bulunan GKA (M2) ile deney örnekleri üretmişlerdir. Buna göre M1 serisine ait eğilme mukavemeti değerleri sırası ile %9 ve %19, M2 serisine ait eğilme mukavemeti değerleri ise sırası ile %9,5 ve %15 azalmıştır.

Ajdukiewicz vd.[31], çalışmalarında %100 GKA kullanılması durumunda elde edilen betonun aderansının referans betona göre %10 oranında azaldığını belirlemiştir.

#### **2.4.6. Elastisite modülü, rötre, donma-çözünme direnci**

Chen vd. [35], Geri kazanılmış agrega kullanılarak oluşturulan betonun elastisitesinin normal betonun elastisitesine göre %70'i civarında olduğunu ve s/ç oranının yada beton içerisindeki yabancı maddelerin dikkate değer bir etki göstermediğini belirtmişlerdir. Fonteboa vd. ise [39], referans betona göre geri kazanılmış agrega ile üretilen betonun

elastisite modülünün, 7. günde %11 ve 28. günde % 17,60 daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Rao vd. [57], elastisite modülünün geri kazanılmış agregaya uygulamaları açısından kritik bir parametre olması sebebi ile bu alanda sonuçlara varmadan önce, daha fazla deneysel veriye ihtiyaç olduğunu savunmuşlardır.

Katz [43], 90 gün beklemiş GKA'dan üretilen betonun rötre değerini; 0,55 mm/m ile 0,80 mm/m olarak ölçmüş, buna karşın doğal agregaya ile üretilen betonun rötre değerini ise; 0,30 mm/m olarak belirlemiştir. Buna göre; GKA ile üretilen betonun rötre değerinin artacağı söylenebilir.

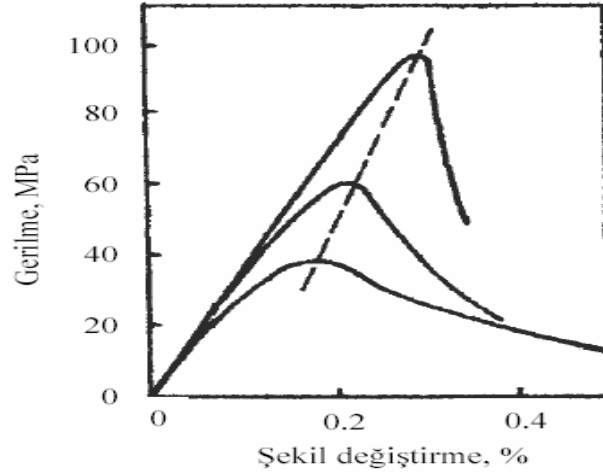
Genel olarak beton agregaları, harçtan en ekonomik şekilde yararlanılacak granülometriye sahip olmalıdır. Beton agregaları su ile yumuşamamalı, çimento ve su bileşenleri ile zararlı kimyasal bileşikler meydana getirmemeli, dağılmamalı, sert ve sağlam olmalı veya çimentonun yapışma etkisine zarar verecek şekilde kimyasal olarak zararlı maddelerle ve kille sarılı bulunmamalı, donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir.

Agrega, kullanım amacı ve yerine göre; uygun granülometrik dağılıma, tane şekline, tane dayanımına, aşınma direncine, dona dayanıklılığa ve zararlı maddeler bakımından TSE'nin belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır [48].

## **2.5. Lifler**

Beton agregaya ile bağlayıcı elemanların birleşiminden oluşan kompozit bir malzemedir. Günümüzün inşaat sektörünün en popüler yapı malzemesi olan betonun basınç dayanımının oldukça yüksek olup, çekme dayanımı ise basınç dayanımına göre çok düşüktür. Düşük çekme dayanımı durabilite sorunlarına ve çekme gerilmelerini taşıması amacı ile kullanılan donatılardan dolayı fazladan bir maliyeti de beraberinde getirmektedir. Yüksek basınç dayanımı ile betonun gevrekliğinin de oldukça arttığı görülmüştür [26].

Şekil 2.5.1.'de gevreklik-basınç dayanımı ilişkisi görülmektedir.



**Şekil 2.5.1.** Tek eksenli basınç altında düşük, normal ve yüksek dayanımlı betonlarda gerilme-şekil değiştirme diyagramı

Betonda dayanım artması ile eksenel şekil değiştirme kapasitesi artmakta ve tepe noktası geçildikten sonra gevrek bir kırılma ile ani bir gerilme düşüşü olmaktadır [23].

Betonda basınç dayanımından taviz vermeden, hem çekme dayanımını hem de sünekliği arttırmak amacıyla beton üretiminde çeşitli lifler kullanılmaktadır.

Betonarme betonunun özelliklerinin iyileştirilmesi çabaları ile yapı mühendisleri, teknolojik gelişmelere paralel olarak daha avantajlı yapı malzemeleri arama yoluna gitmişlerdir. Diğer bir deyişle hem basınç, hem çekme, hem de eğilme dayanımı yüksek olan, ancak metal yapı malzemelerinden daha ekonomik bir yapı malzemesi oluşturulmasına çalışılmaktadır. Genel olarak yorulma, aşınma, çekme, çatlama sonrası yük taşıma dayanımları ve enerji yutma kapasitesi bakımından zayıf olan hafif betonun bu özelliklerini iyileştirmek amacıyla betona katkı malzemeleri ilave edilebilmektedir. Lifler de bu malzemelerden birisidir. Lifli betonun üretilmesindeki amaç; malzemenin tokluğunun, darbe yüklerine karşı direncinin, eğilme dayanımının ve diğer mekanik özelliklerinin artırılmasıdır [37].

Beton içerisinde yaygın olarak çeşitli ebat ve geometrilerde çelikten, polipropilenden, karbon ve alkali dirençli camlardan üretilen lifler kullanılmaktadır.

Liflerin betonun içinde homojen olarak dağılması ve bu dağılımın beton karıştırıldıktan sonra da bozulmaması önemlidir. Homojen bir şekilde dağılan lifler, beton içerisinde

oluşan çatlakları önlemekte ve çatlakların beton içerisinde ilerlemesini yavaşlatarak betonu daha dayanıklı hale getirmektedir. Bu özeliğinden dolayı lifli betonun özellikle çekme ve eğilme dayanımını artıran faktörler, darbe etkisine karşı dayanımını da artırır[41].

Çeşitli liflerin kullanım alanları Tablo 2.5.1.'de verilmiştir.

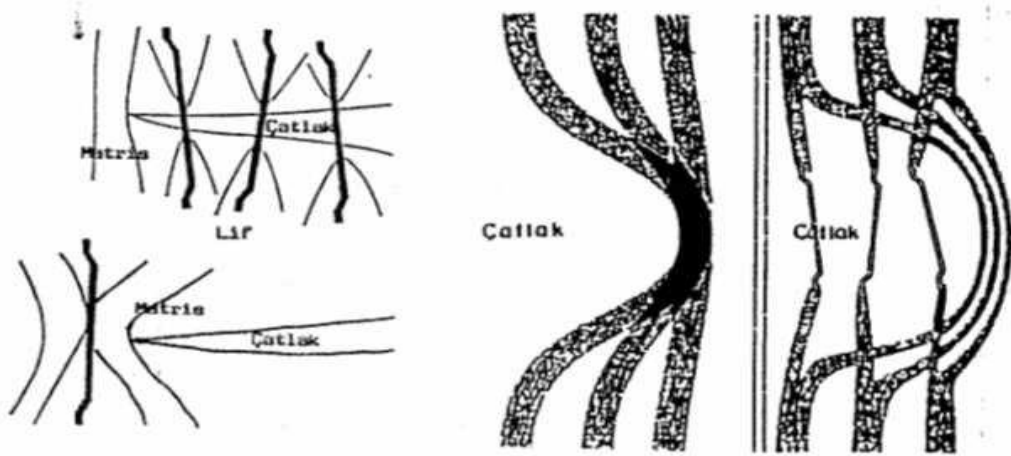
**Tablo 2.5.1. Çeşitli lif tiplerinin kullanım alanları**

<b>Lif Tipi</b>	<b>Uygulamalar</b>
<b>Cam</b>	Prekast paneller, giydirme cephe kaplamaları, kanalizasyon boruları, ince beton çatılar ve beton blokların sıvası.
<b>Çelik</b>	Çatı uygulamalarında kullanılan gözenekli betonlar, kaldırımlar, köprü döşemeleri, ateşe dayanıklı elemanlar, beton borular, havalimanları, rüzgara dayanıklı yapılar, tünel kaplamaları, gemi omurgaları.
<b>Polipropilen naylon</b>	Temel kazığı, öngermeli kazıklar, kaplama panelleri yürüyüş yolları, marinaların iskele elemanları, yol yamaları, büyük çaplı sualtı borularının kaplamaları.
<b>Asbest</b>	Saç boru, levhalar, yangına dayanıklı malzemeler ve yalıtım malzemeleri, kanalizasyon boruları, oluklu ve düz çatı levhaları, duvar kaplamaları.
<b>Karbon</b>	Dalgalı şekilli çatı kaplama elemanları, tek veya çift

	kat ince membran yapılar, tekne omurgaları, yapı iskelesi tahtaları.
<b>Mika</b>	Çimento esaslı levhalarda, kısmen asbestin yerine, beton borular, tamirat malzemeleri.

Lifler, kendi çekme mukavemetlerine ulaşmaya kadar beton basınç ve çekme gerilmelerinden meydana gelecek olan çok sayıdaki kılcal çatlak oluşumunu en aza indirmektedir [1][2]

Lifli betonlarda beton bileşimine giren parametreler içerisinde beton özelliklerini önemli ölçüde etkileyen faktörler; narinlik oranı (lif boyu/lif çapı) ile lif miktarıdır. Ayrıca katılan liflerin karışımda homojen olarak dağıtılması, liflerin betonun özellikleri üzerinde yapacağı iyileştirmeyi doğrudan etkilemektedir [20][30][11][13].



**Şekil 2.5.2.** Liflerin gerilme kuvvetlerini bir köprü gibi aktarması [12]

Çatlakların oluştuğu bölgede bu şekilde taşıma gücü artırılarak, mühendislik özellikleri gelişmiş bir malzeme elde edilmektedir.

Ekincioglu, kısa ve uzun liflerin birlikte kullanıldığı uygulamalarda kısa liflerin önce mikro çatlakları engelleyerek çekme dayanımını artıracaklarını, çatlaklar makro düzeye

geldiğinde de uzun liflerin kompozite süneklik sağlayacağını, bunun sonucu olarak da, betonun çekme dayanımının ve tokluğunun geliştirileceğini ifade etmektedir [11].

Soroushian ve Bayasi [5] tarafından yapılan bir çalışmada, lif tipinin beton performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Kullanılan lif tiplerinin narinlikleri 60-75 civarında olup geometrileri ise düz-yuvarlak, dalgalı-yuvarlak, dalgalı-yassı, kancalı tekil ve kancalı-birleştirilmiş şeklindedir. Yapılan çalışmanın sonucunda, lif ilavesinin betonda işlenebilirliği düşürdüğü gözlemlenmiştir. Elde edilen çökme değerleri incelendiğinde, dalgalı geometriye sahip liflerin kullanıldığı betonlardaki çökme değerlerinin düz ve kancalı liflere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Narinliğin 60 ve hacimsel lif karışım oranının %2 olması durumunda ise kancalı liflerin, diğer liflere göre eğilme ve enerji yutma kapasitesi yönünden daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Narinliğin artması durumunda da yine kancalı liflerin düz liflerden daha iyi performans sergilediği tespit edilmiştir. Maksimum aksenal basınç gerilmeleri sonrasında elde edilen enerji yutma kapasiteleri kıyaslandığında en yüksek sonucun kancalı liflerden elde edildiği görülmüştür.

Diğer bir çalışmada çelik, polipropilen ve cam lif kullanarak hazırlanan 38x76x457mm ebadındaki kiriş numuneler üzerinde düşü ağırlıklı darbe deneyi yapılarak, deney sonucunda lif katkısının darbe etkilerine karşı malzeme dayanımına olan olumlu katkıları incelenmiştir ( Suaris, 1983 ).

Düşü ağırlıklı bir darbe dayanım test cihazı kullanarak çelik ve polipropilen lifli betonların karışık modda kırılma performanslarını modelleyebilecek bir numune geometrisi tanıtılmıştır. Lifli betonların çarpma etkisi altında statik yüklemeye göre çok daha yüksek bir performans gösterdiği ortaya konulmuştur [3].

Beton gibi çimento bileşenli kompozitlerin yarı- gevrek davranışı çeşitli özelliklerde lifler kullanılarak sünek davranışa doğru geliştirilebilir [67].

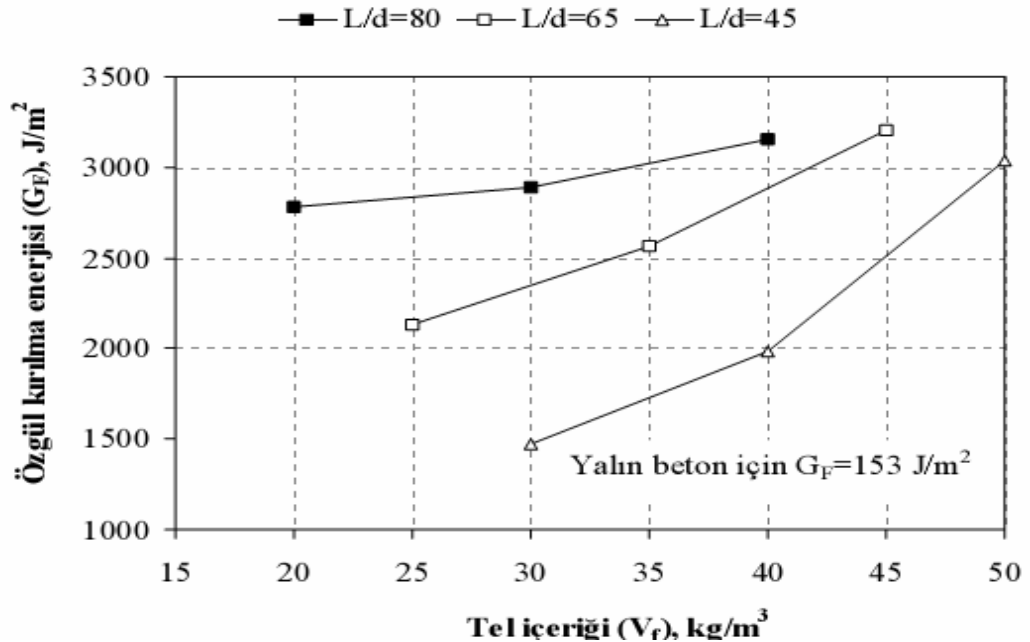
### **2.5.1. Sentetik lifler**

Sentetik lifler kimya ve tekstil endüstrisindeki araştırmalar ve geliştirmeler sonucu ortaya çıkan ve betondaki alkali ortama karşı durabilitesi yüksek liflerdir. Genel tipleri Akrilik, aramid, naylon, polyester, polietilen ve polipropilen olabilirler. Aramid dışında elastisite modülleri düşük olup çekme değerleri oldukça yüksektir. Kaliteleri, narinliğe bağlı olup çapları mikron düzeyindedir. Hacimce düşük (%0,1 ile %0,3) ve yüksek oranlarda (%0,4 ile %0,8) kullanılmaktadır [9].

### 2.5.2. Liflerin narinliği

Lif narinliği betonların performansına etki eden en nemli gösterge olup  $L$  (lif boyu)/ $d$  (lif çapı) oranı ile gösterilmektedir. Narinliğin artması betonun mekanik performansını arttırırsa da karıştırma ve yerleştirmede karşılaşılan problemler sebebiyle narinliğin 100 ile sınırlandırılması önerilmektedir [5][6].

şekil 2.5.3' de bu değişim verilmiştir.



şekil 2.5.3. Farklı narinlik oranlarına ( $L/d$ ) sahip elik tellerle donatılmış betonların özgül kırılma enerjisinin ( $G_F$ ), tel içeriği ( $V_f$ ) ile değişimi [23].

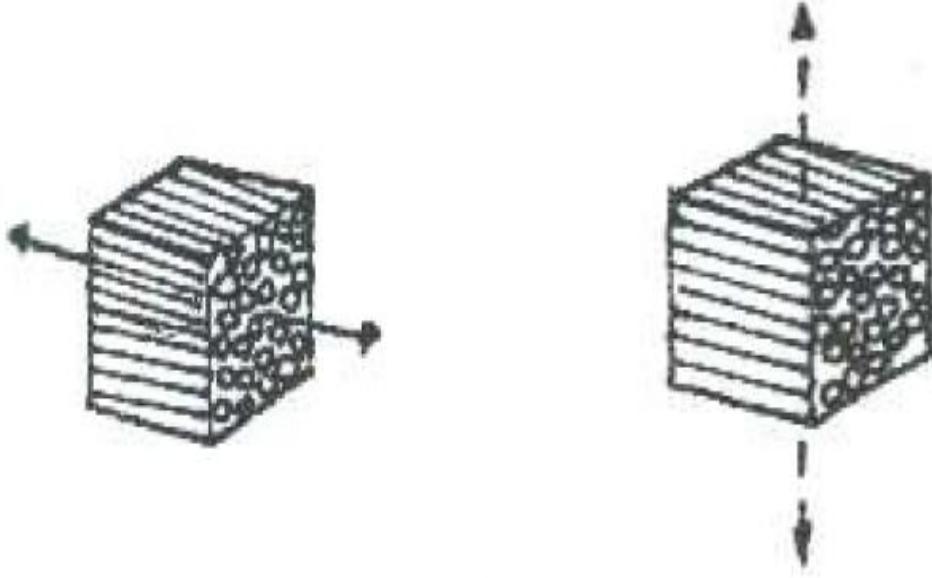
Bayramov [6] tarafından, farklı oranlarda ve farklı narinlik oranlarına sahip çelik liflerin betonun mekanik özelliklerine etkisini araştırmak için yapılan çalışmada ;

- Çelik liflerin basınç dayanımına etkisinin belirgin olmadığı fakat narinlik değeri 65 olan tellerle üretilen betonlarda çelik tel miktarının  $20 \text{ kg/m}^3$ 'ten  $50 \text{ kg/m}^3$ ' e çıkarıldığında basınç mukavemetinin yaklaşık % 30 arttığı görülmüştür.
- Yarmada çekme dayanımının çelik lifli betonlarda normal betondakilerden fazla olduğu ve lif miktarının artmasıyla birlikte arttığı görülmüştür.
- Bu artış narinliği 65 olan liflerde daha belirgin olup, deney sırasında liflerin matristen sıyrıldığı fakat kırılmadığı, ancak narinliği 80 olan liflerin ise koparak ikiye ayrıldığı gözlemlenmiştir.
- Çelik lif oranının artması ile özgül kırılma enerjisi de belirgin şekilde artmaktadır. Narinlik çelik lif oranının artmasıyla daha etkili hale gelmekte ve narinlik artışıyla birlikte kırılma enerjisini de artmaktadır. Örnek olarak 80 narinlik değerine sahip ve  $50 \text{ kg/m}^3$  lif ihtiva eden kirişlerde, 5 mm'ye kadar ölçülen özgül kırılma enerjisi değeri lifsiz betondan elde edilen değerlerin 50 katıdır. Aynı numunelerde eğilme dayanımı iki katına çıkmıştır.

### 2.5.3. Liflerin hacimsel yüzdesi

Lifli betonlar kullanıldığı yapı elamanlarının türüne göre, önemli teknik ve ekonomik getiriler sağlayan bir yapı malzemesidir. Lifli betonlarda en önemli kullanım koşulu, liflerin homojen bir şekilde dağılmasıdır. Yapısal bir kompozit malzeme olan lifli beton, bütün yük doğrultularında eş değer özellik göstermelidir. Lif dağılımının hakim bir yönde olduğu lifli betonlarda uygun davranış beklenemez. Çünkü lifler eksenleri ve eksenlerine dik doğrultularda aynı mekanik özelliği göstermezler [27]. Bu durum, Şekil 2.5.4.'de verilmiş olup lif doğrultusunda kompozit malzeme performansının daha yüksek olduğu bilinmektedir.





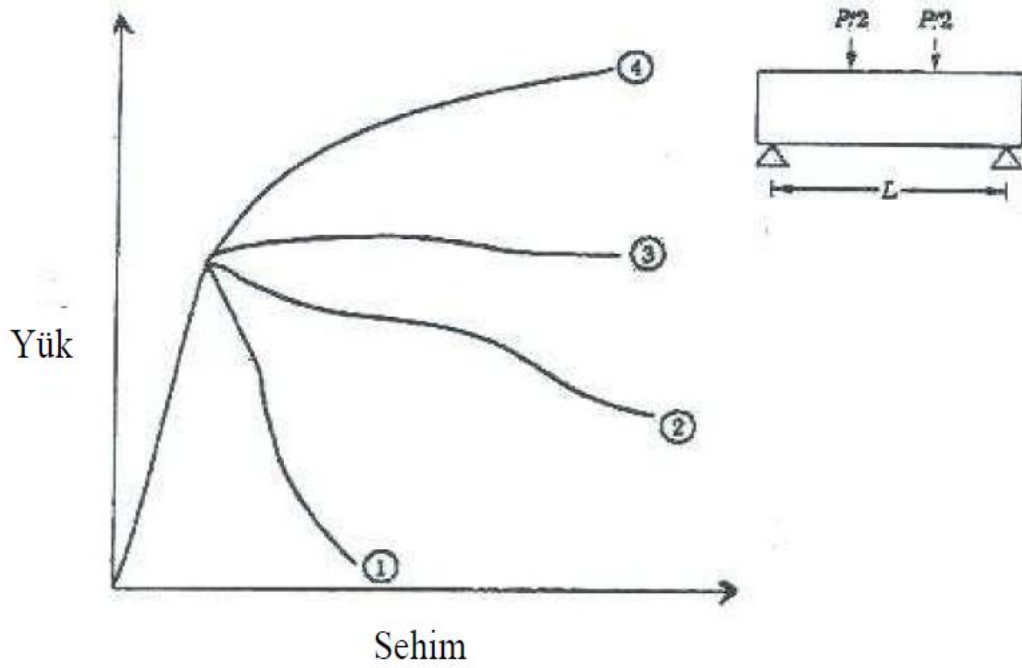
a- Lif doğrultusu

b- Lif yönüne dik

**Şekil 2.5.4.** Lif doğrultusunda ve tersi yönde malzeme özellikleri [14].

Kullanılan lif miktarının düşük olduğu takdirde ( $15-25 \text{ kg/m}^3$ ), liflerin homojen dağılma ihtimali ortadan kalkmakta buda lif sayısının agrega sayısından düşük olmasına sebep olmakta, lifler agregaları tam olarak bağlayamamakta ve sağlam bir matris oluşmamaktadır [27].

Bu durum Şekil 2.5.5.'de verilen 4 farklı lif oranına sahip numunelere ait yük-deplasman grafiğinde görülmektedir. Lif oranı değişimi numunelerin taşıma kapasitelerini ve kırılma davranışını değiştirmiştir. 1. ve 2. nolu numunelerde lifler matrisin taşıdığı yükten az, 3 nolu numunede eşit, 4 nolu numunede ise fazladır. Lif miktarına göre en az lif içeren numune 1 en çok lif içeren numune 4 ile numaralandırılmıştır [17]. Lif oranının artmasıyla süneklilik ve dayanım artmıştır.



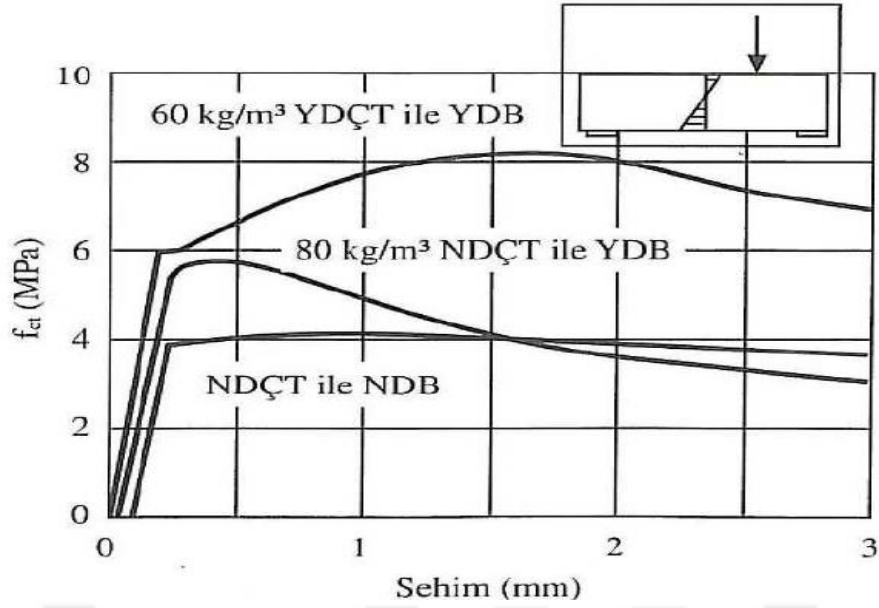
**Şekil 2.5.5.** Farklı oranlarda lif içeren kompozitler için tipik yük-sehim eğrileri[17].

Lifli beton üretimde lif miktarının belli bir değerin üzerine çıkması bazı problemlerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Özellikle karıştırma ve yerleştirme sırasında ortaya çıkan topaklanma homojen bir matris oluşumunun önüne geçmekte ve zayıf bölgelerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır, bunun önüne geçmek için;

- 1-Lif oranının optimum seviyede olması
- 2- Çok iri agregaların kullanılmaması,
- 3-Liflerin karışıma kuru olarak katılması
- 4-Süper akışkanlaştırıcı kullanılması gerekmektedir. [17]

#### **2.5.4.Liflerin çekme dayanımı**

Genellikle, betonda kullanılan liflerin dayanımının artmasıyla, beton dayanımının da artacağı düşünülmektedir. Şekil 2.5.6.'da farklı dayanımlara sahip liflerle üretilen betonların yük-sehim eğrileri görülmektedir.



**Şekil 2.5.6.** Farklı tipteki liflerle üretilmiş beton kirişlerin yük-sehim eğrileri.

Şekil 2.5.6’ da verilen ve farklı dayanımlara sahip çelik lifler ile üretilmiş normal ve yüksek dayanımlı betonlara ait yük-sehim grafikleri incelendiğinde lif dayanımının artmasının yük taşıma kapasitesine olumlu yönde katkı sağladığı görülmüştür.

Normal dayanımlı betona yüksek dayanımlı lif katılması, betonun mekanik özelliklerinde olumlu yönde iyileşmeye sebep olmaktadır. Ancak en iyi sonuçlar çekme dayanımı 2000 MPa ve elastisite modülü 210 GPa olan yüksek dayanımlı lifler ile üretilen yüksek dayanımlı betona sahip numunelerde elde edilmiştir. Şekil 2.5.6’nın incelenmesinden, beton mukavemetinin artmasına bağlı olarak lif aderansının yükselmesi sonucu çatlak oluşumunun azaldığı ve liflerin sıyrılmasının güçleştiği, yüksek dayanımlı beton ve yüksek dayanımlı lif kullanımının tepe yüküne ulaştıktan sonra yapısal davranışı iyileştirdiği gözlemlenmektedir [28].

### 2.5.5. Liflerin Basınç Dayanımı

Betonun basınç dayanımında çelik liflerin etkinliği çok fazla değildir ve ancak basınç dayanımı artışını nadiren de olsa % 25 oranında arttırmaktadır [19].

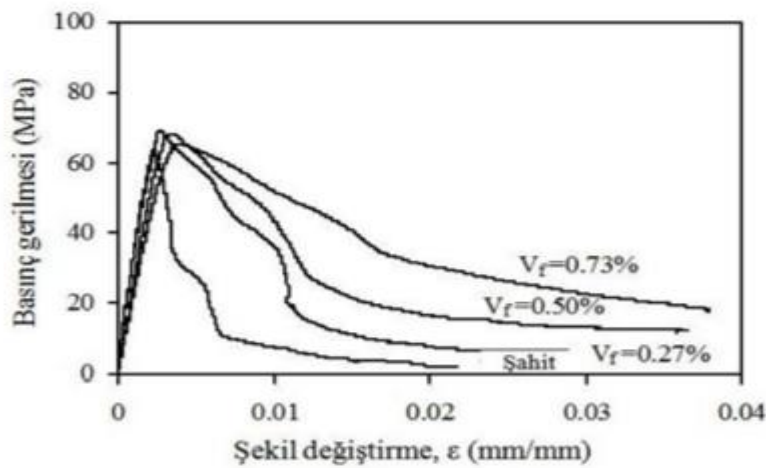
Beton ile birlikte kullanılan polimer liflerde sonuç bakımından en verimli lifler polipropilen liflerdir. Polipropilen lif katkılı betonların basınç dayanımları ve elastisite modülleri fazla değişkenlik oluşturmazken yarmada çekme dayanımları artmaktadır.

Sentetik lifler genellikle yüksek performanslı betonlarda taze betonun özelliklerini iyileştirmek için kullanılırlar.

Çelik lifler mukavemetinin ve sünekliğinin yüksek değerlere sahip olmasından dolayı tünellerde, depreme dayanıklı olması istenen yapılarda, prekast elamanlarda, yol ve güvenlik yapıları dahil bir çok alanda kullanılabilir..

Sentetik lifler ise betonda erken plastik rötreyi ve betonun tokluğunu arttırmakla birlikte betonun içindeki suyu emerek suyun betondan uzaklaşmasını engellemektedir. Ayrıca polimer lifler son yıllarda püskürtme beton teknolojisinde çelik lifin yerini almaya başlamıştır. Bunun sebebi çelik lifin aşındırıcı bir malzeme olup, püskürtme beton ekipmanına kalıcı zararlar vermesidir.

Aynı beton karışım oranları ve farklı oranlardaki çelik liflerle yapılmış basınç gerilmesi deneylerinde basınç mukavemetlerinin çok az değiştiği ancak lif oranının artmasıyla kırılma sonrası enerji tutma kapasitelerinin arttığı Şekil 2.5.7.'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.5.7.** Çelik tel içeriğinin beton basınç gerilmesi ile düşey şekil değiştirme ilişkisine etkisi [29].

### 2.5.6. Karma lifli betonlar

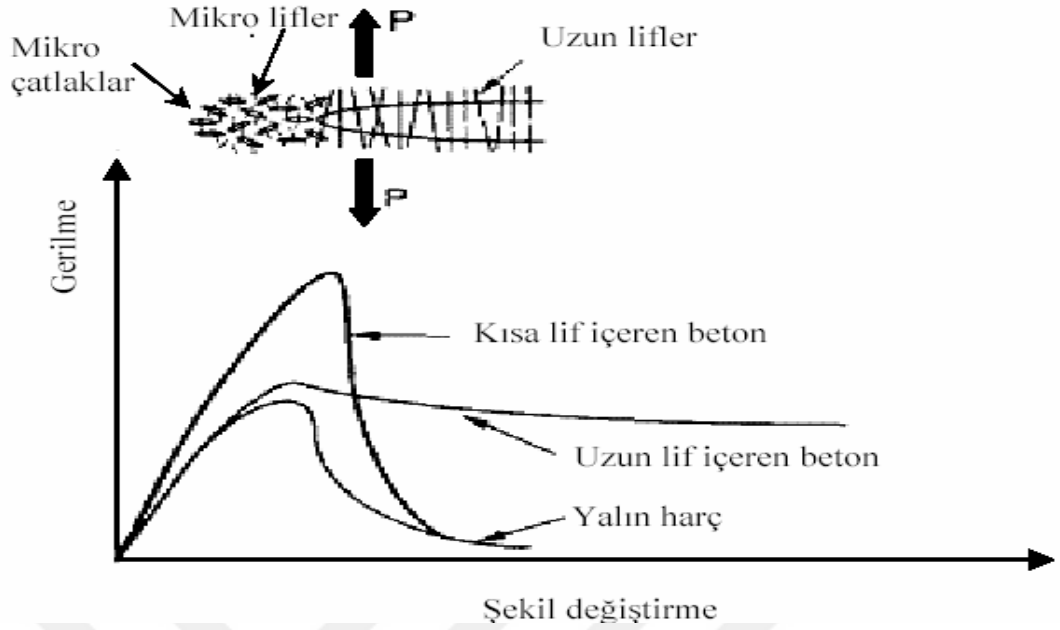
Karma lifli betonlar, betonun değişik özelliklerini iyileştirebilmek amacıyla tek tip ve boyuttaki lifler yerine farklı tip ve boyuttaki liflerin kullanılmasıyla oluşturulan çimento esaslı kompozit bir malzemedir [28][29].

Burada amaçlanan yükleme altında oluşacak çatlakları mikro düzeyden itibaren kontrol edebilmektir. Mikro çatlak ile kastedilen çatlaklar yapı yada numunenin boyutuna göre çok küçük olan çatlaklar olup mikro, mezo ve makro çatlakların kontrol edilmesi amacıyla mikro, mezo ve makro çaptaki lifler kullanılmalıdır.

Mikro lifler; küçük boyutları nedeniyle daha sık bir lif dağılımı oluştururken çatlak oluşumunu makro düzeye gelmeden durdurmakta ve elastik bölgede davranışa olumlu katkılar sağlamaktadır.

Makro lifler ise; elastisite modülü(E), çekme ve eğilme dayanımlarını artırırken makro düzeydeki çatlakları kontrol etmekte ve maksimum yük sonrası davranışa olumlu katkılar sağlamaktadır [21].

Matristeki çatlakların mikro düzeyde başlaması sebebiyle makro lifler bu çatlaklara karşı aralarındaki mesafe sebebiyle etkili olamamaktadır. Makro liflerin etkinliği ancak mikro çatlakların gelişerek makro çatlak haline gelmesi ile kendini gösterir. Mikro lifler boyutları sebebiyle matrisin her bölgesine yayılmakta ve makro liflerin etkin olmadığı bölgelerde mikro çatlakların oluşumunu ve gelişimini önlemekte ve kontrol etmektedir. Diğer taraftan çatlak oluşumundan sonra kolayca sıyrılmakta ve etkinliğini yitirmektedir. Tam bu sırada devreye makro lifler girmekte ve tepe yükü sonrasındaki davranışa olumlu katkılar sağlamaktadır. Şekil 2.5.8’de lif boyutunun gerilme-şekil değiştirme davranışı üzerine etkisi açıkça görülmektedir. Şekil 2.5.8 incelendiğinde mikro liflerin tepe yükünden sonra taşıma kapasitesine olumlu etkileri olmaz iken uzun liflerin özellikle tepe yükünden sonra taşıma kapasitesini ani bir düşüş olmadan yüksek şekil değiştirmeleri altında devam ettirdiğı ve sünek bir davranış sergilediğı görülmektedir [7].



Şekil 2.5.8. Çatlak köprülenmesine farklı tel boyutlarının etkisi [7].

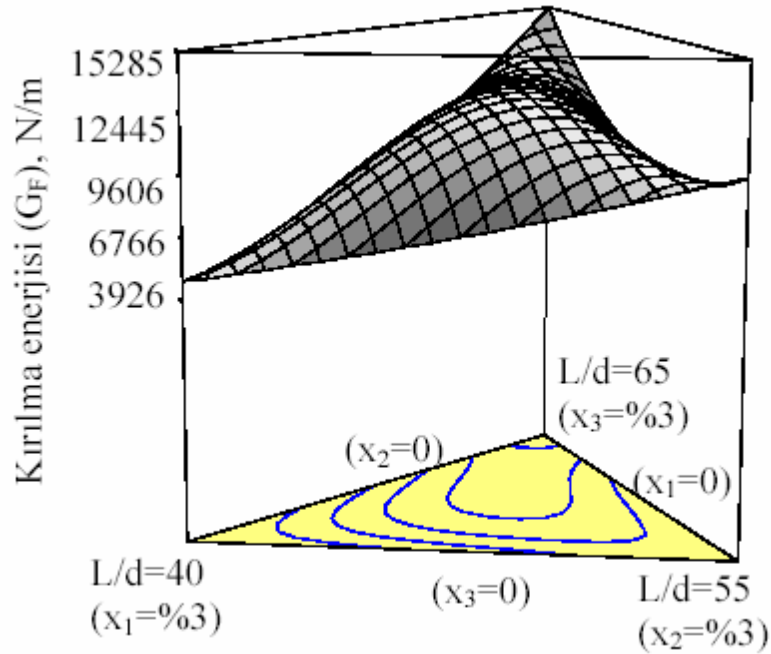
Karma lifli betonlar;

1. Hasarlı binaların onarım ve güçlendirilmesinde,
2. Kesiti küçük taşıyıcı elemanların üretilmesinde,
3. Zımbalama etkisine karşı kolon üst baslarının çevresinde,
4. Radyoaktif ve endüstriyel atıkların saklandığı yapılarda,
5. Sünek davranış beklenen taşıyıcı elemanların üretiminde,
6. Ön üretimli çatı kaplamalarında,
7. Çarpma ve aşınmaya karşı dayanıma sahip olması istenen beton kullanılmaktadır [21][22].

Karma lifli betonlarla yapılan çalışmalarda;

Ekincioglu [10] ürettiği karma lifli betonlarda dayanım, süneklik ve tokluğu arttırmak amacıyla çelik ve polipropilen lifleri birarada kullanmıştır. karma Polipropilen lif hacmini %0,05 ve çelik lif hacmini ise %3 olarak sabit tutmuştur. Çalışmada kullanılan

çelik lifler; düz şekilli kısa kesilmiş ve iki çeşit kancalı çelik lif olmak üzere üç çeşittir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde; betona hacimce %3 oranında çelik lif eklenmesi sonucu kırılma enerjisi, karakteristik boy ve net eğilme dayanımı, basınç dayanımı, elastisite modülü ve yarmada çekme dayanımlarında artış elde edilmiştir. Yüksek dayanımlı betonlarda ortaya çıkan gevreklik problemi çelik lifler yardımıyla ortadan kalkmıştır. Kırılma enerjisi, karakteristik boy ve net eğilme dayanımı makro lif içeriğindeki artışla artmakta, mezo lif içeriğindeki artışla azalmaktadır. En yüksek kırılma enerjisi, karakteristik boy ve net eğilme dayanımı değerleri narinliği ve boyu en büyük lif ile üretilen numuneden elde edilirken, en düşük değerler narinliği ve boyu en küçük lifi yüksek oranda içeren numunelerden elde edilmiştir. Bu durum Şekil 2.5.9.'da görülmektedir.



**Şekil 2.5.9.** Karma çelik tel donatılı betonda çelik tel narinliğinin ve içeriğinin kırılma enerjisine etkisi (Ekincioglu, Ö. , 2003)

En yüksek ilk çatlak dayanımı ve en yüksek elastisite modülü ise bir tip mezo ve iki tip makro lifi birlikte içeren numuneden elde edilmiştir. En yüksek yarmada çekme dayanımları da yine mezo ve makro lifleri birlikte içeren numunelerde görülmüştür. Betonun basınç dayanımı çelik lif eklenmesiyle artmaktadır. Bu artış en fazla, mezo ve makro lifin birlikte kullanıldığı karma lifli numunelerde olurken, iki farklı tipte makro lif kullanımının bu artışa fazla bir etkisi olmamıştır. Boyut ve narinlikleri farklı olan

çelik liflerin kullanılması, betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde farklı oranlarda katkıda bulunmaktadır.

Sato ve arkadaşları [18] uzun ve kısa çelik liflerin bir arada kullanıldığı karma lifli betonların basınç ve çekme dayanımlarının belirlenmesi için çeşitli deneyler yapmışlardır. Kısa lif olarak 6,13 ve 20 mm uzunluğundaki düz lifler, uzun lif olarak ise 30 mm uzunluğunda kancalı lifler kullanılmıştır. Kısa lif yüzdesi %0 ile %6 arasında, uzun lif yüzdesi ise %0 ile %2 arasında değişmektedir. Lif yüzdesinin artmasıyla beraber kompozitlerin basınç ve çekme dayanımlarının arttığı ve bu dayanım değerlerinin lifin narinlik oranı ile hacim yüzdesinin bir fonksiyonu olduğu, yapılan çalışmalardan görülmüştür. Ayrıca, uzun lif miktarının artmasının süneklik için kısa liflerden daha iyi olduğu ve uzun lif miktarının, çekme gerilmesi-çatlak açılımı eğrisinde yumuşama rejiminin şeklini büyük ölçüde etkilediği sonuçları da bu çalışmadan elde edilmiştir.

Banthia ve arkadaşları [4], makro ve mikro çelik liflerin bir arada kullanımını araştırdıkları çalışmalarında, 40 kg/m<sup>3</sup> sabit dozajında, üç tip makro çelik lif ile %1 ve %2 dozaj oranlarında mikro lifi kullanarak karma lifli betonlar üretmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda, bu kompozitlerin sadece basınçta değil eğilme sırasında da büyük dayanım ve enerji yutma kapasitesine sahip oldukları görülmüştür. Çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere, mikro ve makro çelik liflerin karma kombinasyonları ile çok yüksek performanslı çimento esaslı kompozitler üretmenin mümkün olduğu da gösterilmiştir

## **2.6. Betonun Mekanik Özellikleri**

Beton; su, çimento ve agreganın belirli miktarlarda karıştırılarak oluşan ve belirli bir süre sonunda da sertleşerek (mukavemetini alarak) yüksek basınç dayanımı kazanan bir yapı malzemesidir. Yapılar kullanım amacına göre sınıflandırılırken mevcut olan ya da yapım aşamasında olan betonarme yapıların deprem ve düşey yükler altında yeterli güvenliğe sahip olup olmadığının belirlenmesinde önemli aşamalardan birisi yapıda kullanılan betonun mekanik özelliklerinin belirlenmesidir. Betonun özellikleri, sahip olduğu basınç dayanımı, kıvamı, standartlara uygunluğu vb. gibi faktörlere bağlı olarak belirlenir.



Betonun özellikleri;

- 1.) İşlenebilir olmalıdır. Taze beton kolay karıştırılmalı ve yerleştirilmeli, karıştırılırken, taşınırken ve yerleştirilirken segregasyona uğramamalıdır.
- 2.) Mukavemetli olmalıdır. Sertleşmiş beton projede öngörülen mukavemeti değerini sağlamalıdır.
- 3.) Durabilitesi yüksek olmalıdır. Sertleşmiş beton hava, su veya kimyasal çevrenin etkisiyle, don – çözülme, ıslanma, kuruma gibi fiziksel etkiler ve hatta beton iç yapısında agrega ve çimento arasında oluşabilecek reaksiyonlar sonucu beton özelliklerindeki bozulmalara karşı direnç göstermesi gerekmektedir.
- 4.) Agreganın en büyük tane boyutu donatı durumuna uygun olmalı
- 5.) Taze beton sıcaklığı kontrol edilmeli
- 6.) Beton hacim sabitliğine sahip olmalı; rötre (büzülme) ve şişme sınırlı olmalı
- 7.) Geçirimsiz olmalı
- 8.) Deniz suyuna dayanıklı olmalı
- 9.) Yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmalı
- 10.) Aşınmaya dayanıklı olmalı

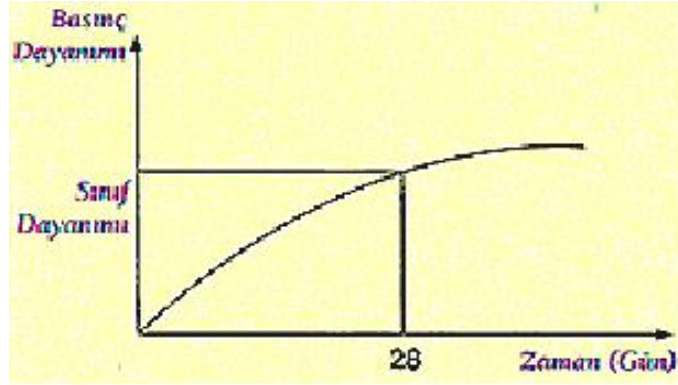
### **2.6.1. Betonun basınç dayanımı**

Üzerine gelen yüklerin neden olacağı şekil değiştirmelere ve kırılmaya karşı betonun göstereceği maksimum direnç kabiliyetine (eksenel basınç yükü etkisiyle, betonda oluşan maksimum gerilme) “beton basınç dayanımı” denilmektedir (Erdoğan, 2003).

Betonun farklı mekanik özelliklerinden en önemlisi ve belirleyici olanı basınç dayanımıdır. Betonun tüm olumlu nitelikleri basınç dayanımı ile paralellik gösterir. Yüksek basınç dayanımlı bir beton doludur, serttir, su geçirmez, dış etkilere dayanır ve aşınmaz. Örneğin betonun basınç dayanımı ölçütüne göre yapı elemanlarının taşıma güçlerinin belirlenmesi, kesit alanlarının seçilmesi ve beton sınıflarının oluşmasında basınç dayanımı temel alınmaktadır.

Betonarme yapılarda taşıyıcı sistemler için tercih edilen betonun basınç dayanımı, beton üretim ve uygulama teknolojilerindeki gelişmelerle ve depreme dayanıklı yapı kavramının önem kazanmasıyla birlikte sürekli artış göstermektedir [50].

Betonun basınç dayanımı uygun koşullarda aşağıdaki şekildeki gibi zamanla artar.



Şekil 2.6.1. Basınç Dayanımı - Zaman İlişkisi

Şekilden anlaşılacağı gibi betonarme yapılarda 28 günlük dayanım esas alınır.

### 2.6.2. Betonun basınç dayanımına etki eden faktörler

Betonun basınç dayanımını etkileyen faktörler;

- Çimento hamurunun kalitesi,
- Betona uygulanan kür,
- Agreganın şekli, dayanımı ve granülometrisi,
- Su/çimento oranı,
- Katkı malzemeleri,
- Betonun sıkıştırılması,
- Beton karışımındaki boşluk oranı vb. gibi birçok faktör betonun basınç dayanımını etkilemektedir.

Basınç dayanımına etki eden unsurların belirlenmesi için yapılan bir çalışmada [34], beton basınç dayanımına etki eden faktörlerin dayanıma etkime yüzdelerine ait sonuçlar Tablo 2.6.1.'de verilmiştir.

**Tablo 2.6.1.** Beton basınç dayanımına etki eden faktörler ve etkime yüzdeleri

Faktörler	Faktörlerin Dayanım Değişikliğine Etkisi(%)
-----------	---

Çimento türünün etkisi	10
Granülometrinin etkisi	11
Beton üretim şeklinin etkisi	21
Betonun kompaksiyonun etkisi	26
Beton kürünün etkisi	32

### 2.6.3. Çimento türünün beton dayanımına etkileri

Çimento, kalker ve kil karışımını hammaddelerin pişirilmeleri ile ortaya çıkan ve “klinker” olarak adlandırılan malzemenin çok az miktarda alçıtaşı ile birlikte öğütülmesi sonunda elde edilen bir üründür; su ile birleştirildiğinde hidrolik bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Çimento ve suyun birleştirildiği andan itibaren bu iki malzeme arasında “hidratasyon” olarak adlandırılan kimyasal reaksiyonlar başlamakta ve devam etmektedir.

Çimento tipini belirleyen özellikler, çimentonun kimyasal kompozisyonu ve çimento tanelerinin öğütülmüş oldukları inceliklerdir. Bu özellikler, çimentonun hidratasyon hızını etkilemektedir. Dolayısıyla bu özellikler, çimento hamurunun içerisinde ne miktarda çimento jelinin üretilebileceğini, yani çimento hamurunun dayanım kazanma hızını ve kazanılan dayanım değerini etkilemektedir (Erdoğan, 2003).

### 2.6.4. Su/Çimento oranının beton dayanımına etkileri

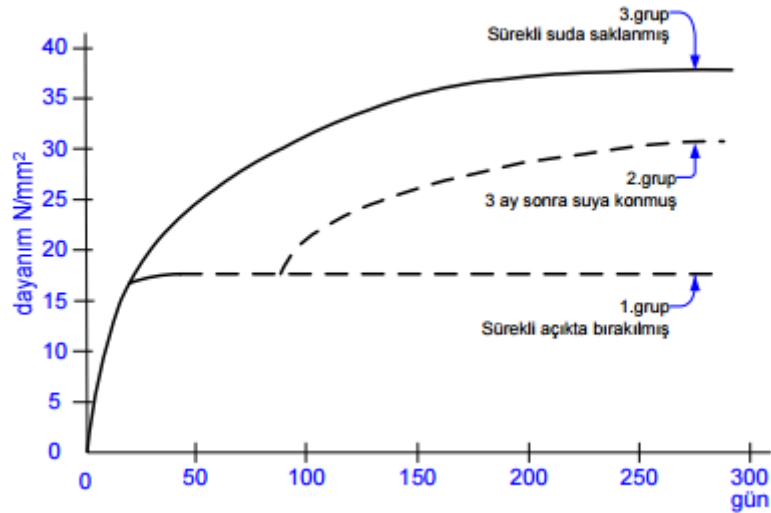
Yüksek dayanımlı çimentoların kullanıldığı ve çimento dozajının fazla olduğu durumda, beton kalitesinin arttığı bir yere kadar doğru olmakla beraber, beton basınç dayanımını belirleyen en önemli unsur su/çimento oranıdır.

Su/Çimento oranı arttıkça, betondaki boşluk oranı daha fazla olmakta ve orantılı olarak beton dayanımı azalmaktadır. Su/çimento oranı 0,1’den 0,5’e kadar artması beton basınç dayanımını artırırken 0,5’den 1,0’a kadar artması tam tersine dayanımı azaltmaktadır [36].

### 2.6.5. Kür ortamının beton basınç dayanımına etkileri

Taze betonun kuru önemli bir parametredir. Betonun prizi ve sertleşmesi aşamasında çevre koşullarının etkisi çok büyüktür. Taze beton yeterli dayanımı kazanıncaya kadar, mümkün olduğunca yüksek nemli ortamda korumak gerekir.

Taze beton için en olumsuz hava koşulları; yüksek sıcaklık, rüzgarlı ve kuru ortamlardır. Benzer şekilde sıfırın altındaki sıcaklıklarda önlem alınmaksızın beton dökümü sakıncalıdır. Taze betonun sıcaklığı +5 dereceden az olmamalıdır. Bu derecelerin altındaki sıcaklıklarda önlem alınması gereklidir. Ayrıca sıcaklık sebebiyle beton içeriğindeki suyun buharlaşması sonucu oluşabilecek rötre çatlaklarının (beton yüzeyindeki kılcal çatlaklar) engellenmesi için beton prizini kazanana kadar kür uygulanmalıdır.



Şekil 2.6.2. Kürün Önemi

Betonun mümkün olan en yüksek dayanımı kazanabilmesi için zamana ve bu zaman içinde çok özenli bakıma, küre gereksinimi vardır. Deneylerde belirlenmiş yukarıdaki eğriler kürün önemini vurgulamaktadır. Aynı karışım, özen ve şartlarda hazırlanmış beton numuneler üç guruba ayrılmışlardır. Her grup ilk 7 gün laboratuvar şartlarında saklandıktan sonra birinci ve ikinci grup açık hava şartlarına bırakılmış, ikinci grup üçüncü aydan sonra tekrar laboratuvar şartlarında saklanmış, üçüncü grup ise sürekli

laboratuar şartlarında tutulmuştur. Belli zaman aralıklarla her gruptan numuneler alınarak basınç dayanımları belirlenmiş ve dayanım-gün eğrileri çizilmiştir [61]

#### **2.6.6. Betonun yerleştirilme ve sıkıştırılması işlemlerinin beton dayanımına Etkileri**

Beton homojen olmayan bir yapı malzemesidir. Çimento, agrega ve suyun belirli oranlarda bir araya getirilmesi sonucu beton oluşmaktadır. Beton yapımında bu malzemelerin karıştırılması için gerekli süreç ne uzun ne de kısa olmamalıdır. Karışım süresi uzatılır ise betonda segregasyon (ayrışma) meydana geleceği için karışım süresine dikkat edilmelidir. Beton dökümü esnasında beton yerleşmeye başladığı andan itibaren betonun içindeki boşlukları ortadan kaldırmak için sıkıştırma işlemi yapılmalıdır. Taze betonun sıkıştırılma işlemi farklı mekanik yöntemlerle yapılmaktadır. Uygulanacak sıkıştırma yönteminin belirlenmesinde betonun işlenebilme özelliği önemlidir. Taze betonun kalıbına yerleştirilmesi iki şekilde yapılır; Taze beton kalıplara aktarıldıktan sonra sıkıştırma işlemi yönetmeliğe göre şişleme çubuğu ile beton şişlenir ve belirli sayıdaki tokmak darbesi ile gerçekleştirilir. Bu yöntem insan kas gücü gerektirdiği için günümüzde büyük çaplardaki beton dökümlerinde yerini makinelerle yapılan sıkıştırma işlemlerine bırakmıştır. Bunların da en yaygın ve pratik olanı vibrasyon yöntemidir. Vibratör beton kütesinin içine daldırılarak titreşim vermesiyle betondaki hava kabarcıklarını çıkartıp betonun daha az boşluklu halde yerleşimini sağlamaktadır.. Taze betona vibrasyon uygulamasının kazandırdığı faydalar şunlardır :

- Betonun yerleştirilme işlemi kolay olduğundan ekonomi getirisi sağlamaktadır.
- Daha yoğun ve homojen bir beton elde edilmektedir.
- Kalıpları sökülen betonların istenen hatlarda ve düzgün şekillerde oluşmasını sağlamaktadır.
- Daha yüksek dayanımlı beton elde edilmektedir.
- Betonarme yapı betonlarında, betonla çelik donatıların arasında daha iyi aderans sağlanmaktadır.
- Daha yüksek dayanıklılık elde edilmektedir.

Beton dökümü ve betonun yerleşimi esnasında hem beton içindeki malzemelerin harçtan ayrılarak kalıbın dip kısmına toplanıp segregasyona (ayrışmaya) uğramamasına hem de 50 cm' den daha yukarı mesafelerden dökülmemesine dikkat edilmelidir. Betonun ayrışması olayı Şekil 2.6.3.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.6.3. Taze betonun ayrışması (segregasyon) (Megep, 2006)

### 2.6.7. Katkı malzemelerinin beton dayanımına etkileri

Beton karışımında kullanılan temel malzemelerin (çimento, agrega ve suyun) karılma işlemi sırasında ya da öncesinde karışımın içine katılması sonucu betonun bazı özelliklerini değiştirerek performansını artırabilen veya betonun daha ekonomik olmasını sağlayabilen malzemeye “beton katkı malzemesi” denilmektedir. Katkı malzemeleri; kimyasal katkı maddeleri, hava sürükleyici katkıları, ince taneli mineral katkıları vb. olarak sınıflandırılmaktadır (Erdoğan, 2003).

Şantiyelerde en yaygın olarak kullanılan katkı betonun yerleşimini kolaylaştıran akışkanlaştırıcı katkılarıdır. Bunun yanı sıra ihtiyaca göre betonun priz süresini geciktiren ya da mukavemetini artıracak nitelikte katkı çeşitleri de kullanılmaktadır.

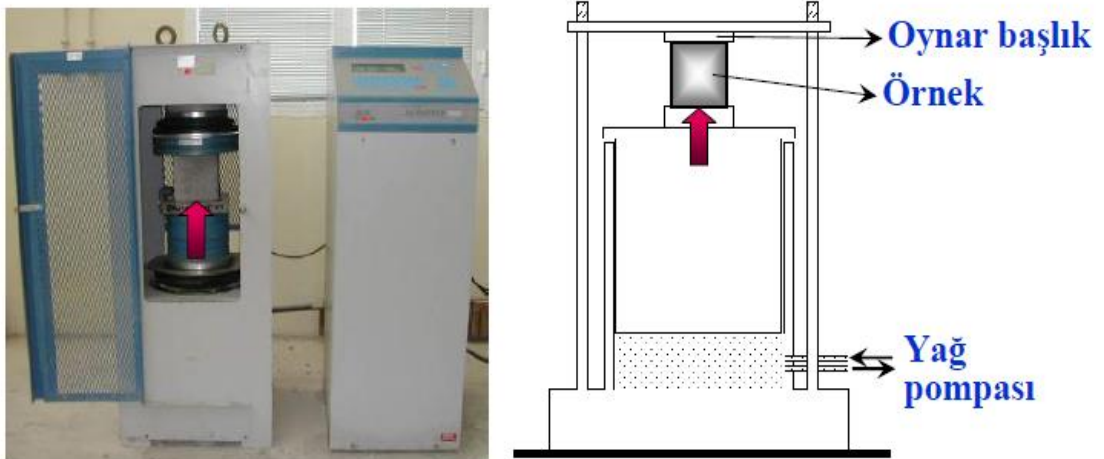
### 2.6.8. Betonun basınç dayanımının belirlenmesi

Betonun en önemli mekanik özelliği basınç dayanımıdır. Bunun nedeni; beton gevrek bir malzemedir. Basit mukavemet değerleri arasında en yüksek olanı basınç, en düşük olanı çekmedir. Oranları %8 ile %14 arasındadır. Pratikte betonun hiç çekme gerilmesi olmadığı, hemen çatladığı varsayılır ve beton sadece basınca çalıştırılır.

Beton basınç dayanımını ölçebilmek için değişik deney yöntemleri kullanılmaktadır. Yapıdaki betonun basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan yöntemler tahribatlı (hasarlı) ve tahribatsız (hasarsız) deney yöntemleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Tahribatlı yöntemler içerisinde en çok kullanılanı, yapıdaki betondan kesilerek çıkartılan silindirik şeklindeki karot adı verilen numunelerin aksel basınç kuvveti etkisinde kırılmaya tabi tutulmasıdır [33].

#### 2.6.8.1. Tahribatlı (hasarlı) deney yöntemleri

En güvenilir deney yöntemi olmasına karşın, yapıya zarar vermeleri nedeniyle zorunlu durumlarda kullanılması tercih edilir. Tahribatlı deneyler taze betonda preste küp veya silindirik numunelerin kırılması ile mevcut betonlarda ise karot numunesinin kırılması ile yapılmaktadır.



Şekil 2.6.4. Pres aleti

Yükleme çerçevesine yüksekliği ayarlanabilir bir üst tabla ile oynar ve hareketli alt tabla arasına deney örneği yerleştirilir alt tablanın altındaki pistonun silindrine bir

pompa yardımıyla yağ basılır. Yağın basıncı alt tablayı yukarı yönde iterek örneğin kırılmasına yol açar. Bu arada haznedeki basınç kuvveti bir dinamometre ile ölçülür.

Tahribatlı deney yöntemlerinde karot numune alma yönteminin yanı sıra literatürde, döşemelerin basınç dayanımlarını öğrenmek amacıyla uygulanan “gömülü numune kullanma deneyi”, betonun sertliği ile ilişkili olarak sonuç veren “batma direnci testi”, ve betondan alınan karota yanal kuvvet uygulayarak dayanım değerinin ölçülmesini sağlayan “kırıp-koparma (break off) testi” de mevcuttur [36].

### **2.6.8.2. Tahribatsız (hasarsız) deney yöntemleri**

Tahribatsız (hasarsız) deney yöntemleriyle yapılan ölçümlerde, betonun sahip olduğu yüzey sertliği, elastiklik, yoğunluk gibi bazı özelliklerden yararlanılarak sayısal değerler elde edilmektedir. Bu sayısal değerler ile standart deney yöntemi uygulanarak elde edilecek olan beton basınç dayanımı arasındaki ilişki kullanılarak betonun basınç dayanımı yaklaşık olarak belirlenmektedir.

Tahribatsız deney yöntemlerinde yaygın olarak kullanılan Birleşik yöntem (SONREB yöntemi), Ultrasonik Yöntem (Ultrasound Hızı Yöntemi), Beton Test Çekici Yöntemi (Schmidt Çekici)'dir. Bu üç yöntemin dışında literatürde, beton numunelerin rezonans frekanslarının bulunmasıyla dayanımları arasında korelasyon sağlayan “rezonans frekans tekniği deneyi”, numune üzerinde çekiç darbesinin oluşturduğu titreşimlerin numune içinde yayılma hızı ile doğru orantılı olarak dayanım değerinin bulunmasını hedefleyen “ mekanik ses dalga hızı tekniği deneyi”, numune üzerinde açılan delik derinliği ile dayanım değerinin ilişkilendirilmesi olarak bilinen “pinpenetrasyon test metodu”, çekme kuvvetinin basınç dayanımı ile ilişkilendirildiği “ pull-out test metodu” ve taze betona silindirik test numunesi yerleştirilmesi esasına dayanan “break off test metodu” yöntemleri de mevcuttur [36].

### **2.6.9. Betonun çekme ve eğilme dayanımı**



Betonun çekme dayanımı, aksel çekme deneylerinden elde edilen değerdir.  $f_{ctm}$  deneylerden elde edilen ortalama çekme dayanımı,  $f_{ctk}$  ise karakteristik çekme dayanımıdır. Betonun karakteristik çekme dayanımı, aksel çekme elemanı deneylerinden elde edilecek dayanımın, bu değerden az olma olasılığı belirli bir oran olan (genellikle %10) dayanım değeridir.

Betonun karakteristik aksel çekme dayanımı Denklem de verilen bağıntıdan hesaplanabilir. Denklem 2.6.1. de  $f_{ck}$  betonun karakteristik basınç dayanımıdır. [36].

$$f_{ctk} = 0,35\sqrt{f_{ck}} \text{ (MPa)} \quad \text{(Denklem 2.6.1.)}$$

**Tablo 2.6.2. : Beton sınıfları ve dayanımları (TS500-2000)**

BETON SINIFLARI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ (28 GÜNLÜK BETON)							
Beton Sınıfı	Eksenel basınç $f_{ek}$ N/mm <sup>2</sup>		Eksenel çekme $f_{ctk}$ N/mm <sup>2</sup>	$E_c$ N/mm <sup>2</sup>	$G_c \approx 0.4E_c$ N/mm <sup>2</sup>	$\mu_c$	$\alpha_c$ 1/C°
	Silindir $\phi 15, h=30$ cm	Küp 15x15x15 cm					
C16/20	16	20	1.40	27000	10800	0.20	10 <sup>-6</sup>
C18/22	18	22	1.48	27789	11116	0.20	10 <sup>-6</sup>
C20/25	20	25	1.57	28534	11414	0.20	10 <sup>-6</sup>
C25/30	25	30	1.75	30250	12100	0.20	10 <sup>-6</sup>
C30/37	30	37	1.92	31800	12720	0.20	10 <sup>-6</sup>
C35/45	35	45	2.07	33227	13291	0.20	10 <sup>-6</sup>
C40/50	40	50	2.21	34555	13822	0.20	10 <sup>-6</sup>
C45/55	45	55	2.35	35802	14321	0.20	10 <sup>-6</sup>
C50/60	50	60	2.47	36981	14792	0.20	10 <sup>-6</sup>
C55/67	55	67	2.60	38103	15241	0.20	10 <sup>-6</sup>
C60/75	60	75	2.71	39174	15670	0.20	10 <sup>-6</sup>
C70/85	70	85	2.93	41191	16476	0.20	10 <sup>-6</sup>
C80/95	80	95	3.13	43069	17228	0.20	10 <sup>-6</sup>
C90/105	90	105	3.32	44832	17933	0.20	10 <sup>-6</sup>
C100/115	100	115	3.50	46500	18600	0.20	10 <sup>-6</sup>

Normal dayanımlı betonlar

Yüksek dayanımlı betonlar

Uygulamada hemen hiç kullanılmayan betonlar. Yük taşımayan elemanlarda, dolgu, tesviye, gro beton, şap , harç, iç sıva betonu olarak kullanılabilir

Uygulamada, normal yapılarda, deprem bölgelerindeki yapılarda yaygın kullanılan betonlar

Nadiren kullanılan betonlar. Gökdelenlerde, dayanıklılık istenen su yapılarında, köprülerde, prefabrik elemanlarda

Hemen hiç kullanılmayan betonlar

Betonun çekme dayanımı, eğilme ve silindir yarma deneylerinden de elde edilebilir. Eksenel çekme dayanımı  $f_{ctk}$ , silindir yarma deneyinden elde edilen çekme dayanımını

1,50 ile; eğilme deneyinden elde edilen çekme dayanımını da 2,0 ile bölerek yaklaşık biçimde hesaplanabilir [64]. Betonda çekme dayanım deneylerinden silindirde yarma deneyi Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Çekme yüklerinin dolaylı olarak uygulanması ile çekme dayanımının tespit edildiği bu yöntem “Brezilya Yarma Deneyi” olarak da adlandırılmaktadır (Ün, 2007).



Şekil 2.6.5. Yarmada çekme dayanım deneyi (Ün, 2007)

#### 2.6.10. Betonun yorulma dayanımı

Betonda maksimum statik gerilme değerinin altındaki gerilme değerlerinin tekrar tekrar uygulanmaları sonucunda malzemede yer alan kırılma olayına “yorulma” denilmektedir.

#### 2.6.11. Betonun gerilme-birim deformasyon ilişkisi

Malzemelerin bir birim uzunluğunun yük altında gösterdikleri uzama veya kısalma miktarı, “birim deformasyon” olarak belirlenmektedir. Birim deformasyon Denklem 2.6.2.’de verilen formülle tanımlanmaktadır.

$$\varepsilon = \Delta L / L \quad (\text{Denklem 2.6.2.})$$

Burada;

$\varepsilon$ = Birim deformasyon

$\Delta L$ = Toplam deformasyon

L= Malzemenin ilk boyu olarak verilmektedir.

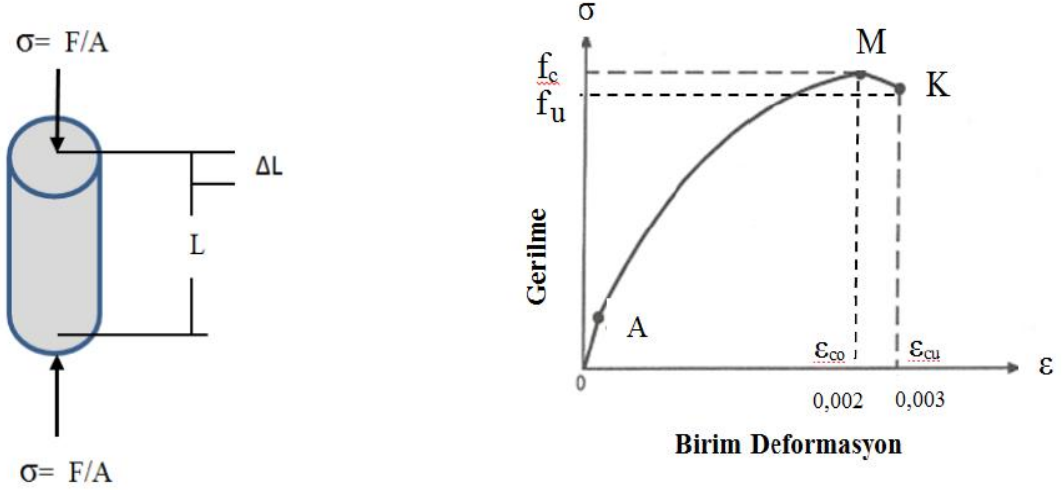
Bu formülden bulunan birim deformasyon değeri birimsizdir (mm/mm, cm/cm veya % olarak ifade edilmektedir).

Betondaki gerilme-birim deformasyon ilişkisi deneysel yöntemlerle belirlenmektedir. Bu amaçla genel olarak 15 cm x 30 cm boyutlu standart numune kullanılmakta ve basınç dayanımı deneyinde olduğu gibi, deney presinde yüklemeye tabi tutulmaktadır.



**Şekil 2.6.6.** Hidrolik pres aletinde beton numunenin kırılması

Yükleme işlemine başlamadan önce, numunenin üzerine mekanik ve elektriksel yöntemle deformasyon lc cihazlar yerleştirilmektedir (LVDT vb. gibi). Yükleme hızı yaklaşık saniyede 2,5 kg/ cm<sup>2</sup> olarak uygulanmaktadır. Deney başladığı andan itibaren yükleme artarak devam etmekte, bunun sonucunda betonda meydana gelen deformasyonlar kaydedilmekte ve numune kırılıncaya kadar bu işleme devam etmektedir. Kaydedilen değerler, dikey ekseni gerilmeyi, yatay ekseni birim deformasyonu gösteren bir diyagram üzerine yerleştirilerek “gerilme-birim deformasyon” eğrisi elde edilmektedir.

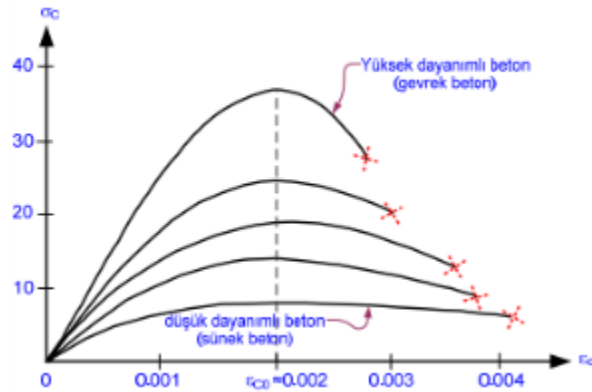


**Şekil 2.6.7.** Betonun gerilme-birim deformasyon ( $\sigma - \epsilon$ ) eğrisi

Eğrinin OA arasındaki bölümü doğrusaldır. Ancak, A noktasına karşılık olan gerilme değerinden daha büyük gerilme uygulandığında, “gerilme- birim deformasyon” arasındaki doğrusal ilişki kaybolmaktadır.  $\sigma - \epsilon$  eğrisi M noktasına kadar artış göstermektedir. M noktasına karşılık gelen gerilme değeri, maksimum gerilmeyi (dayanım) ifade etmektedir.  $\sigma - \epsilon$  eğrisinin kuyruk kısmında (M ve K noktaları arasındaki bölümde) düşüş görülmektedir. K noktasına karşılık gelen değerler, betonun kırıldığı andaki  $f_u$  gerilme değerini ve  $\epsilon_{cu}$  birim deformasyon değerini göstermektedir.

Normal dayanımlı sargısız betonun maksimum gerilme altındaki deformasyonun 0.002, nihai durumdaki deformasyon değerinin 0.003 olduğu yönetmeliklerce kabul edilmiştir.

Değişik beton sınıflarına ait farklı kaliteli (dayanımlı) beton numunelerin basınç deneyi sonunda belirlenen gerilme-birim kısalma diyagramları Şekil 2.6.8’de verilmiştir.



**Şekil 2.6.8.** Farklı kalitedeki betonlar için ( $\sigma - \epsilon$ ) eğrisi [61][62][63]

Diyagramların yorumlanmasından aşağıdaki sonuçlara varılabilir:

- Beton kalitesi arttıkça kırılma birim kısalması  $\epsilon_{cu}$  daha küçük olur. Bu ise betonun daha gevrek olduğu yani kırılmanın da gevrek olacağı anlamına gelir. Dolayısıyla beton kalitesi azaldıkça kırılma birim kısalması  $\epsilon_{cu}$  daha büyük olur. Bu ise betonun daha sünek olduğu, kırılmanın da sünek olacağı anlamına gelir.
- Elastisite modülü beton kalitesine bağlıdır. Beton dayanımı arttıkça doğrunun eğimi artacağı için elastisite modülü de artacaktır.
- Her tür betonda maksimum gerilmeye karşılık gelen kısalma yaklaşık aynıdır,  $\epsilon_{c0} \approx 0.002$  dir.
- Beton kalitesi artıkça eğrinin tepe noktası belirginleşir. [61][62][63].

### 2.6.12. Poisson oranı

Eksenel yük uygulaması nedeniyle oluşan yanal yöndeki birim deformasyonun eksenel yöndeki birim deformasyona oranı “poisson oranı” olarak adlandırılmaktadır (Erdoğan,2003).

$$\mu = \epsilon_y / \epsilon_x$$

Burada;

$\mu$ = Poisson oranı

$\epsilon_y$  = Eksenel yük nedeniyle oluşan yanal birim deformasyon.

$\epsilon_x$  = Eksenel yük nedeniyle oluşan eksenel birim deformasyon.

Betonun poisson oranı 0,15 – 0,30 değerleri arasındadır ve genellikle 0,20 kabul edilebilir. Betonun kalitesi ve uygulanan gerilme miktarı betondaki poisson oranını etkileyen faktörlerdir.

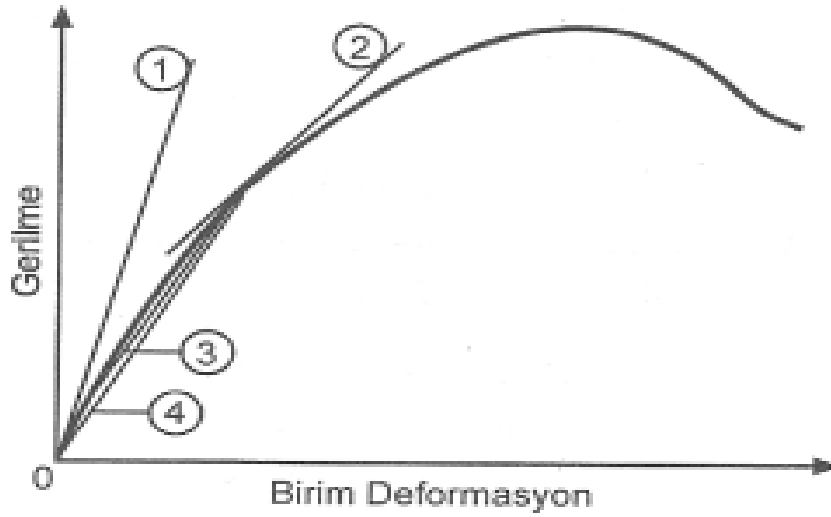
### 2.6.13. Betonun elastisite modülü ve kayma modülü

Betonda elastisite modülü değeri birçok yöntemle bulunabilir. Bunlar arasındaki en çok kullanılanı, hazırlanan beton numuneye deney presinde basınç gerilmeleri uygulanması sonucunda basınç gerilmesine karşılık gelen deformasyonlar ölçülmektedir. Deney sonunda, betonun “gerilme-birim deformasyon” eğrisi elde edilmektedir. Bu eğri kullanılarak ve betondaki bu ilişkinin doğrusal olduğu varsayılarak,  $E = \sigma / \epsilon$  ilişkisi

hesaplanmaktadır (E: elastisite modülü). Betondaki elastisite modülünü elde edebilmek için, betondaki  $\sigma - \varepsilon$  ilişkisi doğrusal olduğu kabul edilmekte ve gerçek olan eğriyi temsil ettiği varsayılan böyle bir doğru çizginin eğimi hesaplanabilmektedir. Bu amaçla, sıralanan dört değişik yöntemden birisini uygulayabilmek mümkündür (Erdoğan, 2003).

Bunlar ;

1. Başlangıç teğet yöntemiyle elastisite modülünün bulunması
2. Teğet yöntemiyle elastisite modülünün bulunması
3. Sekant yöntemiyle elastisite modülünün bulunması
4. Kiriş yöntemiyle elastisite modülünün bulunması



**Şekil 2.6.9.** Betonun elastisite modülünün bulunmasında kullanılan değişik yöntemler; (1) Başlangıç teğet yöntemi, (2) Teğet yöntemi, (3) Sekant yöntemi, (4) Kiriş yöntemi (Erdoğan, 2003)

### **3. ATIK BETONLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİ ARAŞTIRMAK İÇİN YAPILAN DENEYSEL ÇALIŞMALAR**

#### **3.1. Örnek Çalışma 1 - Düşük Mukavemetli Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği**

(Mehmet Alpaslan KÖROĞLU - Yrd. Doç. Dr. Ali KÖKEN - Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü)

Bu çalışmada, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yapı Laboratuvarında daha önce deneye tabii tutulmuş betonlar parçalanarak kırılmıştır. Bu atıklar parçalandıktan sonra elenerek en büyük dane çapı 16 mm olacak şekilde beton üretiminde kullanılacak hale getirilmiştir. Beton üretimi yapılmadan önce atık betondan elde edilen geri dönüşüm agregasının özellikleri öğrenmek için beton agrega deneyleri yapılmıştır.

### 3.1.1. Atık betondan üretilmiş geri dönüşüm agregasının fiziksel özellikleri

İstenilen kalitede beton üretmek için elde edilen agreganın tane büyüklüklerinin uygun bir şekilde ayarlanması çok önemlidir. Bu sebeple TSE 3530 (1980)'a uygun olarak elek analizi deneyi yapılmıştır. Agregaya yığılı içerisindeki malzemenin tane çaplarına göre dağılımına tane dağılımı (granülometri) adı verilmektedir.

Agrega örneğinin içerisindeki taneler çeşitli tane sınıflarına göre, belirli boy gruplarına ayrılmıştır. Her boy grubunda agrega tanelerinin toplam ağırlıkları bulunarak, tüm agrega kümesi içerisinde % miktarı bulunmuştur. Elde edilen değerler Tablo 3.1.1.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.1.** Geri dönüşüm agregası elek analizi sonuçları (TSE 3530)

<b>Elek Açıklığı (mm)</b>	<b>Kümülatif Geçen (%)</b>	<b>Kümülatif Kalan (%)</b>
16,0	100	0
8,0	84,3	15,7
4,0	59,1	40,9
2,0	38,8	61,2
1,0	26,5	73,5
0,5	16,4	83,6
0,25	9,7	92,3
İncelik Modülü		3,67

Deneylerden elde edilen sonuçlar beton karışım hesaplarının yapılmasında kullanılacağından, agregaların özgül ağırlık ve su emme değerleri TS 3526'ya göre yapılmıştır. Bu deneylerden elde edilen sonuçlar agregalar ince ve iri agrega olarak iki kısma ayrılarak Tablo 3.1.2.'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.2.** Özgül ağırlık ve su emme deney sonuçları (TS 3526)

<b>0-4 mm Arası Agrega (İnce Geri Dönüşüm Agregası)</b>	
İnce Agreganın Kuru Özgül Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	1820
İnce Agreganın Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	2130
İnce Agreganın Görünen Özgül Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	2630
Su Emme Oranı (%)	17,74
<b>4-16 mm Arası Agrega (İri Geri Dönüşüm Agregası)</b>	
İri Agreganın Kuru Özgül Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	2280
İri Agreganın Doygun Kuru Yüzey Özgül Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	2440
İri Agreganın Görünen Özgül Ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )	2700
Su Emme Oranı (%)	6,91

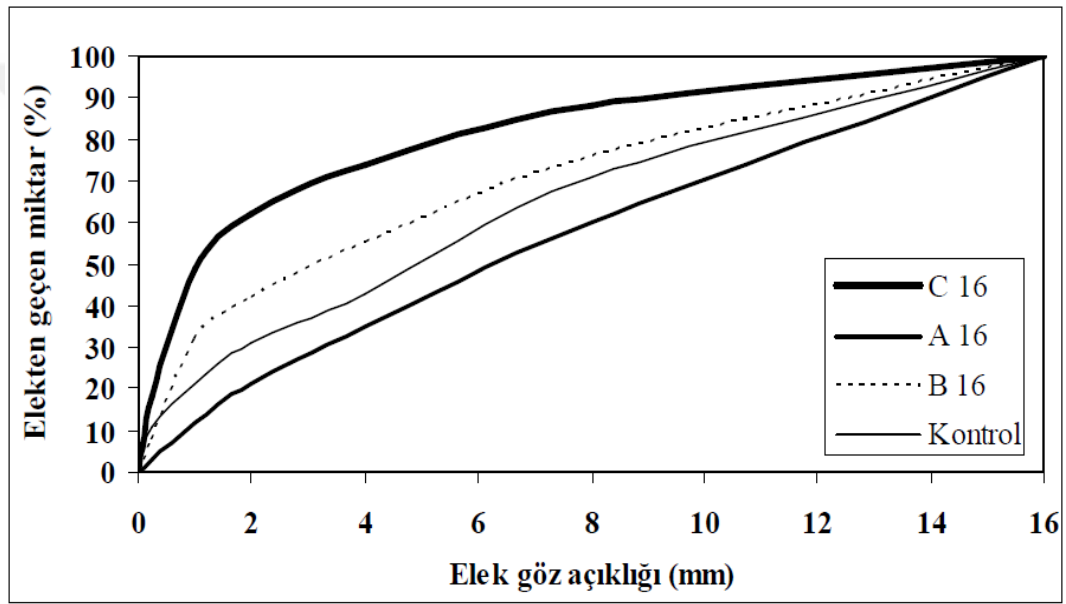
### 3.1.2. Geri Dönüşüm Agregalarından Üretilen Betonun Karışım Hesabı

Bu çalışmada, geri dönüşüm agregalarının beton agregası olarak kullanılabilirliğini denemek için üç farklı beton karışım hesabı yapılmıştır. Birinci grubun agregası tamamı geri dönüşüm agregasından, ikinci grubun agregası her elek açıklığı için yarısı kırma tas agrega ve diğer yarısı geri dönüşüm agregasından ve üçüncü grubun agregası tamamı kırma tas agregadan oluşacak şekilde üretilmiştir. Kullanılan diğer malzemeler olan çimento ve su miktarlarında herhangi bir değişiklik yapılmadan her grupta aynı oranda kullanılmıştır ve herhangi bir kimyasal katkı maddesi kullanılmamıştır.



Deneyler için hazırlanan bütün betonlar TS EN 197-1[66]'e göre üretilmiş ve CEM II/B-M(P-L) 32,5 R tipi çimento kullanılmıştır. Beton karışımında içme suyu niteliğine sahip şehir şebekesinden sağlanan TS EN 1008 [65]'e uygun su kullanılmıştır.

Agrega olarak TSE 3530'a göre yapılan elek analizinden elde edilen sonuçlar Şekil 3.1.1.'de gösterilen granülometri eğrisinde A16 (16 mm.'lik elek standartlarının alt sınırı) ve C16 (16 mm.'lik elek standartlarının üst sınırı) eğrileri arasında kaldığından herhangi bir karışım değişikliği yapmadan bütün gruplarda aynı oranlarda kullanılmıştır.



Şekil 3.1.1. Deneylerde kullanılan agregaların granülometri eğrisi

Tablo 3.1.3.'de verilen 1 m<sup>3</sup> beton için kullanılan malzeme oranında hazırlanan beton karışımları 15x30 cm. ebatlarındaki standart silindir numunelere dökülmüş, 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak 20 Co suyun içinde kür edilmiştir

Tablo 3.1.3. : 1 m<sup>3</sup> beton için üretiminde kullanılan malzeme karışım miktarları

	% 100 Geri Dönüşüm Agregalı Beton		% 50 Geri Dönüşüm Agregalı Beton		% 0 Geri Dönüşüm Agregalı Beton	
	V(dm <sup>3</sup> )	W (kg)	V(dm <sup>3</sup> )	W (kg)	V(dm <sup>3</sup> )	W (kg)
Çimento	95	300	95	300	95	300
0-4 mm Agrega	303	551	303	669	303	787
4-8 mm Agrega	201	458	201	498	201	538
8-16 mm Agrega	181	412	181	448	181	485
Su	205	205	205	205	205	205
Hava	15	0	15	0	15	0
Toplam	1000	1926	1000	2120	1000	2315
Slump (mm)	70		85		120	

Kür edilen silindir beton numuneleri 7 ve 28 gün sonra basınç ve yarmada çekme mukavemetlerinin tespiti için test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 3.1.4'de verilmiştir.

**Tablo 3.1.4. :** 7 günlük ve 28 günlük beton silindir basınç ve çekme dayanım sonuçları

	7 Günlük Silindir Basınç Mukavemeti (Mpa)	28 Günlük Silindir Basınç Mukavemeti (Mpa)	28 Günlük Yarmada Çekme Mukavemeti (Mpa)
% 100 Geri Dönüşüm Agregalı Beton	7,9	11,2	2,11
% 50 Geri Dönüşüm Agregalı Beton	11,4	15,3	2,59
% 0 Geri Dönüşüm Agregalı Beton	14,6	19,8	3,17

### 3.1.3. Sonuç

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda aşağıdaki elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmiştir :

- 28 günlük beton basınç mukavemet değeri 10 MPa olan betonların öğütülmesiyle elde edilen geri dönüşüm agregaların yapılan deneyler sonucunda agrega kalitesinin düşük olduğu gözlenmiştir. Bunun yanında geri dönüşüm agregasının beton mukavemetinin de düşürdüğü gözlenmiştir. Ancak beton

basınç mukavemeti düşük kötü betonlardan elde edilen agregaların da taşıyıcı olmayan betonlarda rahatlıkla kullanılabilceği görülmüştür.

- Bu çalışmada, beton üretiminde değişik karışım oranları ve kimyasal katkı maddesi kullanılmadığı halde tamamen geri dönüşüm agregalarından üretilen betonda 11,2 MPa'lık 28 günlük beton basınç mukavemeti elde edilmiştir. Daha yüksek dozajlı, su/çimento oranı daha düşük, farklı gradasyon eğrilerine sahip agregalar denenerek ve kimyasal katkı maddeleri kullanarak betonun mukavemeti arttırılabileceğinden taşıyıcı beton üretiminde düşük dayanımlı betondan elde edilen agregaların üretimi mutlaka daha fazla deneyler yapılarak kontrol edilmelidir.
- Geri dönüşüm agregalarının her boyutta normal agregaya göre birim ağırlığının daha düşük olduğu görülmüştür. İnce agregalı geri dönüşüm agregalarının özgül ağırlıkları 1,82 olup, iri agregalı geri dönüşüm agregalarının özgül ağırlıkları 2,28'dir.
- Özellikle ince agregalı geri dönüşüm agregalarının su emme kapasitelerinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. İnce agregalı geri dönüşüm agregalarının ortalama su emme değerleri %17,74 olup, kalın agregalı geri dönüşüm agregalarının ortalama su emme miktarı % 6,91'dir.
- Geri dönüşüm agregalarını kullanarak üretilen betonlarda geri dönüşüm agregası oranı arttıkça taze betonun islenebilirliğinin azaldığı görülmektedir. İslenebilirliği arttırmak için geri dönüşüm agregalarının betondaki kullanım oranına göre akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddeleri kullanılmalıdır.
- Betonda kullanılan geri dönüşüm agregası miktarı arttıkça 7 günlük ve 28 günlük beton basınç mukavemetinin düştüğü görülmektedir. Bununla birlikte betonda geri dönüşüm agregası miktarı arttıkça betonun yarmada çekme mukavemetinin azaldığı tespit edilmiştir.
- Sadece ülkemizde en az 770 noktada kisi bası 4 tonluk agrega tüketimiyle doğal dengenin değiştirildiği göz önüne alındığında, alternatif agrega kaynaklarına yönelmek kaçınılmaz olduğu aşikârdır.
- Deprem gibi afetlerden sonra veya eski yapıların yıkılmasıyla ortaya çıkan beton atıklarının geri dönüşüm agregası olarak kullanılması, bu atıkların depo edildikleri yerlerde oluşturacağı çevresel kirlilikleri azaltacaktır. Bununla birlikte beton atıkların taşınması için harcanan nakliye giderleri azalacağından ekonomiye katkıda bulunacaktır. Ayrıca nakliye işleminde kullanılacak yakıttan

dolayı oluşacak hava kirliliği de azalarak nakliye sırasında ağır yük taşıyan kamyonlardan dolayı yollar yıpranmayacaktır. Yine geri dönüşüm agregaların kullanılmasıyla doğal agrega kaynaklarının kullanımını azalacağından, doğal hayatın korunmasına da katkıda bulunulacaktır.

### 3.2. Farklı Deneysel Çalışmalar ve Sonuçları

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

TU T., CHEN Y., HWANG C. [74] yaptıkları çalışmada geri dönüşüm agregasını kullanarak yüksek mukavemetli beton elde etmek için 10 grup deney yapmışlardır. Deneyler sonucunda birim ağırlığı, su emme kapasitesi, elek analizi, kuru birim ağırlığı ve aşınmasının genel olarak doğal agregadan daha kötü olduğu görülmüştür. Bunlara rağmen iyi bir tasarım hesabı yapıldığında geri dönüşüm agregalarını da kullanarak yüksek mukavemetli beton üretildiği görülmüştür [74].

GÜNÇAN N. F. [40] yaptığı çalışmada C16 karışım standartlarına uygun olarak, %0, 30, 50, 60, 70, 100 oranlarında C16 kalitesinde eski beton atığı içeren beton numuneler üretmiştir. Üretilen beton numuneler üzerinde çeşitli fiziksel ve mekanik araştırmalar yapmıştır. Sonuçta beton karışımı içindeki eski beton atığı miktarının arttıkça betonun dayanımının ve birim hacim ağırlığının azaldığının tespit etmiştir [40].

Ünal vd. [25], tarafından yapılan deneysel çalışmada, çelik lif katkılı betonlarda farklı lif tipi ve miktarının, basınç ve eğilme altındaki betonun mekanik özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Karışımlarda narinlik oranları 60 ve 80 olan iki farklı lif tipinde ve 0 (kontrol), 15, 30, 45 ve 60 kg/m<sup>3</sup> olarak 5 farklı lif içeriğinde olmak üzere toplam 10 farklı seri üretilmiştir. Sonuç olarak betona ilave edilen çelik liflerin, betonun basınç

altındaki gerilme-şekil değiştirme yeteneğini ve eğilme dayanımını arttırdığını belirtmişlerdir.

Nili ve Afrouhsabet [16], çalışmalarında su/çimento oranları 0,36 ve 0,46 olan çelik lif katkılı betonların darbe dayanımı ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmada çelik lifler %0, %0.5, % 1 olmak üzere üç ayrı oranda, 60 mm genişliğinde ve 80 mm boyunda kullanılmıştır. Karışımında, silis dumanı çimento ağırlığının %8'i olarak belirlenmiştir. Deneysel çalışmalarında çelik liflerin özellikle beton yarma, çekme ve eğilme dayanımlarında göstermiş oldukları performansa dikkat çekmişlerdir. Çalışmalarının sonucu olarak betonun darbe dayanımı ve sünekliği gibi özelliklerinde önemli ölçüde artış görüldüğü belirtilmiştir.

Kozak [44] tarafından beton travers üretiminde çelik lifin kullanılabilirliği hakkında yapılan yüksek lisans tez çalışması ile çelik lifin, basınç dayanımı açısından olumlu bir etki yapmadığı gözlenmiştir. Ancak donma çözünme deneyi sonucunda çelik lif miktarı artıkça numunelerin kütle, basınç ve ultrases hız kaybının azaldığı gözlenmiştir. Aynı zamanda lifsiz numunelerin donma çözünme deneyi sonrasında yapılan basınç deneyi ile parçalandığı fakat lifli numunelerin ise parçalanmadığı; lif miktarının artmasıyla beton travers eğilme dayanımında belirgin bir şekilde artış olduğu gözlenmiştir. Çelik lifin, beton travers üretiminde kullanılmasıyla, beton traverse etki eden darbe etkisini sündüreceği; beton traversin yük taşıma kapasitesinin ve yorulmaya karşı olan direncinin artacağı düşüncesi öne çıkmıştır.

## **4. MATERYAL VE METOT**

Bu bölümde yapmış olduğum deneylerde beton üretiminde kullanılan malzemeler, bu malzemelerin özellikleri ve yapılan taze ve sertleşmiş beton deneyleri verilmektedir.

### **4.1. Deneysel Çalışmanın Amacı ve İçeriği**

#### **4.1.1. Deneylerde kullanılan malzemeler ve özellikleri**

Bu tez çalışmasında aynı su/çimento oranına ve farklı oranlarda normal ve atık agrega miktarlarına sahip betonlara katılan makro sentetik lif ile oluşan betonların mekanik özelliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Numuneler üretildikten sonra tüm beton gruplarında basınç ve yarma çekme deneyleri yapılmıştır.

#### **4.1.2. Çimento**

Numunelerde kullanılan çimento CEM I 42.5 R olup; fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 3.3.1’de verilmektedir.

**Tablo 4.1.2.** Kullanılan çimentonun özellikler

Fiziksel Özellikler	
Özgül Yüzey (Blaine)	3718 cm <sup>2</sup> /g
Özgül Ağırlık	3,15 g/cm <sup>3</sup>
Priz başlangıcı	167 dakika
Priz sonu	213 dakika
Mekanik Özellikler	
Basınç dayanımı (2.gün)	27,9 MPa
Basınç dayanımı (28.gün)	58,9 MPa
Kimyasal Özellikler	
Cl-	% 0,0082
SO <sub>3</sub>	% 2,57
Çözünmeyen kalıntı	% 0,78
Kızdırma kaybı	% 1,45

#### 4.1.3. Agregalar

Üretilen karışımlarda kırmataş kum (0-4 mm), kırma taş agregası (4-11mm ve 11-22 mm) ve geri dönüştürülmüş beton agregası (4-11mm ve 11-22mm) olmak üzere 3 tip agrega kullanılmıştır. Geri dönüştürülmüş agregalar (4-11mm atık ve 11-22mm atık) daha önceden farklı deneyler için dökülmüş halde bulunan küp numuneleri KTO Karatay Üniversitesi laboratuvarındaki kırıcı yardımıyla kırılmış ve eleklerden tane çaplarına göre elenmesi sonucu elde edilmiştir.



**Şekil 4.1.3.1.** Elekten geçen geri kazanılmış agregalar



**Şekil 4.1.3.2.** Geri kazanılmış agregaların sınıflandırılması

Elendikten sonra elde edilen geri kazanılmış agregaları ve kullandığımız diğer doğal agregaları fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için elek analizi, özgül ağırlık ve su emme, mekanik özelliklerinin belirlenmesi içinde Los Angeles deneylerine tabi tutulmuştur.

Elek analizi deneyi için iki sınıf agrega (4-11 mm ve 11-22 mm) ele alınarak geri kazanılmış agrega oranına göre beş farklı değerde olan (%0, %25, %50, %75 ve %100) atık agrega doğal agrega içinde harmanlanarak hazırlanmış numuneler elek analiz işlemlerine tabii tutulmuştur.



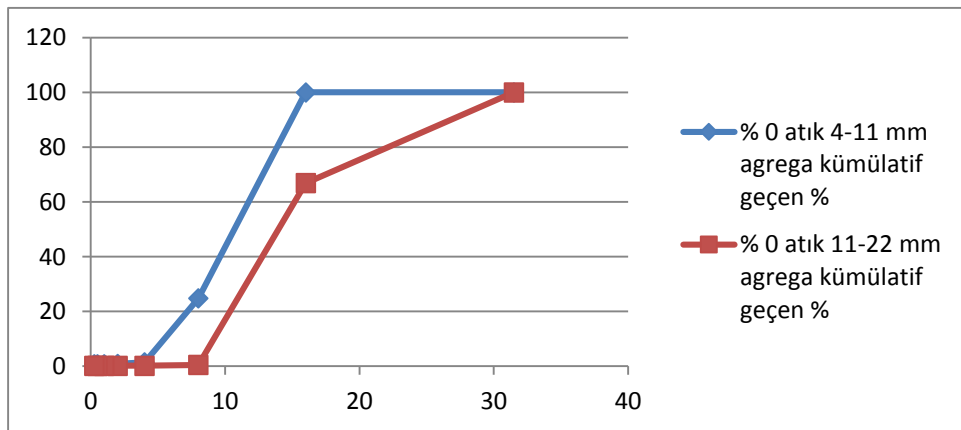


Şekil 4.1.3.3. Elek analizi

Çıkan sonuçlara göre elek analizi değerleri;

**Tablo 4.1.3.1.** % 0 atık elek analizi değerleri

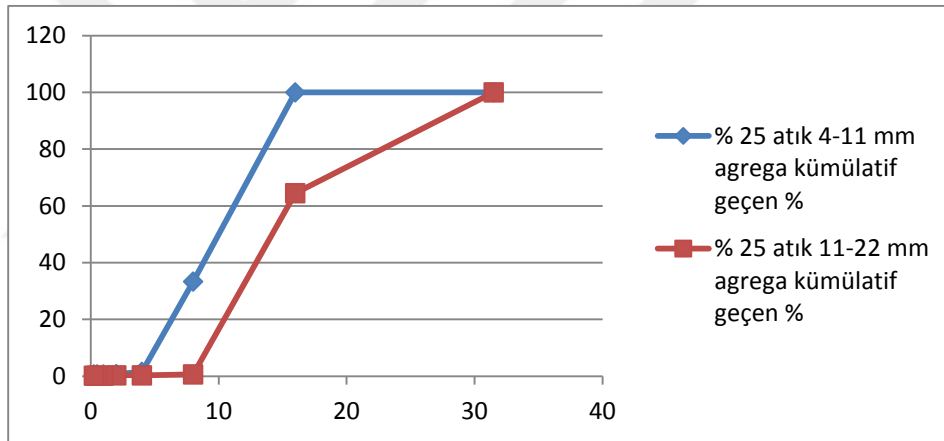
Elek Açıklığı (mm)	Yüzde (%) 0 Atık			
	4 - 11 mm agrega		11 - 22 mm agrega	
	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)
31.5	100.0	0	100	0
16	100.0	0	66.9	33.1
8	24.8	75.2	0.5	99.5
4	1.4	98.6	0.2	99.8
2	0.9	99.1	0.2	99.8
1	0.8	99.2	0.2	99.8
0.5	0.8	99.2	0.2	99.8
0.25	0.8	99.2	0.2	99.8



Şekil 4.1.3.4. % 0 atık elek analizi grafiği

Tablo 4.1.3.2. % 25 atık elek analizi değerleri

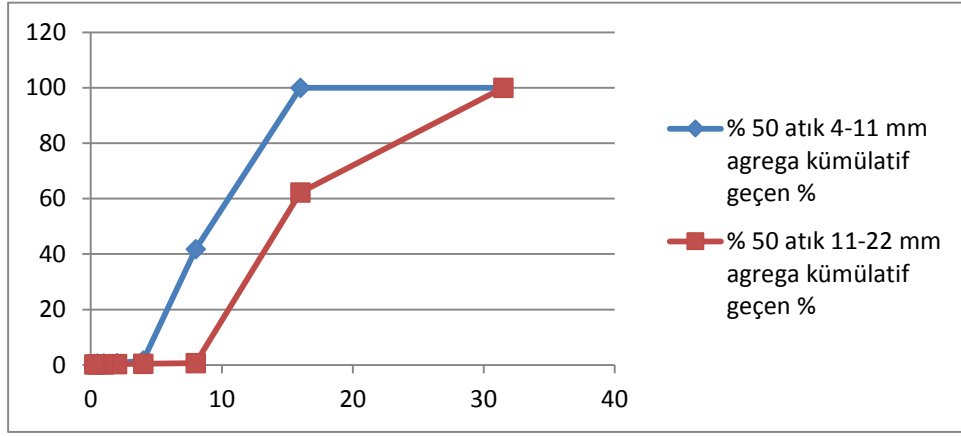
Elek Açıklığı (mm)	Yüzde (%) 25 Atık			
	4 - 11 mm agrega		11 - 22 mm agrega	
	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)
31.5	100.0	0	100	0
16	100.0	0	64.5	35.5
8	33.3	66.7	0.6	99.4
4	1.5	98.5	0.3	99.7
2	0.8	99.2	0.3	99.7
1	0.7	99.3	0.2	99.8
0.5	0.7	99.3	0.2	99.8
0.25	0.7	99.3	0.2	99.8



Şekil 4.1.3.5. % 25 atık elek analizi grafiği

Tablo 4.1.3.3. % 50 atık elek analizi değerleri

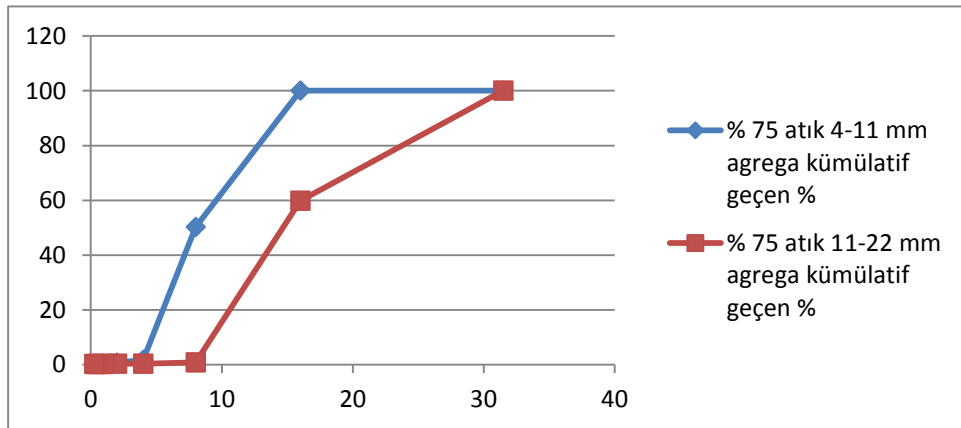
Elek Açıklığı (mm)	Yüzde (%) 50 Atık			
	4 - 11 mm agrega		11 - 22 mm agrega	
	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)
31.5	100.0	0	100	0
16	100.0	0	62.2	37.8
8	41.8	58.2	0.7	99.3
4	1.6	98.4	0.4	99.6
2	0.7	99.3	0.3	99.7
1	0.6	99.4	0.2	99.8
0.5	0.6	99.4	0.2	99.8
0.25	0.5	99.5	0.2	99.8



Şekil 4.1.3.6. % 50 atık elek analizi grafiği

Tablo 4.1.3.4. : % 75 atık elek analizi değerleri

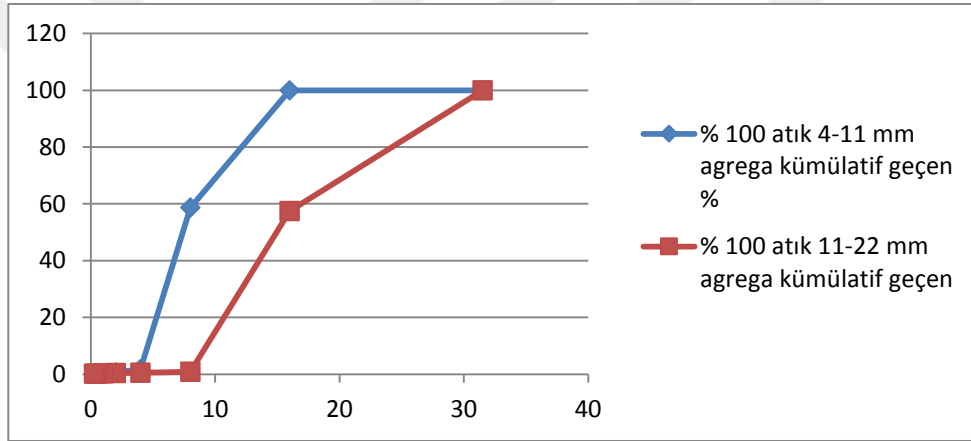
Elek Açıklığı (mm)	Yüzde (%) 75 Atık			
	4 - 11 mm agrega		11 - 22 mm agrega	
	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)
31.5	100.0	0	100	0
16	100.0	0	59.8	40.2
8	50.3	49.7	0.8	99.2
4	1.7	98.3	0.4	99.6
2	0.7	99.3	0.3	99.7
1	0.5	99.5	0.2	99.8
0.5	0.4	99.6	0.2	99.8
0.25	0.4	99.6	0.2	99.8



Şekil 4.1.3.7. % 75 atık elek analizi grafiği

**Tablo 4.1.3.5. : % 100 atık elek analizi değerleri**

Elek Açıklığı (mm)	Yüzde (%) 100 Atık			
	4 - 11 mm agregası		11 - 22 mm agregası	
	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)	Kümülatif Geçen (%)	Kümülatif Kalan (%)
31.5	100.0	0	100	0
16	100.0	0	57.5	42.5
8	58.7	41.3	0.9	99.1
4	1.8	98.2	0.5	99.5
2	0.6	99.4	0.4	99.6
1	0.3	99.7	0.3	99.7
0.5	0.3	99.7	0.2	99.8
0.25	0.2	99.8	0.2	99.8



**Şekil 4.1.3.8. % 100 atık elek analizi grafiği**

Özgül ağırlık ve su emme deneyi için 0-4 mm kum , 4-11 mm ve 11-22 mm atık ve normal agregalar için ayrı ayrı işlem yapılmıştır. Öncelikle iri agregalar daha sonra ince agregası için deney yapılmıştır. Hazırladığımız iri agregalar tel sepet metoduna göre deneye tabi tutulmuştur. Öncelikle etüve bırakılmış agregalar daha sonra alınıp 4mm'lik elekten geçirilerek işleme hazır hale getirilmiştir. Elek üstünde kalan miktar alınarak kuru ağırlığı tartıldı(  $W_1$ = kuru ağırlığı). Sonra tartılan agregası su dolu bir kaba bırakılarak 24 saat bekletildi. Kuru yüzeyi doymun hale getirtilmiş agreganın suyu süzülerek ve yüzeyi kuru bir bez ile hafifçe kurulandıktan sonra tekrar tartıldı( doymun hale gelmiş kuru yüzey ağırlığı= $W_2$ ). Bu işlemden sonra delikli sepet içine bırakılan malzeme suya daldırılarak sudaki ağırlığı ölçüldü( $W_3$ ). Bu işlemler sırasıyla her bir agregası sınıfı için tekrar edildi.

**Tablo 4.1.3.6.** İri agrega özgül ağırlık ve su emme değerleri

AGREGA SINIFI	Kuru Ağırlık (W1)(gr)	Doygun kuru yüzey ağırlığı (W2)(gr)	Sudaki ağırlığı (W3)(gr)	Sepet Ağırlığı (gr)	Kuru özgül ağırlık= $(W1/W2-W3)$ (gr)	Doygun kuru yüzey özgül ağırlığı= $(W2/W2-W3)$ (gr)	Görünen Özgül Ağırlık = $W1 / (W1 - W3)$ (gr)	Su Emme Oranı (%) = $(W2 - W1) \times 100 / W1$
4-11mm normal	2000	2048	1211	839	2.39	2.45	2.53	2.4
4-11mm atık	2000	2128	996	839	1.77	1.88	1.99	6.4
11-22mm normal	2000	2032	1038	839	2.01	2.04	2.08	1.6
11-22mm atık	2000	2100	989	839	1.80	1.89	1.98	5

İnce agrega (0-4 mm ) için ise etüvden alındıktan sonra 4 mm elekten geçen malzeme tartıldı ve kuru ağırlığı(W1) tartıldı. Sonra tartılan numune bir kaba konularak 24 saat suda bekletilip iyice süzöldükten sonra kuru yüzeyi doyun hale getirilen malzeme tartıldı (K.Y.D ağırlık = W2). Boş cam kabının ağırlığı belirlendi ve numune cam kabına doldurulup birlikte tartıldı. Cam kap yarıya kadar su ile doldurularak 1 saat beklendi ve ölçü kabı + numune + su ağırlığı belirlendi (W3).Daha sonra cam kabının içi tamamen su doldurularak son ağırlığı belirlendi (W4).

**Tablo 4.1.3.7.** İnce agrega özgül ağırlık ve su emme değerleri

AGREGA SINIFI	Kuru Ağırlık (W1)(gr)	Doygun kuru yüzey ağırlığı (W2)(gr)	Cam kap+ numune+ 1/2 su (W3)(gr)	Cam kap+ tam dolu su (W4)(gr)	Kuru Özgül Ağırlık = $W1 / (W2 + W4 - W3)$	K.Y.D Özgül Ağırlık = $W2 / (W2 + W4 - W3)$	Görünen Özgül Ağırlık = $W1 / (W1 + W4 - W3)$	Su Emme Oranı (%) = $(W2 - W1) \times 100 / W1$
0-4 mm	350	368	1474	1670	0.62	0.65	0.64	5.14

Los Angeles (aşınma) deneyinde; önceden hazırlanıp etüve bırakılmış yaklaşık 15' er kg kadar 11-22mm normal ve atık agregaları 10-14 mm elekler arasında kalacak şekilde eledikten sonra takribi 5'er kg' lık malzemeleri ayrı ayrı tamburlara koyarak 200 ve 500 devir olmak üzere iki ayrı aşınma değerleri ölçülmüştür.



Şekil 4.1.3.9. Los Angeles Deneyi

Tablo 4.1.3.8. Los Angeles Deney Sonuçları

	Los Angeles Deneyi			
	11-22 mm (atık)		11-22 mm (normal)	
Kullanılan numune(gr)	5000	5000	5000	5000
Devir Sayısı	200	500	200	500
1,6 Elek Üstü (gr)	4274	3572.75	4565.5	4022.75
1,6 Elek Altı (gr)	726	1427.25	434.5	977.25
Aşınma Yüzdesi (%)	14.52	28.55	8.69	19.55

#### 4.1.4. Süperakışkanlaştırıcı

Numunelerin üretiminde kullanılan akışkanlaştırıcı kimyasal malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 3.3.2’ de verilmiştir.

**Tablo 4.1.4 :** Akışkanlaştırıcı kimyasal katkı malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Özgül Ağırlık	Katı Madde	Alkali İçeriği
Süperakışkanlaştırıcı	1.07 gr/cm <sup>3</sup>	23%	3.04%

#### 4.1.5. Lif

Karışımlarda kullanılan poliolefin lifin fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 4.1.5’ te verilmiştir.

**Tablo 4.1.5.** Poliolefin lifin fiziksel ve mekanik özellikleri

ENDURO600 ÜRÜN TEKNİK ÖZELLİKLERİ	
Standart	EN 14889-2:2006 CE BSI 00086 ASTM-C1116, C1609M-10, 1399-98-07 JCI SF4
Görünüm	Gri, parlak
Ham Madde	Poliolefin(Polipropilen oranı min. %99)
Yüzey	Dalgalı, kabartma yüzeyli
Tip	Makro Sentetik
Yoğunluk	0.91 g/cm <sup>3</sup>
Çekme Mukavemeti	400-650 Mpa
Fiber Boyu	50 mm
Fiber Çapı	0.70-0.75 mm
Elastisite Modülü	7000 Mpa (7 Gpa)
Su Emme	Yok
Elektrik İletkenliği	Düşük
Termal İletkenliği	Düşük

Asit Dayanımı	Yüksek
Tuz Dayanımı	Yüksek
Alkali Dayanımı	Alkaliye karşı dayanıklı
Erime Noktası	164°C
Alevlenme Noktası	550°C
Paketleme / Ambalaj	7 Kilogramlık Koliler Halinde, Palette 840 kg



Şekil 4.1.5. Poliiolefin lif (enduro 600 )

## 4.2. Beton Karışımları

Eşit su/çimento ve beton karışım oranlarına sahip referans betonlara lif içeriği hacimce %0 - %0.5 - %1 ve %2 olmak üzere her atık oranında toplam 4 adet lif ve ağırlıkça da %0 - %25 - %50 - %75 - %100 iri agrega geri dönüşüm malzemesi kullanılarak beton karışımlar hazırlanmıştır.

**Tablo 4.2.1.** Karışımında kullanılan malzeme oranları (1m<sup>3</sup> için)

Atık oranı (%)	Agrega (kg)					Katkı (kg)	Su (kg)	Çimento (kg)
	0-4 mm	4-11 mm normal	4-11 mm atık	11-22 mm normal	11-22 mm atık			
<b>0</b>	1155	388	0	389	0	2.8	210	336
<b>25</b>	1155	291	97	291.75	97.25	2.8	210	336
<b>50</b>	1155	194	194	194.5	194.5	2.8	210	336



<b>75</b>	1155	97	291	97.25	291.75	2.8	210	336
<b>100</b>	1155	0	388	0	389	2.8	210	336

**Tablo 4.2.2.** Karışımda kullanılan lif oranları

Lif oranı (% hacimce)	Miktarı (kg/m <sup>3</sup> )
0	0
0.5	4.74
1	9.1
2	18.2

Tablo 4.2.1 ve 4.2.2’de beton karışımında kullanılacak malzeme ve miktarları verilmiştir.

### 4.3. Numune Boyutları

Basınç dayanımı için 15x30 cm 3 adet silindir numune, basınç ve yarma-çekme dayanımlarını tespit etmek amacıyla 15x15 cm boyutlarında 6 adet küp numune üretilmiştir.



**Şekil 4.3.1.** Numunelerin boyut ve şekilleri

### 4.4. Taze Beton Deneyleri

Üretilen betonlarda taze beton deneylerinden slump (çökme) ve yayılma birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır.

#### 4.4.1. Slump (çökme) ve yayılma deneyi

Taze betonun kıvamı ve işlenebilirliği hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla yapılmıştır. Çökme konisi içerisinde beton üç kademeyle şişlenerek yerleştirildikten sonra çökme konisinin yukarı kaldırılması ve betonun kendi ağırlığıyla yayılması sonrasında ilk konumuna göre yükseklik farkı ölçülerek çökme miktarı TS EN 12350-2 ' ye göre belirlenmiştir. Taze beton deney sonuçları Tablo 4.4.1.' de verilmiştir.



Şekil 4.4.1. Çökme ve yayılma deneyi

**Tablo 4.4.1. :** Yalın ve Lifli Betonun Çökme ve Yayılma Deneyi Sonuçları ( A:Atık , L: Lif , XA: Karışımdaki diğer malzemeler)

	NUMUNE KODLARI	ÇÖKME (cm)	YAYILMA (cm)
1.GRUP	0A-0L-XA	23	48
	0A-0,5L-XA	18	50
	0A-1L-XA	13	45
	0A-2L-XA	8	43
2.GRUP	25A-0L-XA	20	44
	25A-0,5L-XA	25	50
	25A-1L-XA	19	39
	25A-2L-XA	18	30
3.GRUP	50A-0L-XA	25	45
	50A-0,5L-XA	24	40
	50A-1L-XA	21	40
	50A-2L-XA	20	39
4.GRUP	75A-0L-XA	25	48
	75A-0,5L-XA	20	40
	75A-1L-XA	12	40

5.GRUP	75A-2L-XA	10	37
	100A-0L-XA	21	34
	100A-0,5L-XA	22	42
	100A-1L-XA	20	40
	100A-2L-XA	13	42

#### 4.5. Sertleşmiş Beton Deneyleri

##### 4.5.1. Basınç deneyi

Sertleşmiş beton deneyleri kapsamında silindir ve küp basınç deneyleri ve yarmada çekme deneyleri yapılmıştır.

Basınç deneyleri 150 mm çapında 300 mm yüksekliğindeki silindir numuneler üzerinde ve 150x150x150 mm lik küp numuneler üzerinde yapıldı. Deneyler 500 ton kapasiteli kapalı çevrimli deformasyon kontrollü basınç presi kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4.5.1. Basınç Deneyi



Şekil 4.5.2. Basınç Deneyi ve Hazırlanan Numuneler

#### 4.5.2. Yarmada çekme deneyi

Küp yarmada çekme deneyi için 150 mm ebatlarındaki küp numuneler üretildi. Bölünen numunelere çizgisel yük uygulanarak deneyler sonucunda yarma kuvvetleri TS EN 12390-6 'ya göre hesaplandı.

$$f = (2*P)/(\pi*d*L) \quad (\text{Denklem 3.3.6.2})$$

f : Yarma-çekme dayanımı (MPa)

P: Kırılma yükü (N)

L: Numunenin yükleme parçasına temas çizgisinin uzunluğu(mm)

d: Numunenin seçilen en kesit ölçüsünü (mm)



Şekil 4.5.3. Yarmada Çekme Deneyi

## 5.DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

### 5.1.Yarma Deneyi

Tablo 5.1.1. Küp numunelerin 28 günlük yarma dayanım değerleri

Küp Numune	Atık oranı %	Lif oranı %	Kırılma Yüğü(kN/mm <sup>2</sup> ) ort.	Yarma Dayanımı N/mm <sup>2</sup> (f = (P)/(d*l))
	0	0	95.55	4.247
	0	0.5	94.4	4.196
	0	1	113.6	5.049

	0	2	117.7	5.231
	25	0	94.75	4.211
	25	0.5	111.8	4.969
	25	1	70.05	3.113
	25	2	122.2	5.431
	50	0	118	5.244
	50	0.5	63.65	2.829
	50	1	124.8	5.547
	50	2	141.45	6.287
	75	0	97.8	4.347
	75	0.5	72	3.200
	75	1	84.7	3.764
	75	2	131.5	5.844
	100	0	73.35	3.260
	100	0.5	73.65	3.273
	100	1	70.2	3.120
	100	2	81.7	3.631

- Her grup ayrı ayrı ele alındığında lif oranının arttıkça yarma dayanımının da % 0,5 ve % 1 lif oranına sahip bazı numuneler haricinde arttığı gözlemlenmiş olup % 2 lif oranında en yüksek değeri aldığı görülmüştür.
- % 100 atık agrega haricinde lif olmayan numuneler incelendiğinde atık agrega miktarının artışı ile yarma dayanımı değeri de artmıştır.
- Her gruptaki numuneler değerlendirildiğinde en yüksek yarma dayanımı değerlerinin % 50 atık oranına sahip numunelerden elde edildiği gözlemlenmiştir.

## 5.2. Basınç Dayanımı Deneyi

### 5.2.1. Küp numuneler

**Tablo 5.2.1.** Küp numunelerin 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerleri ve 28 günlük yarmada çekme yüzdesi

Küp Numune	Atık oranı %	Lif oranı %	7 günlük değeri ort. (N/mm <sup>2</sup> )	28 günlük değeri ort. (N/mm <sup>2</sup> )	Yarma Dayanımı 28 Günlük	Yarmada Çekme Yüzdesi
------------	--------------	-------------	---	--	--------------------------	-----------------------

0	0	25.751	42.831	2.705	9.92
0	0.5	23.072	49.067	2.672	8.55
0	1	17.055	26.773	3.216	18.86
0	2	25.09	33.72	3.332	15.51
25	0	26.401	48.231	2.682	8.73
25	0.5	28.741	46.258	3.165	10.74
25	1	31.36	44.484	1.983	7.00
25	2	33.033	52.72	3.459	10.30
50	0	37.149	53.996	3.340	9.71
50	0.5	30.043	55.182	1.802	5.13
50	1	38.658	62.013	3.533	8.94
50	2	29.179	50.671	4.004	12.41
75	0	35.511	45.502	2.769	9.55
75	0.5	29.591	48.68	2.038	6.57
75	1	29.966	52.138	2.398	7.22
75	2	32.362	36.716	3.723	15.92
100	0	40.061	48.498	2.076	6.72
100	0.5	34.124	26.858	2.085	12.19
100	1	33.108	27.764	1.987	11.24
100	2	23.8	12.378	2.313	29.33

- Numune betonu baz alındığında lifsiz betonlarda atık oranı arttıkça 7 ve 28 günlük basınç dayanım değerlerinin arttığı görülmüştür.
- % 25 atık agregaya içeren numunelerde lif oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinin de arttığı gözlemlenmiş olup diğer atık agregaya gruplarında lif oranı % 0,5 ve % 1 değerine sahip numunelerde basınç dayanım değerlerinin arttığı % 2 lif oranında ise azaldığı tespit edilmiştir.

### 5.2.2. Silindir numuneler

**Tablo 5.2.2.** Silindir numunelerin 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri

Silindir Numune	Atık oranı %	Lif oranı %	7 günlük değeri ort. (N/mm <sup>2</sup> )	28 günlük değeri ort. (N/mm <sup>2</sup> )
	0	0	19.8	40.154
	0	0.5	20.1	27.092
	0	1	18.412	33.173
	0	2	15.457	27.93

25	0	17.999	39.095
25	0.5	24.425	44.938
25	1	29.396	41.904
25	2	27.251	38.716
50	0	27.681	38.507
50	0.5	26.356	39.916
50	1	32.273	44.505
50	2	25.699	37.802
75	0	32.171	32.239
75	0.5	23.491	31.571
75	1	29.193	36.451
75	2	23.831	37.748
100	0	23.718	35.29
100	0.5	25.422	36.864
100	1	23.406	28.966
100	2	6.449	14.177

- Numune betonu baz alındığında lifsiz betonlarda atık oranı arttıkça 7 günlük basınç dayanım değerlerinin arttığı fakat 28 günlük basınç dayanım değerlerinin azaldığı görülmüştür.
- % 0 atık agregası grubunda lif oranı arttıkça basınç dayanım değerlerinin azaldığı görülmüştür. Fakat diğer atık agregası oranlarında kendi grupları içerisinde değerlendirdiğimizde lif oranının % 0,5 ve %1 olduğu numunelerde basınç değerlerinin %0 ve % 2 lif oranına sahip numunelere göre yüksek olduğu tespit edilmiştir.

## 6.GENEL SONUÇLAR

Yapmış olduğumuz deneylerin sonucu göstermiştir ki;

- Beton atıklarından elde edilen agregalar ile hazırlanan betonların beton mukavemetini düşürmediği görülmüştür.
- Betonda kullanılan geri dönüşüm agregası miktarı arttıkça küp numunelerde 7 günlük ve 28 günlük beton basınç mukavemetinin arttığı fakat silindir



numunelerde 7 günlük değerlerde artış gözlenirken 28 günlük numunelerde düşüş olduğu görülmektedir.

- Bununla birlikte betonda geri dönüşüm agregası miktarı arttıkça betonun yarmada çekme mukavemetinin azalmadığı fakat % 100 atık agrega kullanılması halinde yarmada çekme mukavemetinin azaldığı tespit edilmiştir.
- Makro sentetik liflerin normal betonda kullanılması ile betonun dayanıklılığını azalttığı fakat atık agregalı betonlarda küp numunelerde betonun dayanıklılığını arttırdığını, çatlak sayısını ve genişliğini ve donatı işçiliğini azalttığı, betonun sünekliğinin artırılmasında yardımcı olduğu gözlemlenmiştir.
- Lif oranının artması ile betonun dayanıklılığını azalttığı fakat yarmada çekme mukavemetinin arttırdığı gözlemlenmiştir.

Deprem gibi afetlerden sonra veya eski yapıların yıkılmasıyla ortaya çıkan beton atıklarının geri dönüşüm agregası olarak kullanılması, bu atıkların depo edildikleri yerlerde oluşturacağı çevresel kirlilikleri azaltacaktır. Bununla birlikte beton atıkların taşınması için harcanan nakliye giderleri azalacağından ekonomiye katkıda bulunacaktır. Ayrıca nakliye işleminde kullanılacak yakıttan dolayı oluşacak hava kirliliği de azalarak nakliye sırasında ağır yük taşıyan kamyonlardan dolayı yollar yıpranmayacaktır. Yine geri dönüşüm agregaların kullanılmasıyla doğal agrega kaynaklarının kullanımını azalacağından, doğal hayatın korunmasına da katkıda bulunulacaktır.

Ülkemizin yaklaşık % 90'ının deprem bölgesinde bulunduğu da düşünülürse lifli betonun yüksek kırılma enerjisi özelliğinden faydalanmak üzere bu bölgelerde, hiç olmazsa birinci derecedeki önemli yapılarda yapı malzemesi olarak kullanılması teşvik edilmelidir.



## **KAYNAKÇA**

- [1] Arslan, A. ve Aydın, A. C., “Lifli betonların darbe etkisi altındaki genel özellikleri”. Çelik Tel Donatılı Betonlar Sempozyumu, 1-30., Sabancı Center, İstanbul, 1999.
- [2] Arslan, A. ve Aydın, A. C., “Lifli betonların genel özellikleri”. Hazır Beton Dergisi, Kasım-Aralık, 67-75, 1999.

- [3] Arslan, A., 1995, Mixed Mode Fracture Performance of Fiber Reinforced Concrete Under Impact Loading, Materials and Structures, pp.473-478.
- [4] Banthia, N., Yan, N., Bindiganalive, V., 2000. Development and Application of High Performance. Hybrid Fiber Reinforced Concrete. Fifth RILEM. Symposium on Fibre-Reinforced Concretes (FRC),.
- [5] Bayasi, Z. and Soroushian P., 1991. Fiber; Type Effects on the Performance of SteelFiber Reinforced Concrete”, ACI Materials Journal, Volume 88, Pages 129-134. Bekaert,
- [6] Bayramov, F., 2004. Çimento esaslı kompozit malzemelerin optimum tasarımı,
- [7] Betterman, L.R., Ouyang, C. And Shah, S.P., 1995 Fiber-matrix interaction in microfiber-reinforced mortar. L. R. Betterman, C. Ouyang, S. P. Shah · Civil and Environmental Engineering. Research
- [8] Buck, A.D., “Recycled Concrete”, Highway Research Record, No:930, Highway Research Board, s.8, UK, 1973.
- [9] Cement&Concrete Institute, (2010). Fibre Reinforced Concrete, Cement & Concrete Institute, Midrand.
- [10] Ekincioglu, Ö. , Karma lif içeren çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışının incelenmesi”, Sika. Teknik Bülten, 10-11, (2003)
- [11] Ekincioglu, Ö., “Karma lif içeren çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışının incelenmesi”. Sika Teknik Bülten, 10-11. 2002/3,
- [12] Fırat, M.T., 1996. Silis dumanı içeren yüksek mukavemetli betonların enerji tutma kapasitelerinin artırılmasında çelik lif kullanımının etkisi,
- [13] Halilov, S., Silis Dumanı ve Süper Akışkanlaştırıcı Katkılı Lifli Betonların Özellikleri. Doktora Tezi (Yayınlanmamış). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü , Temmuz, Ankara, 2003.
- [14] Hansen, T.C., Narud, H., “Strength of Recycled Concrete Made From Crushed Concrete Coarse Aggregate”, ACI, Concrete International, Design and Construction, s.79 – 83, Germany, 1983.
- [15] Nealen, A., Rühl, M., “Consistency aspects in the production of concrete using aggregates from Recycled demolition material”, Darmstadt Concrete, Darmstadt, Germany, 1997.

- [16] Nili, M., and Afroughsabet, V., (2010) "Combined effect of silica fume and steel fibers on the impact resistance and mechanical properties of concrete", International Journal of Impact Engineering 37 879-886
- [17] Özyurt, N., 2000, Ultra Yüksek Dayanımlı Çimento Esaslı Kompozit Malzemelerin Mekanik Davranışı", Yüksek Lisans Tezi İTÜ, İstanbul,
- [18] Sato, Y., Van Mier, J.G.M. and Walraven, J.C., Mechanical Characteristics of High Performance Fibre Reinforced Cement Based Composites
- [19] Shah, S.P. and Balaguru, P.N. (1992). Fiber-Reinforced Cement Composites, McGraw-Hill Inc., Singapore.
- [20] Şimşek O., Beton ve Beton Teknolojisi. Seçkin Yay. San. ve Tic. A.Ş., Ankara, 2004.
- [21] Tasdemir M.A., Kocatürk, A.N., Haberveren, S. ve Aslan, G., 2005. Özel Prefabrike Elemanların. Ultra Yüksek Performanslı Betonlarla Üretimi", TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 6. Ulusal. Beton Kongresi-Yüksek Performanslı Betonlar,
- [22] Tasdemir, M. A., Bayramov, F. , Yüksek performanslı çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışı.
- [23] Taşdemir, M.A., Bayramov, F., Kocatürk A. N. ve Yerlikaya M., 2004, "Betonun Performansa Göre Tasarımında Yeni Gelişmeler", Hazır Beton Kongresi, 10 Haziran, İstanbul, Sayfa 24-57
- [24] Topçu, B., "Physical and Mechanical Properties of Concretes Produced with Waste Concrete", Cement and Concrete Research, 27, p.1817- 1823. 1997.
- [25] Ünal, O., Uygunoğlu, T., Gençel, O., (2007). "Çelik Liflerin Beton Basınç ve Eğilme Özelliklerine Etkisi", Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 13, Sayı 1, Sayfa 25-30, Denizli.
- [26] Van Mier, J.G.M., 2004. Cementitious composites with high tensile strength and ductility through hybrid fibres.
- [27] Vodicka, J., Spura, D., Kratky, J., 2004. 'Homogeneity of steel fiber reinforced concrete (SFRC)
- [28] Walraven, J., 1999. The Evolution of Concrete, Structural Concrete, P1. 3-11.
- [29] Yalçın, M. Taşdemir, C., Taşdemir, M.A., Gökalp, İ., Yerlikaya, M. (2011). "Çelik Tel Donatılı Betonların Kullanılabilirlik ve Taşıma Gücü Sınır Durumlarına Göre Tasarımı - Performans Sınıfları", 8. Ulusal Beton Kongresi,

- 5-7 Ekim, İzmir, 459- 470. - Ersoy, H. Y., (2001). Kompozit malzeme, Literatür Yayınları: 66, İstanbul, Türkiye.
- [30] Yaprak H., Beton Kaplamalı Kanallarda Malzeme Dayanıklılığını Artırma Olanakları. Doktora Tezi (Yayınlanmamış), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96 s, Ankara, 2002.
- [31] Ajdukiewicz A. ve Kliszczewicz A., 2002. Influence Of Recycled Aggregates On Mechanical Properties of HS/HPC, Cement and Concrete Composites, 24(2), 269-279. And Ductility Through Hybrid Fibres, Sixth Rilem Symposium
- [32] Arıoğlu E., Köylüoğlu Ö.S. ve Akıllıoğlu E., 1996. Dünyadaki Geri Kazanılmış Agrega Üretim Politikalarının Gözden Geçirilmesi ve Ülkemiz Açısından İrdelenmesi, I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu'96, İstanbul
- [33] Başka, M.A., 2006, Betonun basınç dayanımının belirlenmesi ve değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum
- [34] Binici, H., Çağatay, İ.H., Kaplan, H., 2000, Değişik faktörlerin beton mukavemetine etkisinin deneysel olarak incelenmesi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 203-209
- [35] Chen H.J., Yen T. ve Chen K.H., 2003. Use of Building Rubbles as Recycled Aggregates, Cement and Concrete Research, 33, 125-132 Concretes (FRC), Varenna, Italy, 20-22 September.
- [36] Çankaya, G., Arslan, M., H., Ceylan, M., 2013, Görüntü işleme ve yapay sinir ağları yöntemi ile betonun basınç dayanımının belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Bilim ve Teknoloji Dergisi*
- [37] Fatih ALTUN- ÇELİK LİFLİ HAFİF BETONUN DENEYSEL ARAŞTIRILMASI Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 38039/Kayseri
- [38] Federal Highway Administration (FHWA), (2007)., "Use of Recycled Concrete
- [39] Fonteboa B.G. ve Abella F.M., 2008. Concretes with aggregates from demolition waste and silica fume, materials and mechanical properties
- [40] Günçan N F, Eski Beton Kırığı Agregalı Betonların Fiziksel ve Mekanik özellikleri
- [41] -<http://e-egitim.teknolojikarastirmalar.com/yapi-malzemesi/beton/6.HTM>

- [42] Huang W.L., Lin D.H., Chang N.B. ve Lin K.S., 2002. Recycling of Construction and Demolition Waste Via A Mechanical Sorting Process, Resources, Conservation and Recycling, 37, 23-37.
- [43] Katz A., 2003. Properties of Concrete Made with Recycled Aggregate From Partially Hydrated Old Concrete. Cem Concr Res, 33, 703-11.
- [44] Kozak, M., 2010, “Beton Travers Üretiminde Agregat Türü (Bazalt-Kalker) ve Çelik Lifin Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- [45] Lauritzen E.K. ve Jannerup M., 1994. Guidelines and Experience From the Demolition of Houses in Connection with the Oresund Link Between Denmark and Sweden- Demolition and Reuse of Concrete and Masonry: Proceedings of Third International RILEM Symposium, 35-47.
- [46] Leigh N.G. ve Patterson L.M., 2005. Construction and Demolition Debris Recycling for Environmental Protection and Economic Development, City and Regional Planning Program, College of Architecture Georgia Institute of Technology.
- [47] İZMİR TİCARET ODASI- AR&GE BÜLTEN 2012 ARALIK – SEKTÖREL KENTSEL DÖNÜŞÜMDE GERİ DÖNÜŞÜM ATAĞI-NUREL KILIÇ
- [48] Yıldırım M, Yılmaz I, Yıldız Irmağrı Çökellerinin Beton Agregası Olarak kullanılabilirliğinin incelenmesi
- [49] Oikonomou N.D., 2005. Recycled Concrete Aggregates, Cement & Concrete Composites, 27,315-318
- [50] Öztürk M., 2003. İnşaat/Yıkıntı Atıklarının Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara,
- [51] Öztürk, D.,Bozdoğan,K.B., Nuhoğlu, A., 2005, “Betonarme Yapılarda Beton Sınıfının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi”, *Deprem Sempozyumu*, Kocaeli
- [52] Poon C.S., 1997. Management and Recycling of Demolition Waste in Hong Kong, Waste Management & Research, 15, 561-572.
- [53] Poon C.S., 2007. Management of Construction and Demolition Waste, Waste Management, 27, 159-160.

- [54] Poon C.S., Kou S.C. ve Lam L., 2002. Use of Recycled Aggregates in Moulded Concrete Bricks and Blocks. *Construction and Building Materials*, 16, 5, 281-289.
- [55] Poon C.S., Qiao X.C. ve Chan D., 2006. The Cause and Influence of Self-Cementing Properties of Waste Recycled Concrete Aggregates in the Properties of Unbound Sub-Base, *Waste Management*, 26, 1166-1172.
- [56] Rakshvir M. ve Barai S.V., 2006. Studies on Recycled Aggregates-Based Concrete, *Waste Manage Res*, 24, 225-233. Rao A., Jha K.N., ve Misra S., 2007.
- [57] Rao A., 2005. Experimental Investigation on Use of Recycled Aggregates in Mortar and Concrete, Thesis Submitted to the Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur.
- [58] Sani D., Moriconi G., Fava G. ve Corinaldesi V., 2005. Leaching and Mechanical Behavior of Concrete Manufactured with Recycled Aggregates, *Waste Management*, 25, 177-182.
- [59] Savaş Ö, Atık Betonların Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel
- [60] Topçu İ.B., 1997. Physical and Mechanical Properties of Concrete Produced with Waste Concrete, *Cement and Concrete Research*, 27, 12, 1817-1823
- [61] Topçu İ.B. ve Güncan F.N., 1995. Using Waste Concrete as Aggregate. *Cem Concr Res.*, 25, 7, 1385-1390.
- [62] Topçu İ.B. ve Sengel S., 2004. Properties of Concretes Produced with Waste Concrete
- [63] Topçu, İ.B., Sarıdemir M., 2008. Prediction of Mechanical Properties of Recycled Aggregate Concretes Containing Silica Fume Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic. *Comput. Mater. Sci.* 42, 1, 74-82.
- [64] Türk Standartı TS 500, 2000, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara
- [65] Türk Standartı TS EN 1008, Beton-Karma suyu-Numune alma, deneyler ve beton endüstrisindeki işlemlerden geri kazanılan su dahil, suyun, beton karma suyu olarak uygunluğunun tayini kuralları, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara

[66] Türk Standartı TS EN 197-1, 2012, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara

[67] Yardımcı, M. Y., 2007, “Çelik Lifli Kendiliğinden Yerleşen Betonların Reolojik, Mekanik, Kırılma Parametrelerinin Araştırılması ve Optimum Tasarımı”, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir





## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : OSMAN AĞAOĞLU  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : KULU-1985  
**Telefon** : 05333915171  
**Faks** :  
**e-mail** : [osmanagaoglu@hotmail.com](mailto:osmanagaoglu@hotmail.com)

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Konya Özel İdeal Lisesi, Konya	2002
Üniversite	: Dumlupınar Üniversitesi, İnşaat Müh., Kütahya	2011
Yüksek Lisans	: KTO Karatay Üniversitesi, Konya	2017
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010-2012	İntaş A.Ş.	Saha Şefi
2013-.....	Ağaoğlu Mühendislik	Firma Sahibi

### UZMANLIK ALANI

C sınıfı iş güvenliği uzmanı

### YABANCI DİLLER

İngilizce-intermediate