



**T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KURŞUN MADEN ATIKLARIN BETON AGREGASI OLARAK
KULLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih Sultan SEMİZ

**NİSAN 2016
GÜMÜŞHANE**

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KURŞUN MADEN ATIKLARIN BETON AGREGASI OLARAK
KULLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih Sultan SEMİZ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22.03.2016
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 21.04.2016

NİSAN 2016



KABUL VE ONAY

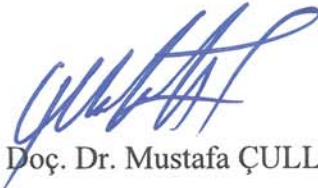


Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU danışmanlığında **Fatih Sultan SEMİZ** tarafından hazırlanan **“KURŞUN MADEN ATIKLARININ BETON AGREGASI OLARAK KULLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI”** isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.

Başkan

: 
Yrd. Doç. Dr. Ömer CAN

Üye (Danışman)

: 
Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU

Üye

: 
Yrd. Doç. Dr. Hakan BOLAT

ONAY

Bu tez 20 / 07 / 2016 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.



Yrd. Doç. Dr. Serhat DAĞ

Fen Bilimleri Enstitü Müdür V.

Bu çalışma Tübitak projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 113M317

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum **“KURŞUN MADEN ATIKLARININ BETON AGREGASI OLARAK KULLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI”** isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22/03/2016



Fatih Sultan SEMİZ

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

KURŞUN MADEN ATIKLARININ BETON AGREGASI OLARAK
KULLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Fatih Sultan SEMİZ

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU

2016, 82 sayfa

Bu çalışmanın amacı; kurşun cevherinin çıkarıldığı madenlerde, içerisindeki kurşun miktarının işlenmesinin ekonomik olmadığı kurşun madeni atığı (Pasa) kayalardan üretilen betonların beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu kapsamda beton agregası olarak kullanılacak kayaların fiziksel, kimyasal, mineroloji ve petrografik özellikleri belirlenmiştir. Pasa ve kireçtaşı agregaları ile %25, %50 ve %75 oranında yer değiştirilerek C16, C25 ve C35 beton dayanım sınıflarında örnekler hazırlanmıştır. Hazırlanan beton örnekler üzerinde, su emme oranı, görünür boşluk oranı, yoğunluk, basınç dayanımları, eğilme dayanımı, statik elastisite modülü, poisson oranı, tahribatsız test yöntemleri “yüzey sertliği (Schmidt Çekici), ultrasonik ses hızı metodu ölçümü,

donma çözölme dayanımı, aşınma dayanımı, kapilarite ve karbonatlaşma testleri yapılmıştır.

Sonuç olarak; kurşun madeni atığı kayaçların beton karışımına giren agrega içerisindeki oranının artışına bağılı olarak betonun yoğunluğu, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, elastisite modülü, donma çözölme dayanımı, aşınma dayanımı değeri ve tahribatlı ve tahribatsız yöntemle belirlenen basınç dayanımı değeriinde olumlu etkisi olduğı görölmüştür. Pasa miktarı arttıkça su emme oranının, görünür boşluk oranının, poisson oranının, kapilerite ve karbonatlaşma değeriinin düştüğü görölmüştür.

Anahtar Kelimeler: Atıkların Kullanımı, Betonun Fiziksel Özellikleri, Kurşun Madeni Atığı.

ABSTRACT

MS THESIS

LEAD MINE WASTE PRODUCED BY ROCKS ROAD LINERS INVESTIGATION OF ENGINEERING PROPERTIES

Fatih Sultan SEMİZ

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Mustafa ÇULLU

2016, 82 pages

The purpose of this study; in the mines of lead ore is removed, the amount of lead in the processing of waste generated from lead mine is not economically feasible as the availability of concrete pavement to investigate. Mine tailings and limestone aggregates to 25%, 50% and 75%, replacing the C16, C25 and C35 concrete samples were prepared in the classroom. Prepared concrete examples on the fresh concrete tests, compressive strength, flexural strength, static modulus of elasticity, Poisson's ratio, density, water absorption, the vacancy rate, capillarity, abrasion resistance, freeze-thaw resistance and schmidt test hammer test was performed.

As a result; Mining waste entering the mix of aggregate compressive strength depending on the increase in the ratio was observed that contain a positive effect. Rust

increases, the water absorption ratio of the apparent porosity was found to decrease in the Poisson ratio. Likewise, due to the reduction in the amount of rust resistance factor in the increased modulus of elasticity, of destruction it has been shown to increase the value determined by the compressive strength and non-destructive method.

Keywords: The Use of Waste, Physical Properties of Concrete, Lead Mine Waste.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bilgi, deneyim ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÇULLU'ya, deneyimlerini benimle paylaşan kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Hakan BOLAT' a, değerli bölüm başkanımız Doç. Dr. Ahmet ÇAVDAR'a ve Arş. Gör. Murat GÜNAYDIN'a şükranlarımı sunarım.

Çalışmam boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen babama ve aileme, yüksek lisans çalışma arkadaşlarıma, kurumdaki mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

113M317 proje numarası ile maddi olarak destekleyen TÜBİTAK Başkanlığına teşekkür ederim.

Fatih Sultan SEMİZ
Gümüşhane, 2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
TABLolar DİZİNİ	XIV
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	3
2.1. Normal Beton	4
2.2. Hafif Beton	4
2.3. Ağır Beton	5
2.4. Atıkların Betonda Kullanımı	6
2.4.1. Uçucu Kül	7
2.4.2. Yüksek Fırın Cürufu	10
2.4.3. Mermer Atıkları	14
2.4.4. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları	18
2.4.5. Lastik Atıkları	22
2.5. Çalışmanın Amacı	24
3. MATERYAL METOT	25
3.1. Materyal	25
3.1.1. Agregalar	25
3.1.1.1. Kurşun Madeni Atıkları (Pasa)	25
3.1.1.2. Kireçler	27
3.1.2. Çimento	27
3.1.3. Karışım Suyu	28
3.2. Metot	28
3.2.1. Beton Örneklerinin Üretimi	28
3.2.2. Agrega Deneyleri	32
3.2.2.1. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini	32

3.2.2.2.	Agrega Aşınma Miktarı Tayini (Los Angeles Deneyi)	33
3.2.2.3.	Agregaların Kimyasal Özelliklerinin Tayini	33
3.2.2.4.	Agregaların Minerolojisi ve Petrografik Özelliklerinin Tayini	34
3.2.3.	Sertleşmiş Beton Deneyleri	34
3.2.3.1.	Su Emme Oranı Tayini	34
3.2.3.2.	Sertleşmiş Betonun Görünür Boşluk Oranı Tayini.....	35
3.2.3.3.	Sertleşmiş Betonun Görünür Yoğunluk Tayini	35
3.2.3.4.	Beton Basınç Dayanımı Tayini.....	36
3.2.3.5.	Eğilme Dayanımı Tayini	37
3.2.3.6.	Statik Elastisite Modülü Tayini	37
3.2.3.8.	Tahribatsız Test Yöntemleri ile Beton Basınç Dayanımı Tayini	39
3.2.3.9.	Donma Çözülme Dayanımı Tayini.....	40
3.2.3.10.	Aşınma Dayanımı Tayini.....	41
3.2.3.11.	Kapilarite Tayini.....	42
3.2.3.12.	Karbonatlaşma Derinliği Tayini	43
4.	BULGULAR VE İRDELEME	44
4.1.	Agrega Deneyleri.....	44
4.1.1.	Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini	44
4.1.2.	Agrega Aşınma Miktarı Tayini (Los Angeles Deneyi)	44
4.1.3.	Agregaların Kimyasal Analiz “Oksit Ağırlık” Değerleri	45
4.1.4.	Agregaların Minerolojisi ve Petrografik Özelliklerin Tayini	46
4.2.	Sertleşmiş Beton Deneyleri	47
4.2.1.	Sertleşmiş Betonun Su Emme Oranı	47
4.2.2.	Sertleşmiş Betonun Görünür Boşluk Oranı	49
4.2.3.	Sertleşmiş Betonun Görünür Yoğunluğu	50
4.2.4.	Beton Basınç Dayanımı	51
4.2.5.	Eğilme Dayanımı	55
4.2.6.	Statik Elastisite Modülü.....	60
4.2.7.	Poisson Oranı.....	61
4.2.8.	Tahribatsız Test Yöntemleri İle Beton Basınç Dayanımının Tayini	63
4.2.9.	Donma Çözülme Dayanımı	67
4.2.10.	Aşınma Dayanımı	71
4.2.11.	Kapilarite	72
4.2.12.	Karbonatlaşma	75

5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
6.	KAYNAKLAR.....	79
	ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Hafif betonların sınıflandırılması (Mindess, vd., 1981).	5
Şekil 2.2. Uçucu küllerin oluşturduğu bir atık yığını.....	8
Şekil 2.3. Atık mermer yığınlarından bir görünüm.....	16
Şekil 2.4. Atık inşaat ve yıkıntı yığınlarından bir görünüm.....	20
Şekil 2.5. Atık lastik yığınlarından bir görünüm	23
Şekil 3.1. Çeneli kırıcı ve elek sarsma makinası.....	25
Şekil 3.2. Gümüştaş maden sahası jeolojik haritası	26
Şekil 3.3. Çeneli kırıcıda kırılmış sınıflarına ayrılmış kurşun madeni atığı kayaçları.....	26
Şekil 3.4. Kireçtaşı agregası.....	27
Şekil 3.5. Düşey eksenli cebri karıştırmalı mikser.....	30
Şekil 3.6. Betonun karışım işlem aşamaları	30
Şekil 3.7. Yapılacak deneysel çalışma için üretilen deney örnekleri.....	31
Şekil 3.8. Isı kontrollü kür havuzları.....	31
Şekil 3.9. Numune başlıklama cihazı ve yüzeyi düzeltilmiş örnek	31
Şekil 3.10. Beton basınç presı.....	36
Şekil 3.11. Eğilme basınç presı.....	37
Şekil 3.12. Deformasyon değerlerini belirlemede kullanılan kompressometre	38
Şekil 3.13. Schmidt Çekici (a) ve Ultrases cihazı (b)	39
Şekil 3.14. Donma çözülme cihazı.....	41
Şekil 3.15. Aşındırma testi cihazı	42
Şekil 3.16. Kapilerite deney düzeneği	43
Şekil 3.17. Karbonatlaşma derinliğinin belirlenmesi	43
Şekil 4.1. Pasaya örneğine ait ince kesit fotoğrafı (a): tek nikol, (b): çift nikol (kl: kalsit, op: opak mineral).....	46
Şekil 4.2. Kireçtaşı örneğine ait ince kesit fotoğrafı (a): mikritik dokulu kireçtaşı tek nikol, (b) çift nikol (kp: kayaç parçası, kl: kalsit).....	47
Şekil 4.3. Kireçtaşı-pasa agrega karışımı ile üretilen beton örneklerin su emme oranı değerleri	48
Şekil 4.4. Kireçtaşı-pasa agrega karışımı ile üretilen beton örneklerin ortalama görünür boşluk oranı değerleri.....	49
Şekil 4.5. Kireçtaşı-pasa agrega karışımı ile üretilen beton örneklerin ortalama görünür yoğunluk değerleri	50

Şekil 4.6.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C16 dayanım sınıfındaki betonlara ait 3, 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri	52
Şekil 4.7.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C25 dayanım sınıfındaki betonlara ait 3, 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri	53
Şekil 4.8.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C35 dayanım sınıfındaki betonlara ait 3, 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri	54
Şekil 4.9.	Tüm dayanım sınıflarında 100P beton örneklerin Kuvvet-Sehim ve Enerji-Sehim değerleri	55
Şekil 4.10.	C16 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışı beton örneklerin Kuvvet-Sehim ve Enerji-Sehim değerleri	56
Şekil 4.11.	C25 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışı beton örneklerin Kuvvet-Sehim ve Enerji-Sehim değerleri	57
Şekil 4.12.	C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışı beton örneklerin kuvvet-sehim ve enerji-sehim değerleri	59
Şekil 4.13.	Kireçtaşı Pasa agrega karışımı betonlara ait ortalama statik elastisite modülü değerleri	60
Şekil 4.14.	Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı betonlara ait poisson oranı değerleri	62
Şekil 4.15.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C16 dayanım sınıfındaki betonlara ait tahribatlı ve tahribatsız yöntemle belirlenen basınç dayanımı değerleri	64
Şekil 4.16.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C25 dayanım sınıfındaki betonlara ait tahribatlı ve tahribatsız yöntemle belirlenen basınç dayanımı değerleri	65
Şekil 4.17.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C35 dayanım sınıfındaki betonlara ait tahribatlı ve tahribatsız yöntemle belirlenen basınç dayanımı değerleri	66
Şekil 4.18.	Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile üretilen C16 dayanım sınıfındaki betonların dinamik elastisite modülü değişimi	67
Şekil 4.19.	Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile üretilen C25 dayanım sınıfındaki betonların dinamik elastisite modülü değişimi	68
Şekil 4.20.	Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile üretilen C35 dayanım sınıfındaki betonların dinamik elastisite modülü değişimi	69
Şekil 4.21.	Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile üretilen beton örneklerin dayanıklılık faktörü değerleri	70
Şekil 4.22.	Kireçtaşı-pasa agrega karışımı ile üretilen beton örneklerin aşınma değerleri	71
Şekil 4.23.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C16 dayanım sınıfındaki betonlara ait kapilerite değerleri	73
Şekil 4.24.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C25 dayanım sınıfındaki betonlara ait kapilerite değerleri	73
Şekil 4.25.	Kireçtaşı-Pasa karışımı C35 dayanım sınıfındaki betonlara ait kapilerite değerleri	74
Şekil 4.26.	Kireçtaşı-pasa agrega karışımı ile üretilen beton örneklerin karbonatlaşma derinliği değerleri	75

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri.....	27
Tablo 3.2. Beton serilerinin kodlanması ve oransal değişimleri.....	28
Tablo 3.3. TS 802 referans alınarak Kurşun madeni atığı (Pasa) agregası ile üretilen 1m ³ beton için hazırlanmış karışım dizaynı	29
Tablo 3.4. TS 802 referans alınarak Kireçtaşı agregası ile üretilen 1m ³ beton için hazırlanmış karışım dizaynı	29
Tablo 3.5. Mikro dalgada parçalama programı	34
Tablo 4.1. Agregalara ait fiziksel özellikler.....	44
Tablo 4.2. Agregaların aşınma miktarları (Los Angeles Deneyi).....	44
Tablo 4.3. Beton üretiminde kullanılan agregaların kimyasal özellikleri	45
Tablo 4.4. Tahribatsız test yöntemi ile Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait tahmin edilen basınç dayanımı değerleri.....	63

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACI	: Amerika beton enstitüsü
Al	: Alüminyumun simgesi
Al	: Magnezyumun simgesi
C	: Karbon simgesi
C	: Santigrat simgesi
Ca	: Kalsiyumun simgesi
f	: Kuvvet
Fe	: Demirin simgesi
GBP	: Granüle bazaltik pomza
GKA	: Geri kazanılmış agrega
GYFC	: Granüle yüksek fırın cürufu
Hg	: Cıva simgesi
İYA	: İnşaat ve yıkıntı atıkları
KAK	: Kazan altı külü
kg	: Kilogram
KYB	: Kendiliğinden yerleşen beton
lt	: Litre
mm	: Milimetre
O	: Oksijenin simgesi
Pb	: Kurşun simgesi
RAC	: Geri dönüştürülmüş agrega
Si	: Silisyumun simgesi
UK	: Uçucu kül
W/C	: Su/Çimento
YSA	: Yapay sinir ağları
Zn	: Çinko simgesi

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Her geçen gün azalmakta olan doğal kaynaklarımız dikkatlice kullanılmadığı takdirde bir gün tükeneceği şüphesizdir. Olayları genellikle günlük değerlendirip geleceği pek fazla dikkate almayan insanoğlu, son yıllarda çevre sorunlarının artması ile beraber bu bakış açısında bazı değişimler meydana gelmiştir. Artık insan ve onun dünya arenasındaki yansımaları olan devletler geleceği düşünmeye ve doğal kaynakların dışında da kaynak arayışına girmeye başlamıştır.

Gelişmiş ülkeler tarafından doğal kaynaklar bir yolla fazla tüketiliyor olması gelişmekte olan ülkeler için bir sorun doğurmaktadır. Ayrıca gelişmiş ülkelerin nüfusundaki fazlalık ve hayat standartlarını üst seviyeye çekme çabalarını yeni enerji kaynaklarına yönelmesini gerektirmektedir. Dünyamızda kısıtlı olan kaynaklardan dolayı mevcutta kullanılabilirliğini yitiren maddelerin geri dönüştürülmesi büyük önem kazanmıştır. Son yıllarda geri dönüşüm üzerine büyük harcamalar ve büyük çalışmalar yapılmaktadır. Ülkemizde ise bu çalışmalar diğer ülkelere nazaran daha ağırdan alınmaktadır. Bunun en büyük nedenlerinin başında teknolojinin geri kalmış olması ve gerekli bilincin oluşmamasıdır. O kadar ki bazı sanayi işletmelerimiz geri dönüşüm yapmayı bırakın atıklarını bertaraf etmek için bile bir çabaya girişmemektedir. Oysa ülkemizde 20 yıl önceki nüfus oranlarının üzerinden yapılan araştırmaya göre yılda 13 milyon ton evsel atık, 19-20 milyon ton civarında ise belediye atığı meydana gelmektedir. Her ne kadar ülkemizde asfalt, beton, agrega vs. malzemelerin geri dönüştürülmesi çok uygulanmasa da cam ve kağıt gibi malzemelerde geri dönüşüm yapılmaktadır.

Atıklara hammadde gibi kullanılarak yeni bir maddeye dönüştürülmesine geri dönüşüm denir. Geri dönüşüm süreci; kaynaktan ayırma, değerlendirilebilir atıkları ayrı toplama, sınıflama, değerlendirme ve yeni ürünü ekonomiye kazandırma olmak üzere beş önemli basamaktan oluşmaktadır. Geri kazanım ise meydana çıkan atıkların malzemenin cinsine göre belli başlı yöntemler uygulanarak yeni bir ürün oluşturmaya denir. Gelişmekte olan ülkeler kaynaklarını kontrollü bir şekilde kullanmak ve israf oranlarını azaltmak zorundadırlar. Ülkemizde de nüfus artışına paralel olarak atık miktarı ve ambalajlı ürün kullanımı da artmış, geri kazanımı ekonomik bir değer haline getirmiştir. Çevre Bakanlığı

tarafından 1991 yılında yayımlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile geri kazanım yasal zorunluluk haline dönüşmüştür.

Ülkemizin yeni enerji kaynağı arayışları ve nüfusun artması ile enerji ihtiyacının artması devleti geri dönüşüm ve geri kazanım konusunda yasal düzenlemeler yapmaya itmiştir. Yapılan bu yasal düzenlemeler sonucunda sanayi işletmelerine ağır müeyyideler getirildiğinden uygulama hızla yayılmaya başlamıştır. Hem uluslararası boyutta hem de ülkemiz olarak geri dönüşün üzerinde yapılan çalışmaların amacı, atık yönetimi konusunu yaygınlaştırarak, atık seviyelerini düşürmek, dolayısı ile çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak, yeni hammadde kaynağı arayışlarını azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamaktır.

Bu çalışmada, kurşun maden ocaklarında içerisindeki kurşun miktarının düşük olmasından dolayı atık olarak depolanan, kurşun maden atığı kayaçlarının beton agregası olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu sayede atık olarak atık olarak olumsuz çevresel etkileri olan kayaçlarının beton agregası olarak kullanımı ile çevresel etkileri azaltılması ve ekonomiye kazandırılması amaçlanmıştır.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Beton dünyada kullanılan en yaygın yapı malzemelerinin başındadır. İlk bulunuşu 18. yüzyıla kadar uzanmakta olan betonun yapı haline yani betonarme bina şeklini alması 1852 yılında olmuştur. Yine aynı yıllarda çimentonun patentinin alındığı tahmin edilmektedir. Betonla ilgili ilk şartnameler ise, 1905 ve 1906 yılında Amerika Birleşik Devletleri ile Almanya’da çıkarılmıştır. Türkiye’de ise ilk betonarme yapı 1920 yılında inşa edilmiştir. Fakat betonun asıl gelişimi II. Dünya savaşından sonraki yıllarda rastlanmaktadır (Güner, 1999).

Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan beton, betonarmenin iki temel malzemelerinden biri olmakla birlikte ülkemizde seneler boyunca genellikle ilkel yöntemlerle üretilmiş ancak 80’li yılların sonlarına doğru hazır beton devreye girmeye başlamıştır. Türkiye’de 2013 yılında %10 büyüme göstererek 93 milyon metreküp olan üretimini 102 milyon metreküpe çıkarmıştır. Hazır beton üretiminde, bu rakamla Türkiye Avrupa da birinci, Dünya çapında ise Çin ve ABD’den sonra hazır beton üretiminde üçüncüdür (THBB, 2015).

Beton su, çimento, agrega ve gerektiğinde katkı maddesi eklenerek üretilen kompozit bir malzemedir.

Betonu diğer yapı malzemelerinden avantajlı kılan özellikler şunlardır:

- Taze betonun plastik özelliği nedeniyle, istenilen şekil ve boyutlardaki beton elemanlar kolayca üretilmektedir.
- Sertleşmiş beton elemanlar yapıdaki yerinde üretilbildiği gibi, bir fabrikada da önceden üretilmektedir.
- Beton, yerleştirme yöntemlerinde çeşitlilik ve kolaylık bulunmaktadır.
- Sertleşmiş beton oldukça yüksek basınç dayanımına sahiptir.
- Sertleşmiş beton, hizmet gördüğü süre boyunca, çevrede oluşan yıpratıcı etkilere karşı diğer yapı malzemelerinin çoğundan daha dayanıklıdır.
- Beton, çelik donatılarla çok iyi aderans gösterebilecek kapasitede özelliğe sahiptir.
- Beton diğer yapı malzemelerine göre ekonomiktir.

- Beton, estetik amaçlarla kullanılmaya uygun özellikte bir malzemedir (Erdoğan, 2007).

Kullanış amacına göre çok çeşitli tiplerde beton elde etmek mümkündür. Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte beton endüstrisinde de ilerlemeler olmuş ve beton üretimindeki bu yenilikler beton teknolojisine özel betonlar adı ile girmiştir. Özel betonlar, kullanım yerlerine göre farklı beklentileri karşılamak amacıyla üretilen betonlardır. Ağır beton, taşıyıcı hafif beton, yüksek akıcılığa sahip beton, yalıtım özellikli beton, ısıya dayanımı yüksek olan beton farklı özelliklere sahip özel beton çeşitlerinden bazılarıdır.

Beton birim hacim ağırlıklarına göre 3'e ayrılır bunlar şu şekildedir;

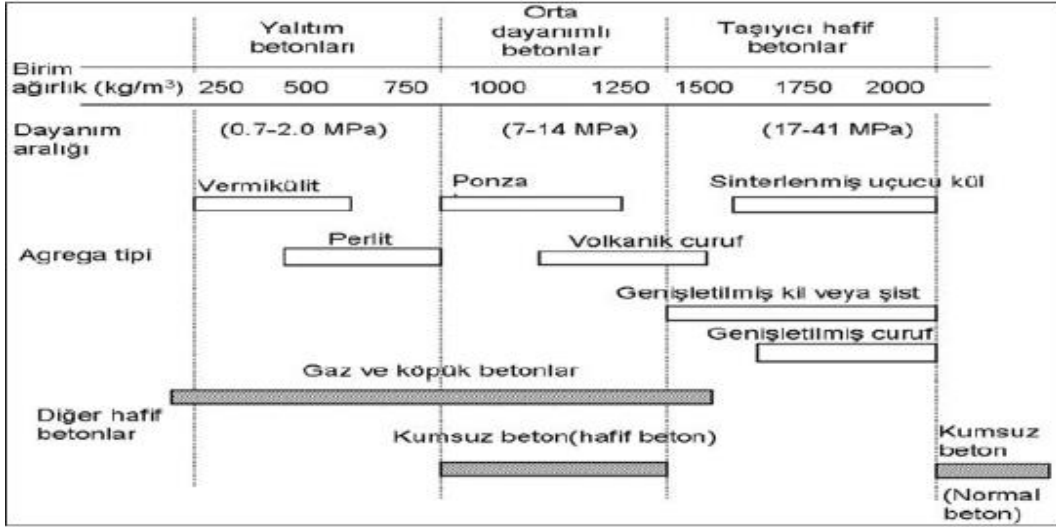
- Normal Beton: 2.000-2.800 kg/dm³
- Hafif Beton: 700-2.000 kg/dm³
- Ağır Beton: 2.800 5.000 kg/dm³

2.1. Normal Beton

Normal doğal taneli agrega ile üretilen ve birim hacim ağırlığı 2000-2800 kg/m³ arasında değişen betonlardır. Normal betonlar önemli bir ayrıcalık özelliği istenmeyen bina inşaatlarında kullanılmaktadır. Normal yoğunluklu agregalar ile üretilmektedir. Maliyetinin ucuzluğu, yüksek dayanımı, kolay işlenebilme özelliklerinden dolayı diğer yapı malzemelerine göre daha fazla kullanılmaktadır (Topçu, 2006).

2.2. Hafif Beton

Birim hacim ağırlığı (yoğunluğu) 700-2000 kg/m³ olan betonlara hafif beton denir. Kolay şekil alabiliyor olması, yük olarak fazla olmaması, ses ve ısı yalıtımında iyi olması, yanmayan özellikleri yanında bir de yeterli dayanımı tutturuyor olması hafif betonu diğer beton türlerinden bir adım daha öne çıkarmaktadır. Normal betondan ayrıcalığı, hafifliği ve ısı yalıtımı sağlayan boşlukları bulunmasıdır. Genellikle bu betonlar atık maddeleri değerlendirmek veya yapı elemanında ses, ısı ve hafiflik özelliklerinin arandığı durumlarda yapılan betonlardır (Topçu, 2006).



Şekil 2.1. Hafif betonların sınıflandırılması (Mindess, vd., 1981).

Hafif beton üretiminde kullanılan agregalar arasında sünger taşı, pomza, kil ve silt kaynaklı agregalar yer almaktadır.

Hafif agregalar; doğal, yapay veya organik kökenli oluşlarına ve kırılma, elenme, yıkanma dışında bir işlem görüp görmediklerine göre sınıflandırılabilirler.

Doğal hafif agregalar: Nehir yatakları, eski buzul yatakları, deniz ve göl kenarları taş ocaklarından alınan ve üzerinde kırma, yıkama ve sınıflandırma dışında hiçbir işlem yapılmayan agrega türleridir.

Yapay hafif agregalar: Beton üretimi ile doğrudan ilgisi bulunmayan bir endüstride yan ürün veya atık malzemelerdir. Bunun yanında ısıtım işlemi uygulanmış agregalarda bu sınıfa girmektedir. Başlıca yapay agregalar yüksek fırın cürufu, genleştirilmiş kil, uçucu kül, perlit, obsiden, vermikülit veya arduvazdır (Sancak, 2005).

2.3. Ağır Beton

Ağır betonların agregaları ağırdır. Normal betonlarla arasındaki fark kütle olarak daha ağır agregaların kullanılıyor olmasıdır. Bunun sonucunda birim kütleleri de büyük olmaktadır (Çetmeli, 1972). Bu agregaların bir kısmı veya tamamı metal agregalardan oluşur. Bu agregalar barit, limonit, magnetit vb. demirli minerallerdir. Yoğunluğu 2800kg/m³'ten daha büyük olan betonlar ağır beton olarak isimlendirilir. Normal betonlarla kullanılan agrega dışında herhangi bir farklılık bulunmamaktadır (Topçu, 2000).

Ağır betonların kullanım alanlarını şu şekilde sıralanabilir;

- Hastanelerin ışın tedavi ve radyografi tesislerinde,
- Nükleer enerji santrallerinin koruyucu perdeleri,
- Radyoaktif maddelerin saklandığı ön gerilmeli beton reaktör siloları,
- Elektron depolama devreleri,
- Köprü ayakları,
- Beton ağırlık baraj gövdeleri,
- Askeri mühimmat depo duvarları,
- Askeri sığınaklar,
- İstinat duvarları,
- Su altı petrol boru hatları,
- Petrol sondaj kuyusu çeperleri ağır betonların kullanım alanlarındandır (Yılmaz, 2009).

2.4. Atıkların Betonda Kullanımı

Günümüzde insan nüfusunun hızla artması ve mevcut kaynakların tükenmeye başlamasıyla, meydana gelen atıkların azaltılması, mevcut atıkların potansiyel bir hammadde kaynağı olarak değerlendirilmesi, kullanılmış hammaddelerin yeniden kullanılması gibi atık yönetimi konuları giderek önem kazanmaya başlamıştır (Akbulut, 2006). Doğal kaynakların daha az tüketilmesi, çevre kirliliğinin daha aza indirgenmesi ve enerji maliyetlerinin azaltılması amacıyla endüstriyel atık kullanımı gün geçtikçe daha fazla ilgi çeken bir konu olmaktadır (Çelik, 2004) . Atıklar çevre sorununun yanı sıra birçok durumda depolanma zorunluluğundan dolayı ilave maliyet getirmektedir. Bu nedenle, birçok atık içeriğine bakılmaksızın ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Ancak, atık malzemelerin de bir değerı vardır ve atıklar katma değerı yüksek ürünlerin elde edilmesinde kullanılabilir. Günümüzde betonda kullanılabilecek birçok atık malzeme bulmak mümkündür. Bunların başında;

- Uçucu kül,
- Yüksek fırın cürufu,
- Mermer atıkları,
- İnşaat ve yıkıntı atıkları,
- Lastik atıkları gelmektedir.

2.4.1. Uçucu Kül

Önceki yıllarda üzerinde herhangi bir çalışma yapılmayan uçucu kül ile ilgili çalışmalar son 25 yılda yoğunluk kazanmıştır. Yapılan çalışmalar genellikle laboratuvar ortamına mahkûm edilmiş, daha sonraki yıllarda arazide kullanım koşulları araştırılmıştır. Arazi de özellikle yol yapımında kullanılması ile büyük miktardaki bu atık maddenin termik santrallerden uzaklaştırılmasına çözüm getirilmiştir. Yapılan çalışmaların sonucunda, uçucu külün özellikle yol yapımında, zemin stabilizasyonunda, ayrıca dolgu ve enjeksiyon işlemlerinde kullanılması öngörülmüştür (Seals, 1977).

Gün geçtikçe uçucu külle ilgili bazı standartların belirlenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların yapılış amacı uçucu külün kullanılacağı yere, zamana, yapının cinsine ve üretilen uçucu külün yapısına göre değiştiğindendir (Ovens, 1979; Morisson, 1970).

Şu anda ülkemizde TS 639 'Uçucu Küller' ve TS 640 'Uçucu Küllü Çimento' standartları kullanılmaktadır. Bu standartlar Türk Standartları Enstitüsü tarafından çıkarılmıştır. Uçucu küller neredeyse her yapı grubunda kullanılmaktadır. Bunların başında baraj duvarları köprü ayakları, maden ve diğer yapıların dolgu enjeksiyonlarında kullanılmaktadır. Bunun yanında diğer pek çok inşaat yapılarında, tarımda çatı bahçesi ve ağaçlandırma çalışmalarında, agrega olarak otoyol, köprü yol ve briket yapımında, endüstride hatıl dolgu maddesi, asfalt içinde dolgu maddesi, yol drenaj kanallarında kullanılmaktadır.

Türkiye’de ki uçucu külün yapılan araştırmalar sonucunda iyi bir kaliteye sahip olduğu 1960’lı yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda elde edilmiştir. Ancak uçucu kül hakkındaki bilgi eksikliği, teknik ve ekonomik olarak getirileri üzerinde çok durulmaması göze çarpmaktadır. Bundan dolayı da gerekli ilerleme sağlanamamış ve yaygın bir kullanım ağı oluşturulamamıştır. Bu konuda gelişim sağlanabilmesi için, uçucu kül

özelliklerinin ve standartların belirlenmesinin öncesinde kalite kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi, taşıma ve özellikle pazarlama gibi faktörlerin incelenmesi zorunludur. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda genel olarak Türkiye uçucu küllerinin, çimento katkı maddesi olarak değerlendirilmesi, hafif agrega ve beton yapımında kullanılması, su yapıları ve inşaatlarında yararlanılması önerilmiştir (Kefelioğlu, 1998).



Şekil 2.2. Uçucu küllerin oluşturduğu bir atık yığını

Çelik (2004) yaptığı çalışmada, Ovacık ve Bergama yöresinde bulunan altın madeninden çıkardığı atık çamurunu silis dumanı olarak ve iki farklı uçucu külü kullanmıştır. Çalışmada PÇ 42.5 klinkerine %15, %25 oranında uçucu kül atığı ve silis dumanı katmıştır. Sonra bunların üzerinde 2, 7, 28 ve 56. gün sonundaki basınç dayanımları tespit etmiştir.

Aruntaş (2006) yaptığı çalışmada, uçucu külün alternatif bir kaynak olarak inşaat sektöründe kullanabilirliğini incelemiştir. Dünyada yaşanan petrol krizi ile beraber mevcut enerji kaynaklarının dışında yeni enerji kaynakları bulunabilir mi diye çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar günümüz de devam ettiği gibi gelecekte de hız kesmeden devam edeceği öngörülmüyor. Atıkların geri dönüştürülmesinde ki en büyük etkenin çevre kirliliğine sebep veriyor olmaları göz önüne alındığında uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanılması çok önemlidir. Uçucu külün özellikleri, bu malzemenin puzolanik bir malzeme olduğunu ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Türk ve diğ. (2003) yaptığı çalışmada, çimento yerine kullanılan F sınıfı uçucu kül (UK) miktarının kendiliğinden sıkışan betonun (KSB) özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Çimento yerine kullanılan farklı oranlarda F sınıfı uçucu kül miktarına (%25, %30, %35 ve %40) sahip KSB karışımları için çökme-yayılma, t500, L-kutusu ve V-hunisi işlenebilirlik deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, karışıma giren agregalardan doğal kum ve çakıl oranları ile özel süper akışkanlaştırıcı (Viscocrete 3075) miktarı sabit, çimento yerine kullanılan uçucu kül oranları değiştirilmiştir. Karışımlar için optimum işlenebilirlik, su/(çimento+uçucu kül) oranı değiştirilerek sağlanmıştır. Üretilen numuneler kalıptan alındıktan sonra 3, 7, 14 ve 28 gün süreyle 20°C suda kür edilmiştir. Numuneler üzerinde, ultrases geçiş süresi, basınç ve yarmada çekme mukavemeti deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçlarının analizinden, karışımda çimento yerine kullanılan uçucu kül miktarının KSB'un dayanım özellikleri üzerine etkisinin olduğu belirlenmiştir. Sonuçta, uçucu külün maliyet ve hidratasyona olumlu etkisi gibi avantajları da dikkate alındığında, kendiliğinden sıkışan beton karışımlarında çimento yerine %30 ve/veya %40 oranlarında uçucu kül kullanılmasının, dayanım özellikleri bakımından daha iyi olacağı görülmüştür.

Subaşı ve diğ. (2005) yaptığı çalışmada, uçucu kül kullanılan betonlarda vibrasyon süresinin betonun fiziksel ve mekanik özelliklerine olan etkisini belirlemektir. Bu amaçla, içerisinde %10 oranında uçucu kül ikamesi kullanılan C30 betonu hazırlanmıştır. Hazırlanan beton karışımından 21 adet 15x15x15 boyutlarında küp kalıba taze beton doldurulmuştur. Kalıplar içerisindeki taze betonlar 0, 5, 10, 15, 17, 20 saniye süre ile vibrasyona tabi tutulmuştur. Numuneler 28 gün kür edildikten sonra deneylere başlanmıştır. Hazırlanan numuneler, yoğunluk, görünür boşluk oranı, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı ve doğrudan çekme (pull-off) deneylerine tabi tutulmuştur. Deneylerden elde edilen veriler üzerinde istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, vibrasyon süresine bağlı olarak betonun fiziksel ve mekanik özelliklerinde önemli değişikliklerin olduğu belirlenmiştir. Vibrasyon uygulanmayan numunelerin en düşük dayanıma, 15 saniye süre ile vibrasyon uygulanan numunelerin ise en büyük dayanıma sahip olduğu tespit edilmiştir.

Yılmaz (2004) yaptığı çalışmada, akrilik lif ve uçucu kül içeren çimento harçlarının mekanik özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Akrilik lif (Poliakrilonitril lifler) %1,%2 ve %3 oranlarında, uçucu kül ise %5, %10 ve %15 oranlarında PÇ42.5 çimentosu ile yer değiştirilerek 15 farklı çimento elde edilmiştir. Lifler çimento hamuru içerisinde boşluk etkisi yarattığından lif oranı arttıkça basınç dayanımı değerleri azalırken, uçucu kül oranı

ile birlikte artış göstermiştir. Sistemdeki lif oranının artması eğilimde çekme dayanımı değerlerini arttırdığı gözlenmiştir.

2.4.2. Yüksek Fırın Cürufu

Demir-çelik üretiminde kullanılan yüksek fırınlarda, demir oksit (maden filizi, peletler, sinter), akıcılık düzenleyiciler (kalker, dolomit), ve yakıt (kok) kullanılır. Fırından iki ürün elde edilir: fırının alt kısmında toplanan erimiş demir ve erimiş demir üzerinde yüzen sıvı yüksek fırın cürufu. Yüksek fırın cürufunun kompozisyonu yüksek fırına beslenen maden filizi, akıcı taş ve koktaki safsızlıklara bağlıdır. Genelde yüksek fırın cürufunun %95'i veya daha fazlası silika, kalsiyum, alüminyum, magnezyum ve oksijenden oluşur. Endüstriyel bir atık olarak oluşan yüksek fırın cürufu depolanmasının zor olması nedeni ile beton sektöründe kullanılması ekonomik sürdürülebilirlik ve çevrenin korunması bakımından önem taşır.

Yüksek fırın cürufu betonda kullanılması sonucu çimento hamurunun ince ve süreksiz bir hale geldiği, ayrıca çimento ve agreganın daha iyi kaynaştığı ve neredeyse boşluksuz bir hale geldiği gözlenmiştir. Bunların neticesi olarak da durabilitesinin arttığı görülmüştür. İnsanların kendilerine hangi şartlar olursa olsun barınacak bir yer edinme eğilimleri inşaat sektöründe kalıcılığın önemini artırmaktadır (Arioğlu, 1989).

Cürufu ile beraber betonda meydana gelen hidrasyon ısısının kontrol edilebilmesinin artması ve erken zamanda ısınma sorunun önüne geçmesi ayrı bir özelliğidir. Bu ısının fazla olması betonda bol miktarda çatlaklar meydana getirmesi ve boşluklu bir yapı oluşturması istenmeyen bir durumdur. Beton bünyesinde yüksek sıcaklık gelişiminin betonda çatlakların oluşması ve hacimsel kararlılığı üzerinde önemli etkileri vardır (Neville, 2001).

Öğütülmüş Granüle Yüksek Fırın Cürufunun Beton Özelliklerine Olumlu Etkileri:

- Taze betondaki işlenebilmeyi artırmaktadır.
- Taze betonun priz süresini uzatmaktadır.
- Betondaki terlemeyi azaltmaktadır.
- Betonun hidrasyon ısısını azaltmaktadır.
- Sertleşmiş betonun su geçirimsizliğini azaltmaktadır.
- Sertleşmiş betonun sülfat dayanıklılığını artırmaktadır.

Arslan ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada, kendinden sonrakiler için örnek alınacak bir çalışma yürüterek hiçbir katkı maddesi kullanmadan sadece yüksek fırın cürufu içeren çimento ile kendiliğinden yerleşen beton üretimi yapmıştır. Yapılan çalışma sonucunda yüksek fırın cürufunun ne kadar önemli bir katkı maddesi olduğu gözlenmiştir. Sadece YFC kullanılarak üretilen kendiliğinden yerleşen betonlarda istenen düzey yakalanmıştır. Yüksek rakımlı alanlarda, rüzgârlı ve sert doğa koşulları altında inşa edilen rüzgâr santrali projesi için betonda istenilen özellikler, özellikle düzgün beton yüzeyi elde edilmiştir

Aydın ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada, birçok katkı maddesi ile oluşturulan betonlar üzerinde deneyler icra etmiştir. Kullanılan katkılar sırası ile uçucu kül (C ve F sınıfı), silis dumanı ve metakaolin, kimyasal katkı olarak ise, hava sürükleyici, köpük önleyici ve büzülme önleyici katkılardır. Silis dumanı ve metakaolinin alkalilerle aktive edilmiş harçların kuruma büzülmesini azaltmada oldukça etkin olduğu, ancak kimyasal katkıların yararlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Silis dumanı ayrıca su ihtiyacını azaltma bakımından da çok etkin bir davranış sergilemiştir. Bu sayede, dayanımı 180 MPa seviyelerine ulaşan çelik lifli kompozitlerin üretilebileceği görülmüştür.

Bilim ve diğ. (2006) yaptıkları çalışmada, farklı miktarda su-çimento karışımı ile hazırlanmış harçlar kullanarak aşınma dirençleri ile birlikte eğilme ve basınç mukavemetleri üzerinde cüruf yer değişiminin etkileri araştırılmıştır. Deneyler yapılırken iki farklı ortam kullanılmıştır. Yüksek fırın cürufu, İskenderun Demir Çelik Fabrikası'ndan elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, kür şartlarının cüruf içeren numuneleri, şahit numunelere göre daha fazla etkilediğini ve ıslak kür edilmiş harç numunelerinin, kuru kür edilmiş harç numunelerine göre daha yüksek dayanım ve aşınma direnci sergilediklerini göstermiştir.

Binici ve diğ. (2012) yaptıkları çalışmada, klinker, bazaltik pomza ve granüle yüksek fırın cürufu (GYFC) ile üretilen çimentoların öğütme metodunun, çimentonun özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Klinkere bazaltik pomza (BP) ve granüle yüksek fırın cürufu (GYFC) % 10, %20 ve % 30 oranlarında katılarak kompoze çimento üretilmiştir. Klinkere göre, BP ve GYFC'nun öğütülebilirlikleri karşılaştırıldığında, BP'nın daha yumuşak ve daha kolay öğütülebildiği, GYFC ise daha sert ve klinkere göre daha zor öğütüldüğü görülmüştür. BP ve GYFC birlikte öğütülürken öğütmeyi kolaylaştırdığı görülmüştür. Öğütme sürelerinin karşılaştırılmasından, GYFC'un öğütme süresinin en uzun olduğu görülmüştür. Kompoze çimento ile üretilen örneklerin daha düşük dayanım göstermesinin nedeni, BP ve GYFC'un klinker ile birlikte öğütülmesinden kaynaklandığı, ayrı ayrı

öğütülen örneklerin dayanımları, birlikte öğütülen örneklerin dayanımlarından daha yüksek bulunmuştur.

Binici ve diğ. (2008) yaptıkları çalışmada, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomzayı ayrı ayrı veya birlikte içeren betonların mekanik aşınma ve geçirgenlik özelliklerinin araştırılması bu çalışmanın temel amacıdır. İnce agreganın yüksek fırın cürufu veya bazaltik pomza ile yer değiştirme yüzdeleri bu çalışmada değişik şekillerde araştırılmıştır. Üretilen betonların aşınma dayanımları araştırılmıştır. Sonuçları betonda yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza varlığının aşınmazlık ve su geçirimsizliğine olumlu etkiler yaptığını göstermiştir. Sonuçlar beton aşınması ve geçirgenliliğinin katkı tipi ve miktarına bağlı olduğunu ortaya koymuştur. Katkılı örneklerin aşınma dayanımı kontrol betonundan daha düşük bulunmuştur. Diğer yandan özellikle bazaltik pomza katkılı örneklerin permeabilite değerleri kontrol örneğinden daha düşük bulunmuştur.

Çağatay ve diğ. (2011) yaptığı çalışmada, portland çimentosu (PÇ) ile granüle yüksek fırın cürufu (GFFC) mineral katkı maddesinin ikili harç numunelerinin basınç, eğilme ve aşınma özelliklerine olan etkileri incelenmiştir. Basınç, eğilme, aşınma dayanımı sonuçlarına göre tekli mineral karışımlarda %5-%50 mertebesinde GFFC'nun çimento katkı malzemesi olarak kullanılabileceği kanaatine varılmıştır. Harç numunelerinin aşınma değerleri genel olarak uzun dönemde daha iyi olduğu tespit edilmiştir.

Okyay ve diğ. (2002) yaptığı çalışmada, yüksek dayanımlı ve yüksek performanslı betonların tasarımında yüksek fırın cürufu kullanımının geçirimsizlik ve durabilite özelliklerine etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak öğütülmüş yüksek fırın cürufu kullanılarak erken ve ileri yaş dayanımları yüksek betonlar üretmek mümkündür. Bu betonlar, sadece yüksek dayanımlı olmayıp, aynı zamanda yüksek işlenebilirliğe ve kendiliğinden sıkışma özelliğine de sahip olabilmektedirler. Yüksek fırın cürufu kullanımı ve uygun çimento tipi seçimi ile bu betonların erken yaşta ısıl çatlak oluşturma riskini azaltmak mümkündür. Öğütülmüş yüksek fırın cürufu, yüksek performans kriterleri arasında sayılabilecek geçirimsizlik ve donma-çözülme dayanımı açısından da betona olumlu katkıda bulunmuştur. Öğütülmüş yüksek fırın cürufu kullanılarak üretilmiş betonun klorür geçirimsizliği, basınçlı su ve kılcal su geçirimsizliği düşüktür. Buz çözücü tuzlar etkisinde, donma-çözülme kaynaklı yüzeysel soyulmalara karşı dayanımı istenilen kriterleri sağlamıştır.

Öner A. ve diğ. (2009) yaptığı çalışmada, kırma taş kumu ile doğal kumun belirli oranlarda yer değiştirmesinin; öğütülmüş yüksek fırın cürufu (ÖYFC) içeren ve içermeyen

betonların basınç dayanımı ve eğilme dayanımı gibi mekanik özelliklerine ve donma-çözülme dayanıklılığına etkisi incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda betonların basınç ve eğilme dayanımlarının kırma kum içeriğinin artmasıyla arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, ÖYFC'lu betonların erken yaşlarda başlayan donma-çözülme etkilerine dayanıklılığının normal betonlara göre az olduğu görülmüştür.

Özkan, (2010) yaptığı çalışmada, bağlayıcı olarak öğütülmüş atık şişe camlar ve endüstriyel yan ürünler içeren harçların özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, iki farklı renkte camın tek başlarına ve cama ilaveten yüksek fırın cürufu'nun çimento ile çeşitli oranlarda yer değiştirmesi suretiyle oluşturulan harç numuneleri üretilmiştir. Numunelerin basınç dayanımı, NaCl, Na_2 , SO_4 , $MgSO_4$ ve yüksek sıcaklığa karşı dayanıklılıkları araştırılmıştır. Ayrıca ASR yönünden genleşme ölçümleri yapılmıştır. Basınç dayanımında %10 renksiz cam-yüksek fırın cürufu yer değiştirmesinde en yüksek sonuç elde edilmiştir. Diğer dayanıklılık deneylerinde ise bütün yer değiştirme oranlarında referanstan yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Özkan (2001) yaptığı çalışmada, yüksek fırın ve çelikhane cürufu katkılı harçların çimentolarla üretilen çimento harçların basınç dayanımına yüksek sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Yüksek fırın ve çelikhane cürufu ayrı ayrı ve birlikte çimento katkısı olarak kullanıldıklarında priz sürelerini geciktirmişlerdir. Katkı miktarındaki artış ve çimentoların incelik değerlerindeki azalma mukavemet değerlerine de etki etmektedir. Hazırlanmış olan bütün serilerde 600°C sıcaklık etkisi sonrasında ani bir mukavemet kaybı görülmektedir. 800°C de genel olarak mukavemetin %80'i kaybolmaktadır.

Uluöz ve diğ. (2005) yaptıkları çalışmada, değişik katkı malzemeleri ile betonun geçirimsizliği üzerinde bir araştırma yürütmüşlerdir. Bu çalışmanın sonunda yüksek fırın cürufunun en temel özelliği olan betonu boşluksuz bir yapı haline getirme bir daha gözlemlenmiştir. Ayrıca zaman geçtikçe betonun dayanımının arttığı ve dış etkilere daha az etkilenir hale geldiği görülmüştür.

Uysal (2008) yaptığı çalışmada, granüle yüksek fırın cürufu (GYFC) ve uçucu külün çimento ile çeşitli ikame oranlarında kullanılmasıyla elde edilen betonların donma-çözülme etkisi altında basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve ağırlıklarındaki değişim araştırılmıştır. Bu amaçla beton karışımlarında 300 ve 400 doz olmak üzere iki doz belirlenmiş ve her iki doz için çimento ile % 10, % 20 ve % 30 ikame oranında uçucu kül, % 10, % 20, % 30 ve % 40 ikame oranında ise GYFC mineral katkı olarak kullanılmıştır. Deney sonuçları incelendiğinde, numuneler içerisinde donma-çözülme etkisine karşı en iyi

performansı GYFC ikameli betonlar göstermiş ve daha yüksek bağlayıcı miktarı içeren betonların donma-çözülme çevrimine maruz kalacak yapılarda daha iyi davranış göstereceği anlaşılmıştır.

Yazıcı (2011) yaptığı çalışmada, yüksek fırın cürufu katkılı harçların sülfat dayanıklılığı incelenmiştir. PÇ 42.5 çimentosu kullanılarak hazırlanan, değişik oranlarda yüksek fırın cürufu (YFC) içeren harçların sodyum sülfat çözeltisinde farklı koşullarda bekletildiklerinde yaptıkları genleşmeler ve basınç dayanımlarındaki değişimler belirlenmiştir. Yüksek fırın cürufu kullanımı harçların sülfat dayanıklılığını olumlu yönde etkilemiştir.

Yazıcıoğlu ve diğ. (2010) yaptıkları çalışmada, yüksek fırın cürufunun betona katılması halinde basınç dayanımına ve çarpma enerjisine ne gibi etki edeceğini incelemiştir. Maksimum tane çapı ile doğru orantılı olarak basınç dayanımının ve çarpma etkisinin de arttığı tespit edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, maliyeti azaltmak açısından cüruf katkısının %5'e kadar çimento katkı malzemesi olarak betonda kullanılabileceğini göstermiştir.

2.4.3. Mermer Atıkları

Mermerin fiziksel özelliklerinden dolayı işlendiğinde büyük miktarda toz atığı meydana gelmektedir. Meydan gelen toz atıkları mevcut işletmelerin taşıma hassasiyeti göstermemesi ve taşımanın ağır maliyetinden dolayı çevresinde büyük sorunlar meydana getirmektedir. Bu sorunları görüntü bozukluğu ve sağlık açısından ele alınmıştır. Bu nedenle mermer toz atıklarının geri dönüşümü üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Özellikle yol üst yapı inşaatında kullanılması ekonomiye ve çevreye önemli bir katkı getirecektir. Mermer tozlarının agrega olarak kullanıldığında boşluk miktarında gözle görünür bir azalmaya gittiğini ve sıcakların arttığı yaz aylarında asfalt betonunda meydana gelecek bozulmaları engellediği tespit edildiğinden yol üst yapılarında kullanılması ülkemiz açısından büyük önem arz etmektedir. Yapılan araştırmalar asfalta katılan mermer tozunun asfalt yaşlanmasını önemli oranlarda geciktirdiğini göstermiştir. Eklenen mermer tozu asfalt çimentosunun viskozitesinin artmasını sağlayarak teker izi deformasyonlarının azalmasında faydalı olmaktadır (Little ve Epps, 2001). Mermer toz atıklarının asfalt betonu karışımında filler malzemesi olarak kullanılabilirliği üzerinde yapılan çalışmalar, taş tozu filler malzemesinin az bulunduğu veya bulunmadığı yerlerde, mermer tozunun filler

malzemesi olarak bitümlü karışımlarda değerlendirilebileceğini göstermiştir (Terzi ve Karaşahin, 2003), (Çetin ve Tuncan, 1997). Bunun dışında mermer toz atıkları sıva katkı malzemesi, çimento üretiminde katkı malzemesi, kireç üretiminde, refrakter malzeme olarak inşaat sanayinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır.

Mermer toz atıkları sadece agrega olarak kullanılmakta kalmamaktadır. Ayrıca yoğun deprem bölgeleri olan ve zemin özellikleri kötü olan yerlerde inşa edilen yapıların zemini için iyileştirme amacı ile kullanılabilir. Bütün binaların bir zemine inşa edildiğini düşündüğümüzde aslında mermer tozlarının ne kadar büyük bir boşluğu doldurduğunu anlarız. Hangi zaman dilimi olursa ve hangi tür yapı olursa olsun bir zemin üzerine inşa edilmiştir. Zeminde meydana gelen boşlukların yüksek miktarda çökmelere ve oturmalara meydan verdiğini biliyoruz. O yüzden mermer toz atıklarının zemine katılması ile gerekli dayanım sağlanabilir. Günümüzde bu konuda birçok kimyasal çalışma mevcuttur.

Geçirimlilik, kayma direnci, oturma ve benzeri özelliklerden dolayı kullanım amacına uygun olmayan zeminlerin ortaya çıkardığı problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılan üç yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi istenmeyen zemini kazıyarak yerine istenen özellikleri taşıyan bir malzeme koymaktır. Ancak yapılacak kazı hacminin çok yüksek olduğu durumlarda yöntem ekonomik olmamaktadır. Bu durumda akla gelen ikinci çözüm, zemini olduğu gibi kabul edip, üst yapıdaki taşıyıcı elemanların boyutlarının ve kullanılan malzemenin kalitesinin artırılmasıdır ki bu durumda maliyet oldukça yüksek olabilmektedir. Üçüncü bir yöntem ise zemin içerisine çimento, kireç, mermer tozu, uçucu kül gibi çeşitli kimyasal maddeler katılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesidir. Kimyasal stabilizasyonda kullanılan kireç orta, ince ve çok ince daneli zeminlerle reaksiyona girerek plastisitenin düşmesine, işlenebilirliğin artmasına, şişmenin azalmasına ve mukavemetin artmasına neden olmaktadır. Zemin sınıfı, CH, CL, MH, ML, MLCL, SC, SM-SC, SM, GC, GM-GC, GM olan ve silt, kil içeren ince gradasyonlu zeminlerin kireç ile stabilize edilerek ıslah edilmeleri mümkündür. Dolayısı ile kireç stabilizasyonu killi zeminlere uygulanan bir metottur amacı zeminin deformasyona olan direncini arttırmaktır. Mermer tozunun killi zeminlerde kirece benzer bir iyileştirme yaptığı literatür bilinmektedir (Okagbue ve Onyeobi, 1999). Dolayısıyla mermer sanayinde meydana gelen toz atıkları killi yol alt yapılarında kimyasal stabilizasyon malzemesi olarak hızlı bir şekilde değerlendirilmesi suretiyle çevre kirliliğinin azaltılması ve bu atıl malzemenin ekonomiye bir inşaat malzemesi olarak kazandırılması sağlanabilir. Kullanıldığı bir diğer yapı malzemesi de betondur.

Yapılan araştırmalar beton üretiminde ince malzeme oranının %10 gibi küçük bir oran mermer tozu ilavesi ile basınç dayanımında artış olduğu görölmüştür. Ayrıca mermerlerin işlenmesi sırasında büyük boyutlarda mermerin zayı olmaması için belli boyutlarda kırılarak farklı alanlarda kullanılabilir. Bunlar beton ve asfalt karışımlarda agrega, yol zemini ve baraj inşaatlarında dolgu malzemesi, suni mermer plağı, karo sıman ve bir mermer süsleme sanatı olarak antik taş yapımında kullanılmasıdır. Betonda basınç dayanımını belirleyen önemli özelliklerden biriside agregaların özellikleridir. Mermer kökenli agregaların aşınma ve dane dayanımlarının düşük olmasının bilinmesine karşın belirli beton sınıflarında mermer kökenli agregalar kullanılabilir. Özellikle mermer ocaklarında açığa çıkan mermer parça atıklarının agrega olarak değerlendirilmesi ile ilgili özel girişim örneklen Afyon çevresinde görölmektedir. Bu sayede doğal kaynakların korunması sağlandığı gibi aynı zamanda atık azaltılması ve faydalanılması gerçekteştirilmiştir.



şekil 2.3. Atık mermer yığınlarından bir görünüm

Gökçer ve diğ. (2004) yaptıkları çalışmada, iki farklı malzeme olan atık mermer tozu ile cam liflerinden üretilen numunelerin yüksek sıcaklık altındaki davranış değişikliklerini incelemiştir. Farklı miktarlarda cam lif ile takviye edilmiş harç numunelerine, filler malzeme ile ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave etmişlerdir. Elde edilen numunelerin, mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine yüksek sıcaklığın etkisini incelemişlerdir. Yapılan bu çalışma neticesinde, yüksek sıcaklığa

maruz kalan cam lif ve mermer tozu katkılı harç numunelerinin, porozite ve kılcal su emme değerlerinin arttığı, ultrases geçiş hızı, eğilmede çekme dayanımı ve basınç dayanımı değerlerinin ise azalttığı görülmüştür.

Demir ve diğ. (2003) yaptıkları çalışmada, mermer tozlarının havuzlarda bekletildikten sonra duvar bloklarda kullanılabilirliğini incelemiştir. Yapılan çalışmada havuz çökeltisinde bekletilen mermer tozunun yanı sıra perlitte kullanılmıştır. Perlit ağırlıkça % 2.5- %5 arasında mermer tozuna katılmıştır. Deney örnekleri üzerinde fiziksel ve mekanik testler uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçta kendi gurubuna giren hafif beton duvar malzemeleri ile karşılaştırıldığında ekonomik şartlarda ve yeterli mekanik özellikleri sağlayan hafif duvar elamanı üretilebileceği belirlenmiştir.

Açıkgenç ve diğ. (2002) yaptıkları çalışmada, mermer tozlarını kullanarak yeni bir yapay sinir ağı modellemeye çalışmıştır. Bu modellemede farklı oranlarda mermer tozlarının karıştırılması ile elde edilecek olan kendiliğinden yerleşen betonun dayanım özellikleri araştırılmıştır. 28 günlük basınç dayanımları üzerinden modelleme yapılmıştır. Karışım oranları yapay sinir ağlarına giriş verisi olarak girilmiştir. Çalışma sonucunda başarılı olan yapay sinir ağları modelinin, beton tasarımı için kullanılabilecek yöntemler arasında yer alması amaçlanmıştır. Girişi kendiliğinden yerleşen beton karışım oranları olan ve çıkışı, bu karışımlara sahip betonların 28 günlük basınç dayanımı olan Yapay Sinir Ağı, bu çalışmada başarılı olmuştur. 64 adet eğitim verisini öğrendikten sonra, 7 adet test verisine de doğru çıkışları üretebilen YSA, bu problemde kullanılabilirliğini kanıtlamıştır.

Erdem ve diğ. (2000) yaptığı çalışmada, mevsimsel farklılıkların fazla olduğu yörelerde betonun en fazla etkiye maruz kaldığı donma-çözünme olayı ile mermer tozu ilavesi ile üretilen betonların ne gibi bir reaksiyon vereceği irdelenmiştir. Mermer tozunun işlenebilirlik üzerindeki etkileri ve üretilen numunelerin yayılma değerleri ile basınç ve eğilme dayanımlarının ölçülmesi hedeflenmiştir. Yapılan deneylerde mermer tozu ağırlıkça %0, %10, %20 ve %30 oranlarında karışımında çimento yerine kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, mermer tozu ilavesinin dayanım üzerindeki olumlu etkisi gözlemlenmiştir.

Tanyıldızı ve diğ. (2005) yaptığı çalışmada, katkı olarak Doğu Anadolu Bölgesi'ne özgü hatta özel olarak Elazığ yöresinde görülen vişneçürüğü mermer tozunu mineral katkı olarak kullanmıştır. Bunun yanında agrega olarak da pomza taşı kullanıp elde edilen betonlarda basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği araştırılmıştır. Mermer tozu çimento ağırlığının %0, %10 ve %20'si oranlarında değiştirilerek kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, %10 mermer tozu katkılı beton numuneler kontrol betonuna

göre daha iyi dayanım özelliği göstermeye başlamıştır. Ayrıca %20 mermer tozu katkılı hafif betonun basınç dayanımı değerleri kontrol betonuna göre daha düşük dayanım özelliği göstermiştir.

Yıldız ve diğ. (2006) yaptığı çalışmada, kendisinden önce üzerinde çalışılmamış bir alanı tercih etmiştir. Mermer tozlarını filler malzeme olarak kullanarak elde edilen numunelerin üzerinde çeşitli deneyler yapmıştır. Bu amaçla, farklı iki dozlu olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında karışıma 5, 10, 15 ve 20 kg/m³ oranlarında kırılmış cam lif ilave edilerek elde edilen bu serilere filler malzeme ile hacimce %25, %50, %75 ve %100 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave edildi. Çalışma neticesinde, cam lif katkılı betonlara atık mermer tozu ilavesi ile elde edilen numunelerin basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve ultrases geçiş hızı artmış, porozite ve sorptivite değerleri de azalmıştır. Atık mermer tozunun katkı malzemesi olarak cam lif ilaveli betonlarda kullanılabilir olduğu ve lif ilavesi ile zayıflayan beton özelliklerinin mermer tozu ile iyileştirildiği görülmüştür.

2.4.4. İnşaat ve Yıkıntı Atıkları

Modern diye tabir ettiğimiz toplumların gözle görülene en büyük sorunlarının başında katı atıkların kontrolsüz bir şekilde çoğalması ve bunların düzgün bir şekilde işlenememesi gelmektedir. Gelişmiş ülke ve gelişmiş şehirlerde inşaat ve yıkıntı atıkları (İYA) katı atıklar içerisinde büyük bir miktarı işgal etmektedir. Bütün atıklarda olduğu gibi inşaat ve yıkıntı atıklarının yeniden kullanımı çevresel ve ekonomik olarak ülke yönetimleri için önemli bir yerde durmaktadır.

İkinci dünya savaşının ülkelere verdiği ağır zararların yanında birçok yapının yığın haline gelmesi ile ülkeler İYA'nın geri dönüşümü üzerine kafa yormaya başlamışlardır. Devam eden bu çalışmalar günümüze gelindiğinde beraberinde birçok sıkıntı ile gelmiştir. Mesela yapım işlerinde kullanılacak doğal kaynakların azlığı, depolama ve görüntü kirliliği gibi sebepler başta gelmektedir. Bunun yanında taşıma ve vergi yükünü öne çıkan sıkıntılar olarak görünmektedir.

İnşaat sektörün sıfırdan imal edilen inşaatların bitimi ile veya eski bir inşaatın yıkımı ile inşaat yıkıntı atıklarının ortaya çıktığı gözlenmektedir. Özellikle büyük yapılar olan konut, okul, hastane ve endüstriyel tesisler, karayolları, demir yolları ve hava alanı pistleri bu yapıların başında gelmektedir. Bu yapıların hem yapımı hem yıkımı hem de tadilat ve

onarımında büyük miktarda inşaat ve yıkıntı atığı açığa çıkmaktadır. Bunların dışında da doğal afetler veya yangın gibi afetlerle beraberde inşaat ve yıkıntı atıkları ortaya çıkabilmektedir.

Yapılarda en büyük payın betonda olması atık olarak meydana gelen yığınlarda da en büyük oranın betonda olması gibi bir sonucu ortaya çıkarıyor. Son yıllarda kentsel dönüşüm ile beraber yeniden kullanımı ve geri dönüşümü konularını inceleyen çok sayıda çalışma yapılmıştır.

İYA başta beton olmak üzere, kum, çakıl, tuğlalar, seramik, doğal kayalar, moloz, asfalt, tahta, çeşitli metaller, cam, flüoresan lamba, plastik, halı parçaları, yalıtım malzemeleri vb. ile insan sağlığına zararlı bazı maddeleri (asbest, kurşun vb.) içerebilmektedir. İYA yönetimi genel olarak, katı atık yönetimindeki gibidir. Atıkların azaltılması, kullanılabilir malzemelerin yeniden kullanımı ve geri kazanımı, geri kalan kısmın depolama alanlarında toplanması şeklindeki bir düzen içerisinde değerlendirilebilir.

Doksanlı yıllarda bazı Avrupa ülkelerinde İYA'nın Belçika' da %80, Almanya'da %60, Danimarka ve Finlandiya'da %40, Hollanda ve İsveç'te %20 civarındaki kısımları geri dönüştürülerek kullanılabilmiştir. 2002 yılı verilerine göre, Danimarka, Almanya ve Hollanda'da bu atıklarının %80' den fazlası, Finlandiya, İrlanda ve İtalya'da %30 ile %50 arası, Lüksemburg'ta ise %10'u geri dönüştürülerek kullanılmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde 2005 yılı verilerine göre her yıl 130 milyon ton İYA ortaya çıkmaktadır (Lennon, 2005). ABD'de atıkların yeniden kazanımının verimini artırmak üzere çok sayıda örnek olay incelemesi yürütülmektedir. Örneğin bir çalışmada bu atıkların %92 oranında geri kazanıldığı ve toplamda %63 oranında maliyet tasarrufu sağlandığı belirlenmiştir (Lennon, 2005). Japonya'da %90 oranında geri kazanım hedefi belirlenmiş, 2000 yılında yaklaşık %96' ya ulaşılmıştır. Hollanda'da İYA' dan elde edilen çeşitli boyutlardaki taş malzemenin %95'i yol taban malzemesi olarak tekrar kullanılmakta, yeniden kullanımın seviyesi ve kalitesini yükseltmeye yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye'deki yıllık katı atık üretiminin 2005 yılı verilerine göre 38 milyon ton olduğu rapor edilmiştir (Esin, 2007). Bunun %25'inin İYA olması durumunda, yılda yaklaşık 10 milyon tonluk bir inşaat yıkıntı atığı olduğu hesaplanabilir. İYA'nın yönetimi yasalarla belediyelere verilmiştir. "Hafriyat Toprağı ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" ile bu atıkların yönetiminin nasıl yapılacağı belirlenmiştir.

İnşaat yıkıntı atıkları yönetimi alanındaki çalışmalarda öncelikle atığın azaltılması gereği üzerinde durulmaktadır. Bunun için;

- İnşaatlarda uzun ömürlü, iç ve dış etkilere karşı dayanım ve dayanıklılığı yüksek malzemelerin kullanılması,
- Yapıların kullanıcının istek ve arzularına göre şekil değiştirme potansiyeline sahip olacak şekilde esnek tasarlanması,
- Yapı malzemelerinin modüler yapı sistemlerine uygun olarak üretilmesi,
- Malzemelerin birbirinin yapısını etkilemeyecek şekilde ve olası bir tadilatla kolayca sökülüp takılmalarına imkân verecek şekilde detaylandırılması, çalışanların bu konularda bilgilendirilmesi önerilmektedir.

İnşaat ve yıkıntılardan elde edilecek yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir ürünlerin, üretildikleri yerde ayrı toplanması esastır. Yıkımı planlı şekilde yapılacak yapıların, yeniden kullanılabilir malzemelerin zarar görmemesi için bir plan içerisinde yıkılması ve pazarlara iletilmesi gereklidir. Karışık yıkıntı atıkları, elle veya otomatik cihaz ve sistemler vasıtası ile ayrılır. Ayırma işlemi için gerekli cihaz ve sistemler ürünlerin geri kazanım maliyetlerini oldukça artırır (Lennon, 2005).

Doğal kaynakların kıtlığı, çevrenin korunmasına olan ilginin artması, depolama alanlarının yetersizliği vb. sebepler belediyeler ve hükümetleri inşaat ve yıkıntı atıklarının yeniden kullanımı ve dönüşümleri ile ilgi tedbirler almaya zorlamaktadır. Bunun için birçok ülke ve şehirde atıkların azaltılmasına yönelik planlar hazırlanmakta, atıkların depolama alanlarına kabul ücretleri ve vergileri arttırılmaktadır.



Şekil 2.4. Atık inşaat ve yıkıntı yığınlarından bir görünüm

Özkan (2004) yaptığı çalışmada, bilinçsiz ve uygunsuz bir şekilde şehirlerimizin birçok yerinde moloz yığınlarının atıldığını incelemiştir. Eskiyen yapıların tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de eninde sonunda yıkmanın kaçınılmaz olduğuna değinmiştir. Bu kadar yığın meydana gelirken bunların kontrol ve yönetiminin nasıl olması gerektiği araştırılmıştır. Bununda olsa olsa geri dönüşüm ile mümkün olduğu söylenmiştir. Ankara'da belediyelerden ve Devlet İstatistik Enstitüsü'den alınan bilgilere göre yıllık 47471 m³ moloz artığı olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak büyük şehirlerde yıkımlar sonucu oluşan molozlar için döküm bölgeleri oluşturulması gerektiği ve bu bölgelerde molozları geri dönüştürebilecek hareketli tesislerin kurulması gerektiği tavsiye edilmiştir.

Oikonomou (2010) tarafından yapılan çalışmada, deprem, sel v.s. gibi doğal afetlerin meydana getirdiği ve eski olan binaların yıkımı ile ortaya çıkan malzemelerin oranlarını belirlemiştir. Bu oranları belirlemesi ile kullanım alanları ve nerede kullanmaya uygun olduğu üzerine bir inceleme yürütmüştür. Yıkım atıklarının ortalama, % 40'ının beton, % 30'unun seramik, %5'inin metal, %5'inin plastik, %10'unun ahşap ve geri kalan %10'unun çeşitli malzemelerden oluştuğu belirtilmiştir. Geri dönüşüm agregalarının kullanılmasının çevresel katkılarının olacağı sonucuna varmıştır.

Rakshvir (2009) yaptığı çalışmada, inşaat ve yıkıntı atıklarının agrega olarak kullanılması sonucu beton üzerindeki olumlu ve olumsuz sonuçları araştırmıştır. Mekanik ve fiziksel olarak iki yönden araştırmalarını yürütmüştür. Yapılan gözlemlerde atık miktarı arttıkça basınç mukavemetinin düştüğü gözlenmiştir. Geri dönüşüm agregalarının su emmelerinin doğal agregalardan fazla olduğu beton karışımı sırasında gözlenmiştir.

Günçan (2006) yaptığı çalışmada, beton sınıfı C16 sabit tutularak inşaat ve yıkıntı atıklarının agrega oranlarında artışa giderek numuneler üretmiştir. 6 sınıf numune grubu oluşturmuştur. %0, 30, 50, 60, 70, 100 oranlarında atık agrega kullanarak meydana gelen betonda birim ağırlığı, su emme kapasitesi, elek analizi, kuru birim ağırlığı, aşınma, dayanım gibi birçok deney yapmıştır. Sonuçta beton karışımı içindeki eski beton atığı miktarının arttıkça betonun dayanımının ve birim hacim ağırlığının azaldığının tespit etmiştir.

Köken (2001) ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, beton basınç mukavemeti 20 MPa olan atık betonlardan elde edilen geri dönüşüm agregalarının fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiş, bu agregalardan farklı karışımlarda beton üretilmiştir. 1. karışımın tamamı geri dönüşüm agregasından oluşmaktadır. 2. karışımın iri agregası geri dönüşüm agregası olup ince agregası kırma taş kumdur. 3. karışımın ise tamamı kırma taş agregadan

üretilmiştir. Bütün karışımlar aynı dozajda üretilerek birbirleriyle kıyaslanmıştır. Sonuç olarak; geri dönüşüm agregası kullanılarak üretilen betonlarda geri dönüşüm agregası oranı arttıkça beton basınç mukavemetinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Demir (2012) yaptığı çalışmada, inşaat ve yıkıntı atıklarının tekrar piyasaya kazandırılmasının sebeplerini incelemiştir. Bunu yaparken ekonomi, teknik ve çevresel faktörler üzerinde durmayı tercih etmiştir. Geri kazanılmış agreganın (GKA) bazı teknik özellikleri ve kullanım alanları, GKA ile yapılan betonların özelliklerini iyileştirmeye yönelik çalışmalar araştırılmıştır. Son olarak geri kazanılmış beton (GKB) atıklarının değerlendirilmesi önündeki zorluklar ve bunların çözümüne ilişkin öneriler sunulmuştur.

2.4.5. Lastik Atıkları

Günümüzde lastik atıkları olarak birçok malzeme bulunmaktadır. Bunların başında cam şişeler, plastik içecek ve yemek kutuları, çelik kavanozlar, döşeme ve mobilya kaplama malzemeleri, kırılmış seramikler, geri kazanılmış beton atıkları ve atık taşıt lastikleri gelmektedir. Özellikle yıpranma oranının yüksek olması ve fazla miktarda kullanıma bağlı olarak atık taşıt lastikleri büyük bir yekûnu ifade etmektedir. Bazı ülkelerde atık haline gelen taşıt lastik miktarının büyüklüğü haddinden fazla olması ülkeleri ister istemez geri dönüşüm konusuna eğilmeye itmiştir. Bu ülkelerin başında 242 milyon adet parçalanmış lastikle Amerika gelirken, Portekiz’de yaklaşık olarak yılda 50 bin ton kullanılmış lastik açığa çıktığı, Tayland’da 2001 yılında yaklaşık olarak 94 bin ton atık lastiğin ortaya çıktığı, Fransa’da her yıl 10 milyonun üzerinde atık lastiğin meydana geldiği, Brezilya’da her yıl yaklaşık 10-15 milyon atık lastiğin biriktiği ve Türkiye’de ise 2000 yılında yılda yaklaşık 180 bin ton atık lastik biriktiği kaydedilmiştir.

Atık lastiklerin geri dönüşümde kullanılmasının yanında dönüştürülmedikleri zaman çevreye fazlaca zarar verdiği, yangın potansiyeli taşıdığı ve kemirgenler için üreme ve mikrop alanı olduğu bilinmektedir. Atık lastiklerle ilgili günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. Nerede ve ne şekilde kullanabilirliği irdelenmiştir. Bu sektörlerin başında asfalt-beton gibi yapı malzemeleri, elektrik santrallerinde yakıt olarak kullanımı ve tekrar plastik üretiminde kullanılması gelmektedir. Yapılan bu araştırmalarda en dikkat çekici olan atık lastiklerle üretilen asfaltların kayma dirençlerinin yüksek olması, çatlamalara daha az meydan vermesi ve uzun ömürlü olmasıdır. Ancak kauçuklu asfaltın ilk maliyetinin geleneksel asfalta oranla %40 ile %100 daha fazla değişen oranlarda olması ve

uzun vadede getireceği faydaların tam olarak bilinmemesi nedeniyle bu konudaki çalışmalar giderek azalmıştır.

Diğer taraftan, atık lastiklerin beton içerisinde agrega olarak kullanımı ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Lastik agregalı beton üretimi, normal agreganın karışım içerisinde hacimsel olarak lastik agregalar ile yer değiştirilerek daha masrafsız bir yöntemle yapılmaktadır. Beton karışımındaki normal agreganın hacimsel olarak atık lastiklerle yer değiştirilerek yapılmaktadır. Lastik agregalı beton geleneksel betona göre daha düşük birim ağırlık ve yüksek tokluğa sahiptir. Ancak, lastik miktarı arttıkça basınç dayanımı azalmaktadır.



şekil 2.5. Atık lastik yığınlarından bir görünüm

Emiroğlu ve diğer. (2005) yaptıkları çalışmada, atık lastiklerin betonda ince ve iri lastik agregalar kullanılmasını incelemiştir. Bu çalışmayı yaparken atık lastik miktarlarında yaptığı oynamalarla birlikte dört çeşit beton üretmiştir. Bu betonların içine hacimsel olarak %5, %10, %15 ve %20 oranlarında lastikleri agrega olarak kullanmıştır. Kullandığı lastik agregalar ile üretilen betonların elastise modüllerini değişik ülkelerdeki standartların deneysel formülleri ile hesaplamıştır. Sonuçta bulduğu elastise modülleri ile deneysel olarak hesaplanan elastise modülleri arasında bir kıyaslamaya gitmiştir. Sonuç olarak, betondaki lastik miktarı arttıkça deneysel verilerle hesaplanan elastisite modülleri ile ampirik formüllerle hesaplanan elastisite modülleri arasındaki ilişkinin azaldığını belirlemişlerdir. Ancak, Amerika Beton Enstitüsü (ACI) tarafından önerilen formül ile

deneysel olarak hesaplanan elastisite modülü arasında oldukça yüksek bir ilişki olduğu görülmüştür.

Topçu ve diğ. (2000) yaptıkları çalışmada atık otomobil lastikleri ile üretilen betonlarda ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı incelemiştir. Bu betonların özellikleri belirlenirken yapay sinir ağları (YSA) ve bulanık mantık (BM) kullanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, YSA ve BM modellerinden elde edilen sonuçlar ile deneylerden elde edilen sonuçlar arasında oldukça iyi bir uyum gözlenmiştir. Beton karışım bilgilerine sahip olduğunda, YSA ve BM yöntemlerinde oluşturulan modeller kullanarak deney yapmadan çok az bir hatayla çok kısa bir sürede beton özellikleri tahmin edilebilir.

2.5. Çalışmanın Amacı

Kurşun madeni atığı kayaçların (pasa) beton agregası olarak kullanılması ile üretilen betonların, fiziksel, mekanik özellikleri araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonunda olumsuz çevresel etkileri olan kurşun madeni atığı kayaçların betonda kullanımı ile kireçtaşı agregalarına göre beton özelliklerini arttırmak ve kurşun madeni atıklarının olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması amaçlanmaktadır.

3. MATERYAL METOT

3.1. Materyal

Yapılan çalışmada beton üretiminde agrega (Kurşun madeni atıkları ve Kireçtaşı), çimento ve Gümüşhane şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.1.1. Agregalar

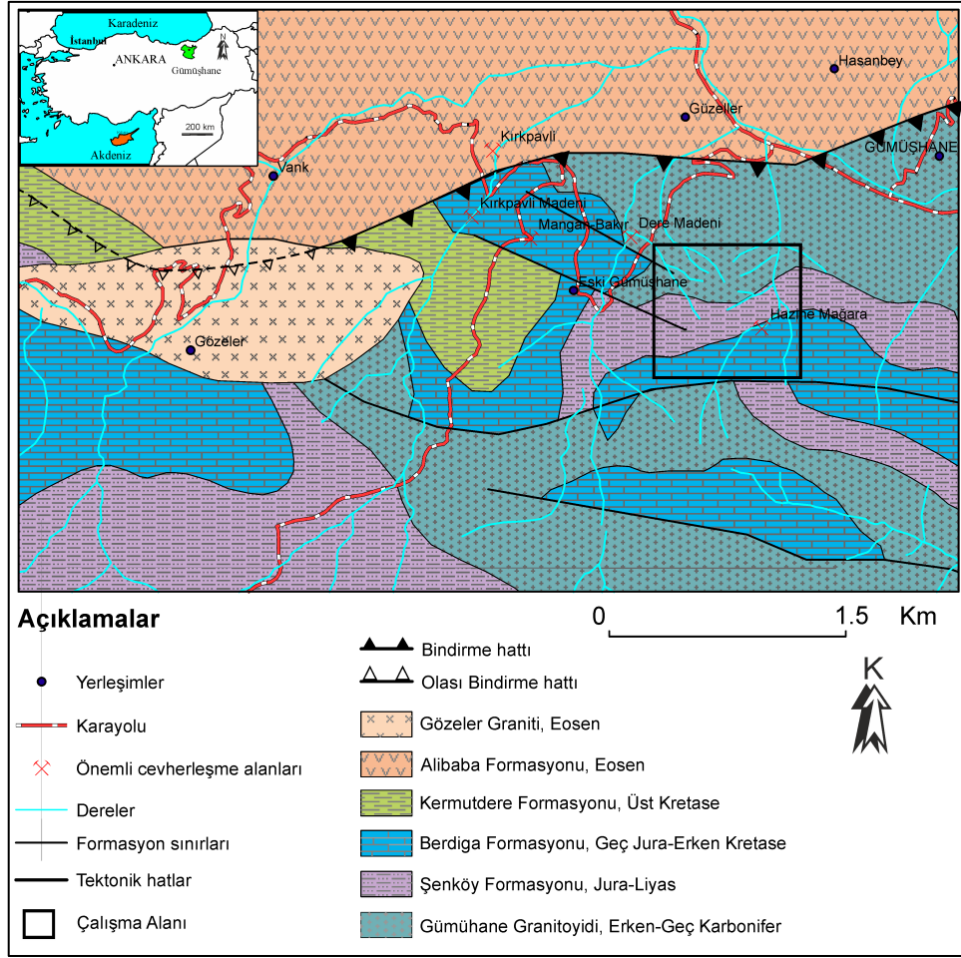
Çalışmada kullanılan kayalar, çeneli kırıcı ile kırılıp beton agregası boyutuna getirildikten sonra eleklerle elenerek 0-4, 4-11.2, 11.2-22.4 mm sınıflarında gruplandırılmıştır. Kırma ve eleme işleminde kullanılan cihazlar Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Çeneli kırıcı ve elek sarsma makinası

3.1.1.1. Kurşun Madeni Atıkları (Pasa)

Gümüşhane ilinde faaliyet gösteren Gümüştaş madencilik tarafından işletilen maden ocağından temin edilen maden atık kayalar kullanılmıştır. Agregaların temin edildiği maden sahasının haritası Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Gümüştaş maden sahası jeolojik haritası (Güven, 1993).

Maden sahasından temin edilen kurşun içerikli kayaçlar çeneli kırıcıdan kırılarak 0-4, 4-11.2, 11.2-22.4 mm elek boyutlarına indirgenerek beton döküm işlemine hazır hale getirilmiştir. Şekil 3.3’de görülmektedir.



Şekil 3.3. Çeneli kırıcıda kırılmış sınıflarına ayrılmış kurşun madeni atığı kayaçları

3.1.1.2. Kireçler

Yapılan çalışmada (0-4, 4-11.2, 11.2-22.4) agrega gruplarından, beton santrallerinde normal ve yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılan Gümüşhane yöresine ait kireçtaşı agregası kullanılmıştır. Şekil 3.4’te görülmektedir.



Şekil 3.4. Kireçtaşı agregası

3.1.2. Çimento

Üretilen betonlarda CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmıştır. Çimento Gümüşhane’de bulunan Aşkale Çimento Fabrikası’ndan temin edilmiştir.

Tablo 3.1. Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

Kimyasal Analizler		Fiziksel Testler	
SiO ₂	18.59	İncelik (45 µ elek üstü %)	8.58
Al ₂ O ₃	4.69	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3.08
Fe ₂ O ₃	3.04	Özgül Yüzey (cm ² /g)	4145
CaO	60.34	Priz Başlangıcı (saat-dk)	2sa-33dk
MgO	1.92	Priz Sonu(saat-dk)	3sa-18dk
SO ₃	2.89	Hacim Genişlemesi(mm)	0.7
Kızdırma Kaybı	7.19	Su İhtiyacı %	29.9
Na ₂ O	0.11	Basınç Dayanımı(N/mm ²)	
K ₂ O	0.64		
CI	0.0189		
Ölçülemeyen	0.57		
Toplam	100	2.Gün	23.9
s.CaO	0.38	28.Gün	51.1
Katkı%	17.87		

3.1.3. Karışım Suyu

Çalışmada Gümüşhane şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.2. Metot

Çalışmada, C16, C25 ve C35 dayanım sınıflarında üretilen betonların su emme oranı, görünür boşluk oranı ve görünür yoğunluk, mekanik özelliklerini belirleme amacıyla 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımları, eğilme dayanımı, statik elastisite modülü, poisson oranı, tahribatsız test yöntemleri (schmidt test çekici, ultrasonik ses hızı ölçümü) ile basınç dayanımı tahmini, donma çözülme dayanımı, aşınma dayanımı, kapilarite ve karbonatlaşma deneyleri yapılmıştır.

3.2.1. Beton Örneklerinin Üretimi

Yapılan çalışmada betonların üretimi Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Yapı ve Malzemeleri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Kurşun madeni atığı ve Kireçtaşı agregaları birbirleri arasında %25-%50-%75 oranlarında yer değiştirilmiştir. TS 802 referans alınarak C16, C25 ve C35 olmak üzere 3 farklı basınç dayanımı sınıfında karışım dizaynı yapılmıştır. Beton karışımında kullanılan agrega türleri arasında %25, %50, %75 oranlarında yer değiştirme yapılmıştır. Oluşturulan beton türleri Tablo 3.2’de görülmektedir. Karışım dizaynı yapılan 100P ve 100KT beton türlerine ait karışım miktarları Tablo 3.3 ve Tablo 3.4.’te görülmektedir.

Tablo 3.2. Beton serilerinin kodlanması ve oransal değişimleri

Beton Türü	Agrega Oranları (%)
100KT	%100 Kireçtaşı
75P25KT	%25 Pasa- %75 Kireçtaşı
50P50KT	%50 Pasa- %50 Kireçtaşı
75P25KT	%75 Pasa- %25 Kireçtaşı
100P	%100 Pasa

Tablo 3.3. TS 802 referans alınarak Kurşun madeni atığı (Pasa) agregası ile üretilen 1m³ beton için hazırlanmış karışım dizaynı

Kurşun madeni atığı (Pasa) agregası							
		C16		C25		C35	
		Hacim (dm³)	Ağırlık (kg)	Hacim	Ağırlık	Hacim	Ağırlık
Çimento		102	315	133	411	181	558
Su		218	218	218	218	218	218
Hava		20	-	20	-	20	-
Agrega	0-4 (%49)	323	899	308	857	285	791
	4-11.2 (%30)	198	556	189	530	174	490
	11.2-22.4 (%21)	139	389	132	371	122	343
Su/Çimento		0.69		0.53		0.39	
Toplam		1000	2378	1000	2387	1000	2400

Kurşun madeni atığı (pasa) ile hazırlanacak beton örneklerin su/çimento oranları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 0.69, 0.53 ve 0.39 olarak hesaplanmıştır. Beton örneklerin teorik birim hacim ağırlıkları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 2378 kg/m³, 2387 kg/m³, 2400 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.4. TS 802 referans alınarak Kireçtaşı agregası ile üretilen 1m³ beton için hazırlanmış karışım dizaynı

Kireçtaşı agregası							
		C16		C25		C35	
		Hacim (dm³)	Ağırlık (kg)	Hacim	Ağırlık	Hacim	Ağırlık
Çimento		102	315	133	411	181	558
Su		218	218	218	218	218	218
Hava		20	-	20	-	20	-
Agrega	0-4 (%49)	323	851	308	811	285	749
	4-11.2 (%30)	198	513	189	489	174	451
	11.2-22.4 (%21)	139	359	132	342	122	316
Su/Çimento				0.53		0.39	
Toplam		1000	2255	1000	2270	1000	2292

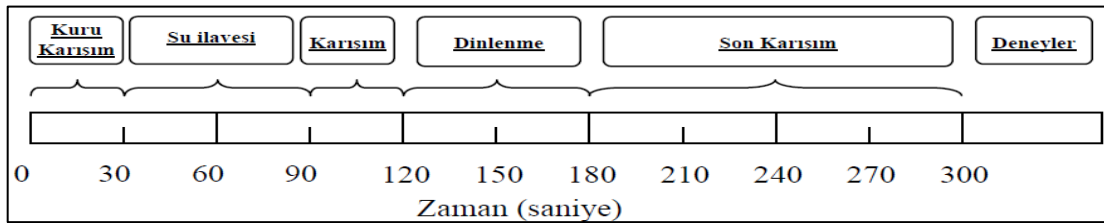
Kireçtaşı ile hazırlanacak beton örneklerin su/çimento oranları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 0.69, 0.53 ve 0.39 olarak hesaplanmıştır. Beton örneklerin teorik

birim hacim ağırlıkları C16, C25 ve C35 beton sınıfı için sırasıyla 2255 kg/m³, 2270 kg/m³, 2292 kg/m³ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.5. Düşey eksenli cebri karıştırma mikser

Karıştırma işlemi yapılırken homojen bir karıştırma işlemi yapılmasına dikkat edilmiştir. Bu sebepten dolayı karıştırma işlemi yapılırken segregasyonun önüne geçilmeye çalışılmış ve bu aşağıdaki Şekil 3.6'da belirtilen zaman çizelgesindeki gibi yapılmıştır. Hazırlanan beton karışımı numune kalıplarına yerleştirilirken kalıba iyi yerleşmesi ve segregasyon olmaması için dikkat edilmiş ve sıkıştırma işlemi vibrasyon masasında yapılarak, vibrasyon 10 sn uygulanmıştır.



Şekil 3.6. Betonun karışım işlem aşamaları (Gencel, 2009).

Beton üretiminde Şekil 3.7'de görülen 10x20 cm ebadında plastik kalıplar kullanılmıştır. Beton örnekleri kalıptan çıkarıldıktan sonra Şekil 3.8'de gösterilen kür havuzlarında 22±2 °C sıcaklıkta 3, 7 ve 28. güne kadar kür edilmiştir.



Şekil 3.7. Yapılacak deneysel çalışma için üretilen deney örnekleri



Şekil 3.8. Isı kontrollü kür havuzları

Sertleşmiş beton deneylerine başlanmadan önce üretilen kompozit malzemelerin silindir olmasından dolayı yüzeyde meydana gelen pürüzlülüğün giderilmesi için Şekil 3.9’da görülen yüzey başlıklama makinası kullanılarak silindir numunelerin yüzey pürüzlülüğü giderilerek deneysel çalışmada kullanılabilir hale getirilmiştir.



Şekil 3.9. Numune başlıklama cihazı ve yüzeyi düzeltilmiş örnek

3.2.2. Agrega Deneyleri

3.2.2.1. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini

Çalışmada kullanılan agregaların yoğunluk ve su emme miktarları TS EN 1097-6'da belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Tane yoğunlukları ve su emme hesaplamasında;

Görünür tane yoğunluğu,

$$\rho_a = \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (3.1)$$

Etüvde kurutulmuş esasta tane yoğunluğu,

$$\rho_{rd} = \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (3.2)$$

Doygun ve yüzeyi kurutulmuş esasta tane yoğunluğu,

$$\rho_{ssd} = \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (3.3)$$

Su emme oranı (WA₂₄), 24 saatlik daldırmadan sonra, kuru kütlenin bir yüzdesi olarak, aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmaktadır:

$$WA_{24} = \frac{100 \times (M_1 - M_4)}{M_4} \quad (3.4)$$

% Görünen porozite : $\rho_{rd} \times WA_{24}$

Burada;

M1; Doygun ve havada yüzeyi kurutulmuş agreganın kütlesi, g,

M2; Doygun agrega numunesi ihtiva eden piknometrenin kütlesi, g,

M3; Sadece su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi, g,

M4; Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi, g. dir.

3.2.2.2. Agregasınma Miktarı Tayini (Los Angeles Deneyi)

Çalışmada kullanılan agregaların aşınma miktarları, “9.5-19 mm” agregalar için ASTM C131 ve “19-37.5 mm” agregalar için ASTM C535’de belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

3.2.2.3. Agregaların Kimyasal Özelliklerinin Tayini

Agregaların kimyasal özelliklerinin tayininde ana element analizleri ağırlıklı olarak Gümüştaş Madencilik Firmasını’nın laboratuvarında bulunan X-Ray Flörosans cihazı ile tali/iz element analizleri ise Gümüşhane Üniversitesi Gıda Mühendisliği Laboratuvarında bulunan MP-AES cihazı ile yapılmıştır. X-Ray Flurosans analizlerinde örnekler 100 meşlik elekten geçecek boyuta kadar elenmiş ve örnekler homojen bir şekilde poşetlenerek örnek poşetinin her iki yüzeyinden ölçümler yapılmış ve ortalama değerleri alınarak gerçekleştirilmiştir. Cihazın kalibrasyonu ve örneklerinin doğruluk testleri standart örneklerle kıyaslanarak gerçekleştirilmiştir.

GÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü laboratuvarında analizi gerçekleştirilen örneklerin kimyasal analiz için hazır hale getirilme işlemleri, mikrodalga ile parçalama işlemine tabi tutularak gerçekleştirilmiştir. Mikro dalgada kullanılan parçalama programı Tablo 3.5’te görölmektedir.

Toz haline getirilmiş örneklerin 0.20g civarında 0.1mg hassasiyette tartımlar alınmış, mikrodalga fırının (AGILENT MDS-8G) teflon beherlerine konmuş, üzerlerine 4 mL NH_4OH , 2 mL HF ilave edilerek Tablo 3.5’te belirtilen I. aşamada verilen şartlarda parçalamaya tabi tutulmuş, daha sonra elde edilen çözeltiye 5 mL H_2O_2 ilave edilerek, II. aşamada verilen şartlarda tekrar parçalanmaya tabi tutulmuştur. İşlem sonrası beher içerikleri cam pamuğundan süzöldükten sonra elde edilen berrak çözeltiler saf su ile 50 mL’ye kantitatif olarak tamamlandıktan sonra MP-AES ve ağırlıklı olarak ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Tablo 3.5. Mikro dalgada parçalama programı

I. Aşama				II. Aşama			
Kademe	Sıcaklık (°C)	Zaman (dakika)	Güç (Watt)	Kademe	Sıcaklık (°C)	Zaman (dakika)	Güç (Watt)
1	120	5	800	1	120	6	800
2	130	5	800	2	130	6	800
3	150	5	800	3	150	6	800
4	210	7	800	4	210	10	800

3.2.2.4. Agregaların Minerolojisi ve Petrografik Özelliklerinin Tayini

İnce kesiti hazırlanan örnekler Gümüşhane Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda bulunan Nikon Eclipse E400 POL 230V~0,4A 50/60 Hz marka polarizan mikroskop aracılığıyla incelenerek arazideki kayaçların yapısal, dokusal ve mineralojik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca kayaçları oluşturan minerallerin birbirleriyle olan ilişkileri, optik özellikleri gözlenerek önemli olduğu düşünülen kesitlerden tek ve çapraz nikollerde mikro fotoğraflama işlemleri yapılmıştır.

Hazırlanan parlak kesitler Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Mikroskobu Laboratuvarı'nda üstten aydınlatmalı cevher mikroskopisi ile incelenmiştir. Agregaların Mineroloji ve Petrografik Özelliklerinin tayini Gümüşhane Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği laboratuvarında yapılmıştır.

3.2.3. Sertleşmiş Beton Deneyleri

3.2.3.1. Su Emme Oranı Tayini

Su emme oranı (SEO) ASTM C642'de belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

SEO hesaplanmasında:

$$m = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad (3.5)$$

eşitliği kullanılmıştır.

Burada;

m; Ağırlıkça su emme oranı, (%),

A; Etüv kurusu ağırlık, (kg),

B; Doygun kuru yüzey ağırlığı, (kg) ifade etmektedir.

3.2.3.2. Sertleşmiş Betonun Görünür Boşluk Oranı Tayini

Boşluk oranı tayini ASTM C642’de belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Boşluk oranı tayini hesaplanmasında:

$$B_o = \frac{c-A}{c-D} \times 100 \quad (3.6)$$

eşitliği kullanılmıştır.

Burada;

Bo; Görünür Boşluk Oranı, (%),

A;Etüv kurusu ağırlık, (g),

C; Su içinde kaynatma sonrası suya doygun ağırlığı, (g),

D; Su içerisindeki ağırlığı, (g) ifade etmektedir.

3.2.3.3. Sertleşmiş Betonun Görünür Yoğunluk Tayini

Görünür yoğunluk tayini ASTM C642’de belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Yoğunluk, numunenin tayin edilen kütlesi ve hacmi kullanılarak, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanır:

$$g = \left[\frac{A}{A-D} \right] \cdot \rho \quad (3.7)$$

Burada;

g; Numunenin görünür yoğunluğu (g/cm³)

A; Etüv kurusu ağırlık, (g),

D; Su içerisindeki ağırlığı, (g)

ρ ; suyun yoğunluğu, 1 g/cm³ ifade etmektedir.

3.2.3.4. Beton Basınç Dayanımı Tayini

Basınç dayanımı, 100x200 mm ebadında 75 adet silindir beton örnek üzerinde TS EN 12390-3’de belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Beton basınç dayanımının hesaplanması:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \quad (3.8)$$

eşitliği kullanılmıştır.

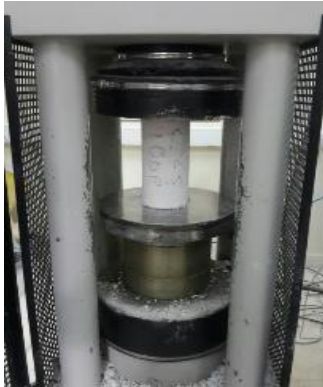
Burada;

f_c ; Basınç dayanımı, MPa (N/mm²),

F; Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N,

A_c ; Numunenin, üzerine basınç uygulandığı en kesit alanı, (mm²) ifade etmektedir.

Basınç dayanımının belirlenmesinde Şekil 3.10’da görülen basınç presi kullanılmıştır.



Şekil 3.10. Beton basınç presi

3.2.3.5. Eğilme Dayanımı Tayini

Eğilme basınç deneyi 10x10x40 cm ebadında kiriş örnek üzerinde TS-EN 12390-5'te belirtilen esaslara göre yapılmıştır.

Eğilme basınç dayanımı testleri, 28 günlük numunelere uygulanmıştır. Eğilme basınç presi (Şekil 3.11) TS-EN 12390-3'e uygun olarak ayarlanmış ve otomatik olarak kırılarak kırılma yükleri ve basınç gerilmeleri (eğilme basınç dayanımları) saptanmıştır.

$$f_{cf} = \frac{3 \times F \times l}{2 \times d_1 \times d_2} \quad (3.9)$$

Burada;

f_{cf} ; Eğilme Dayanımı, MPa (N/mm²)

F; En büyük yük (N),

d_1 ve d_2 ; Numunenin en kesit boyutları (mm),

l ; Mesnet silindirleri arasındaki açıklık(mm) ifade etmektedir.



Şekil 3.11. Eğilme basınç presi

3.2.3.6. Statik Elastisite Modülü Tayini

Statik elastisite modülü tayininde 100x200 mm boyutlarında hazırlanan silindir beton örnekleri ASTM C469 deney standartlarına göre işleme tabi tutulmuştur. Statik elastisite modülünün hesaplanmasında Sekant yöntemi kullanılmıştır. Gerilme-birim deformasyon

(σ - ϵ) grafiği üzerinde bir ucu 0 noktasında olan diğer ucu ise betonun maksimum gerilme değerinin %40'ına karşılık gelen gerilme değerinde olan doğrunun oluşturduğu eğim elastisite modülünün hesaplanmasında kullanılmıştır. Deformasyon ölçümlerinde şekil 3.12'de görülen kompressometre kullanılmıştır.



şekil 3.12. Deformasyon değerlerini belirlemede kullanılan kompressometre

3.2.3.7. Poisson Oranı Tayini

Poisson oranı tayininde 100x200 mm boyutlarında hazırlanan silindir beton örnekleri kullanılmıştır. Beton basınç dayanımı tayin edilirken kaydedilen boyuna ve enine deformasyon değerlerinden yararlanılarak ASTM C469 “Betonda Statik Elastisite Modülü ve Poisson Oranı Tayini” standardında belirtilen esaslara uygun olarak, poisson oranı belirlenmiştir.

Poisson oranı hesaplanmasında:

$$\mu = \frac{\epsilon_y}{\epsilon_\theta} \quad (3.10)$$

eşitliği kullanılmıştır.

Burada;

μ ; Poisson oranı,

ϵ_y ; Eksenel yük nedeniyle oluşan yanal birim genleşme deformasyonu,

ϵ_θ ; Eksenel yük nedeniyle oluşan eksenel birim kısalma deformasyonu ifade etmektedir.

3.2.3.8. Tahribatsız Test Yöntemleri ile Beton Basınç Dayanımı Tayini

Tahribatsız yöntemle basınç dayanımı belirlemede ASTM C805’de belirtilen esaslara göre Yüzey Sertliği (Schmidt Çekici) ve ASTM C 597’de belirtilen esaslara göre Ultrases geçiş hızı deneleri gerçekleştirilmiştir. Basınç dayanımlarının hesaplanmasında;

Yüzey Sertliği yönteminde;

$$f_c = 0.0092N^{2.27} \quad (3.11)$$

Ultrases geçiş hızı yönteminde;

$$V = L/t \quad (3.12)$$

Bu eşitlikte;

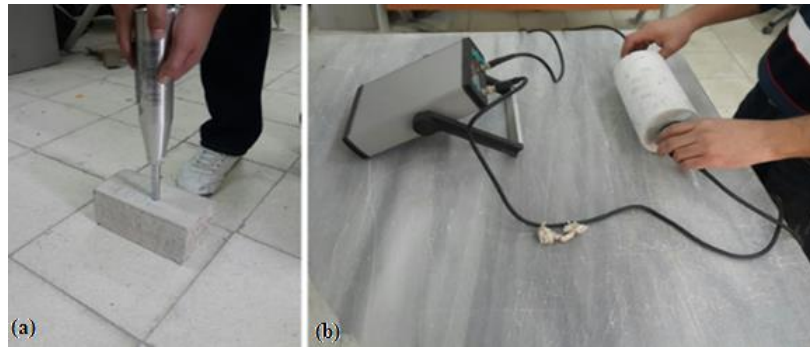
$$f_c = 6(V - 1.8)1.8$$

V; Ultrases geçiş hızı (km/sn)

L; Ölçüm boyu (km)

t; Ses geçiş süresini (sn) ifade etmektedir.

Çalışmada kullanılan cihazlar Şekil 3.13’te görülmektedir.



Şekil 3.13. Schmidt Çekici (a) ve Ultrases cihazı (b)

3.2.3.9. Donma Çözülme Dayanımı Tayini

Donma çözülme dayanımı ASTM C666 Prosedür A'da belirtilen esaslara uygun olarak, 100x200 mm boyutlarında hazırlanan silindir beton örnekler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Beton örnekleri her 50 donma çözülme döngüsünde temel enine frekans değişimi kaydedilmiştir. Kaydedilen frekans değişimleri bağıl dinamik elastisite modülü hesaplanmasında kullanılmıştır.

Bağıl dinamik elastisite modülü hesaplanmasında:

$$P_c = \frac{n_c^2}{n_0^2} \times 100 \quad (3.13)$$

eşitliği kullanılmıştır.

Burada;

P_c ; Herhangi bir “c” devirlik, donma - çözülme sonunda numunenin yüzde olarak bağıl dinamik elastisite modülü,

n_0 ; Donma – çözülme uygulanmış numunenin başlangıç temel enine frekansı,

n_c ; “c” adet donma çözülme döngüsü sonunda numunenin temel enine frekansını ifade etmektedir.

Denklem (3.13) ile bulunan bağıl dinamik elastisite modülü, deney örneklerinin ”Dayanıklılık Faktörü” hesaplanmasında kullanılmıştır.

Dayanıklılık faktörü hesaplanmasında:

$$DF = \frac{PN}{M} \quad (3.14)$$

Burada;

DF; Deney örneğinin dayanıklılık faktör,

P; “N” adet devir sayısı bulunan bağıl dinamik elastisite modülü (yüzde olarak),

N; Bağıl dinamik elastisite modülü deneyini bitirmek için P'nin en az değere düşmesi için gerekecek devir sayısı veya deneyin bitirileceği devir sayısı (hangisi az ise),

M; Deneyin bitirileceği belirtilen devir sayısını, ifade etmektedir.

Çalışmada kullanılan beton örnekler Şekil 3.14’te görülmektedir.



Şekil 3.14. Donma çözülme cihazı

3.2.3.10. Aşınma Dayanımı Tayini

Aşınma dayanımı 100x200mm ebadında silindir beton örnekler üzerinde. ASTM C944 deney standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Aşınma oranının hesaplanmasında:

$$A_0 = \frac{W_0 - W_1}{W_1} \times 100 \quad (3.15)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada eşitlikte;

A_0 ; Aşınma oranı (%)

W_0 ; İlk ağırlık (g)

W_1 ; Aşınma sonrasındaki ağırlık (g) ifade etmektedir.

Çalışmada kullanılan aşındırma cihazı Şekil 3.15’te görülmektedir.



Şekil 3.15. Aşındırma testi cihazı

3.2.3.11. Kapilarite Tayini

Kapilarite deneyi ASTM C1585 deney standardında belirtilen esaslara uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca kapilarite katsayılarının hesaplanmasında aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$K = \frac{Q^2}{A^2 \times t} \quad (3.15)$$

Burada,

K; Kapilarite katsayısı, (cm²/sn),

Q; Kılcallık yoluyla emilen su miktarı, (cm³),

A; Suyla temas eden alan, (cm²),

t; Kılcal su emmenin tamamlandığı zamanı, (sn) ifade etmektedir.

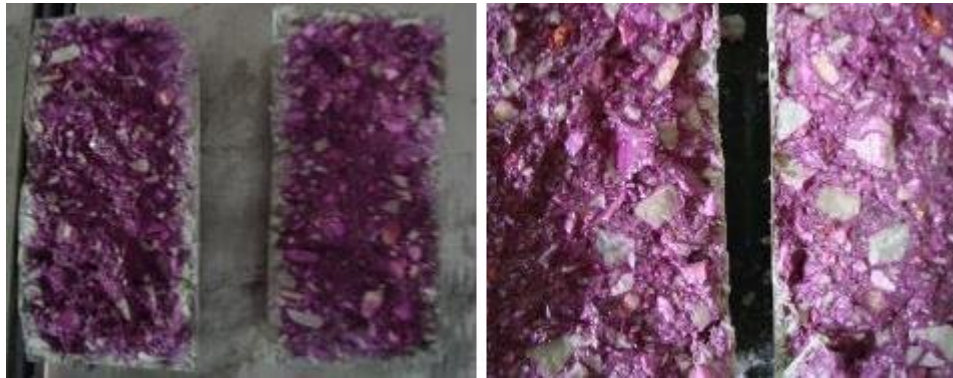
Kapilarite deneyi Şekil 3.16'da görülmektedir.



Şekil 3.16. Kapilerite deney düzeneği

3.2.3.12. Karbonatlaşma Derinliği Tayini

Çalışmada, 100x200mm silindir beton örnekler üretildikten sonra 1 yıl açık havada bekletilmiştir. Daha sonra beton örnekler yarma yöntemiyle 2'ye bölünmüş ve üzerlerine Phenolphthalein indikatörü püskürtülmüştür, karbonatlaşan kısımlardan en az 10 adet ölçüm alınmış ve ortalama karbonatlaşma derinliği belirlenmiştir. Karbonatlaşma derinliği ölçülen beton örnek Şekil 3.17'de görülmektedir.



Şekil 3.17. Karbonatlaşma derinliğinin belirlenmesi

4. BULGULAR VE İRDELEME

4.1. Agregada Deneyleri

4.1.1. Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranı Tayini

Agregalara ait fiziksel özellikler Tablo 4.1’de görülmektedir.

Tablo 4.1. Agregalara ait fiziksel özellikler

Agrega türü	Agrega sınıfı	Fiziksel özellikler			
		Kuru tane Yoğunluğu (g/cm ³)	DKY yoğunluk (g/cm ³)	Su emme Oranı (%)	Porozite (%)
Kurşun maden atığı (Pasa)	0-4 (İnce)	2.67	2.78	4.02	10.71
	4-32 (İri)	2.78	2.81	1.10	3.06
Kireçtaşı	0-4 (İnce)	2.52	2.63	4.21	10.62
	4-32 (İri)	2.54	2.59	1.93	4.89

Beton yapımında kullanılan kireçtaşı agregaları, kurşun maden atığı agregalarına göre yoğunluğu azdır. Bu durum kurşun madeni atığı kayaçlarının içerisindeki kurşun miktarı ile açıklanabilir. Beton üretiminde kullanılacak kurşun madeni atığı agregalar ile birim hacim ağırlığı normal kireç taşlarına göre daha yüksek beton üretmek mümkün olabilmektedir.

4.1.2. Agregada Aşınma Miktarı Tayini (Los Angeles Deneyi)

Agregaların aşınma miktarlarına ait değerler Tablo 4.2’de görülmektedir.

Tablo 4.2. Agregaların aşınma miktarları (Los Angeles Deneyi)

Agrega Türü	Aşınma miktarları (%)	
	ASTM C131	ASTM C535
	I nolu agregada (9.5-19 mm)	II nolu agregada (19-37.5mm)
Kurşun maden atığı (Pasa)	26.40	20.35
Kireçtaşı	19.87	14.56

Agregaların aşınma miktarlarına göre, kurşun maden atığı kayaçların daha fazla aşındığı görülmektedir. Aşınma deneyi sırasında agrega içerisindeki kurşun parçalarının kırılmasından dolayı kurşun madeni kayaçlarından üretilen agregaların, kireçtaşı agregalarına göre daha fazla aşınmasına neden olmaktadır.

4.1.3. Agregaların Kimyasal Analiz “Oksit Ağırlık” Değerleri

Kullanılan Kireçtaşı agregasının kimyasal analizi Tablo 4.3’te görülmektedir.

Tablo 4.3. Beton üretiminde kullanılan agregaların kimyasal özellikleri

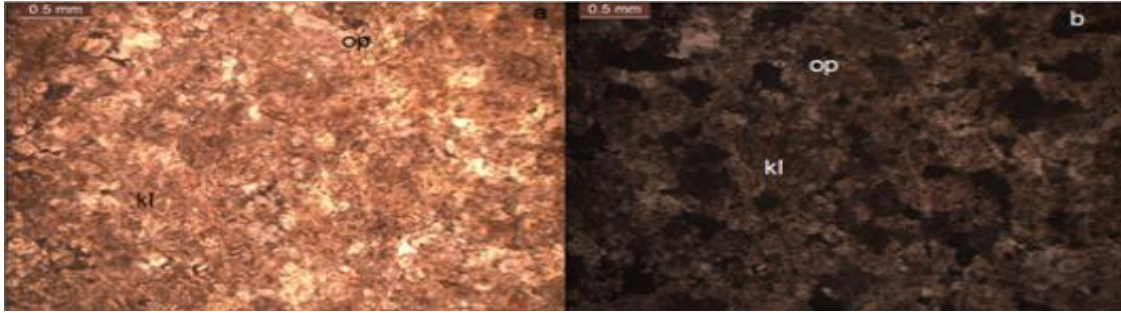
Eleman	Kurşun maden atığı(Pasa)	Kireçtaşı
SiO ₂		2.95
Al ₂ O ₃		0.43
Fe ₂ O*	4.65	0.46
MgO		-
Ca**		
CaO	34.6	73.93
MgCO ₃		22.24
Ba		
S**		
Zn	1.11	
Pb	0.98	
Cu	<0.01	
H ₂ O	7.96	
Diğer Uçucular Ağırlıklı (CO ₂ , vb.)	50.74	
O***		
Toplam	100.04	100.01
<p>*Toplam demir miktarı ** Ca, Ba konsantrasyonları MP-AES ve ICP-MS ile elementer olarak tespit edilmiş olup, tabloda oksit hali hesaplanmadan verilmiştir. *** O ve S değerleri Baritin genel formülünden orantı yolu ile hesap edilmiş olup, diğer impuriter dedeksiyon limitinin altında kaldıkları için ve/veya ana bileşen içinde önemli miktarda bulunmadıkları için ihmal edilmişlerdir.</p>		

4.1.4. Agregaların Minerolojisi ve Petrografik Özelliklerin Tayini

Çalışmada kurşun maden atıkları (Pasa) ve Kireçtaşı agregaları kullanılmıştır. Bu agregalara ilişkin mineralojik ve petrografik özellik sonuçları aşağıda tanımlanmıştır.

Pasanın mineralojik-petrografik özellikleri:

Pasa, cevherleşmenin içinde geliştiği kayacın bir nevi ekonomik olarak cevher içermeyen, cevherleşmeden geriye kalan ve ekonomik olmayan kısmı olarak ifade edilebilir. Cevherleşme sahada kireçtaşları içinde gelişmiş olup, pasa olarak ifade edilen kısım ağırlıklı olarak kireçtaşı içermektedir. Metalik mineral olarak ise pirit, sfalerit, daha az oranda ise galenitlere rastlanmıştır. Pasadan alınan el büyüklüğündeki örneklerden yapılan ince kesit incelendiğinde kalsitin ağırlıklı olduğu, bunun yanında opak olarak da pirit, sfalerit ve daha az oranda da galenitin olduğu tespit edilmiştir. Pasa örneğine ait ince kesit fotoğrafı Şekil 4.1’de görülmektedir.

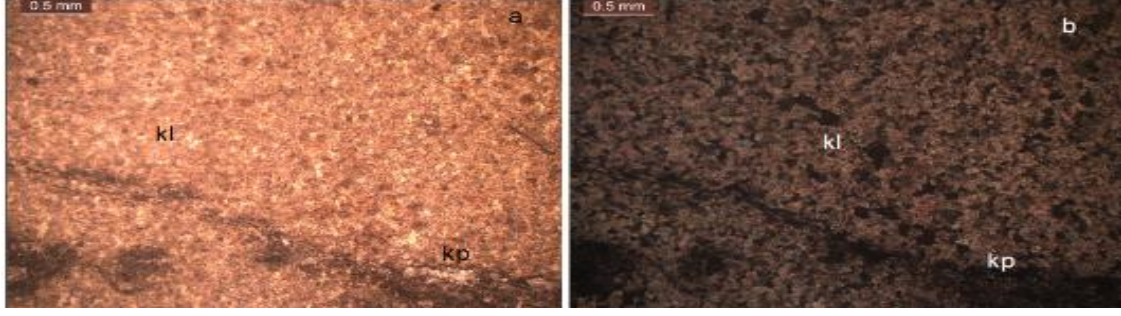


Şekil 4.1. Pasaya örneğine ait ince kesit fotoğrafı (a): tek nikol, (b): çift nikol (kl: kalsit, op: opak mineral)

Kalsit agregalarının Minerolojik ve Petrografik Özellikleri:

Agrega olarak kullanılan kalsitler Gümüşhane yöresinde yaygın olarak rastlanan Berdiga Formasyonu’ndan (masif kireçtaşı) alınmıştır. Berdiga formasyonu, arazide açık gri rengiyle uzaktan tanınabilen bir kayaç topluluğu olup, arazide sert bir topoğrafya vermesi ile dikkat çekmektedir.

Agregadan alınan örneklerin mikroskopik incelemelerinde; kayaç içinde bileşen olarak kalsit ve kayaç kırıntılarına rastlanmıştır. Kayacın çimentosunun mikritik (küçük kristalli) karakterde olduğu ve mineralojik ve dokusal özellikleri dikkate alındığında sığ denizel ortam ürünü olduğu sonucuna varılmış olup, kayaç mikritik kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Kireçtaşı örneğine ait ince kesit fotoğrafı Şekil 4.2’de görülmektedir



Şekil 4.2. Kireçtaşı örneğine ait ince kesit fotoğrafı (a): mikritik dokulu kireçtaşı tek nikol, (b) çift nikol (kp: kayaç parçası, kl: kalsit).

4.2. Sertleşmiş Beton Deneyleri

Beton örnekler üzerinde, sertleşmiş beton deneylerinden, su emme oranı, görünür boşluk oranı, yoğunluğu, basınç dayanımı, eğilme dayanımı, statik elastisite modülü, poisson oranı, tahribatsız test yöntemleri “yüzey sertliği (Schmidt Çekici), ultrases geçiş hızı”, donma çözülme dayanımı, aşınma dayanımı, kapiler su emme ve karbonatlaşma testleri gerçekleştirilmiştir.

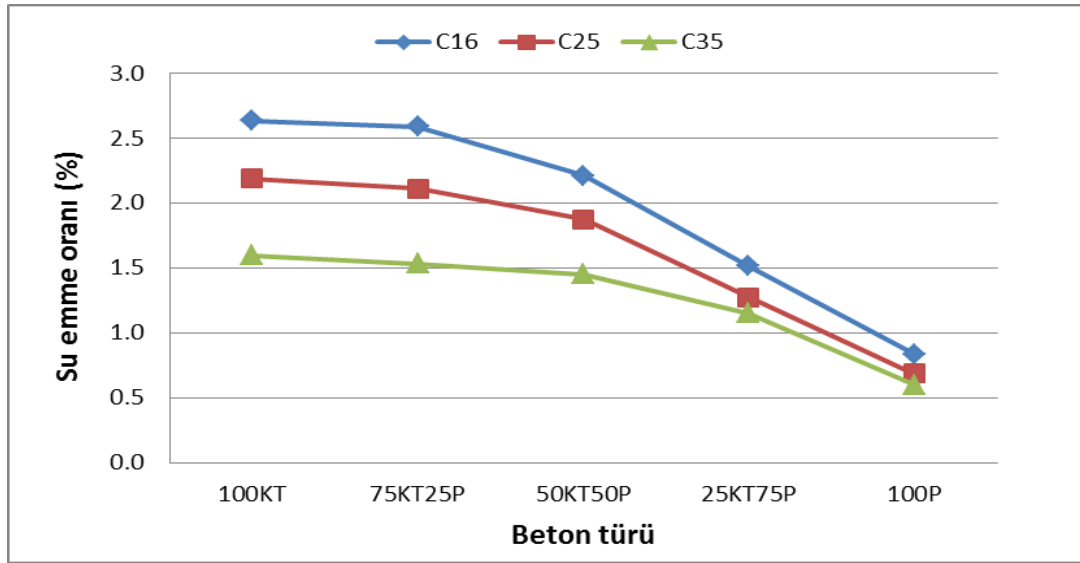
4.2.1. Sertleşmiş Betonun Su Emme Oranı

Su emme oranı sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.3.’te görülmektedir.

Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin su emme oranı değeri değerlendirmesinde;

- En küçük su emme oranı değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde %0.84, C25 basınç dayanımında 100P beton türünde %0.69 ve C35 basınç dayanımında 100P beton türünde %0.60 olduğu,
- En büyük su emme oranı değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde %2.64, C25 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde %2.19 ve C35 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde %1.60 ve 100KT beton türlerinde olduğu,
- C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %80.3, %163.6, %208.0 ve %213.6 daha büyük su emme oranı değerine sahip olduğu,

- C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %84.7, %171.5, %206.4 ve %217.0 daha büyük su emme oranı değerine sahip olduğu,
- C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %91.9, %142.1, %155.5 ve %166.4 daha büyük su emme oranı değerine sahip olduğu görülmüştür.

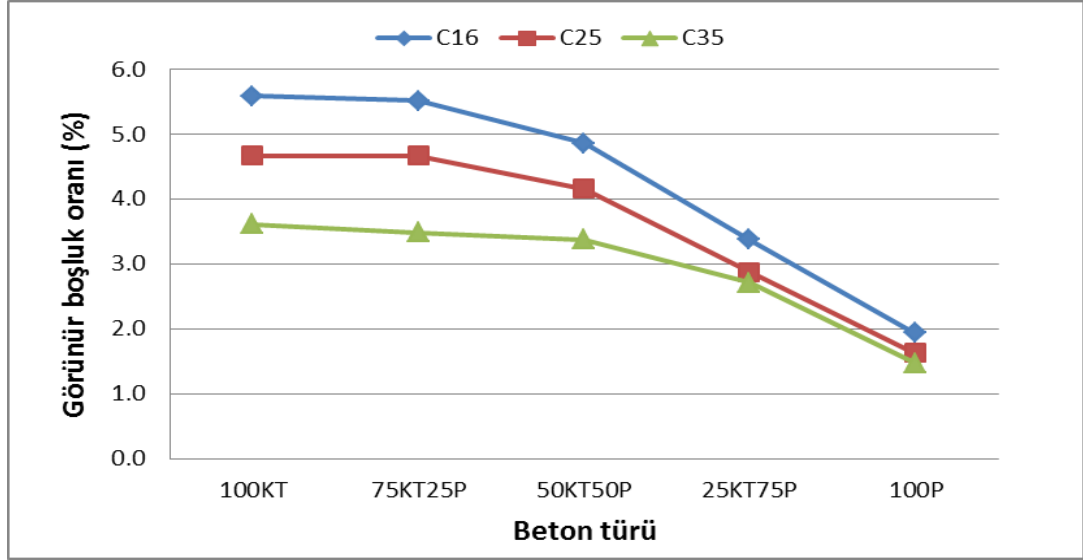


Şekil 4.3. Kireçtaşı-pasa agrega karışımı ile üretilen beton örneklerin su emme oranı değerleri

Sonuç olarak, betonun su emme değerini beton yapımında kullanılan agrega ve betonun boşluk yapısı etkilemektedir. Farklı su emme değerlerine sahip agregalarla üretilen betonların farklı su emme değerleri olduğu görülmektedir. Pasa agregalarının su emme değerinin ve boşluk miktarının az olması beton örneklerinde su emme değerinin azalmasına neden olmaktadır.

4.2.2. Sertleşmiş Betonun Görünür Boşluk Oranı

Görünür boşluk oranı sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.4'te görülmektedir.



Şekil 4.4. Kireçtaşı-pasa agrega karışımı ile üretilen beton örneklerin ortalama görünür boşluk oranı değerleri

Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin ortalama görünür boşluk oranı değerlendirmesine de;

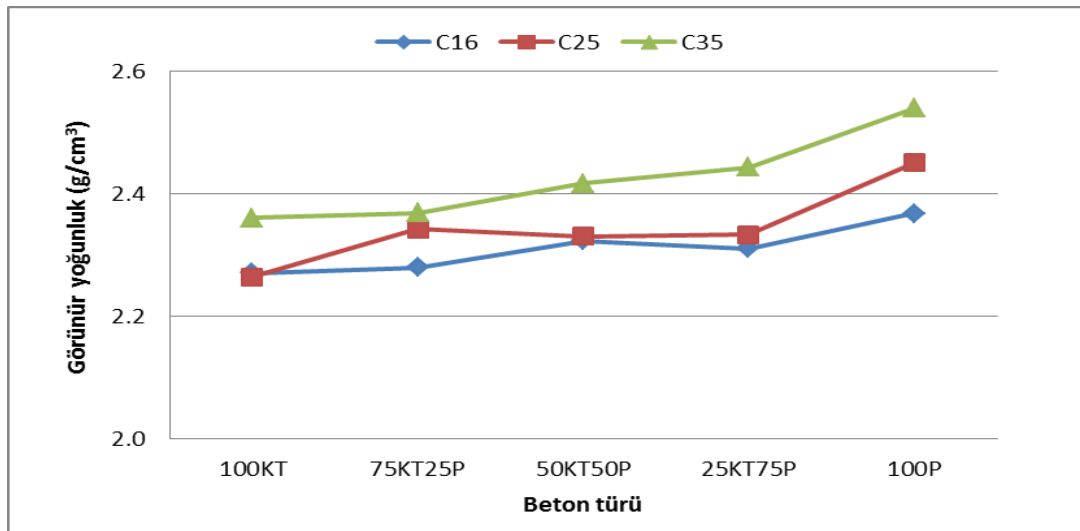
- En küçük görünür boşluk oranı, C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde %2.26, C25 basınç dayanımında 25KT75P beton türünde %3.33 ve C35 basınç dayanımında 100P beton türünde %3.36 olduğu,
- En büyük ortalama görünür boşluk oranı, C16 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde %6.61, C25 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde %5.79 ve C35 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde %4.18 ve 100KT beton türlerinde olduğu,
- C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %73.6, %150.0, %183.9 ve %187.3 daha büyük görünür boşluk oranına sahip olduğu,
- C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %76.4, %155.3, %186.4 ve %186.1 daha büyük görünür boşluk oranına sahip olduğu,

- C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %84.0, %129.0, %136.4 ve %145.4 daha büyük görünür boşluk oranına sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, beton örneklerin dayanım sınıfının artışı ile görünür boşluk miktarı azalmakta, bunda su/çimento oranı önemli bir rol oynamakta. Bunun yanında agregaların boşluk oranı da toplam görünür boşluk oranını etkilemektedir.

4.2.3. Sertleşmiş Betonun Görünür Yoğunluğu

Görünür yoğunluk sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.5'te örülmektedir.



Şekil 4.5. Kireçtaşı-pasa agregası karışımı ile üretilen beton örneklerin ortalama görünür yoğunluk değerleri

Kireçtaşı-Pasa agregası karışımı ile hazırlanan beton örneklerin ortalama görünür yoğunluk değerlendirmesinde;

- En küçük ortalama görünür yoğunluk, C16 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde 2.271 g/cm^3 , C25 basınç dayanımında 100KT beton türünde 2.264 g/cm^3 ve C35 basınç dayanımında 100KT beton türünde 2.361 g/cm^3 olduğu,

- En büyük ortalama görünür yoğunluk, C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde 2.368 g/cm^3 , C25 basınç dayanımı sınıfında 100P beton türünde 2.451 g/cm^3 ve C35 basınç dayanımı sınıfında 100P beton türünde 2.540 g/cm^3 olduğu,

- C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %2.4, %1.9, %3.7 ve %4.1 daha küçük görünür yoğunluğa sahip olduğu,

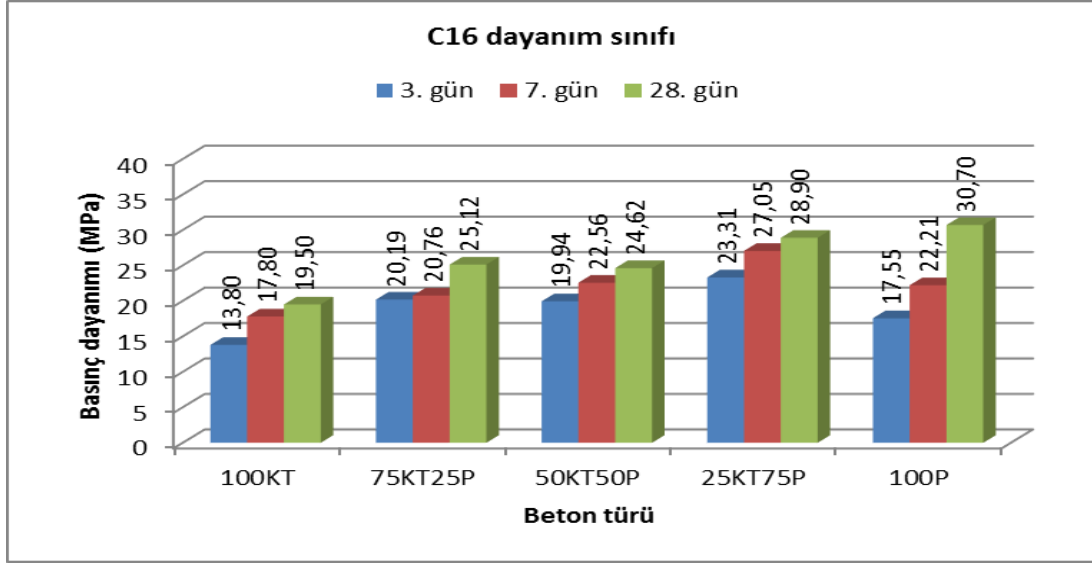
- C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %4.8, %4.9, %4.4 ve %7.6 daha küçük görünür yoğunluğa sahip olduğu,

- C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %3.8, %4.8, %6.7 ve %7.1 daha küçük görünür yoğunluğa sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, beton içerisinde kullanılan agreganın yoğunluğu ile betonun yoğunluğu değişmektedir (Ouda, 2015). Kullanılan agregaların yoğunluk değişimi beton örneklerin yoğunluklarında da belirgin bir şekilde görülmektedir. Beton örneklerde kullanılan kireçtaşı agregalarına eklenen pasa ile beton örneklerin yoğunlukları %2-%7 arasında artmaktadır. Beton örneklerin karışım hesapları hacim esasına göre yapıldığı için C16 dayanım sınıfındaki betonlarda kullanılan agrega hacim olarak diğer dayanım sınıflarına göre daha fazla agrega ihtiva etmektedir.

4.2.4. Beton Basınç Dayanımı

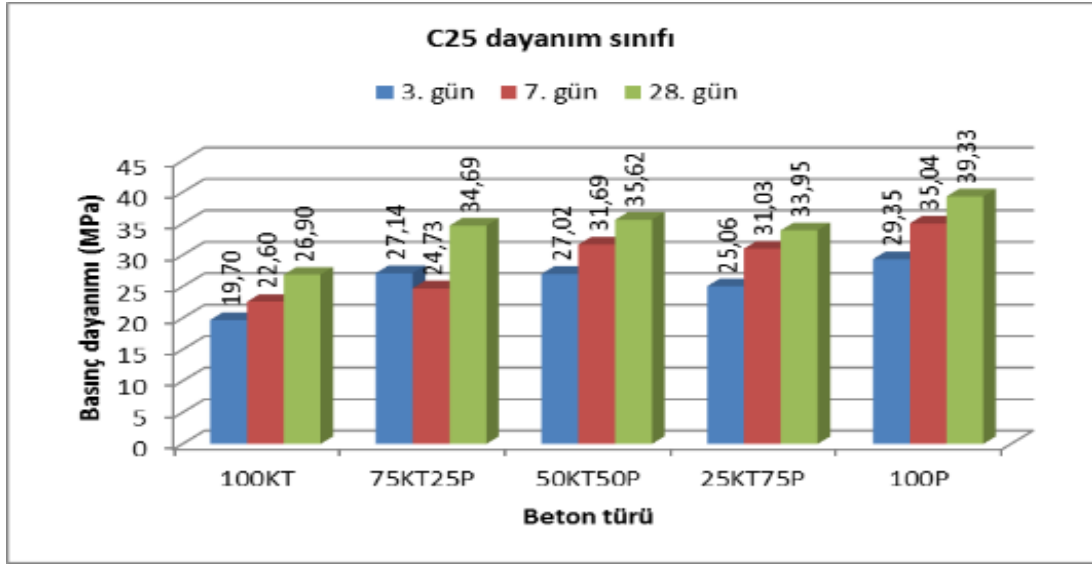
Basınç dayanımı deneyi sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlendirmesinde Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de görülmektedir.



Şekil 4.6. Kireçtaşı-Pasa karışımı C16 dayanım sınıfındaki betonlara ait 3, 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri

C16 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin basınç dayanımı değerlendirmesinde;

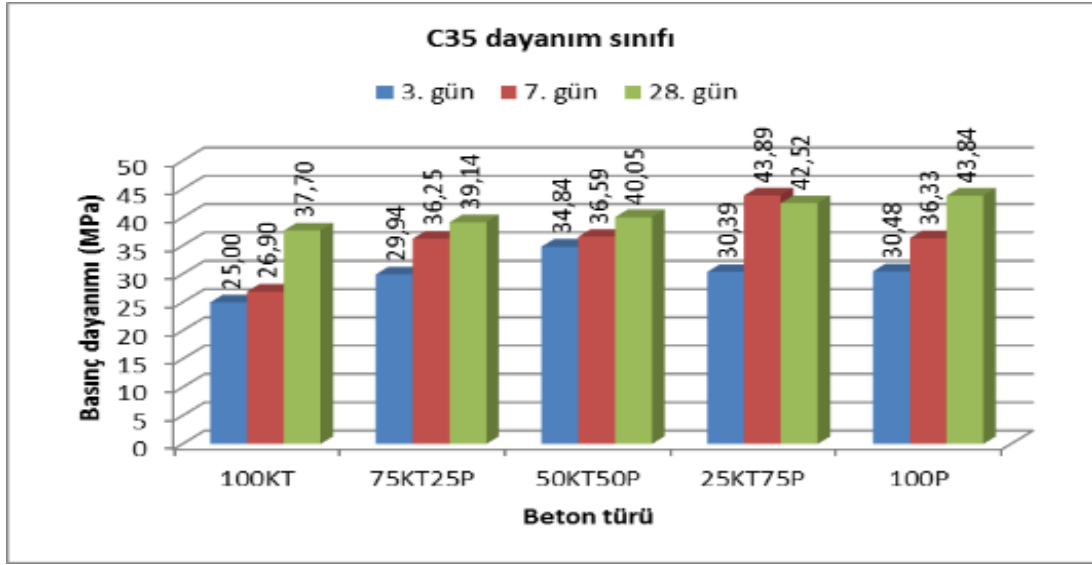
- En küçük basınç dayanımının, 3 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 13.80 MPa, 7 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 17.80 MPa ve 28 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 19.50 MPa olduğu,
- En büyük basınç dayanımının, 3 günlük basınç dayanımında 25KT75P beton türünde 23.31 MPa, 7 günlük basınç dayanımında 25KT75P beton türünde 27.05 MPa ve 28 günlük basınç dayanımında 100P beton türünde 30.70 MPa olduğu,
- 3 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %33, %14, %15 daha büyük ve %21 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu,
- 7 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %22, %2 daha büyük, %7 ve %20 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu,
- 28 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %6, %20, %18 ve %36 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.7. Kireçtaşı-Pasa karışımı C25 dayanım sınıfındaki betonlara ait 3, 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri

C25 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin basınç dayanımı değerlendirmesinde;

- En küçük basınç dayanımının, 3 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 19.70 MPa, 7 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 22.60 MPa ve 28 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 26.90 MPa olduğu,
- En büyük basınç dayanımının, 3 günlük basınç dayanımında 100P beton türünde 29.35 MPa, 7 günlük basınç dayanımında 100P beton türünde 35.04 MPa ve 28 günlük basınç dayanımında 100P beton türünde 39.33 MPa olduğu,
- 3 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %15, %8, %8 ve %33 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu,
- 7 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %11, %10, %29 ve %36 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu,
- 28 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %14, %9, %12 ve %32 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.8. Kireçtaşı-Pasa karışımı C35 dayanım sınıfındaki betonlara ait 3, 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri

C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin basınç dayanımı değerlendirmesinde;

En küçük basınç dayanımının, 3 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 25.00 MPa, 7 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 26.90 MPa ve 28 günlük basınç dayanımında 100KT beton türünde 37.70 MPa olduğu,

- En büyük basınç dayanımının, 3 günlük basınç dayanımında 50KT50P beton türünde 34.84 MPa, 7 günlük basınç dayanımında 25KT75P beton türünde 43.89 MPa ve 28 günlük basınç dayanımında 100P beton türünde 43.84 MPa olduğu,

- 3 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %0 ile eşit, %14 daha büyük, %2 ve %18 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu,

- 7 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %21, %1 daha büyük, %0 ile eşit ve %26 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu,

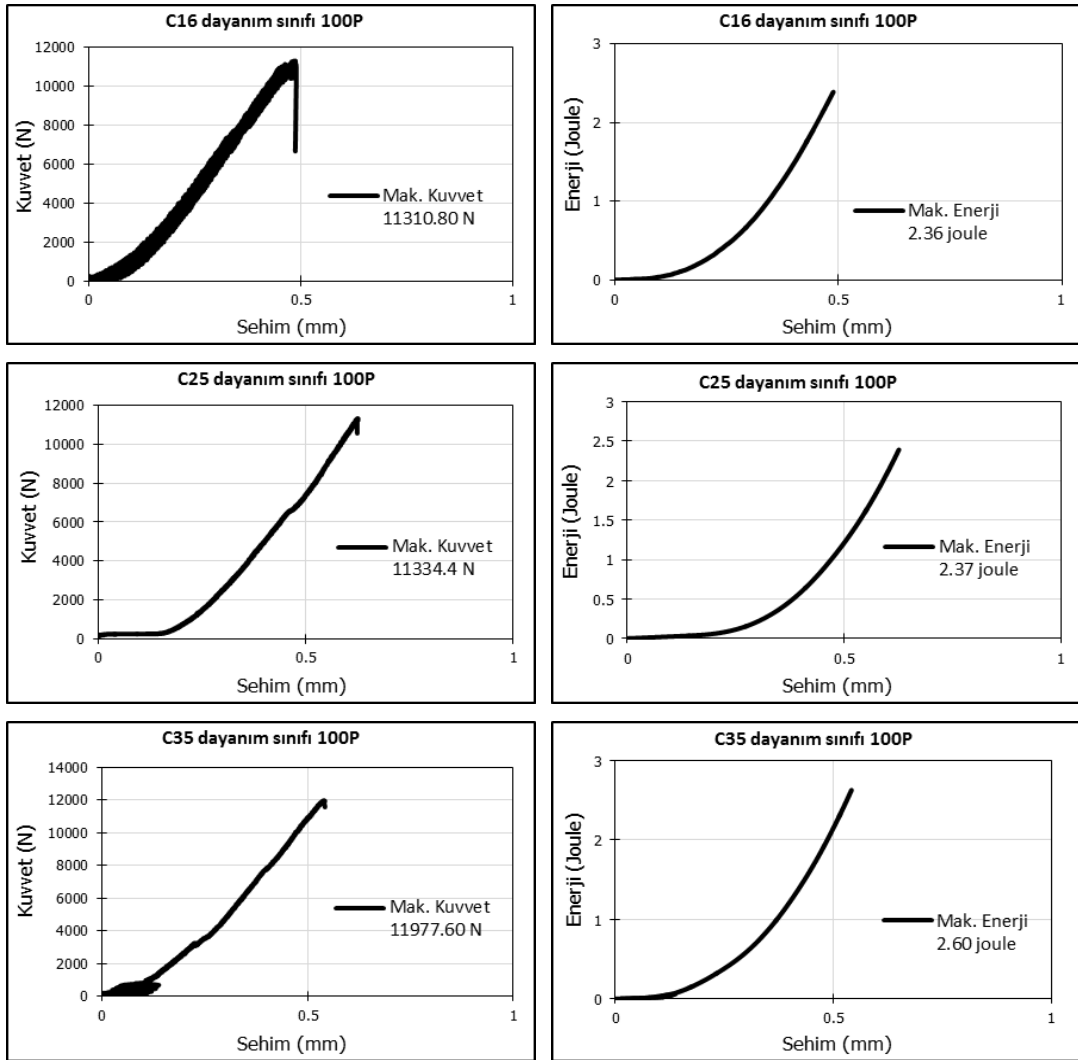
- 28 günlük basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %3, %9, %11 ve %14 daha küçük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, agregaların yüksek yoğunluklu olması beton dayanımında yüksek olmasını etkilemektedir. Basınç deneyine maruz bırakılan beton örnekler incelendiğinde

kırılmanın agregalarda gerçekleştiği görülmektedir. Pasa miktarının artışı ile basınç dayanımı da artmıştır.

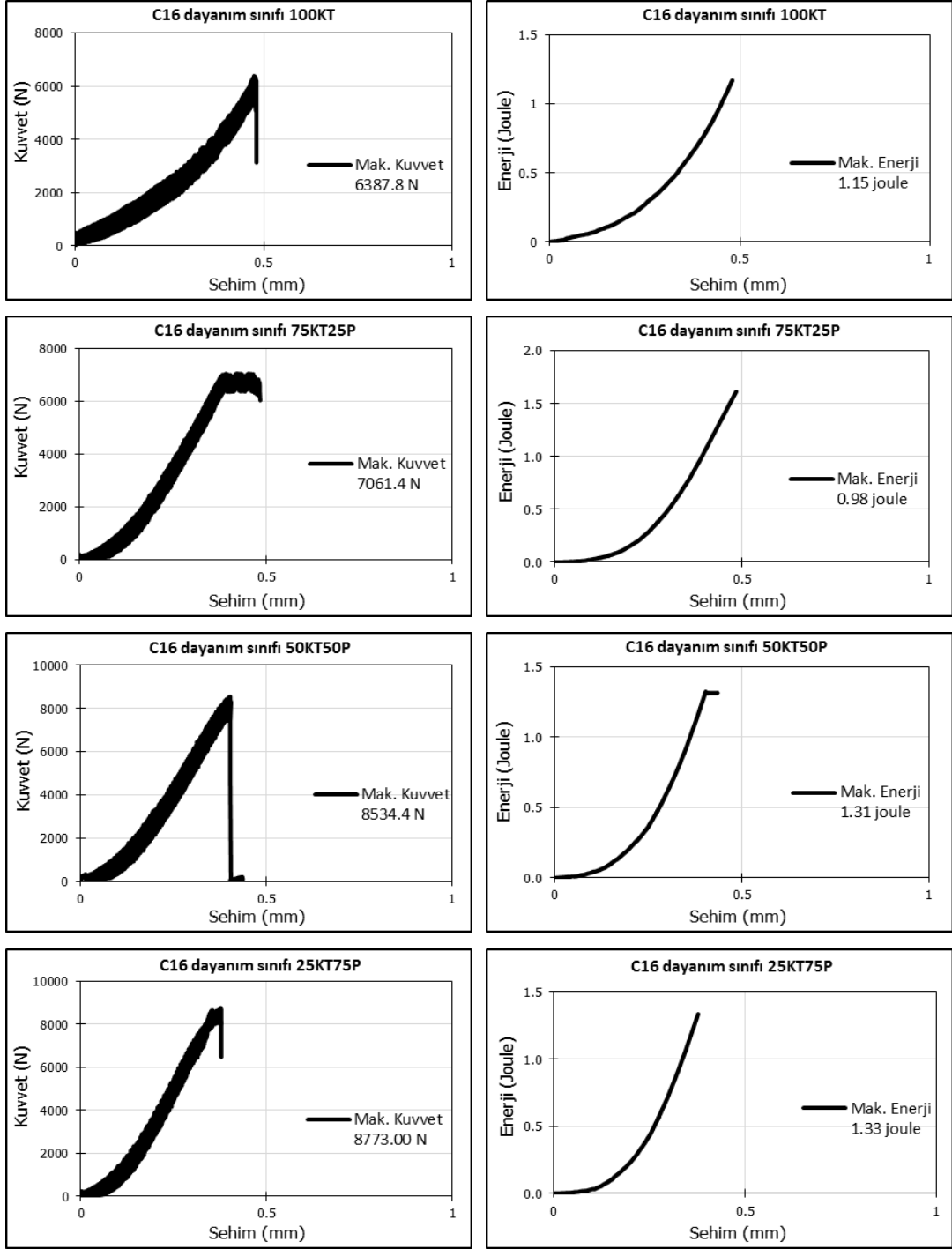
4.2.5. Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı deneyi sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında, 100P beton türüne ait grafikler Şekil 4.9, Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te görülmektedir.



Şekil 4.9. Tüm dayanım sınıflarında 100P beton örneklerin Kuvvet-Sehim ve Enerji-Sehim değerleri

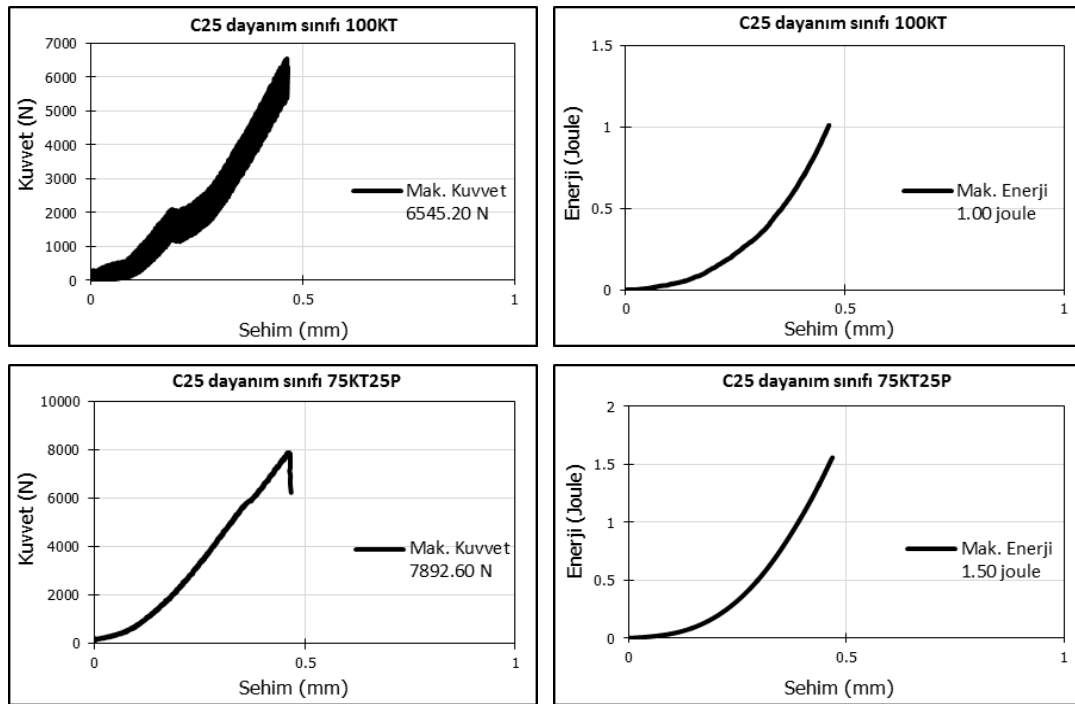
Bütün dayanım sınıflarında 100P beton türü değerlendirmesinde eğilme dayanımı değerleri dayanım sınıfının artmasıyla artmaktadır. C16 dayanım sınıfında 6.8MPa, C25 dayanım sınıfında 6.79MPa ve C35 dayanım sınıfında 7.19MPa olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.10. C16 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışı beton örneklerin Kuvvet-Sehim ve Enerji-Sehim değerleri

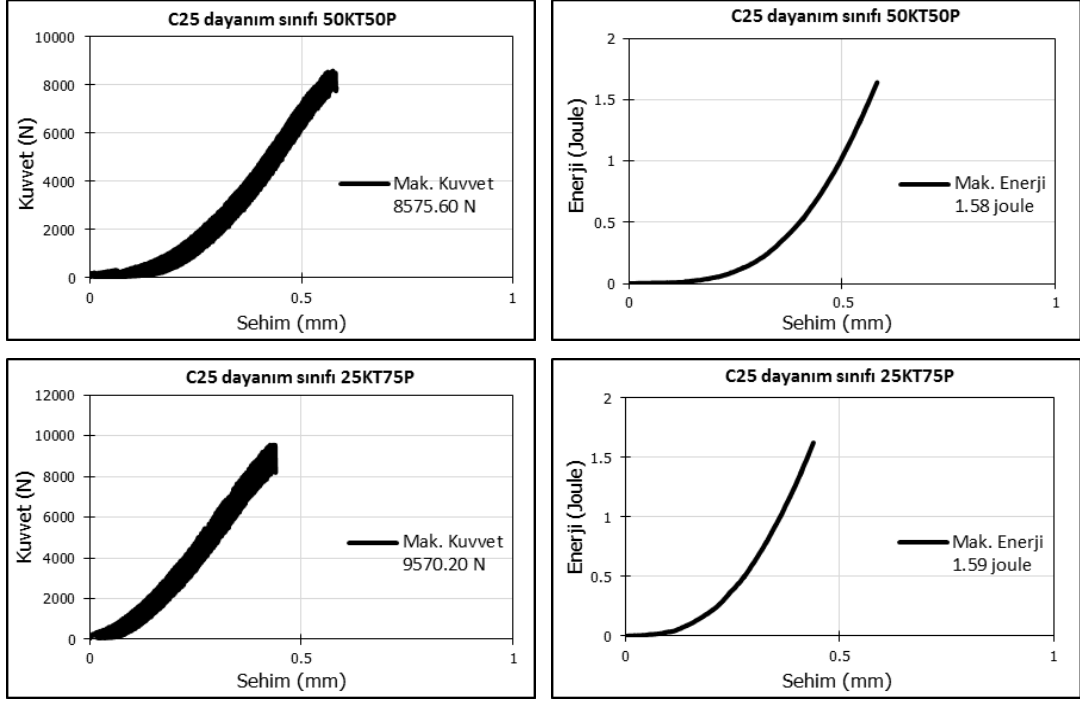
Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile hazırlanan C16 dayanım sınıfına ait beton örneklerin eğilme dayanımı ve tokluk değerlendirmesine göre;

- En büyük eğilme kuvveti 11334.40N ve en büyük eğilme dayanım değeri 6.80MPa ile 100P beton türünde olduğu,
- En küçük eğilme kuvveti 6387.80N ve en küçük eğilme dayanım değeri 3.83MPa ile 100K beton türünde olduğu,
- 100P beton türüne göre 25K75P, 50K50P, 75K25P ve 100K beton türlerinin sırasıyla %22.6, %24.7, %37.7 ve %43.6 daha küçük eğilme dayanım değerlerine sahip oldukları,
- 100P, 25K75P, 50K50P, 75K25P ve 100K beton türlerinin sırasıyla 2.37, 1.33, 1.31, 1.19 ve 1.15 Joule tokluk değerine sahip olduğu görülmüştür.



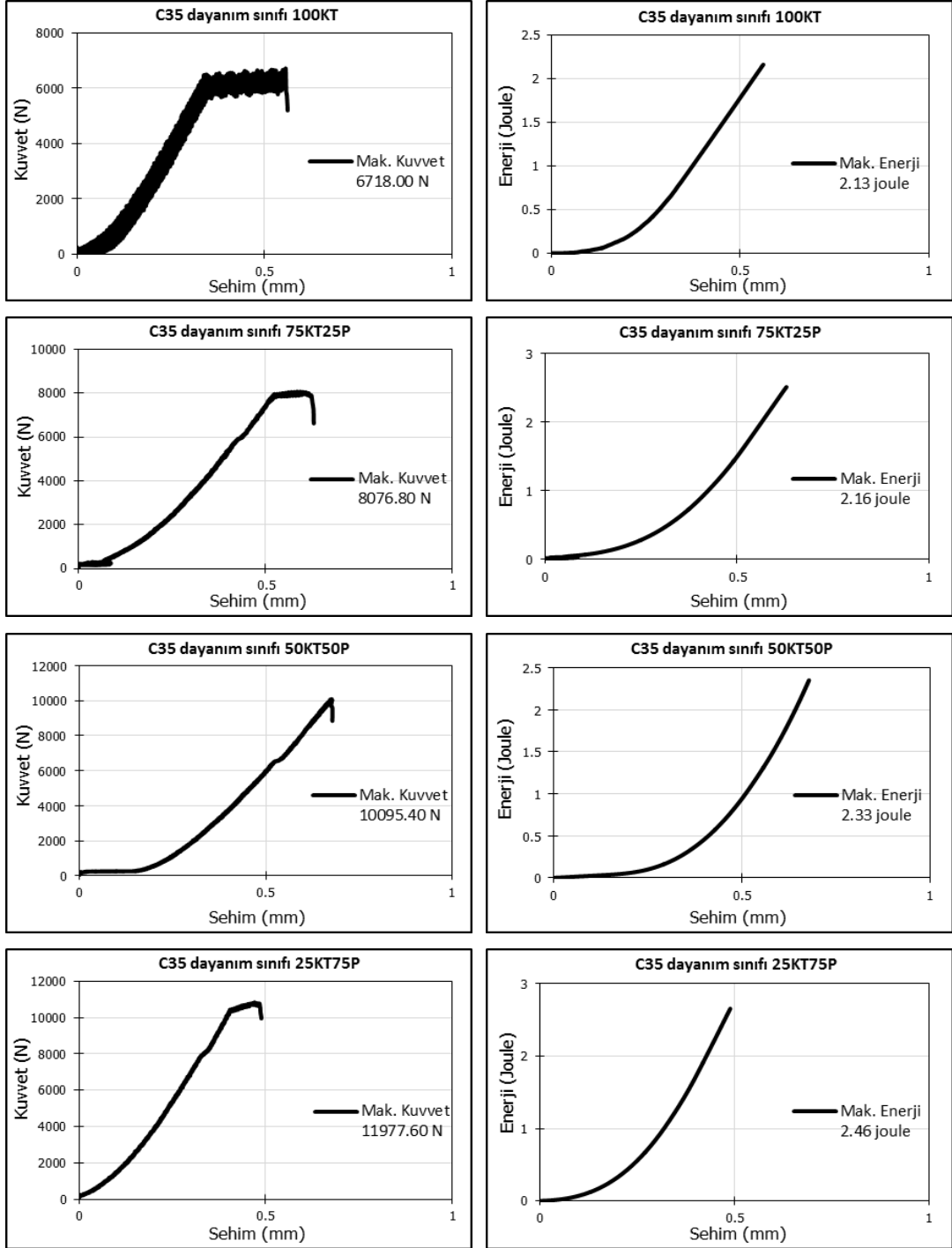
Şekil 4.11. C25 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışı beton örneklerin Kuvvet-Sehim ve Enerji-Sehim değerleri

Şekil 4.11'in devamı



Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile hazırlanan C25 dayanım sınıfına ait beton örneklerin eğilme dayanımı ve tokluk değerlendirmesine göre;

- En büyük eğilme kuvveti 11310.80N ve en büyük eğilme dayanım değeri 6.79MPa ile 100P beton türünde olduğu,
- En küçük eğilme kuvveti 6545.20N ve en küçük eğilme dayanım değeri 3.93MPa ile 100K beton türünde olduğu,
- 100P beton türüne göre 25K75P, 50K50P, 75K25P ve 100K beton türlerinin sırasıyla %15.4, %24.2, %30.2 ve %42.1 daha küçük eğilme dayanım değerlerine sahip oldukları,
- 100P, 25K75P, 50K50P, 75K25P ve 100K beton türlerinin sırasıyla 2.09, 1.59, 1.58, 1.50 ve 1.00 Joule tokluk değerine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.12. C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa karışı beton örneklerin kuvvet-sehim ve enerji-sehim değerleri

Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile hazırlanan C35 dayanım sınıfına ait beton örneklerin eğilme dayanımı ve tokluk değerlendirmesine göre;

- En büyük eğilme kuvveti 11977.60N ve en büyük eğilme dayanım değeri 7.19MPa ile 100P beton türünde olduğu,

- En küçük eğilme kuvveti 6718.00N ve en küçük eğilme dayanım değeri 4.03MPa ile 100K beton türünde olduğu,

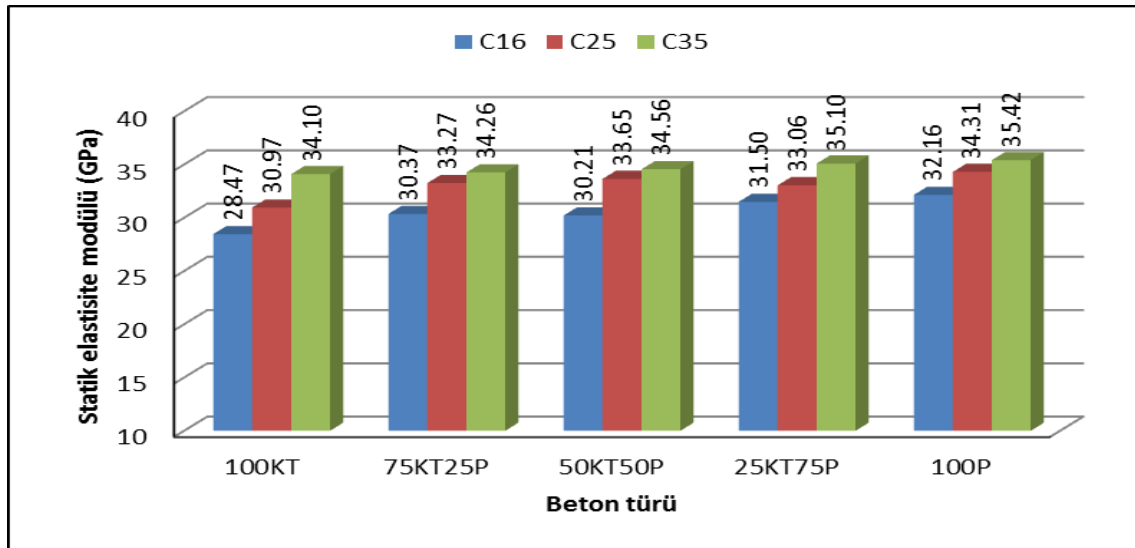
- 100P beton türüne göre, 25K75P, 50K50P, 75K25P ve 100K beton türlerinin sırasıyla %9.5, %15.7, %32.6 ve %43.9 daha küçük eğilme dayanım değerlerine sahip oldukları,

- 100P, 25K75P, 50K50P, 75K25P ve 100K beton türlerinin sırasıyla 2.60, 2.46, 2.33, 2.16 ve 2.13 Joule tokluk değerine sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, beton örneklerin eğilme dayanımı değerleri, basınç dayanımına paralellik göstermektedir. Pasa eklenen beton türlerinde, basınç dayanımı değeri artarken benzer şekilde eğilme dayanımı değerleri de artmaktadır.

4.2.6. Statik Elastisite Modülü

Statik elastisite modülü sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfı değerlendirmesinde, Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı beton örneklerine ait ortalama statik elastisite modülü değerleri grafik Şekil 4.13'te görülmektedir.



Şekil 4.13. Kireçtaşı Pasa agrega karışımı betonlara ait ortalama statik elastisite modülü değerleri

Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin ortalama statik elastisite modülü değerlendirmesinde;

- En küçük ortalama statik elastisite modülü, C16 basınç dayanımında 100KT beton türünde 28.47 GPa, C25 basınç dayanımında 100KT beton türünde 30.97 GPa ve C35 basınç dayanımında 100KT beton türünde 34.10 GPa olduğu,

- En büyük ortalama statik elastisite modülü, C16 basınç dayanımında 100P beton türünde 32.16 GPa, C25 basınç dayanımında 100P beton türünde 34.31 GPa ve C35 basınç dayanımında 100P beton türünde 35.42 GPa olduğu,

- C16 basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %2.0 , %6.0 , %5.6 ve %11.5 daha küçük statik elastisite modülüne sahip olduğu,

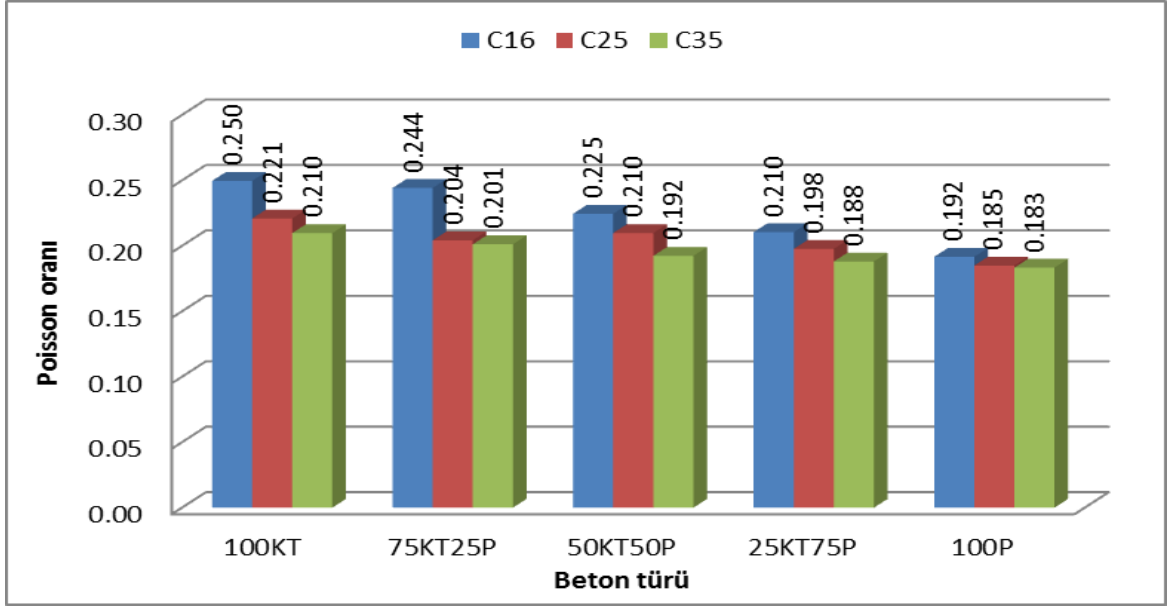
- C25 basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %3.7, %1.9, %3.0 ve %9.8 daha küçük statik elastisite modülüne sahip olduğu,

- C35 basınç dayanımında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %0.9, %2.4, %3.3 ve %3.7 daha küçük statik elastisite modülüne sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, statik elastisite modülü değeri basınç dayanımı ile değeriyle doğrudan ilişkilidir (Türkel, 2002). Elde edilen sonuçlara göre, beton türlerinin beton basınç dayanımı değerleri ile statik elastisite modülü değerleri arasında bir benzerlik görülmektedir. Pasa oranının artış gösterdiği ve buna paralel olarak basınç dayanımının arttığı beton türlerinde elastisite modülü değerinin arttığı görülmektedir.

4.2.7. Poisson Oranı

Poisson oranı sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfı değerlendirmesinde Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı beton örneklerine ait poisson oranı değerleri grafik Şekil 4.14'te görülmektedir.



Şekil 4.14. Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı betonlara ait poisson oranı değerleri

Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin poisson oranı değeri değerlendirmesinde;

- En küçük poisson oranı değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde 0.192, C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde 0.185 ve C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde 0.183 olduğu,
- En büyük poisson oranı değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde 0.250, C25 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde 0.221 ve C35 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türlerinde 0.210 olduğu,
- C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %1.9, %3.3, %5.3 ve %5.8 daha büyük poisson oranı değerine sahip olduğu,
- C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %1.3, %2.5, %1.9 ve %3.6 daha büyük poisson oranı değerine sahip olduğu,
- C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %0.5, %0.9, %1.8 ve %2.6 daha büyük poisson oranı değerine sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, beton örneklerin dayanım sınıfının artışı ve su çimento oranının azalması ile poisson oranı azalmaktadır. Agregaların sertlik değerleri arttıkça poisson oranı düşmektedir. Poisson oranı ile boşluk yapısı arasındaki ilişkiye değerlendirildiğinde, boşluk miktarlarının artışı ile poisson oranının arttığı da görülmektedir.

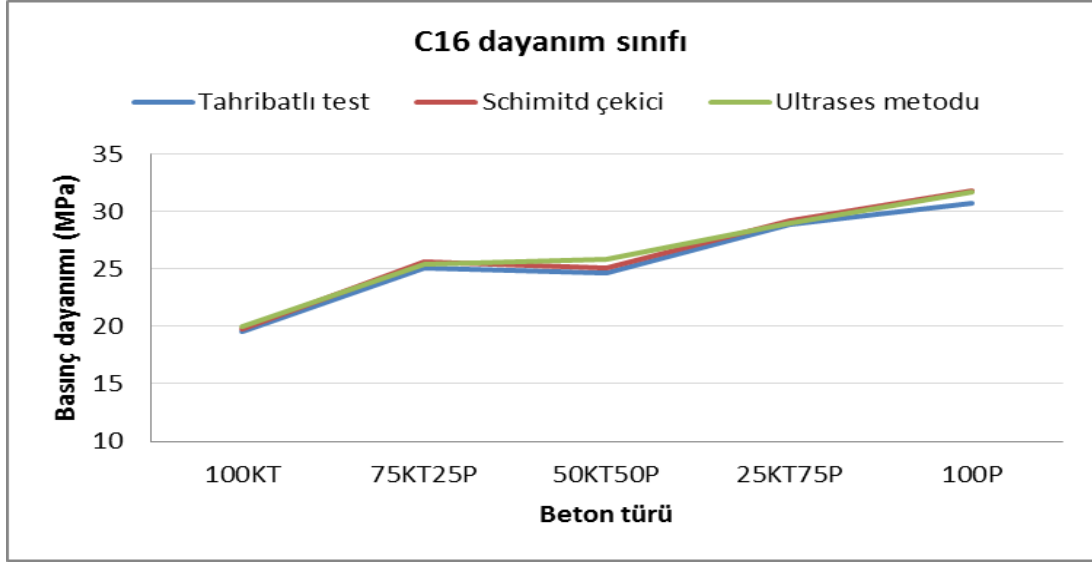
4.2.8. Tahribatsız Test Yöntemleri İle Beton Basınç Dayanımının Tayini

Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait tahribatsız test yöntemleriyle 28 günlük beton basınç dayanımı tayini sonuçları Tablo 4.4'te görülmektedir.

Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında basınç dayanımı grafikleri sırasıyla Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de görülmektedir.

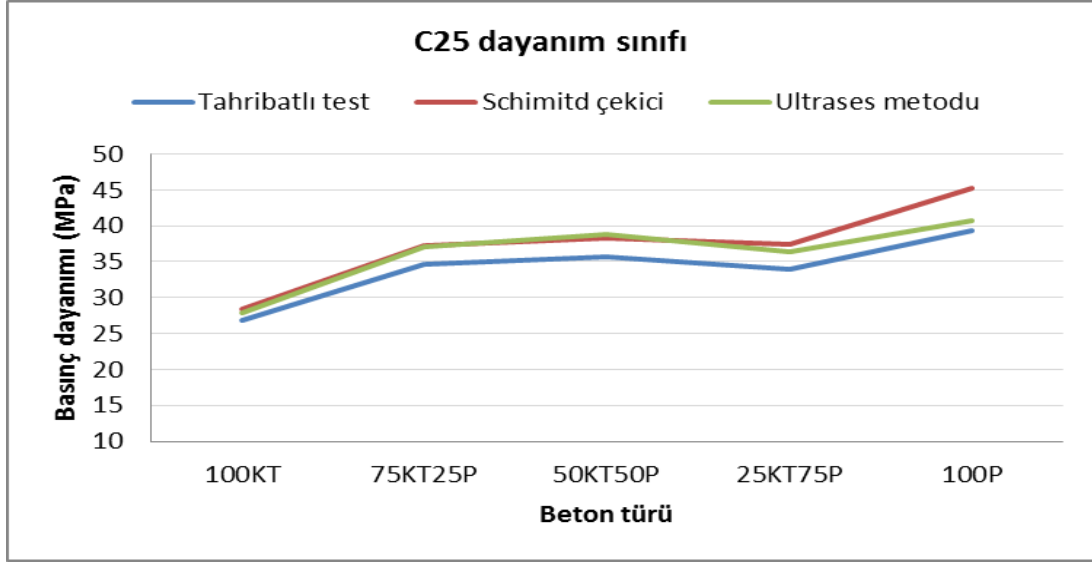
Tablo 4.4. Tahribatsız test yöntemi ile Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait tahmin edilen basınç dayanımı değerleri

Dayanım Sınıfı	Beton Türü	Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	Schimitd Çekici (R)	Schimitd Çekici ile Tahmin Edilen Basınç Dayanımı (MPa)	Ultrases Geçiş Hızı (km/s)	Ultrases Metodu ile Tahmin Edilen Basınç Dayanımı (MPa)
C16	100KT	19.50	29.4	19.81	3.75	20.0
	75KT25P	25.12	32.9	25.58	4.03	25.4
	50KT50P	24.62	32.6	25.05	4.05	25.8
	25KT75P	28.90	34.9	29.24	4.20	29.0
	100P	30.70	36.2	31.77	4.32	31.7
C25	100KT	26.90	34.5	28.49	4.15	27.9
	75KT25P	34.69	38.8	37.19	4.55	37.1
	50KT50P	35.62	39.3	38.29	4.62	38.8
	25KT75P	33.95	38.9	37.41	4.52	36.3
	100P	39.33	42.3	45.25	4.70	40.8
C35	100KT	37.70	40.8	41.69	4.70	40.8
	75KT25P	39.14	41.4	43.09	4.75	42.1
	50KT50P	40.05	42.1	44.76	4.82	43.9
	25KT75P	42.52	43.5	48.21	4.87	45.2
	100P	43.84	43.0	46.96	4.85	44.7



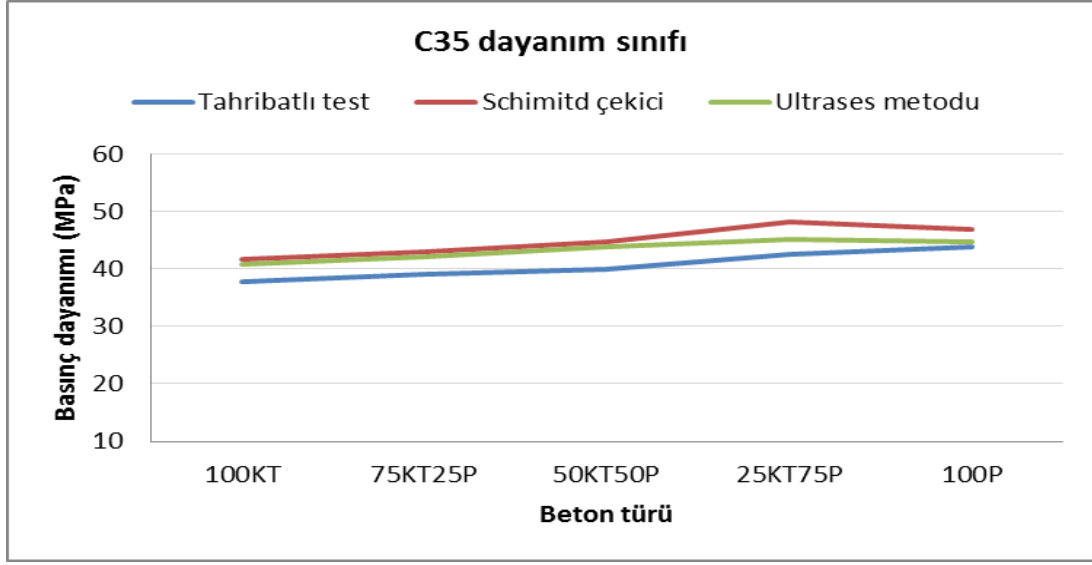
Şekil 4.15. Kireçtaşı-Pasa karışımı C16 dayanım sınıfındaki betonlara ait tahribatlı ve tahribatsız yöntemle belirlenen basınç dayanımı değerleri

- Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait C16 dayanım sınıfında schimtd çekici ile tahmin edilen basınç dayanımı değerinin, tahribatlı yöntemle elde edilen basınç dayanımı değerine göre, 100P, 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinde sırasıyla %3.5, %1.2, %1.7, %1.8 ve %1.6 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,
- Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait C16 dayanım sınıfında ultrasonik ses geçiş hızı ile tahmin edilen basınç dayanımı değerinin, tahribatlı yöntemle elde edilen basınç dayanımı değerine göre, 100P, 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinde sırasıyla %3.2, %0.4, %4.9, %1.2 ve %2.4 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.16. Kireçtaşı-Pasa karışımı C25 dayanım sınıfındaki betonlara ait tahribatlı ve tahribatsız yöntemle belirlenen basınç dayanımı değerleri

- Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait C25 dayanım sınıfında schimtd çekici ile tahmin edilen basınç dayanımı değerinin, tahribatlı yöntemle elde edilen basınç dayanımı değerine göre, 100P, 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinde sırasıyla %15, %10.2, %7.5, %7.2 ve %5.9 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,
- Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait C25 dayanım sınıfında ultrasonik ses geçiş hızı ile tahmin edilen basınç dayanımı değerinin, tahribatlı yöntemle elde edilen basınç dayanımı değerine göre, 100P, 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinde sırasıyla %3.7, %7, %8.9, %6.8 ve %3.8 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.17. Kireçtaşı-Pasa karışımı C35 dayanım sınıfındaki betonlara ait tahribatlı ve tahribatsız yöntemle belirlenen basınç dayanımı değerleri

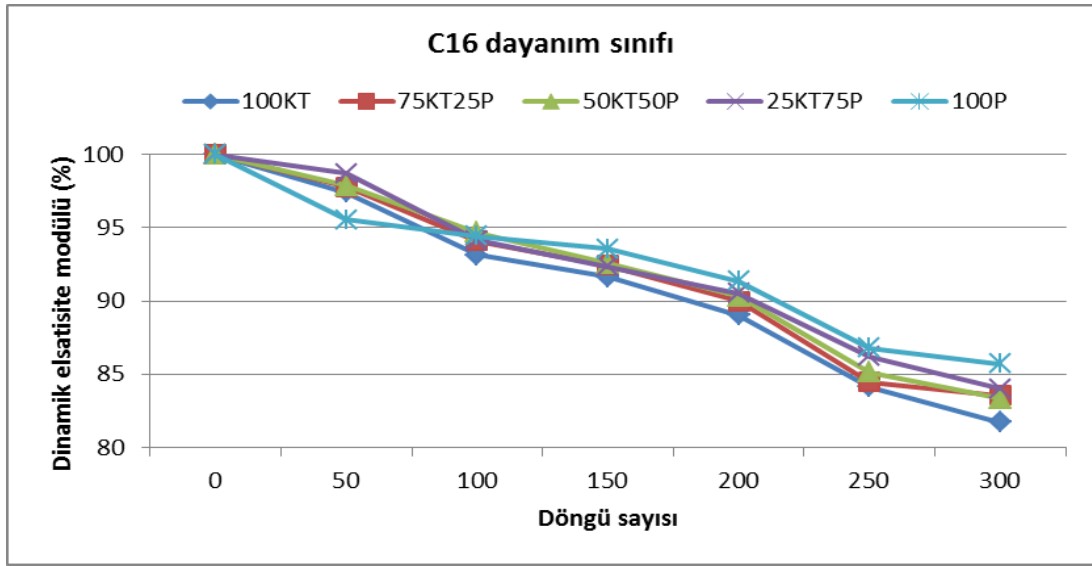
- Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait C35 dayanım sınıfında schmidt çekici ile tahmin edilen basınç dayanımı değerinin, tahribatlı yöntemle elde edilen basınç dayanımı değerine göre, 100P, 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinde sırasıyla %7.1, %13.4, %11.8, %10.1 ve %10.6 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu,

- Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan betonlara ait C35 dayanım sınıfında ultrasonik ses geçiş hızı ile tahmin edilen basınç dayanımı değerinin, tahribatlı yöntemle elde edilen basınç dayanımı değerine göre, 100P, 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinde sırasıyla %1.9, %6.3, %9.5, %7.5 ve %8.2 daha büyük basınç dayanımına sahip olduğu görülmüştür.

- Sonuç olarak, tahribatsız test yöntemleri ile tahribatlı test yöntemleri ile elde edilen değerler arasında farklılıkların olması kaçınılmazdır. Sonuçlar arasında büyük benzerlikler olabileceği gibi büyük farklılıklar da olabilir. Tahribatsız test yöntemlerinden elde edilen sonuçları etkileyen birçok etmen vardır. Fakat çalışmada, beton örneklerin schmidt çekici ve ultrasonik ses geçiş hızı yöntemleri ile belirlen basınç dayanım değeri ile tek eksenli basınç dayanımı test yöntemi ile belirlenen değerler arasında benzerlik görülmektedir.

4.2.9. Donma Çözülme Dayanımı

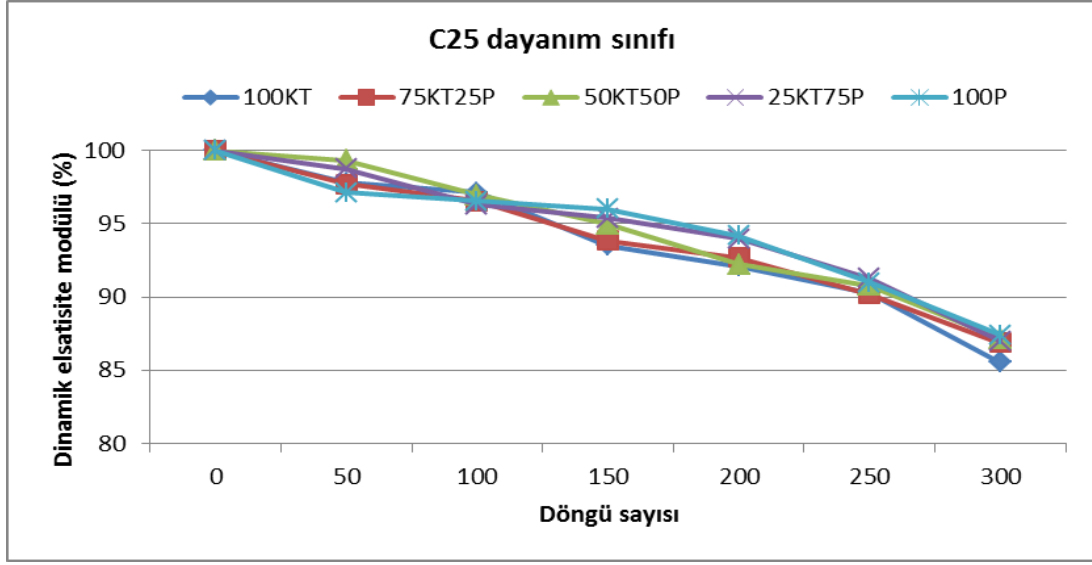
Donma-çözülme deneyi sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında dinamik elastisite modülündeki azalma miktarlarındaki değerlendirmede Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 18, Şekil 19, Şekil 20 ve dayanıklılık faktörü değerlendirmesi Şekil 21’de görülmektedir.



Şekil 4.18. Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile üretilen C16 dayanım sınıfındaki betonların dinamik elastisite modülü değişimi

C16 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin 300 donma-çözülme döngüsü sonunda dinamik elastisite modülündeki azalma miktarlarındaki değerlendirmede;

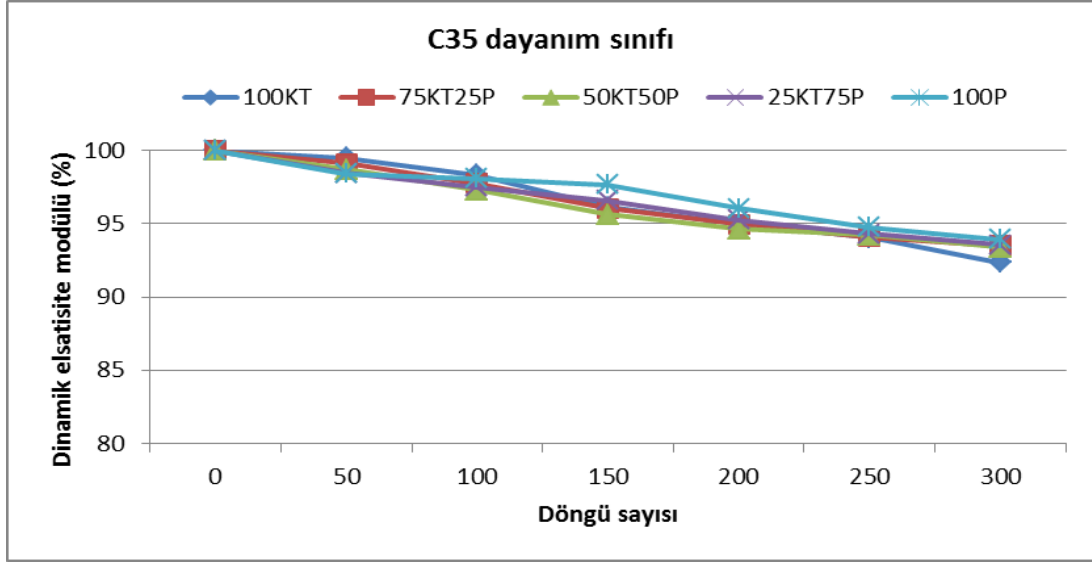
- Dinamik elastisite modülündeki azalma en küçük 100P beton türünde %14.28 olduğu,
- Dinamik elastisite modülündeki azalma en büyük 100KT beton türünde %18.27 olduğu,
- 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100 KT beton türlerinin dinamik elastisite modülündeki azalma sırasıyla %11.8, %16.6, %15.1 ve %27.9 daha büyük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.19. Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile üretilen C25 dayanım sınıfındaki betonların dinamik elastisite modülü değişimi

C25 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin 300 donma-çözülme döngüsü sonunda dinamik elastisite modülündeki azalma miktarlarındaki değerlendirmede;

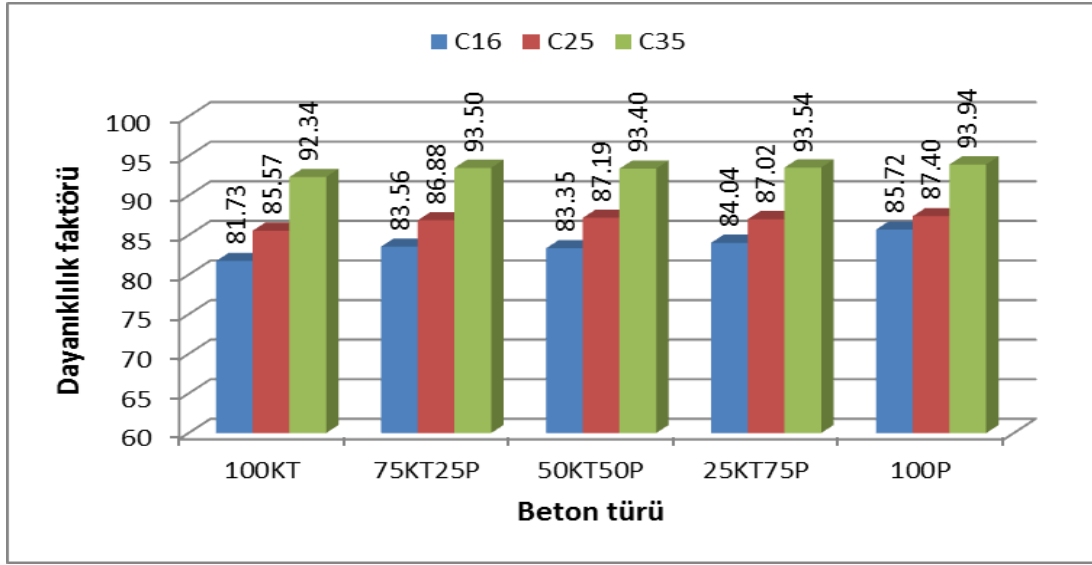
- Dinamik elastisite modülündeki azalma en küçük 100P beton türünde %12.60 olduğu,
- Dinamik elastisite modülündeki azalma en büyük 100KT beton türünde %14.43 olduğu,
- 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100 KT beton türlerinin dinamik elastisite modülündeki azalma sırasıyla %3, %1.7, %4.1 ve %14.6 daha büyük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.20. Kireçtaşı-Pasa karışımı agrega ile üretilen C35 dayanım sınıfındaki betonların dinamik elastisite modülü değişimi

C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin 300 donma-çözülme döngüsü sonunda dinamik elastisite modülündeki azalma miktarlarındaki değerlendirmede;

- Dinamik elastisite modülündeki azalma en küçük 100P beton türünde %6.06 olduğu,
- Dinamik elastisite modülündeki azalma en büyük 100KT beton türünde %7.66 olduğu,
- 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100 KT beton türlerinin dinamik elastisite modülündeki azalma sırasıyla %6.5, %8.9, %7.2 ve %26.3 daha büyük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.21. Kireçtaşı-Pasa karışımı agregası ile üretilen beton örneklerin dayanıklılık faktörü değerleri

Kireçtaşı-Pasa agregası karışımı ile hazırlanan beton örneklerin dayanıklılık faktörü değeri değerlendirmesinde;

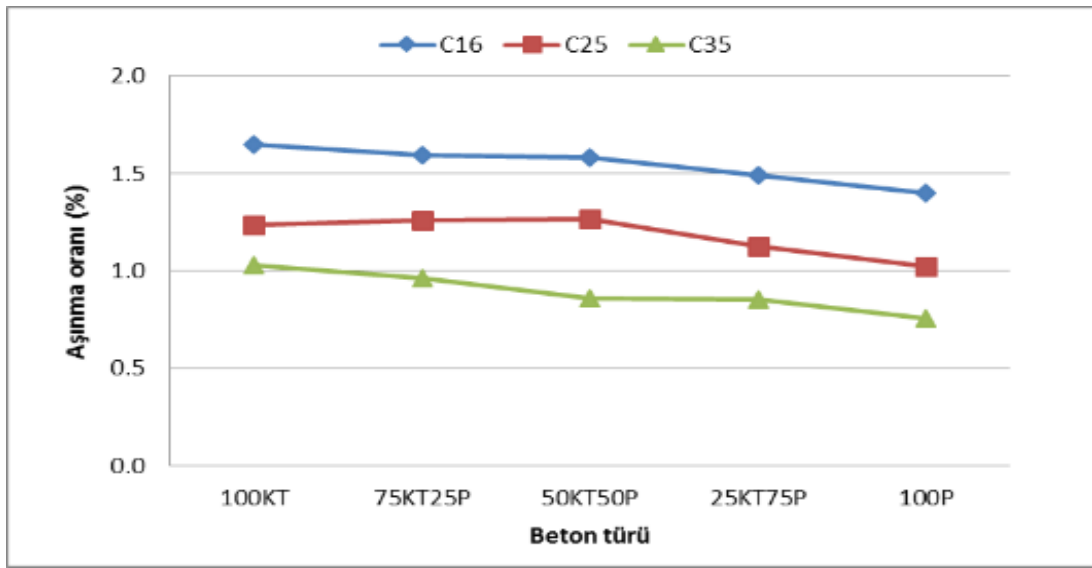
- C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %1.96, %2.76, %2.52 ve %4.65 daha küçük dayanıklılık faktörü değerine sahip olduğu,
- C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %0.44, %0.25, %0.60 ve %2.10 daha küçük dayanıklılık faktörü değerine sahip olduğu,
- C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %0.42, %0.58, %0.46 ve %1.70 daha küçük dayanıklılık faktörü değerine sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, Beton örneklerin maruz kaldığı her 50 donma çözülme döngüsünden sonra rezonans frekansı değerlerinde dolayısıyla bağıl dinamik elastisite modülü değerlerinde azalma neden olmaktadır. Porozite'nin yüksek olması ise, agreganın ve betonun donmaya ve çevre etkilerine dayanıklılığını azaltmaktadır (Caymaz, 2009). Beton türlerinde boşluk miktarının artışı ile donma çözülme dayanıklılığının azaldığı görülmektedir. Buna ek olarak, dayanım sınıfı artışı ile donma çözülme dayanımı daha yüksek çıkması, beton türlerinin su/çimento oranı ve toplam boşluk miktarı azalması ile açıklanabilir. Betonların 300 döngü sonucunda görsel incelemesinde kırılma, çatlama

gözlenmezken köşelerden bir miktar parça kopmalar gözlemlenmiştir. Bütün beton türlerinde dinamik elastisite modülündeki değişim %50'nin altına düşmemiştir.

4.2.10. Aşınma Dayanımı

Aşınma dayanımı sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında, Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.22'de görülmektedir.



Şekil 4.22. Kireçtaşı-pasa agregası karışımı ile üretilen beton örneklerin aşınma değerleri

Kireçtaşı-Pasa agregası karışımı ile hazırlanan beton örneklerin aşınma değeri değerlendirmesinde;

- En küçük aşınma değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde %1.40, C25 basınç dayanımında 100P beton türünde %1.02 ve C35 basınç dayanımında 100P beton türünde %0.76 olduğu,
- En büyük aşınma değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde %1.65, C25 basınç dayanımı sınıfında 100KT beton türünde %1.23 ve C35 basınç dayanımı sınıfında 100KT beton türlerinde %1.03 olduğu,
- C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %6.40, %13.10, %13.70 ve %17.90 daha büyük aşınma değerine sahip olduğu,

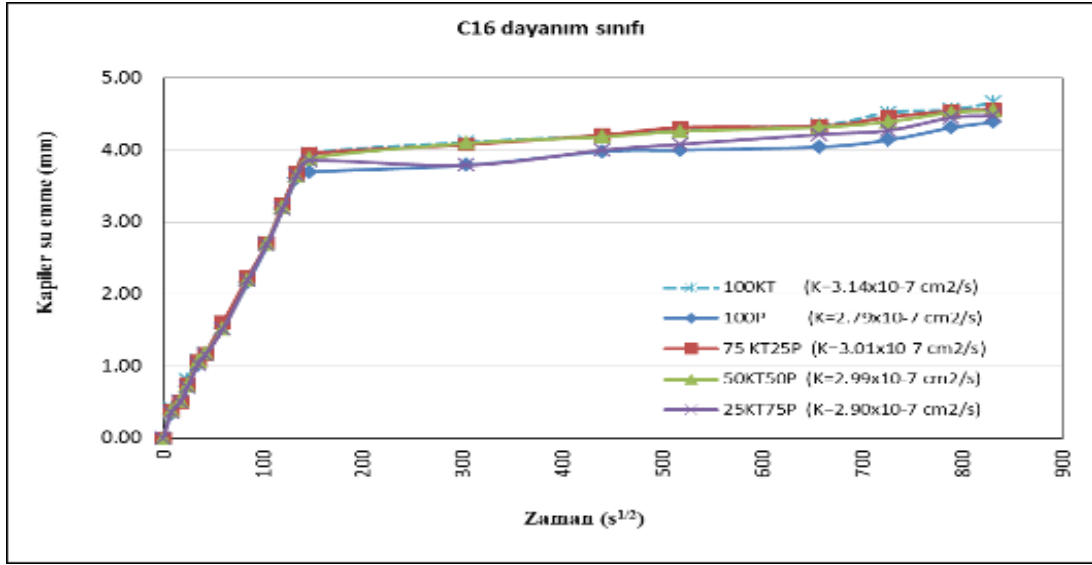
- C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %10.30, %24.10, %23.70 ve %20.90 daha büyük aşınma değeri sahip olduğu,

- C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %12.60, %13.60, %27.40 ve %35.70 daha büyük aşınma değeri sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, beton örneklerin üretiminde kullanılan agregalar türlerine bağlı olarak aşınma miktarları değişmektedir. Gaedicke ve diğ. (2005) yaptığı çalışmada, agregaların türünün değişimine bağlı olarak aşınma miktarları da değiştiği belirlenmiştir (Gaedicke, ve diğ., 2014). Basınç dayanımının artışı ile boşluk oranının azalması aşınma miktarları da azalmaya neden olmaktadır. Yen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, beton dayanımı sınıfı artışı ile su/çimento oranı azalmaktadır, bu azalma ile boşluk oranı azalmakta ve aşınma miktarı da azaldığı sonucuna varılmıştır (Yen ve diğ., 2007). Beton yoğunluğunun artışı aşınma miktarında azalmaya neden olduğu da görülmektedir. Benzer bir çalışmada, betonun yoğunluğu azaldıkça aşınma miktarı arttığı sonucuna varılmıştır (Zaetang ve diğ., 2013).

4.2.11. Kapilarite

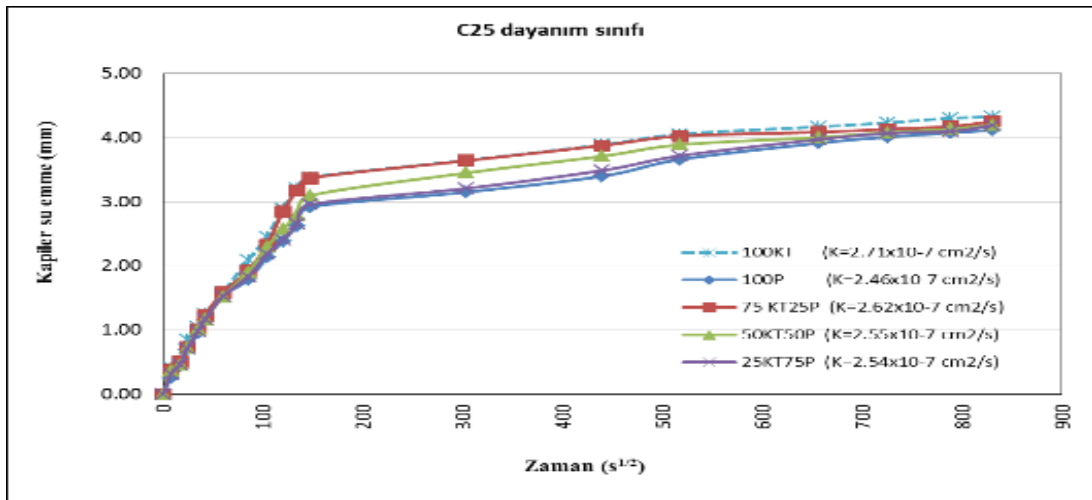
Kapilarite deneyi sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında kapilarite değerlendirmesinde, Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'te görülmektedir.



Şekil 4.23. Kireçtaşı-Pasa karışımı C16 dayanım sınıfındaki betonlara ait kapilerite değerleri

C16 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin kapilerite katsayısı değerlendirmesinde;

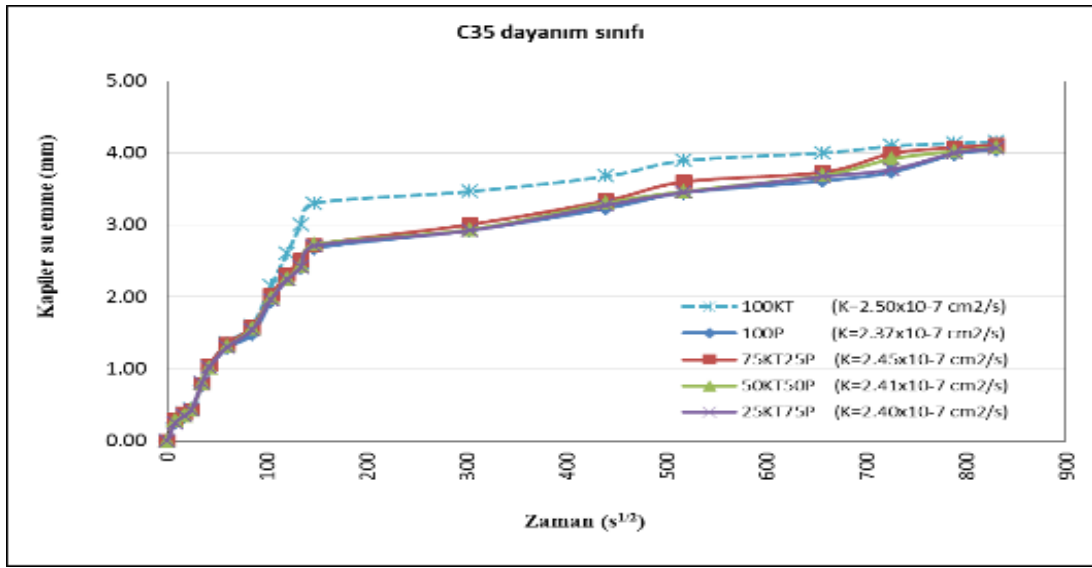
- En küçük kapilerite değeri, 100KT beton türünde $3.14 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ olduğu,
- En büyük kapilerite değeri, 100P beton türünde $2.79 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ olduğu,
- 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinin kapilerite katsayıları sırasıyla %4.1, %7.4, %8.0 ve %12.9 daha büyük kapilerite katsayısına sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.24. Kireçtaşı-Pasa karışımı C25 dayanım sınıfındaki betonlara ait kapilerite değerleri

C25 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin kapilerite katsayısı değerlendirmesinde;

- En küçük kapilerite değeri, 100KT beton türünde $2.71 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ olduğu,
- En büyük kapilerite değeri, 100P beton türünde $2.46 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ olduğu,
- 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinin kapilerite katsayıları sırasıyla %3.4, %3.7, %6.6 ve %10.1 daha büyük kapilerite katsayısına sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 4.25. Kireçtaşı-Pasa karışımı C35 dayanım sınıfındaki betonlara ait kapilerite değerleri

C35 dayanım sınıfında Kireçtaşı-Pasa agrega karışımı ile hazırlanan beton örneklerin kapilerite katsayısı değerlendirmesinde;

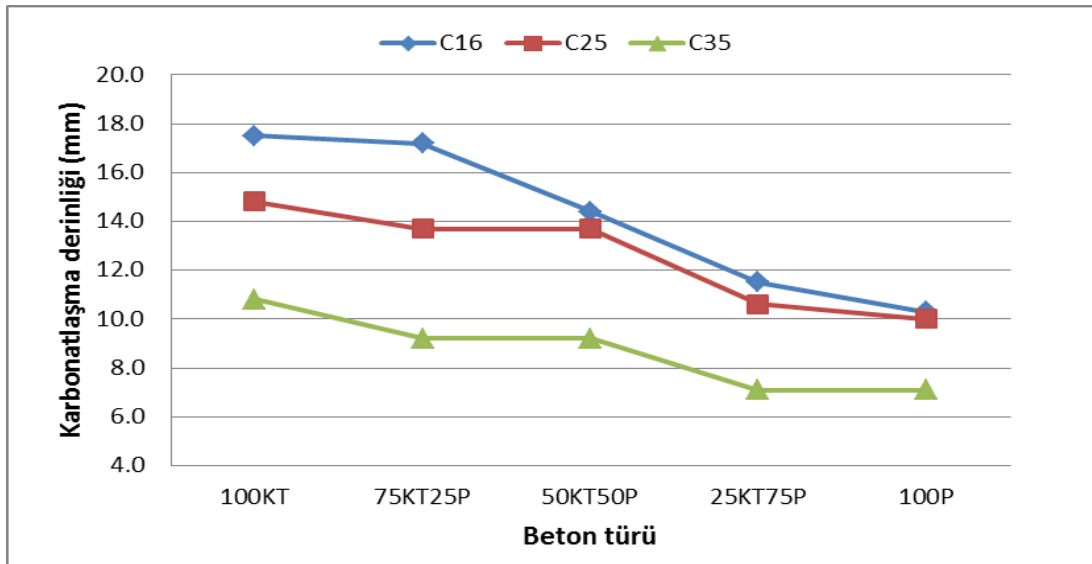
- En küçük kapilerite değeri, 100KT beton türünde $2.50 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ olduğu,
- En büyük kapilerite değeri, 100P beton türünde $2.37 \times 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{s}$ olduğu,
- 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türlerinin kapilerite katsayıları sırasıyla %1.3, %1.9, %3.5 ve %5.7 daha büyük kapilerite katsayısına sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, beton dayanım sınıfının artışı, beton içerisinde oluşan kapiler kanalların ve boşluk miktarının azalmasına neden olmaktadır. C35 dayanım sınıfındaki beton örneklerin kapilerite katsayılarının C16 ve C25 dayanım sınıfındaki beton türlerinden az olması bu şekilde açıklanabilir. Bunun yanında su emme değerlerine

bakıldığında, su emme değeri büyümesiyle kapiler su emme değerinin de arttığı görülmektedir. Pasa agregaları köken olarak kireçtaşı olmasından dolayı kireçtaşı agregaları ile karışımından üretilen betonlar ile kapilerite katsayıları benzerlik göstermektedir.

4.2.12. Karbonatlaşma

Aşınma dayanımı sonuçlarına göre, C16, C25 ve C35 dayanım sınıfında, Kireçtaşı-Pasa karışımı betonlara ait grafik Şekil 4.26’da görülmektedir.



Şekil 4.26. Kireçtaşı-pasa agregası karışımı ile üretilen beton örneklerin karbonatlaşma derinliği değerleri

Kireçtaşı-Pasa agregası karışımı ile hazırlanan beton örneklerin karbonatlaşma derinliği değeri değerlendirmesinde;

- En küçük karbonatlaşma derinliği değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde 10.30 mm, C25 basınç dayanımında 100P beton türünde 10.00 mm ve C35 basınç dayanımında 100P beton türünde 7.10 mm olduğu,
- En büyük aşınma değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100KT beton türünde 17.50 mm, C25 basınç dayanımı sınıfında 100KT beton türünde 14.80 mm ve C35 basınç dayanımı sınıfında 100KT beton türlerinde 10.80 mm olduğu,

- C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %11.27, %39.8, %67 ve %69.9 daha büyük karbonatlaşma derinliği değerine sahip olduğu,

- C25 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P, 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %6, %37, %37 ve %48 daha büyük karbonatlaşma derinliği değeri sahip olduğu,

- C35 basınç dayanım sınıfında 100P beton türüne göre 25KT75P beton türü %0 eşit karbonlaşma derinliği değeri sahip olduğu görülmüştür. 50KT50P, 75KT25P ve 100KT beton türleri sırasıyla %29.6, %29.6 ve %52.1 daha büyük karbonatlaşma derinliği değeri sahip olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak, beton türlerinde meydana gelen karbonatlaşma derinlikleri, betonun boşluk miktarı, ortamda bulunan karbondioksit miktarından etkilenmektedir. Karbonatlaşma derinlikleri agrega türlerinden ziyade betonun yüzeyinin boşluk yapısı ile açıklanabilir. Diğer bir konuda, çalışma sonucunda elde edilen karbonatlaşma derinlikleri, Gümüşhane ilinin hava kirliliği ve beton örneklerin açık havada bekleme süreleri göz önüne alındığında büyük ölçüde gerçekleşmemiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

“Kurşun madeni atık kayaçları ile üretilen yol kaplamalarının mühendislik özelliklerinin araştırılması” konulu proje kapsamında, içerisindeki kurşun miktarının işlenmesi ekonomik olmamasından dolayı atıl durumda olan maden atıkları “Pasa” ile hazırlanan beton örneklerin ile üretilen betonların mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla, kurşun maden atığı kayaçlar (Pasa) ve Kireçtaşı agregalarının değişik oranlarda (%25, %50, %75) karıştırılması ile hazırlanan beton örnekler üzerinde sertleşmiş beton deney sonuçları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayalı tartışma başlıkları aşağıdaki gibidir.

- Su emme oranı değerlerine göre, pasa oranının artışı ile su emme oranı değeri düşmektedir. Bütün beton türlerinde su emme oranı değerleri, beton dayanım sınıfının artışı ile azaldığı görülmüştür.

- Görünür boşluk oranı değerlerine göre, pasa oranının artışı ile hazırlanan örneklerde görünür boşluk oranı değeri düşmektedir. Bütün beton türlerinde görünür boşluk oranı değerleri, beton dayanım sınıfının artışı ile azaldığı görülmüştür.

- Görünür yoğunluk değerlerine göre, pasa oranının artışı ile hazırlanan örneklerde görünür yoğunluk değeri artmaktadır. Beton karışımları hacim esasına göre yapıldığı için, C35 dayanım sınıfındaki agrega miktarı C16 dayanım sınıfındaki agrega miktarından hacim olarak daha az olduğundan beton sınıflarında görünür yoğunluk değerleri, beton dayanım sınıfının artışı ile azalmaktadır.

- Kurşun maden atığından (pasa) üretilen beton agregaları köken olarak kireçtaşı olmasına rağmen, çalışmada kullanılan kireçtaşı agregasına göre basınç dayanımı yüksek ölçülmüştür. Kireçtaşı agregaları ile karıştırılarak hazırlanan beton örneklerinde bütün dayanım sınıflarında artış gözlenmiştir.

- Kurşun maden atıkları ile karıştırılarak hazırlanan kırı ş örneklerinde eğilme dayanımına olumlu bir etki yaptığı gözlemlenmiştir. Bu durum basınç dayanımı örnekleriyle de benzerlik göstermektedir.

- Pasa ve kireçtaşı ile karışımlarla hazırlanan beton türlerinde beton sınıfı ile beraber statik elastisite modülü değerlerinin de arttığı görülmüştür.

- Dayanım sınıfının artışıyla beton örneklerin poisson oranı azalmaktadır. En küçük poisson oranı değeri, C16 basınç dayanım sınıfında 100P beton türünde ölçülmüştür. Kireçtaşı agregalarına pasa agregasının karıştırılmasında artan oranlarda poisson oranı değeri azalmaktadır.

- Tahribatlı yöntemle elde edilen beton basınç dayanımı kıyaslamak amacıyla yapılan tahribatsız yöntemlerle beton basınç dayanımı tahmini arasında benzerlik görülmektedir.

- Beton örneklerin donma çözülme dayanımı değerlendirmesinde donma çözülme direnci dayanım sınıfının artması ile artmaktadır. 300 döngü sonunda beton örneklerde görülür oranda deformasyonlar gözlenmemiştir.

- Dayanım sınıfının artmasıyla aşınma değerleri düşmektedir.

- Beton örneklerin dayanım sınıfının artışı ile kapilerite değerinin azaldığı görülmektedir. En büyük kapilerite değeri, 100P beton türündedir. Pasa'nın değişen oranlarda beton içerisine katılması ile kapilerite değerlerini etkilemektedir.

- Beton örnekler 1 yıl süre ile açık havada ve taşıt trafiğinin bulunduğu yere yakın bir bölümde bırakılmış ve karbonatlaşma testine tabi tutulmuştur. Bütün agregası sınıflarında C16 dayanım sınıfında üretilen betonlarda en büyük karbonatlaşma değeri ölçülmüştür.

Sonuç olarak; maden atığının beton karışımına giren agregası içerisindeki oranının artışına bağlı olarak mekanik özelliklerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Maden atıklarının beton içerisinde kullanımı ile madenden çıkarılıp depolama sahalarında depolanan ve çevresel etkilerle doğanın kirlenmesine neden olabilecek malzemeler ekonomiye kazandırılacaktır. Bundan sonraki çalışmalarda beton içerisinde kurşun içerikli agregası kullanımından kaynaklı insan sağlığına zarar verebilecek etkilerinde araştırılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Akbulut, H. ve Güner, C., 2006. Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agrega Olarak Değerlendirilmesi, İmo Teknik Dergi, 9, 26-29.
- Arioğlu, E., 1989, Prefabrikasyon Endüstrisinde Beton Kalitesinin ve Denetiminin Mevcut Durumu, 1. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, 215-226s.
- ASTM C 597, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-4, 2004.
- ASTM C131, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-5, 2004.
- ASTM C1585, Standard Test Method for Measurement of Rate of Absorption of Water by Hydraulic-Cement Concretes, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-6, 2004.
- ASTM C535, Standard Test Method for Resistance to Degradation of Large-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-3, 2004.
- ASTM C642 Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-3, 2004.
- ASTM C666, Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-7, 2004.
- ASTM C805, Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-4, 2004.
- ASTM C944, Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete or Mortar Surfaces by the Rotating-Cutter Method, Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, USA. pp. 1-5, 2004.
- Binici, H., Eken M. ve Aksoğan, O., 2012. Cüruf, Uçucu Kül, Silis Kumu ve Pomza Esaslı Geopolimerlerin Fiziksel, Mekanik ve Radyasyon Geçirgenlik Özellikleri, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8, 12-25.
- Binici, H., Gemci, R., Küçükönder, A. ve Solak, H., 2012. Pamuk Atığı, Uçucu Kül ve Barit İle Üretilen Sunta Panellerin Isı, Ses ve Radyasyon Geçirgenliği Özellikleri, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8, 16-25.

- Camilleri, J., Anastasi, M. ve Torpiano, A. 2013. The microstructure and physical properties of heavy oil fuel ash replaced Portland cement for use in flowable fill concrete and the production of concrete masonry units, *Construction and Building Materials*, 38, 970-979.
- Çelik, Ö., 2004, Uçucu Kül, Silis Dumanı ve Atık Çamur Katkılarının Çimento Dayanımlarına Etkileri, *Hazır Beton Kongresi Bildiriler Kitabı*. Ankara, 215s
- Çetin, A. ve Tuncan, M., 1997, Endüstriyel Atıkların Asfalt Beton Kaplama Karışımında Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 125s.
- Çetmeli, E., 1974, Yeni Alman Betonarme Şartnamesi Betonarme Hesap Esasları, Kesitlerin Boyutlandırılması Ve Donatının Yerleştirilmesi, Uluğ Kitapevi, İstanbul, 325s.
- Erdoğan T., 2007. Beton, Metu Press, Ankara, 741s.
- Esin, T. ve Coşgun, N., 2007. A Study Conducted to Reduce Construction Waste Generation in Turkey, *Building and Environment*, 42, 1667-1674.
- Gaedicke, C., Marines, A. ve Miankodila, F., 2014. Assessing the abrasion resistance of cores in virgin and recycled aggregate pervious concrete, *Construction and Building Materials*, 68, 701–708.
- Gençel, O., 2009, Hamile Ratlarda Oksidatif Strese Neden Olan Radyasyona Karşı Kolemanitli Betonun Koruyucu Etkisinin Araştırılması. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 101s.
- Güner, S., 1999, Malzeme Bilimi Yapı Malzemesi ve Beton Teknolojisi, Aktif Yayınevi, İstanbul, 455s.
- Güven, İ. 1993. Doğu Pontidlerin 1/25000 Ölçekli Kompilasyonu, MTA Genel Müdürlüğü Yayını, 9, 16-17.
- Kefelioğlu, S., 1998 Türkiye Uçucu Küllerinin Özellikleri ve Kullanılma İmkanları, *Teknoloji*, 12, 25-26.
- Lennon, M., 2005. Recycling Construction and Demolition Wastes A Guide for Architects and Contractors, The Institution Recycling Network.
- Little, N. ve Epps, J., 2001. The Benefits of Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt, National Lime Association, USA, 102p.
- Morrison, R., 1970. A Review of Ash Specifications, Symposium on Fly Ash Utilization, Pittsburgh, 24-31.

- Neville, A., ve Brooks, J., 2001. Concrete Technology, Revised Edition, Pearson Education Limited.
- Okagbue, CO. ve Onyeobi, T., 1999. Potensial of marble dust to Stabilise Red Tropical Soils For Road Construction, Engineering Geology, Elsevier Science, 53, 371-380.
- Ouda, A., 2015. Development of high-performance heavy density concrete using different aggregates for gamma-ray shielding, Progress in Nuclear Energy, 79, 48-55.
- Ovens. P., 1979. Fly ash and its usage in concrete, Concrete, GBt, 13, 7, 21-26.
- Payá, J., Borrachero, M., Monzó, J., ve Bonilla, M., 1999. Properties of Portland cement mortars incorporating high amounts of oil-fuel ashes. Waste Manage, Oxford, 1-7.
- Sancak, E., 2005. Silis Dumanı Katkılı Bims Betonların Özellikleri. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 142s.
- Seals, R., 1977. Properties of bottom ash/boiler slag and fly ash, Short Course. Technology and Utilization of Power Plant ash, 59p.
- Terzi, S. ve Karaşahin, M., 2003. Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonu Karışımında Filler Malzemesi Olarak Kullanımı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Teknik Dergi, 14, 2, 14-19.
- THHBB, 2008. Hazır Beton Sektörünün 2007 İstatistikleri, Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul.
- Topçu, İ., 2000. İleri Beton Teknolojisi Ders Notları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Eskişehir.
- Topçu, İ., 2006, Beton Teknolojisi, Uğur Ofset, Eskişehir, 570s.
- TS EN 1097-6, Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-43, 2015.
- TS EN 12390-3, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-19, 2010.
- TS-EN 12390-5, Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1-9, 2010.
- Türkel, E., 2002. Betonda Basınç Dayanımı İle Elastisite Modülü Arasındaki İlişkiler. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 113s.

- Yen, T., Hsu, H., Liu, W., ve Chen, S. H., 2007. Influence Of Class F Fly Ash On The Abrasion–Erosion Resistance Of High-Strength Concrete. *Construction and Building Materials*, 21, 458-463.
- Yilmazer B., 2009. Muş Yöresinden Temin Edilen Baritin Kullanımı İle Elde Edilen Ağır Betonun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 136s.
- Zaetang, Y., Wongsu, A., Sata, V. ve Chindaprasirt, P., 2013. Use of lightweight aggregates in pervious concrete, *Construction and Building Materials*, 48, 585-591.
- Zoorob, S., Suparna, L., 2000. Laboratory Design and Investigation of the Properties of Continuously Graded Asphaltic Concrete Containing Recycled Plastics Aggregate Replacement, *Cement and Concrete Composites*, Elsevier Science, 22, 233-242.

ÖZGEÇMİŞ

Fatih Sultan SEMİZ, 1987 yılında Trabzon Çaykara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimimi Trabzon Merkez’de okudu. Liseyi, Fatih Lisesi’nin süper kısmında okudu. 2004 yılında başladığı Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesinden 2008 yılında İnşaat Mühendisi olarak mezun oldu. Okulu bitirdikten sonra yedek subay olarak Kıbrıs’ta vatani görevini tamamladı. Askerliği bitirdiği yıl DSİ 26. Bölge Müdürlüğü- Artvin’e atandı. Deriner Barajında kontrol mühendisi olarak bir buçuk yıl görev yaptı. Daha sonra 2011 yılında Bayburt Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’ne atandı. Şu an Bayburt Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’nde çalışmaktadır. Ayrıca iki yıllık ilahiyat mezunudur. Evli ve iki çocuk babasıdır.