

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

**LİMONİT VE SİDERİT AGREGALARININ AĞIR BETON ÜRETİMİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Zülfü Murat DOĞAN
(01225102)**

**Ana Bilim Dalı: Yapı Eğitimi
Programı: Yapı Eğitimi**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yüksel ESEN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 6 Nisan 2012

NİSAN-2012

**LİMONİT VE SİDERİT AGREGALARININ
AĞIR BETON ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Zülfü Murat DOĞAN

**Yüksek Lisans Tezi
Yapı Eğitimi Ana Bilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yüksel ESEN

NİSAN-2012

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

**LİMONİT VE SİDERİT AGREGALARININ AĞIR BETON ÜRETİMİNDE
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Zülfü Murat DOĞAN
(01225102)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 06 Nisan 2012
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Nisan 2012**

Tez Danışmanı	Yrd. Doç. Dr. Yüksel ESEN (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri	Doç. Dr. Ömer KELEŞOĞLU (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri	Yrd. Doç. Dr. Kürşat ALYAMAÇ (F.Ü)

NİSAN-2012

ÖNSÖZ

“Limonit ve Siderit Agregalarının Ağır Beton Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması” konusunda hazırlamış olduğum yüksek lisans tezinin hazırlanmasında ve eğitim dönemim boyunca üzerimde emeği bulunan sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Yüksel ESEN’e ve bölüm hocalarıma teşekkür ederim.

Yine bu çalışma döneminde agregaların kimyasal analizini yapan Elazığ Çimento Fabrikasına, radyasyon geçirimsizliği deneyini yapan Çekmece Nükleer Araştırmalar Enstitüsüne, projemizi destekleyen Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Enstitüsüne’de çalışmaya katkılılarından dolayı ayrıca teşekkür ederim.

Bu çalışmamı sevgili eşim ve kızlarım Fatma Duru ve Neva Su’ya atfediyorum.

Öğr. Gör. Zülfü Murat DOĞAN
ELAZIĞ-2012

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Beton	1
1.1.1. Betonun Genel Özellikleri.....	2
1.1.1.1. Basınç Mukavemeti.....	2
1.1.1.2. Basınç Mukavemetine Etki Eden Faktörler.	4
1.1.1.2.1. Çimentonun Beton Mukavemeti Üzerine Etkisi	4
1.1.1.2.2. Su Miktarının Beton Mukavemeti Üzerine Etkisi.....	5
1.1.1.2.3. Betonun Kompozitesinin Mukavemet Üzerine Etkisi	6
1.1.1.2.4. Dış Etkiler ve Kür Şartlarının Mukavemet Üzerine Etkisi.....	7
1.2. Radyasyon Hakkında Genel Bilgiler.....	7
1.2.1. Radyoaktif Işıma Türleri	10
1.2.2. Radyoaktif Yarılanma Süreleri.....	12
1.2.3. Radyoaktivite Ölçümleri ve Birimleri.....	12
1.3. Ağır Betonlar Hakkında Genel Bilgiler	14
1.3.1. Agrega.....	17
1.3.2. Çimento.....	18
1.3.3. Karışım Suyu.....	18
1.3.4. Kimyasal Katkılar	18
2. MATERYAL METOD VE BULGULAR	19
2.1. Deneyin Özeti	19
2.2. Kullanılan Cihazlar ve Materyaller	20
2.2.1. Terazî	20
2.2.2. Ultrases Ölçme Cihazı (PGH Ölçüm Cihazı).....	20
2.2.3. Dozimetri Cihazı	20
2.2.4. Diğer Cihazlar	21

2.3. Kullanılan Malzeme ve Oranları	21
2.4. Agrega Fiziksel Deneyleri.....	26
2.4.1. Birim Ağırlık Deneyleri	26
2.4.2. Özgül Ağırlık Deneyi.....	27
2.5. Beton Karışım Hesabı	29
2.6. Deney Sonuçları ve Değerlendirmesi.....	32
2.6.1. Numunelerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri.....	32
2.6.2. Ultrases Hızlarının (PGH) Ölçülmesi	36
2.6.3. Yüzey Sertliklerinin Ölçülmesi.....	40
2.6.4. Eğilmede Çekme Dayanımlarının Ölçülmesi.....	42
2.6.5. Basınç Dayanımlarının Ölçülmesi	44
2.6.6. Numunelerin Radyasyon Geçirgenliğinin Ölçülmesi	48
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	59
KAYNAKLAR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	64

ÖZET

Bilindiği gibi dünyada, özellikle Türkiye’de ağır betonlar uzun zamandan beri üretilmekle beraber ilk zamanlar kullanımları, kayma eğilimi gösteren ve devrilmeye karşı emniyette olmayan bazı özel yapıların söz konusu emniyetlerini sağlamak amacıyla yönelik dar bir alanda sınırlı kalmıştır. Ancak nükleer enerjinin gelişmesi özellikle nötron ve γ gibi cisimlerin içine girebilme yetenekleri yüksek olan öldürücü ışınlarla karşı biyolojik koruyucu bir beton perde oluşturma zorunluluğu, bu beton perde kalınlığını minimuma indirgenmesine imkan veren, ağır betonlarla mümkündür. Ağır beton üretiminde genellikle Barit, Magnetit, Limonit, Siderit ve İlmenit gibi ağır agregalar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Malatya ili Hekimhan ilçesinde çıkarılan Siderit ve Limonit madenini farklı oranlarda beton karışımına katarak elde edilen betonlarda bazı mekaniksel, fiziksel ve durabilite özellikleri incelenmiştir. Yine bu karışımlardan elde edilen beton numuneler üzerinde radyasyon geçirimsizliğini test etmek için nötron ve proton ışımaları verilmiş ve farklı kalınlıklarda geçirimsizlikleri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır Beton, Siderit, Limonit, Radyasyon Geçirimsizliği

SUMMARY

The Name of the Thesis, The Investigation of Usability of Limonite and Siderite Aggregates in Production of Heavy Concrete

Heavy concrete has been produced for a long time in the world especially in the world. Previously, it was restricted to a limited area for the primary purpose of providing security to the buildings in the tendency of sliding. But, it is only possible with these heavy concretes that development of nuclear energy especially the obligation of creating a protective of biological concrete curtain against lethal rays with a high capability of entering into the bodies, such as neutrons and γ rays. Heavy aggregates such as Barite, Magnetite, Limonite, Siderite and Ilmenite are used in the production of heavy concrete. Aggregates.

In this study, the durability, mechanical and physical features in concretes obtained by adding Siderite and Limonite mine ,extracting in Hekimhan county of Malatya province, in different rates were investigated. In order to test the radiation permeability in this mixture, neutron and proton radiances were given and permeability in different thicknesses were investigated on these samples.

Key words : Heavy concrete, Siderite, Limonite, Radiation Permeability

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Elektromanyetik Spektrum.....	8
Şekil 1.2. Fotonun Enerji, Frekans, Dalgaboyu.....	9
Şekil 2.1. Standart Dozimetri Cihazları.....	21
Şekil 2.2. Normal Agreg a Gronölometri Deneyi.....	22
Şekil 2.3. Siderit Agregasının Gronölometri Deneyi.....	24
Şekil 2.4. Limonit Agregasının Gronölometri Deneyi.....	24
Şekil 2.5 Slump deneyi.....	25
Şekil 2.6. Hassas Teraz i ve Etüv.....	32
Şekil 2.7. Siderit Katkılı Beton numunelerin Kuru Birim Hacim Ağırlığı.....	34
Şekil 2.8. Siderit Katkılı Beton numunelerin Su emme Yüzdesi.....	34
Şekil 2.9. Limonit Katkılı Beton numunelerin Kuru Birim Hacim Ağırlığı.....	35
Şekil 2.10. Limonit Katkılı Beton numunelerin Su emme Yüzdesi.....	36
Şekil 2.11. PGH (Ultras es) Ölçüm Cihazı.....	37
Şekil 2.12. Siderit Katkılı Beton Numunelerine Ait PGH Ölçüm Sonuçları.....	38
Şekil 2.13. Limonit Katkılı Beton Numunelerine Ait PGH Ölçüm Sonuçları.....	39
Şekil 2.14. Schmidt çekicinde vuruş açısı ile maksimum ve minimum mukavemetler Bağıntısı.....	40
Şekil 2.15 Siderit Katkılı betonların Yüzey Sertlik Sonuçları.....	41
Şekil 2.16 Limonit Katkılı betonların Yüzey Sertlik Sonuçları.....	41
Şekil 2.17. Eğilmede Çekme Deneyi ve Deney Presi.....	42
Şekil 2.17 Siderit Katkılı Betonların Eğilmede Çekme Sonuçları.....	43
Şekil 2.18 Limonit Katkılı Betonların Eğilmede Çekme Sonuçları.....	44
Şekil 2.19. Basınç Deney Aleti.....	45
Şekil 2.20. Siderit Katkılı Beton Numunelerinin Karışım Oranlarıyla Basınç Dayanımları Arasındaki Değişimi Gösterir Grafik.....	46
Şekil 2.21. Limonit Katkılı Beton Numunelerinin Karışım Oranlarıyla Basınç Dayanımları Arasındaki Değişimi Gösterir Grafik.....	47

Şekil 2.22. X Işınları Ölçüm Cihazı.....	49
Şekil 2.23. X Işınları Dozimetri Cihazları.....	49
Şekil 2.24. Cobalt ışınları ölçüm cihazı ve iyon.....	50
Şekil 2.25. Siderit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (117 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği.....	53
Şekil 2.26. Siderit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (164 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği.....	53
Şekil 2.27. Siderit Katkılı Betonların Kalınlıkla Co-60 (1250 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği.....	53
Şekil 2.28. Limonit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (117 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği.....	57
Şekil 2.29. Limonit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (164 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği.....	57
Şekil 2.30. Limonit Katkılı Betonların Kalınlıkla Co-60 (1250 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği.....	58

TABLolar LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo1.1 28 günlük dayanımlarını tamamlamış silindir ve küp numune basınç dayanım tablosu.....	3
Tablo1.2 Su oranı ile basınç mukavemeti arasındaki korelasyon.....	6
Tablo1.3. Bazı radyoaktif izotoplar, yarı ömürleri ve yaydığı ışın türleri.....	12
Tablo1.4. Siderit ve Limonit Madenine Ait Kimyasal Bileşim Tablosu.....	16
Tablo1.5 Birim Hacim Kütlelerine Göre Agrega Çeşitleri.....	17
Tablo 2.1. Çimento ve uçucu külün fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler.....	21
Tablo 2.2. Deneyde Kullanılacak Normal Agreganın Elek Analizi Deneyi.....	22
Tablo 2.3. Siderit ve Limonit Madenine Ait Kimyasal Bileşim Tablosu.....	23
Tablo 2.4. Deneyde Kullanılacak Siderit Agregasının Elek Analizi Deneyi.....	23
Tablo 2.5. Deneyde Kullanılacak Limonit Agregasının Elek Analizi Deneyi.....	24
Tablo 2.6. Sikament FFN Akışkanlaştırıcı Beton Katkısı Ürün Bilgisi.....	25
Tablo 2.7. Agregaların Birim Hacim Ağırlıkları.....	26
Tablo 2.8. Agregaların Fiziksel Değerleri.....	29
Tablo 2.9. 1m ³ Siderit Katkılı Beton İçin Karışım Hesabı.....	30
Tablo 2.10. 1m ³ Limonit Katkılı Beton İçin Karışım Hesabı.....	31
Tablo 2.11. Siderit Katkılı Betonun Fiziksel Deney Sonuçları.....	33
Tablo 2.12. Limonit Katkılı Betonun Fiziksel Deney Sonuçları.....	35
Tablo 2.13. Ultra ses hızlarına Göre Beton Kalitesi.....	37
Tablo 2.14. Numunelerde Okunan Değere Karşılık Gelen Yayılma Hızı.....	38
Tablo 2.15. Numunelerde Okunan Değere Karşılık Gelen Yayılma Hızı.....	39
Tablo 2.16. Siderit Katkılı Betonun Basınç Dayanım Değerleri.....	46
Tablo 2.17. Limonit Katkılı Betonun Basınç Dayanım Değerleri.....	47
Tablo 2.18. Lineer Enerji Katsayıları, μ (1/cm).....	48
Tablo 2.19. Normal Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	51

Tablo 2.20. % 20 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.	51
Tablo 2.21. % 40 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.	51
Tablo 2.22. % 60 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.	52
Tablo 2.23. % 80 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.	52
Tablo 2.24. % 100 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	52
Tablo 2.25. Normal Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	55
Tablo 2.26. % 20 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	55
Tablo 2.27. % 40 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	55
Tablo 2.28. % 60 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	56
Tablo 2.29. % 80 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	56
Tablo 2.30. % 100 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları.....	56

SEMBOLLER LİSTESİ

a	: Numunenin kesit boyu
C_{min}	: Çimento Dozajı İçin Önerilen Minimum Değer
D	: Dane çapı
K	: Kompasite
l	: Örneğin boyu
L	: Mesnetler arası mesafe
m_1	: Su Emme Oranı
M	: Yük etkisiyle oluşan dönme momenti
p	: Porozite
P	: Kırılmanın olduğu max. yük
Pa_1	: Ölçü kabının boş ağırlığı, (gr)
Pa_2	: Ölçü kabı + gevşek veya sıkışık agreg ağırlığı
δ_k	: Kuru Özgöl Ağırlığı (gr/cm ³)
δ_d	: Doygun Özgöl Ağırlığı (gr/cm ³)
δ_g	: Görünür Özgöl Ağırlığı (gr/cm ³)
t	: Ultrasonik cihazdan okunan değer
v	: Ultrasonik dalgaların örnekte yayılma hızı
γ	: Birim ağırlık (gr/cm ³)
V	: Kabın Hacmi (cm ³)
W_{kuru}	: Kuru Ağırlık (gr)
W_{dky}	: Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (gr)
W_{Suda}	: Sudaki Ağırlığı (gr)
W	: Mukavemet momenti

1. GİRİŞ

Önceleri sadece barınma ihtiyacını karşılamak amacıyla yapılan binalar, değişen ve gelişen teknolojiye paralel olarak yerini daha modern, ihtiyaçları karşılayabilen, çok amaçlı kompleks yapılarla değiştirmiştir. Bu bağlamda önceleri sadece konut olarak kullanılan binalara ek olarak hastaneler, okullar, köprüler, askeri amaçlı barınaklar, araştırma merkezleri, eğlence mekânları gibi çoğunun ana maddesi beton olan pek çok yapı inşa edilmiştir. Yapının çeşitliliğiyle birlikte kullanım amacına uygun farklı türlerde betonlar üretilmeye başlanmıştır. Örneğin pürüzsüz yüzey istenen büyük satırlarda kendiliğinden yerleşen beton, kalıp yapımının zor olduğu tünel vb. yapılarda püskürtme beton, yapı ağırlığının az olmasının istendiği durumlarda hafif beton ve radyasyona karşı zırhlama yapılmak istenen yapıların duvarlarında ağır beton kullanılmaktadır. Standart beton dışındaki bu beton çeşitlerinin tümü özel betonlar adıyla isimlendirilmektedir. Özel beton tiplerinden bir tanesi de ağır betondur.

Ağır beton üretiminde birim ağırlığı $2,8-5\text{g/cm}^3$ olan ağır agregalar kullanılmaktadır. Bu ağır agregaların başlıcaları; barit, magnetit, limonit, siderit ve ilmenit gibi agregalardır. Barit agregasıyla yapılmış birçok çalışma olmasına rağmen, diğer ismi geçen agregalarla ilgili pek çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı ağır agrega olarak anılan limonit ve siderit agregalarının ağır beton üretiminde kullanılabilirliğini araştırmaktır.

1.1. Beton

Beton, agrega (kum, çakıl, mıcır), çimento ve suyun uygun oranlarda karıştırılması ile oluşan ve belirli bir süre sonunda plastikliğini kayıp ederek sertleşen ve zamanla yüksek dayanım kazanan bir yapı malzemesidir.

Beton inşaat alanında çağımızın en önemli yapı malzemesidir. Beton, önceden şekil verilebilen bir yapay taş olarak ta tanımlanabilir. Beton, değişik boyutlarda agrega adı verilen mineral dolgu malzemesinin, çimento ve su karışmasından oluşan bağlayıcı harç ile bileşimi sonucu, zamanla sertleşip dayanım kazanan kompozit bir malzeme olarak ta tanımlanabilir.

Betonlardan beklenen üç ana özellik vardır. Beton hangi gaye ile üretilirse üretilsin

muhakkak surette bu üç ana niteliğe sahip olması gerekir;

1. Mukavemetli olmalıdır.
2. Taze beton işlenebilir kıvamda olmalıdır.
3. Dış etkilere karşı dayanıklı olmalıdır.

TS EN 206-1'e göre beton 3 sınıfa ayrılmıştır:

- Normal beton: Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 2000 kg/m³ 'ten büyük, 2600 kg/m³ 'ten küçük olan beton.
- Hafif beton: Etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 800 kg/m³ 'ten büyük, 2000 kg/m³ 'ten küçük olan beton. Hafif beton, betonda kullanılan agreganın bir kısmı veya tamamı hafif agrega olarak kabul edilir.
- Ağır beton: Etüv kurusu durumundaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu), 2600 kg/m³'ten daha büyük olan beton[1].

Betonun doğal kimyasal zararlara karşı dayanıklı olması, fiziksel ve kimyasal etkenler sonucu niteliklerini kaybetmemesi açısından karışım oranlarının tayini, hazırlama, döküm ve donma evrelerinin özenle takip edilmesi gerekir. Betonun zarar görmemesi için yeterli dayanıma sahip bulunması istenir. Özellikle ağır betonlardaki çatlama, dökülme, kırılma ya da aşınmalar, oluşan boşluklardan radyoaktif sızıntılar olacağından ağır beton işlevselliğini yitirmesine sebep olur. Bunun için Türkiye şartlarında yapılacak uygulamalar için gerekli koşullar Türk Standartlarında belirtilmiştir.

1.1.1. Betonun Genel Özellikleri

Yukarıda maddeler halinde verilen üç nitelik betonun genel özellikleri adı altında detaylı bir şekilde incelenecektir.

1.1.1.1 Basınç Mukavemeti

Betonun mekanik mukavemetleri arasında en çok inceleneni, bir anlamda en önemlisi basınç mukavemetidir.

Bunun sebeplerini şöyle sıralamak mümkündür;

1. Beton gevrek bir malzemedir. Mekanik mukavemet değerleri arasında en yüksek basınç, en düşüğü çekmedir. Bu ikisinin oranı %8-10 arasındadır. Uygulamada beton hiç çekme gerilmesi almadığı, hemen çatladığı varsayılır ve beton sadece basınç mukavemetine çalıştırılır.

2. Betonun basınç dayanımı tüm pozitif özellikleri ile paralellik gösterir. Yüksek dayanımlı bir beton doludur, serttir, su geçirmez, dış etkilere dayanır, aşınmaz. Şu halde basınç dayanımını saptamakla betonun kalitesi hakkında genel bir değerlendirme yapılabilir.

4. Basınç mukavemeti deneyi diğer denetleme deneylerine oranla en kolaydır.

* Ancak basınç mukavemetinin belirlenmesinde de belli standart şartlara uyulmalıdır. Çünkü bu büyüklük pek çok faktörlerin etkisindedir. Bu faktörlerin başında numune şekli, boyutları, numune yaşı, kür şartları, su/çimento oranı v.b. gelir.

*Basınç mukavemeti standart silindir (15cm çap, 30cm yükseklik) veya küpler (15cm kenarlı) üzerinde belirlenir.

*Basınç mukavemeti, üretimi izleyen 28. günde belirlenir. Pratik yönden 3.,7.,90. günlerde de belirlenebilir, ancak beton sınıfını belirleyen 28. gündeki mukavemettir.

*Basınç mukavemeti için hazırlanan numuneler 1 gün kalıpta bekletildikten sonra 20°C’de kirece doygun su içinde deney gününe kadar bekletilir.

*En az 3 numunenin ortalaması alınarak bulunan basınç dayanımı değeri “beton sınıfları” dediğimiz mukavemet değerleri ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda üretilen betonun hangi sınıfa girdiğine karar verilir.

*Beton sınıfları, betonarme veya öngerilmeli beton projelerinde öngörülen proje dayanımlarıdır[2].

Tablo 1.1 28 günlük dayanımlarını tamamlamış silindir ve küp kalıplarda dökülmüş beton sınıflarının basınç dayanım tablosu

	Beton sınıfları								
	Normal beton dayanımı					Yüksek mukavemetli beton dayanımı			
f_{ck} (MPa)	C14	C16	C18	C20	C25	C30	C35	C40	C50
Karakteristik Silindir basınç dayanımı	14	16	18	20	25	30	35	40	50
Küp basınç Dayanımı (150 mm)	16	20	22	25	30	37	45	50	60

1.1.1.2. Basınç mukavemetine etki eden faktörler

Bu faktörleri incelemekteki amaç basınç mukavemeti yüksek olan beton elde etmek için özellikle beton bileşiminin ne gibi kurallara uyularak saptanması gerektiğini anlamaktır. Betonun basınç mukavemetini etkileyen faktörlerin şunlardan ibaret olduğunu belirtebiliriz.

1. Çimento ile ilgili faktörler
2. Su miktarı ile ilgili faktörler
3. Betonun kompasesi ile ilgili faktörler

Bu faktörlerin haricinde bu çalışmada kür etkisinin ve uçucu kül katkısının da beton mukavemeti üzerindeki etkilerine de değinilecektir.

1.1.1.2.1 Çimentonun Betonun Mukavemeti Üzerine Etkisi

Çimentonun cinsi, miktarı betonun basınç mukavemetini etkiler. Betonun yüksek mukavemetli olmasında çimentonun yüksek mukavemetli olmasının etkisi doğal olarak büyüktür. PÇ500 ile üretilen bir beton elbette ki PÇ325 ile üretilen bir betondan daha çok yüksek olacaktır.

Çimentonun kalitesi yanında miktarının da önemi büyüktür. Çimento dozajının yüksek olması mukavemetini artırır, ancak çimento miktarının fazlalaşması rötreye sebep olacağı da unutulmamalıdır. Rötrenin meydana getireceği çatlaklar çekme mukavemetinin büyük değerler almasına engel olacaktır. Mukavemete etkileyen faktörün yalnız dozaj olmayıp su/çimento oranı olduğu unutulmamalıdır.

Çimento dozajı için önerilen bir minimum değer vardır, bu;

$$C_{\min} = \frac{550}{\sqrt[5]{D}} \quad (1.1)$$

D, agrega yığının maksimum tane çapı (mm)

Bu bağıntıdan anlaşılacağı gibi tane çapı büyüdükçe gerekli en az çimento dozajı azalmaktadır. Bunun nedeni tane çapının büyümesine bağlı olarak agrega yığınının

boşluğunun azalmasıdır. Dozaj için bir minimum değer verilmesindeki gaye çimentonun agreganın tüm ara yerlerinde bulunmasını sağlamaktır.

Çimentonun bir diğer etkiye şekli mekanik mukavemetinin beton mukavemetin değiştirmesine neden olmasıdır. Zira çimentonun mukavemetinin yüksek olması ile çimento hamuru parçalanmadan daha fazla gerilmelere maruz kalabilir ki bu da betonun mukavemetini artırır.

Çimentoların mekanik mukavemetlerinin zamanın bir fonksiyonu olmasından dolayıdır ki betonların mukavemeti de zamanla artmaktadır.

1.1.1.2.2. Su Miktarının Beton Mukavemeti Üzerine Etkisi

Karma suyunun çok fazla veya çok eksik olması mukavemeti büyük ölçüde düşürür. Agregada konusunda da belirtildiği gibi uygulamada betonu işleyebilmek, agregada ile çimento şerbeti arasındaki aderansı sağlayabilmek için agreganın yüzeyinde fazladan bir su tabakasının oluşturulması gerekir. Hâlbuki suyun asıl görevi çimentonun hidratasyonunu sağlamaktır, hidratasyon için gerekli olan su, çimento ağırlığının %14'ü kadardır. Hidrate çimento taneleri arasında kalan jel suyu ise %11 olduğuna göre toplam gerekli su miktarı %25 olur. İşlenebilme gereği yüzünden betona katılan su, yani su/çimento oranı nadiren %40'ın altına inmektedir. Genellikle %50-%65 arasında bir değer almaktadır. Demek pratik ihtiyaçlar için katılan su zaten teorik açıdan gerekli olan miktarın çok üstündedir.

Hidratasyon ve jel için lüzumlu olan sudan fazla olan bu su, ileride buharlaşacak ve beton içinde çoğunluğu kılcal olan boşlukların oluşmasına neden olacaktır.

İyi bir yerleşme, işlenebilme sağlamak şantiye mühendisliğinin birinci amacıdır. Ancak bu hedefi sağlamak için su/çimento oranını %50'nin (0,50) üstüne çıkarmasına çalışılmalıdır. Şayet bu oranlardan daha fazla suya ihtiyaç duyuluyorsa süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmalı veya kullanılan agreganın, özellikle kumun değiştirilmesi yoluna gidilmelidir. Suyun optimum değerden sapması halinde mukavemetteki düşüş aşağıda tabloda verilmiştir.

Su miktarını ayarlamak beton üretiminin en nazik, önemli ve zor problemidir. Karışımdaki su oranı ile basınç mukavemeti arasındaki korelasyon tablosu Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo1.2 Su oranı ile basınç mukavemeti arasındaki korelasyon

Suyun en uygun değerden sapması (%)	Mukavemette azalma (%)
% 10 eksik	% 10
% 20 eksik	% 60
% 20 fazla	% 30
% 30 fazla	% 50
% 100 fazla	% 80

1.1.1.2.3 Betonun Kompasitesinin Mukavemet Üzerine Etkisi

Betonun kompasitesi ile $1m^3$ betonda katı cisimlerin yani çimento, kum ve iri agreganın (çakıl veya mıcır) işgal ettikleri m^3 cinsinden gerçek hacimlerinin toplamı anlaşılmaktadır.

$1m^3$ betonda çimento, kum, iri agrega, su ve hava boşluğunun toplandığı mutlak hacimler sırası ile c, u, v, e ve h ise,

$$c + u + v + e + h = 1m^3 \quad (1.2)$$

yazılabilir. Kompasite K ise,

$$K = c + u + v = 1 - (e + h) \quad (1.3)$$

değeri olmaktadır[2]. İyi bir betonda $K \geq 0,8$ olmalıdır. Kompasitesi yüksek, dolu bir betonun basınç mukavemeti doğal olarak yüksektir. Betonun yüksek bir kompasiteye sahip olabilmesi için granülometri bakımından şu koşulların sağlanması gerekmektedir:

- İri agrega miktarı maksimum olmalıdır.
- Kum iri agrega taneleri arasındaki toplam boşluğu dolduracak miktarda olmalıdır.

Bu miktardan fazla veya eksik olması kompasiteyi azaltır.

• İri tanelerin boyutları kum tanelerinin boyutlarına göre ne kadar büyükse maksimum kompasitenin miktarı o kadar büyük olur.

Yukarıda verilen bilgilerin ışığında şu sonuca kolaylıkla varılmaktadır. Beton mukavemetinin yüksek olması, belirli miktarda çimento betonda bulunduğu takdirde, az miktarda su kullanmakla ve kompasitesinin büyük olması ile gerçekleşmektedir.

1.1.1.2.4 Dış Etkiler Ve Kür Şartlarının Mukavemet Üzerindeki Etkisi

Priz ve sertleşme aşamasında betona çevre şartlarının etkisi çok büyüktür. Kür şartları adı da verilen çevre şartlarını ayarlamak sureti ile betonun kalitesini yükseltmek mümkündür. Kür şartlarını sıcaklık ve rutubet olarak özetleyebiliriz.

Sıcaklık derecesinin ve rutubet oranının yüksekliği hidrasyonu hızlandırması nedeni ile betonun dayanım kazanma hızını artırır. Rutubeti yüksek tutmak, hatta ortamı doymuş rutubette tutmak kaydı ile sıcaklık 60°C'nin üzerine çıkarılarak (70-90°C) dayanım kazanma hızı artırılabilir. Bu işleme ısı işlemi, atmosfer basıncında buhar kürü, otoklavlama, tünel kalıp yöntemi gibi adlar verilmektedir. Bu yöntemlerle beton çok kısa sürede (1-2 gün), otoklavlama yönteminde yüksek basınç altında kürlenme yapıldığından 16 saat gibi kısa bir sürede istenen dayanıma ulaşılabilir[2].

İkinci çevre faktörünün rutubet olduğu belirtildi. Bağlı nem %50'nin altına düştüğünde, betondaki suyun kalmaması problemi ortaya çıkar. Özellikle sertleşmenin ilk günlerinde hidrasyon daha çok ve hızlı olduğundan su kaybı daha da önemlidir. Bu nedenle betonlar üretimi izleyen 3-4 gün süresince sulanırlar ve nemli tutulurlar.

Buharlaştırmanın fazlalığı sadece hidrasyonu etkilemez aynı zamanda erken rötre (plastik rötre) dediğimiz olayı da önemli ölçüde artırır, çatlaklı bir yapının oluşmasına neden olur. Yetersiz hidrasyon yapmış, çatlak bir betonun mekanik mukavemetinin düşük olacağı ise bilinmektedir.

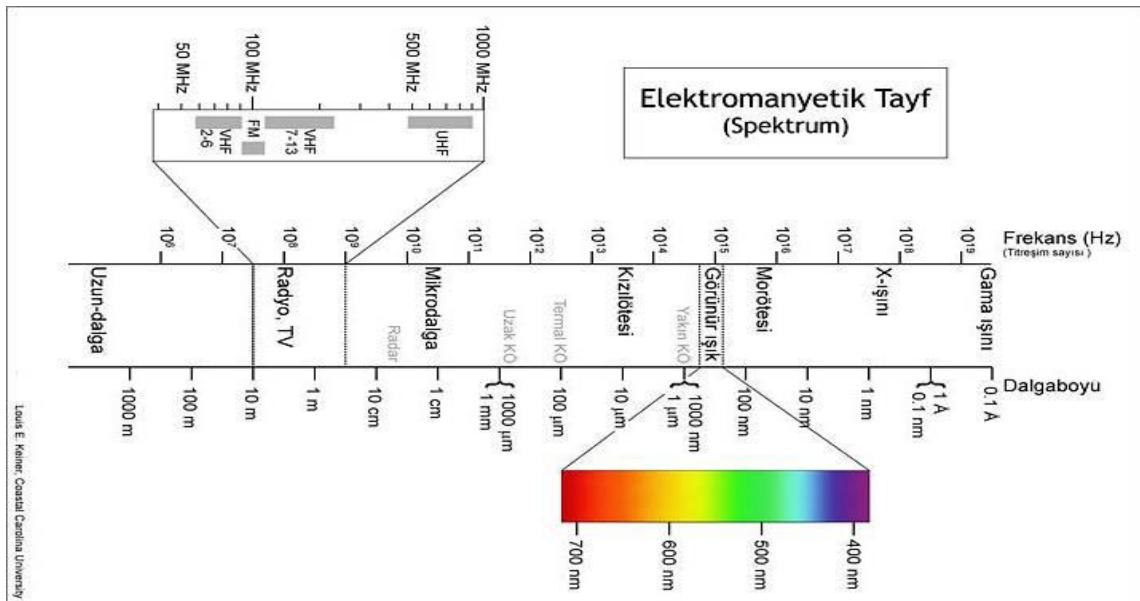
Nitekim standartlar rutubet ve sıcaklık faktörlerini dikkate alarak deney numunelerinin deney gününe kadar (3. gün, 7. gün, 21. ve 28. gün) 20°C sıcaklıkta su içinde saklanması öngörmüştür[3].

1.2. Radyasyon Hakkında Genel Bilgiler

Radyasyon, elektromanyetik dalgalar veya parçacıklar biçimindeki enerji yayımı ya da aktarımıdır.

Wilhelm Röntgen'in 1895 yılında x-ışınlarını bulmasından sonra, 1896 yılında Henry Becquerel, uranyumun gözle görülmeyen ışınlar yaydığını belirlemiştir ve böylece ilk defa radyoaktif bir maddenin keşfi yapılmıştır. Bu buluşun ardından Marie ve Pierre Curie tarafından başka radyoaktif elementler bulunarak izole edilmiştir. Ernest Rutherford ise radyoaktif maddeler tarafından yayılan ışınların özelliklerini tespit etmiştir.

Madde atomlardan meydana gelmiştir. Atom ise, içerisinde proton ve nötronların bulunduğu bir çekirdek ile çekirdeğin çevresinde dönmekte olan elektronlardan oluşmaktadır. Herhangi bir maddenin atom çekirdeğindeki nötronların sayısı, protonların sayısından fazla ise; bu tür maddelere kararsız atomlar denmektedir. Kararsız atomların çekirdeğindeki nötronlar alfa, beta, gama gibi çeşitli ışınlar yayarak parçalanırlar ve böylece kararlı yapıya dönüşürler. Bu dönüşüm içerisinde ortama ışın saçarak parçalanarak maddelere "radyoaktif madde", çevreye yayılan alfa, beta ve gama gibi ışınlar ise "radyasyon" adı verilmektedir. Radyoaktif çekirdekler, kararlı bir yapıya ulaşmaya kadar "**radyoaktif çekirdek bozunması**" olarak adlandırılan bir süreçte "**radyasyon**" yayarlar. Elektromanyetik spektrum X ışınları, ultraviyole ışınlar, görülebilen ışınlar, kızıl ötesi ışınlar, mikro dalgalar, radyo dalgaları ve manyetik alanlardan oluşurlar. Şekil 1.1.'de elektromanyetik spektrumda ışın türleri enerji yoğunluklarına göre sıralı olarak gösterilmektedir.



Şekil 1.1.. Elektromanyetik Spektrum

Şekil 1.2.'de elektromanyetik spektrumdaki değişik bölgelere ait fotonların dalga boyu, frekans ve enerji kıyaslamalarını yapmaktadır[4].

<i>Fotonun bölgesi</i>	<i>Dalgaboyu</i>	<i>Frekans (Hz)</i>	<i>Foton Enerjisi</i>
Radio Dalgası	1km	3×10^5	1 μ eV
Mikrodalga	1cm	3×10^{10}	120 μ eV
Kızılötesi	10 μ m	3×10^{13}	120 μ eV
Görünür	550 μ m	5×10^{14}	2 eV
Ültraviyole	100 μ m	3×10^{15}	12 eV
X-ışını	0.05 μ m	6×10^{18}	25 keV
Gama ışını	0.00005 μ m	6×10^{21}	25 MeV

Şekil 1.2. Fotonun Enerji, Frekans, Dalgaboyu

Ultraviyole ışınları ve X ışınları çok yüksek elektromanyetik parçalar halinde yayıldığından kimyasal bağları kırabilecek enerjiye sahiptirler. Bu bağların kırılması iyonlaşma diye tanımlanır. İyonlaşan elektromanyetik radyasyonlar, hücrenin genetik materyali olan DNA'yı parçalayabilecek kadar enerji taşımaktadırlar. Zarar gören DNA'nın yapısı bozularak hem kanser gibi ölümcül tehlikesi olan hastalıklara neden olmakta, hem de genetik kodlarda deformasyon yaptığı için kuşaktan kuşağa geçebilecek kalıtsal bozukluklara sebep olmaktadır.

Radyasyonun etkisi; cins, yaş ve organa göre değişmektedir. Çocuklar ve büyüme çağındaki gençler ile özellikle göz en fazla etkilenen organ olup; görme zayıflığı, katarakt ve göz uyumunun yavaşlamasına sebep olmaktadır. Deri ise, radyasyona karşı daha dayanıklıdır. Geçmişte yapılan nükleer silah denemelerinden dolayı radyoaktif maddelerle yüklenmiş toz bulutları, atmosferin yüksek tabakalarına ve stratosfere yerleşerek, radyoaktif yağışlar halinde yavaş yavaş yeryüzüne inmekte ve çevrenin, özellikle yüzeysel suların kirlenmesine sebep olmaktadır. 1960'lı yıllarda en yüksek seviyeye çıkmış olan radyoaktif yağışlarda, nükleer silah denemelerinin havada yapılmasının yasaklanması sonucu, 1970'li yıllardan sonra azalma görülmüştür. Radyoaktif kirlenmeye örnek olarak gösterilebilecek olan Çernobil reaktöründe oluşan kazada, doğrudan etki sonucu 30'dan fazla insan hayatını kaybetmiş, yüzlerce kişi yaralanmış, sakatlanmış ve hastalanmıştır. Binlerce insan ise belirtileri sonradan çıkacak olan genetik etkilerle, nesilden nesile geçebilecek kalıcı izler taşımaktadır. Çernobil'deki kaza sebebiyle atmosfere karışan radyoaktif maddelerin, atmosferik hareketlerle: uzaklara taşınmasıyla, düştükleri yerlerde radyasyona sebep olmuştur. Bu olaydan en çok ülkemizin Çernobil'e yakın olan Karadeniz Bölgesi'nin etkilendiği tespit edilmiştir[5]. Atom bombası ve nükleer reaktörlerden enerji elde edilmesi, fisyon reaksiyonu ile (ağır bir çekirdeğin, hafif çekirdeklere ve nötronlara bölünmesi ile) gerçekleşir. Çekirdek fisyonu veya nükleer fisyon olayının tersi nükleer füzyon reaksiyonudur. Güneş enerjisinin bir bölümünde de meydana gelen çekirdek

füzyonu, hidrojen çekirdeğinin helyum çekirdeğine dönüşmesi sırasında meydana gelir. Hidrojen bombası füzyon reaksiyonu dayanır. Günümüzde füzyon reaksiyonlarının, çekirdek füzyonu reaktörlerinde, "elektrik enerjisi elde etmek amacıyla" kullanılması hususu gündemdedir. Radyasyonun insan üzerindeki biyolojik etkileri 2 başlık altında incelenmektedir[6].

Deterministik Etkiler: Radyasyon dozunun vücudun herhangi bir doku veya organına hasar vermesi veya önemli reaksiyonlara neden olacak miktarda hücre ölümünü meydana getirmesi sonucunda ortaya çıkan etkilerdir. Örneğin; 5 Gy veya daha fazla dozun aniden alınması, uygun tedavi yapılmadığı takdirde kemik iliği ve sindirim sistemi hasarları nedeni ile ölümle sonuçlanabilir. 5 Gy'e kadar olan dozlarda uygun tedavi yapıldığı takdirde kişilerin hayatı kurtarılabilir. Ancak 50 Gy'lik doz alınması halinde medikal tedavi yapılsa bile kesinlikle ölüm gerçekleşir. Tüm vücudun değil de, vücudun belirli bir bölgesinin çok yüksek bir doz alması halinde ölüm olmasa da ışınlanan bölgede erken etkiler görülecektir. Örneğin cildin 5 Gy'lik dozu aniden alması halinde ciltte bir hafta içinde eritem (kızarıklık) ortaya çıkar. Benzer dozun üreme organları tarafından alınması halinde kısırlık meydana gelir. Bu tip etkiler radyasyonun deterministik etkileri olarak isimlendirilir. Bu tür etkiler ancak doz ve doz hızı bir eşik değeri geçtiği takdirde meydana gelir.

Stokastik Etkiler: Radyasyonun düşük dozlarda alınmasıyla ortaya çıkan etkilerdir. Etkinin ortaya çıkması için bir eşik değer söz konusu değildir. Stokastik etkiler nedeniyle kanser olma olasılığının saptanmasında belirsizlikler vardır. Düşük dozlara maruz kalmış kişilerde kanser ortaya çıkması halinde, bunun radyasyon nedeni ile olup olmadığını belirlemek mümkün değildir. Bunu ortaya koyacak somut veriler yoktur. Düşük dozlar için stokastik etkilerin ortaya çıkması olasılığı yüksek doz almış kişiler ve hayvan deneylerinin sonuçlarına dayanılarak tahmin edilmektedir.

Bu etkiler göz önünde bulundurularak halkın her yıl almasına izin verilen doz düzeyi 1 mSv'dir. 1 mSv doz nedeniyle kanserden ölme olasılığının ise 100000'de 5 olduğu varsayılmaktadır.

1.2.1. Radyoaktif Işıma Türleri

- **Alfa Işımları (α):** Alfa bozunması, radyoaktif çekirdekten kütle numarası 4 atom numarası 2 olan bir taneciğin ayrılması sonucu gerçekleşmektedir. Atom numaraları 83'ten

büyük olan yani kararlılık kuşağının ötesindeki elementler (ağır elementler) kararlı nötron/proton oranına erişmek için, hem proton ve hem de nötron kaybederek kararlılık kuşağına ulaşmaya çalışırlar. Ayrılan tanecik aslında bir helyum çekirdeğidir. Örneğin Uranyum'un en bol bulunan izotopu uranyum-238 α bozunmasına uğradığı zaman toryum-234'e dönüşür. Hızları saniyede 15.000 km kadar olan alfalar, bir kâğıtla tutulabilmekte, havada en fazla 10 cm mesafe alabilmektedirler. İnsan derisi alfa taneciklerini hücrelere ulaşmadan durdurabilmektedir.

- **Beta Işınları (β):** Beta taneciği aslında çekirdekten yayınlanan yüksek enerjili bir elektrondur. Beta bozunması sürecinde, radyoaktif çekirdekte bulunan bir nötron, bir proton ile bir elektrona dönüşür. Beta ışımasının tetikleyicisi alfa ışıması sonucu oluşan toryum-234'tür. Çok küçük kütleleri nedeniyle betalar, alfalara göre daha giricidirler ve madde içinde daha uzun yol almaktadırlar. Hızları sıfıra yakın değerlerle ışık hızı arasında olabilir. Havada birkaç metre mesafe alabilmektedirler. Birkaç milimetrelilik alüminyum levha bu ışınları durdurur. Beta ışınları, dış derideki ölü seviyeye nüfus eder, derinin iç kısmında durduğu için dış derideki dokulara yakarak zarar vermektedir.

- **Gama Işınları (γ):** Atom çekirdeğinin bozunumu sırasında salınan elektromanyetik dalgalarıdır. Gama ışınları tanecik değildir. Bunlar foton denilen kısa dalga boylu enerji paketçikleri akımlarıdır (x- ışınları benzeri) Alfa ve beta bozunması sırasında birçok atom çekirdeği uyarılmış birer yapıya (yüksek enerjili hale) ulaşırlar. Bu tür yüksek enerjili çekirdekler, gama ışıması yardımı ile rahatlama yolunu seçerler. Gamma ışıması sürdüren bir çekirdekte atom kütle numarası ve atom numarası değişikliğe uğramaz. Işık hızıyla hareket eden gamaların enerjileri çok yüksek olduğundan maddeye enerjilerini aktarana kadar epeyce yol alırlar ve ancak kurşun (Pb) ya da baritli beton gibi ağır özgül kütleli maddelerle durdurulabilirler.

- **Nötron Işınları (n):** Atom çekirdeklerinin doğal bozunumu sırasında salınan, elektriksel olarak yüksüz/nötral nötron parçacıkları akımıdır. Nötronun kütlesi, atom çekirdeğindeki artı yüklü protondan biraz daha büyüktür.

Röntgen Işınları: Atomların dış kılıfındaki elektron bulutunda, elektronların, çekirdeğe oldukça yakın yörüngelerden daha aşağılara (dış ya da iç etkenlerle) atlaması sonucu ortaya çıkan elektromanyetik ışımlar olup, bunların dalga boyları 0,01 ile 10 nanometre arasında. Bunlar da gama ışınları gibi yüksek enerjili girici ışınlar olup, gamalardan tek farkları atom çekirdeklerinden değil, atomların iç elektron kılıfından salınmalarıdır.

1.2.2. Radyoaktif Yarılanma Süreleri

Kararsız yapıya sahip maddelerin her biri, ayrı birer bozunma hızına sahiptir. Radyoaktif izotopların (atom çekirdeklerinde aynı sayıda proton ve farklı sayıda nötron bulunan elementlerin) bozunma hızına "yarı-ömür" adı verilir ve yarı ömür " $t_{1/2}$ " olarak ifade edilmektedir. Yarı ömür, radyoaktif bozunmaya uğrayan kararsız atomların yarısının yok olması için geçen zaman olarak da tarif edilir. Bu noktada özellikle vurgulanması gereken bir husus ise, radyoaktif özelliğe sahip farklı izotopların yarı ömürlerinin ve yayınladıkları radyasyon türlerinin farklı olduklarıdır.

Tablo1.3. Bazı radyoaktif izotoplar, yarı ömürleri ve yaydığı ışın türleri

Element	İzotop	Yarı Ömür	Verdiği Radyasyon
Hidrojen	^3_1H	12 Yıl	Beta
Karbon	$^{14}_6\text{C}$	5730 Yıl	Beta
Fosfor	$^{32}_{15}\text{P}$	14 Gün	Beta
Potasyum	$^{40}_{19}\text{K}$	$1.28 \cdot 10^9$ Yıl	Beta ve Gamma
Kobalt	$^{60}_{27}\text{Co}$	5 Yıl	Beta ve Gamma
Stronsiyum	$^{90}_{38}\text{Sr}$	28 Yıl	Beta
Iyot	$^{131}_{53}\text{I}$	8 Gün	Beta ve Gamma
Sezyum	$^{137}_{55}\text{Cs}$	30 Yıl	Beta
Polonyum	$^{214}_{84}\text{Po}$	$1.28 \cdot 10^{-4}$ Saniye	Alfa ve Gamma
Radyum	$^{226}_{88}\text{Ra}$	1600 Yıl	Alfa ve Gamma
Uranyum	$^{235}_{92}\text{U}$	$7.1 \cdot 10^8$ Saniye	Alfa ve Gamma
Uranyum	$^{238}_{92}\text{U}$	$4.5 \cdot 10^9$ Saniye	Alfa

1.2.3. Radyoaktivite Ölçümleri ve Birimleri

Radyoaktif parçalanmanın bulunması ve şiddetinin ölçülmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Radyoaktif ışınlar, fotoğraf filmine aynen ışığın etkisini yaparlar, bununla birlikte, ışımanın bu yolla nicel ve nitel analizi kolay ve çabuk bir yol değildir.

Radyoaktif ışınların analizi için, sintilasyon sayıcısı, wilson sis odası ve en çok kullanışlı olanı Geiger - Müller sayıcısıdır. Geiger - Müller sayıcısı, tüpe ince bir pencereden giren α - veya β - parçacıkları veya γ - ışınları tüpteki argon gazını iyonlaştırır ve Ar^+ iyonları oluşur. Tüpün elektronları arasına bir gerilim uygulanırsa, bu iyonlar bir elektriksel boşalmaya neden olurlar ve puls verirler. Bu pulsların şiddeti artırılarak (ve çoğu zaman bir sese dönüştürülerek) otomatik olarak sayılırlar [7]. Radyasyonun ilk birimi Röntgen'dir. Bunun yerine yeni bir isme gerek duyulmadığı için aynı ismin üzerinden yeni birimin yürütülmesi düşünülmüştür. Yeni radyasyon birimi olarak da "Coulomb/kg" tarif edilmiştir. Normal hava koşullarında (0° ve 1 atm basınç) havanın 1 kilogramında 1 Coulomb pozitif ve negatif elektrik yükü taşıyan iyonlar meydana getiren x- veya γ - radyasyon miktarına "Coulomb/kg" denir.

1 Coulomb/kg 3876 R veya $1\text{R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$ 'dır.

Nükleer teknolojinin ilerlemesiyle elde edilen yüksek enerjili X ışınlarının α, β ve nötron gibi radyasyonlarının ölçümünde coulomb/kg veya röntgen yetersiz kalmıştır. Bu nedenle her çeşit radyasyon ve madde için soğurulan doz birimi olarak "gray" tanımlanmıştır.

Herhangi bir maddenin kg başına 1 joule'lük enerji soğurması meydana getiren radyasyon dozuna "gray" denir ve kısaca "Gy" ile sembolize edilir.

Radyasyon enerjisi birimi (eV): 1 Elektron Volt (eV), bir elektronun 1 voltluk bir potansiyel farkı altında kazanacağı kinetik enerji miktarı. Bir elektron volt çok küçük olduğundan, bunun bin katı olan "kilo elektron volt" (keV) ve milyon katı olan "Milyon elektron Volt" (MeV) çok kullanılır. Atom çekirdeklerindeki dönüşümlerde ortaya çıkan enerjiler pratikte çok küçüktür.

Sonuç olarak: Radyasyon, radyoaktif bir atom çekirdeğinin bozunması sonucu ortaya çıkar[8].

- Bir çekirdeğin kararlı olması çekirdekteki nötron/proton oranına bağlıdır.
- Kararlı nötron/proton oranına ulaşmak için çekirdekler bozunmaya uğrarlar ve bu şekilde kararlı hale geçmeye çalışırlar.
- Bu bozunmalar alfa (α), beta (β), ve gama (γ) bozunmaları olarak bilinir.
- Alfa (α) taneciği ${}^4_2\text{He}$ çekirdeğidir. Beta (β) taneciği bir elektrondur.
- Gama bozunması ise, sadece bir enerjidir.

- Her bir radyoaktif maddenin bir yarı ömrü ($t_{1/2}$) vardır. Yarı ömür "başlangıçtaki radyoaktif maddenin miktarının yarıya inmesi için geçen süre" olarak tanımlanır.
- Radyoaktivitenin zararlı etkileri insan hayatı üzerinde ölümcül rol oynar.
- Radyoaktivitenin yararlı etkileri özellikle tıpta ve endüstride kullanılmaktadır.

1.3. Ağır Beton Hakkında Genel Bilgiler

Ağır betonlar kayma ve devrilmeye karşı emniyette olmayan bazı özel yapılarda koruyucu momenti arttırmak amacıyla kullanılmakla beraber asıl kullanım alanları, radyoaktif maddelerin yaydığı nükleer ışınlardan özellikle cisimlerin içine girebilen öldürücü nötron ve γ ışınlarına karşı korunmak için gerçekleştirilen koruyucu beton perdelerdir. Hastanelerin ışın tedavi ve radyografi tesisleri, nükleer enerji santrallerinin koruyucu perdeleri, elektron depolama devreleri, askeri mühimmat depo duvarları, köprü ayakları, beton ağırlık baraj gövdeleri, istinat duvarları, su altı petrol boru hatları, petrol sondaj kuyusu çeperleri ve radyoaktif maddelerin saklandığı önerilmeli beton reaktör siloları ağır betonların kullanım alanlarına birer örnek teşkil etmektedir[14].

Radyoaktif reaksiyonlarda, maddelerin içine girebilme kabiliyeti yüksek olan nötron parçacıkları ile gama(γ) ışınları oldukça tehlikelidir. α , β parçacıkları ile X ve γ ışınlarının başka maddelere çarpması sonucu oluşan nötron parçacıkları atom ağırlıkları küçük olan elementler tarafından durdurulur. γ ışınlarını geçirmemesi için ise doğrudan doğruya yoğunluğu yüksek olan malzemeye gereksinim vardır. Ağır betonlar ise yoğunluğu yüksek olan agregalarla yapıldığından ağırlıkları ve radyasyon tutuculuk özellikleri yüksektir.

Gelecekte meydana gelebilecek nükleer savaşıardan ve/veya nükleer santral kazalarından çevreye yayılan radyasyon etkisinden korunmak için sığınak gibi yapılar yapmak ve yapıların kayma-devrilme emniyetlerini daha ucuza sağlamak istekleri ağır betonların üretim ve kullanımının giderek yaygınlaşmasını gerektirmektedir. Oysa Türkiye’de ağır beton üretimine elverişli doğal agrega yatakları, bunların genel jeolojik, petrografik, mineralojik özellikleri ve rezervleri iyi bilinmemektedir. Bu da gelecekte tüm

dünyada olduğu gibi Türkiye’de de araştırmaların bir kısmının bu alanda yapılmasının önemine işaret etmektedir[9].

Ağır betonları geleneksel betonlardan ayırt eden en önemli husus; üretimlerinde kullanılan ağır agregaların farklı oluşudur. Kullanılan agregaların birim kütlelerinin geleneksel agregaların birim kütlelerine göre daha büyük oluşu ($>3500 \text{ kg/m}^3$) bu betonların birim kütlelerinin geleneksel betonların birim kütlelerinden (2800 kg/m^3) daha büyük olmasına neden olmaktadır. Gerçekten teknik literatürde, birim kütleleri genellikle 2800 kg/m^3 den daha büyük olan betonlar ağır beton olarak adlandırılmaktadır. Betonların birim kütleleri arttıkça radyasyona karşı koruyucu etkinlikleri de o oranda artmaktadır. Bu nedenledir ki; birim kütleleri 2300 kg/m^3 - 2400 kg/m^3 arasında değişen geleneksel betonlarla radyasyona karşı aynı derecede korunabilmek için koruyucu beton perde kalınlığının daha büyük olması gerekmektedir[9].

Ağır beton üretiminde dikkat edilmesi gerekli özellikler şu şekilde sıralanabilir:

- Betonun birim ağırlığı $2800\text{-}5000 \text{ kg/m}^3$ arasında olmalıdır.
- Betonun homojen olmasına dikkat edilmelidir.
- Çatlak meydana gelmemesi için dozaj 350 kg/m^3 den büyük ve S/Ç oranı 0,5 den küçük olmalıdır.
- Beton tabaka kalınlığı en fazla 25cm olmalı ve sıkıştırmada yüksek frekanslı vibratörler kullanılmalıdır. [10].
- Ağır betonun dökümünde karıştırıcıların tam kapasite ile doldurulmamaları gerekir, ağır betonun hazırlanması sırasında karıştırma süresi önemlidir. Aşırı karıştırma iri agreganın çöküp taze betonun segregasyonuna yol açar [11].

Radyasyondan korunmanın 3 temel unsuru zaman, mesafe ve zırhlama kuralıdır. Radyasyon kaynağı ile insan arasına zırhlama malzemesi konulmasıyla maruz kalınacak doz azaltılır. X ve γ ışınlarının zırhlama, zırh malzemesinin yoğunluğuna bağlıdır [9]. Radyasyon, dalga, parçacık ya da foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile yayılan enerjidir. X, α , β ve γ ışınlarının başka cisimlere çarpması ile meydana gelen nötron ışınları atom ağırlıkları küçük olan elementler tarafından durdurulur. γ ışınlarını geçirmemek için ise doğrudan doğruya yoğunluğu yüksek olan malzemeye ihtiyaç vardır [10]. Ağır betonlar $2,8 \text{ kg/dm}^3$ ’ün üstündeki birim ağırlıkları nedeniyle radyasyon tutuculuk özelliği yüksek

olan betonlardır. Aynı zamanda ağırlıklarının fazla olması da kullanılan yapı elemanının kayma ya da devrilmeye karşı mukavemetini artırır.

Ağır beton yapımında kullanılan bazı ağır agregaların özgül ağırlıkları aşağıya çıkarılmıştır.

Limonit	3,4 ~ 4,0 gr/cm ³
Siderit	4,1 ~ 4,7 gr/cm ³
Barit	4.0 ~ 4,6 gr/cm ³
İlmenit	4,3 ~ 4.8 gr/cm ³
Hematit	4,9 ~ 5,3 gr/cm ³
Çelik saçma ve parçaları	6,2 ~ 7,8 gr/cm ³

Ülkemizde özellikle Malatya Hekimhan bölgesinde yoğun olarak çıkarılan Siderit ve Limonit madeni içinde büyük oranda bulunan demir cevheri dolayısıyla madenin ağır beton üretiminde ve radyasyon tutuculuk etkisi kazanmasında önemli faktördür. Bu sebeple Limonit ve Siderit madeni kullanılarak ağır beton üretimi gerçekleştirilebilir. Aşağıda Limonit ve Siderit madenine ait kimyasal bileşimini gösterir çizelge verilmiştir.

Tablo1.4. Siderit ve Limonit Madenine Ait Kimyasal Bileşim Tablosu

	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	Kızdırma Kaybı	Tespit Edilemeyen Madde
Siderit	1,36	1,00	52,06	3,22	2,56	33,65	6,15
Limonit	3,31	3,85	60,65	3,39	5,85	15,90	7,04

Düşük enerjili nötronların yutulmasından ve orta enerjili nötronların yavaşlatılmasında hafif elementler, hızlı nötronların ise x ve gama ışınlarının yutulmasında ağır elementler kullanmak gerekmektedir. Ağır beton bu amaç için en uygun malzemedir. Bileşimindeki karma ve hidratasyon suyunda hafif elementler (hidrojen ve oksijen), agregasında ise ağır elementler bulunmaktadır. Normal betonlarda nötronların durdurulması için gerekli hidrojen miktarı karma suyunun yaklaşık %4 üne karşı gelir. Bu su çimento hamurunun hidrate elemanlarında serbest olarak ya da kristal suyu olarak çimento hamurunda agregada bulunur. Betondaki su miktarı düşük enerjili ve orta enerjili nötronların yutulması için gerekli değerin çok üstünde olduğu için ağır elementler kullanılmalıdır.

Ağır beton üretiminde şu özelliklere dikkat edilmelidir[6]. Betonun birim ağırlığı 2.800 – 5.000 g/cm³ arasında olmalıdır.

- Betonun homojen olmasına dikkat edilmelidir.
- Çatlak meydana gelmemesi için dozaj 0.350 g/cm³'den büyük w/ç oranı 0.50'den küçük olmalıdır.
- Beton tabaka kalınlığı en fazla 25cm. olmalıdır. Sıkıştırma yüksek frekanslı vibratörler kullanılmalıdır.
- Ağır betonun dökümünde karıştırıcıların tam kapasite ile doldurulmamaları gerekir, ağır betonun hazırlanması sırasında karıştırma süresi önemlidir. Aşırı karıştırma iri agreganın çöküp taze betonun segregasyonuna yol açar.

1.3.1. Agregalar

Beton içerisinde kullanılan ve betonun yaklaşık olarak %60-80'ini oluşturan kırmataş, kum-çakıl gibi malzemelere agregalar denir. Agregalar doğal (kum-çakıl, kırmataş) ve yapay (yüksek fırın cürufu, genişletilmiş kil, perlit) olmak üzere iki farklı kökene sahiptir. Doğal taş yerine tuğla, kiremit gibi yeteri kadar sert ve sağlam bazı sanayi ürünleri veya atıkları kırma olarak kullanılır. Ancak her mineral kökenli malzeme veya endüstriyel atık, beton agregası olarak kullanılamaz. Agregalar en büyük dane büyüklüğü D_{max} donatının beton örtü tabakası ve beton eleman kesitinin en küçük boyutu dikkate alınarak belirlenmelidir. Yıkama suyundan veya taze betondan elde edilerek yeniden kazanılmış agregalar da beton agregası olarak kullanılabilir.

Agregaların kalitesini etkileyen birçok fiziksel ve kimyasal özellikler vardır ki bu özellikler TS 706 EN 12620 standardında belirlenmiştir.

Agregalar özgül ağırlıklarına göre 3'e ayrılırlar.

Tablo1.5 Birim Hacim Kütlelerine Göre Agregalar Çeşitleri

Agrega Tipi	Birim hacim kütlesi
Normal Agregalar	2000–3000
Hafif Agregalar	≤ 2000
Ağır Agregalar	≥ 3000

1.3.2. Çimento

Öğütülmüş kalkerin, diğer hammaddelerle belirli oranlarda karıştırılıp pişirilmesiyle klinker elde edilmektedir. Klinker, alçı taşı ve diğer katkı maddelerinin karıştırılıp öğütülmesiyle elde edilen toz halindeki bağlayıcıya çimento denir.

Çimento, su ile karıştırıldığında, hidrasyon reaksiyonları ve işlemleriyle priz alarak sertleşebilen ve sertleştikten sonra dayanım ve kararlılığını su içerisinde dahi sürdürebilen öğütülmüş inorganik malzemedir. Çimentonun beton içerisindeki işlevi; agrega tanelerinin yüzeyini kaplayarak ve taneler arasındaki boşlukları doldurarak bağlayıcılık görevidir.

1.3.3. Karışım Suyu

Su, betonu oluşturan temel malzemelerden biridir. Betonun karılmasında kullanılan karışım suyu, iki önemli görevi yerine getirmektedir:

- * Çimento ve agrega tanelerinin yüzeyini ıslatarak yağlayıcı etki yaratmak ve böylece betonun kolay karıştırılabilmesini, taze betonun yerleştirilmesini, sıkıştırılabilmesini, özetle işlenebilmeyi sağlamak,

- * Toz halindeki çimento taneleriyle birleşerek ortaya çıkan çimento hamurunda hidrasyon denilen kimyasal reaksiyonları sağlamaktır.

Temiz, içilebilir, berrak ve kokusuz her su beton üretiminde kullanılabilir.

Beton karma suyu asit niteliğinde olmamalıdır. Sülfat, değişik tuz vb... betona zarar verebilecek kimyasal maddeleri içermemelidir.

1.3.4. Kimyasal Katkılar

Betonun kullanım amacına ya da yerine göre bazı özelliklerini iyileştirmek için beton içerisindeki çimento miktarı göz önünde bulundurularak belli oranlarda katılan organik veya inorganik kökenli kimyasallar katkı maddesi olarak adlandırılırlar. Katkı maddelerinin pek çoğu karışım suyuna katılır. Gereğinden fazla kullanıldığında aksi etkiler oluşturabileceği gibi yine gereğinden az kullanıldığı takdirde hiç bir faydası olmayabilir. Ancak şunun iyi bilinmesi gerekir ki kurallara uygun üretilmeyen bir betonun özelliklerini katkı maddeleri ile iyileştirmek mümkün değildir. Kurallarına uygun üretilen betonların da katkı maddeleri ile uyumu önceden yapılan deneylerle belirlenmelidir.

2. MATERYAL METOD VE BULGULAR

2.1. Deneyin Özeti

Bu çalışmada TS 802 ye uygun dökülmüş beton ile agrega miktarları hacimce sırasıyla %20, %40, %60, %80, %100 oranında azaltılıp yerine aynı oranlarda Siderit ve Limonit madenleri ilave edilerek elde edilen ağır beton karışımlarının bazı mekaniksel, fiziksel ve durabilite özellikleri ile radyasyon tutuculuğu incelenmiştir. Ayrıca yine %100 oranında Siderit ve Limonit agregalarıyla üretilen 10*10*10 ebadındaki küp beton numuneleri farklı sıcaklıklarda (200, 400, 600, 800⁰C) ısıtılarak basınç dayanımlarında meydana gelen değişimler incelenmiştir.

Mekanik özelliklerin tespiti için Siderit ve Limonit madenleri ilk önce fiziksel deneylere tabii tutulmuş ve bu bağlamda her agrega için gronülometri tayini, gevşek birim hacim ağırlığı, sıkışık birim hacim ağırlığı, kuru yüzey doymuş ağırlığı, kuru özgül ağırlığı, görünür özgül ağırlığı, su emme, porozite ve kompasiteleri tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında hazırlanacak karışım oranları hesaplanmış ve karışımlar bu değerlere göre hazırlanmıştır.

Hazırlanan beton harcı çökme deneyine tabii tutulmuş ve gerekli çökme değeri elde edildiği görüldüğünde kalıplara yerleştirilmiştir. Mekanik özelliğin tespiti için 10*10*10 ve 4*4*16 ebatlarında kalıplar yağlanmış ve hazırlanan harç kalıplara yerleştirilip sarsma tablasında boşluk kalmayacak ve ağır agregaların çökmesine imkân tanımayacak oranda vibrate edilmiştir. Kalıplardan sökülen beton numuneler 28 gün kirece doymuş suda bekletilmiş ve sudan çıkarılan numuneler 24 saat havada kurumaya bırakılmıştır. Her deney için üç numune dökülmüş ortalama değerler alınmıştır.

28 günlük dayanıma sahip numunelerin önce kuru birim ağırlıkları, su altı ağırlıkları ve suya doymuş ağırlıkları bulunmuştur. Ağırlıkça su emme yüzdeleri de tespit edilen beton numuneleri daha sonra tahribatsız deney metotlarından ultrases ölçme deneyine tabi tutularak PGH ölçümleri yapılmış, schmidt test çekici ile yüzey sertlikleri ölçülmüştür. Son olarak dikdörtgen numunelere eğilmede çekme deneyi uygulanırken küp

numuneler ise basınç tablasında kırma işlemine tabi tutulmuş ve basınç dayanımları bulunmuştur.

Ayrıca % 100 oranında Siderit ve Limonit agregalarıyla elde edilen küp beton numuneleri 24 saat 80 °C etüvde kurutulup sırasıyla 200, 400, 600, 800 °C yüksek sıcaklıklara ulaşması sağlanmış ve fırından alınan numuneler soğutulup basınç deneyine tabii tutulmuş ve dayanımlarındaki değişimler gözlenmiştir.

Radyasyon geçirgenliğini ölçmek için değişik oranlarda 30*30*2 cm ebadında dökülen plak şeklindeki numuneler dökülmüştür. Farklı oranlarda ve kalınlıklarda (2, 4, 6, 8cm) hazırlanan numuneler radyasyon geçirgenliği deneyi için Çekmece Nükleer tesislerine ölçüm için gönderilmiştir. Plaklar; Co-60, 117 Kev, 164 Kev ışımalarına maruz bırakılmış ve sonuçları irdelenmiştir.

2.2. Kullanılan Cihazlar ve Materyaller

2.2.1. Terazi

Numune ağırlıklarının ölçümünde 0,1gr hassasiyetli elektronik terazi kullanılmıştır.

2.2.2. Ultrases Ölçme Cihazı (PGH Ölçüm Cihazı)

Beton numunelerin karşılıklı iki yüzeyine tutulan diskler üzerinden betona ultrases akım verilerek, geçiş süresi cihaz üzerinden mikro saniye olarak okunmuştur. Bu deney, ASTM C 597 standardına uygun olarak yapılmıştır [12]. Isı İletim Katsayısı Ölçme Cihazı(Shoterm QTM-D2): Dokuz Eylül Üniversitesi ısı laboratuvarında bulunan, “Hot Wire” yöntemiyle çalışan ve 0.02-10 W/m.K aralığındaki ısı iletim katsayısını ölçebilen cihazla yapılmıştır.

2.2.3. Dozimetri Cihazı

Çekmece Nükleer Araştırma Merkezinde yapılan radyasyon ölçümlerinde standart dozimetri cihazı ve Segatech CNC bilgisayar programı kullanılmıştır. Radyasyon geçirgenliğinde kullanılan dozimetri cihazı Şekil 2.1.’de görülmektedir.



Şekil 2.1. Standart Dozimetre Cihazları

2.2.4 Diğer Cihazlar

Laboratuvar aşamasında kullanılan cihazlar Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Laboratuvarında bulunan; etüv, slump deney aleti, TS 1227'ye uygun kare gözlü elekler, cam balon, mikser, basınç ölçüm aleti, eğilmede çekme ölçüm aleti, yüzey sertlik deneyi için schmidt çekici vb. gibi malzemelerdir.

2.3. Kullanılan Malzeme ve Oranları

Tablo 2.1. Çimento ve uçucu külün fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler

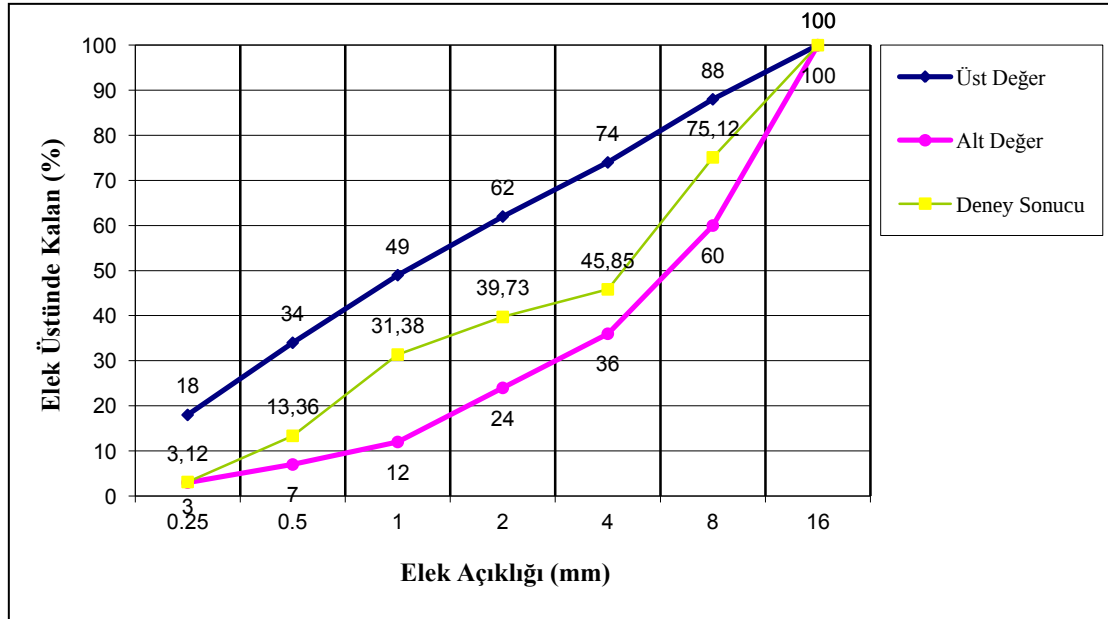
Kimyasal Kompozisyon(%)		Çimentonun Fiziksel Özellikleri	
	Çimento		
SiO ₂	19.3	Özgül ağırlık	3.15
Al ₂ O ₃	5.57	Priz Başlangıcı (dak)	119
Fe ₂ O ₃	3.46	Priz sonu (dak)	210
CaO	63.56	Hacim genişlemesi (mm)	1.00
MgO	0.86	Çimentonun Özgül Yüzeyi (Blaine)	
Na ₂ O	0.13	Çimento (m ² /kg)	352
K ₂ O	0.80	Çimentonun Basınç Dayanımı (MPa)	
SO ₃	2.91	2 gün	27.2
Cl ⁻	0.013	7 gün	42.4
Kızdırma kaybı	2.78	28 gün	52.7
Çözünmez kalıntı	0.42		
Serbest CaO (%)	1.22		

Çalışmada fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri Tablo 2.1’de verilen Elazığ Çimento Fabrikasından temin edilen PÇ 42,5 çimentosu kullanılmıştır.

Deneyde normal agregası olarak Elazığ Palu ilçesine ait dere yatağı agregası ve yine bu bölgeye ait kum kullanılmıştır. Maksimum dane çapı 16mm seçilmiş ve 3000 gr alınan agregası numunesine yapılan gronölometri deneyi sonucu Tablo 2.2.’de ve gronölometrik eğrisi Şekil 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Deneyde Kullanılacak Normal Agreganın Elek Analizi Deneyi

Elek No	Elek Üstünde Kalan (gr)	Elek Üstünde Yığılmış Kalan (gr)	Yığılmış Kalan %	Yığılmış Geçen %
16	0	0	0	100
8	742,6	742,6	24,88	75,12
4	873,8	1616,4	54,15	45,85
2	182,6	1799	60,27	39,73
1	249,2	2048,2	68,62	31,38
0.5	538	2586,2	86,64	13,36
0.25	305,5	2891,7	96,88	3,12
Kap	93,2	2984,9	100,00	0,00



Şekil 2.2. Normal Agregası Gronölometri Deneyi

Agrega karışımının boşluğunun en az, diğer bir ifade ile kompasitenin en fazla olması istenir. Böylelikle betonda hem sağlam bir taşıyıcı iskelet oluşması, hem de boşlukları dolduracak çimento hamurunun azalması gerçekleştirilebilir[13]. TS 706'ya göre en büyük tane çapına bağlı olarak granülometrik eğrinin Şekil 3.2.'deki A16 ve B16 eğrileri arasında bulunması gerekmektedir[14].

Ağır beton üretiminde kullanılacak Siderit ve Limonit Madeni Malatya ili Hekimhan bölgesinden kayaç olarak temin edilmiş ve kırılarak granülometrik hale getirilmiştir. Sideritin ve Limonitin kimyasal bileşenleri tespit edilmiş ve beton üretiminde menfi davranış göstermemesi gerektiği göz önünde tutulmuştur. Aşağıda Tablo 2.3. de bu iki madene ait kimyasal analiz tablosu verilmiştir.

Tablo 2.3. Siderit ve Limonit Madenine Ait Kimyasal Bileşim Tablosu

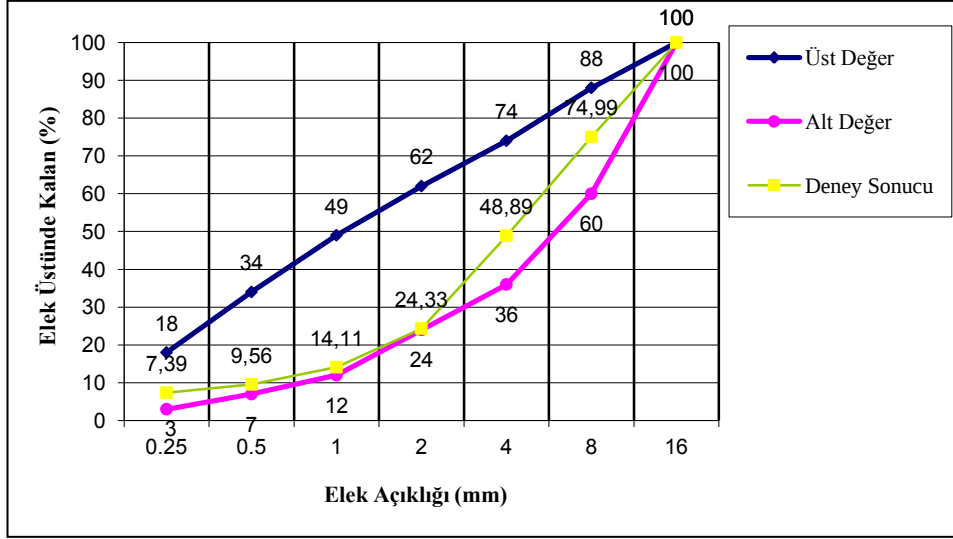
	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	Kızdırma Kaybı	Tespit Edilemeyen Madde
Siderit	1,36	1,00	52,06	3,22	2,56	33,65	6,15
Limonit	3,31	3,85	60,65	3,39	5,85	15,90	7,04

Laboratuvar şartlarındaki ağır beton numuneleri için TS 706, TS 1226 ve TS 1227'e göre en büyük tane büyüklüğünün 16mm olduğu belirlendiğinden, bu çalışmanın granülometrik karışımında Dmax: 16mm için ideal kabul edilen B16 eğrisi dikkate alınmış ve buna göre gerekli agrega sınıfları ve miktarları bulunmuştur.

Siderit madenine ait granülometri deney verileri Tablo 2.4. ve Şekil 2.3. de, Limonit madenine ait veriler ise Tablo 2.5. ve Şekil 2.4. de verilmiştir.

Tablo 2.4. Deneyde Kullanılacak Siderit Agregasının Elek Analizi Deneyi

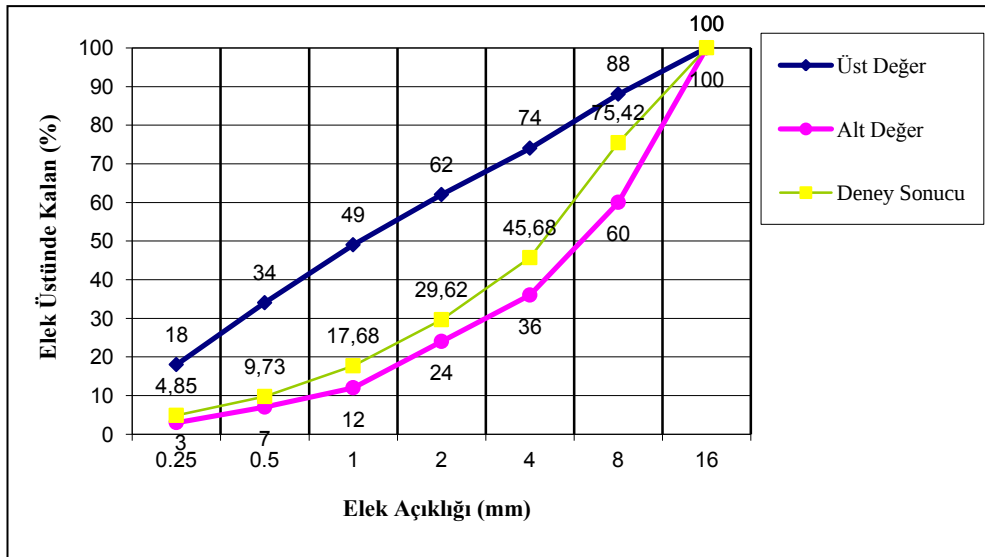
Elek No	Elek Üstünde Kalan (Gr)	Elek Üstünde Yığılımlı Kalan (Gr)	Yığılımlı Kalan %	Yığılımlı Geçen %
16	0	0	0	100
8	750	750	25,01	74,99
4	753	1503	50,11	49,89
2	766,6	2269,6	75,67	24,33
1	306,6	2576,2	85,89	14,11
0.5	136,5	2712,7	90,44	9,56
0.25	64,9	2777,6	92,61	7,39
Kap	221,8	2999,4	100,00	0,00



Şekil 2.3. Siderit Agregasının Gronülometri Deneyi

Tablo 2.5. Deneyde Kullanılacak Limonit Agregasının Elek Analizi Deneyi

Elek No	Elek Üstünde Kalan (Gr)	Elek Üstünde Yığışımli Kalan (Gr)	Yığışımli Kalan %	Yığışımli Geçen %
16	0	0	0	100
8	736,1	736,1	24,58	75,42
4	890,5	1626,6	54,32	45,68
2	480,8	2107,4	70,38	29,62
1	357,6	2465	82,32	17,68
0.5	238	2703	90,27	9,73
0.25	146,2	2849,2	95,15	4,85
Kap	145,3	2994,5	100,00	0,00



Şekil 2.4. Limonit Agregasının Gronülometri Deneyi

Karışım suyu olarak su/çimento oranı yapılacak karışımın ağır beton olacağı göz önünde tutularak 0,40 olarak belirlenmiştir. Gereğinden fazla su ihtiva eden betonların yapısındaki boşluk miktarı artacağından hem betonun basınç dayanımı düşmekte, hem de radyasyon geçirgenliği artmaktadır. Gereğinden az kullanılan karışım suyu ise, betonda çatlaklara sebep olmakta ve yine betondan yeterli verim alınamamaktadır.

S/Ç oranı 0,40 alınarak hazırlanan beton harcı üzerinde yapılan slump deneyi neticesinde çökme miktarı 5 ± 1 cm olarak tespit edilmiş, Şekil 2.5’de deneye ait görüntü verilmiştir.



Şekil 2.5 Slump deneyi

Yine hazırlanan numunelerin sarsma tablasında sıkıştırma esnasında ağır agregaların çökmesini engellemek ve segregasyonu tam yapabilmek için Sikament FFN süper akışkanlaştırıcı Beton Katkısı çimento miktarının %1,5 oranında karışıma ilave edilmiştir. Tablo 2.6.’da Sikament FFN’e ait ürün bilgileri yer almaktadır.

Tablo 2.6. Sikament FFN Akışkanlaştırıcı Beton Katkısı Ürün Bilgisi

Kimyasal Yapı	Melamin sülfonat polimeri
Yoğunluk	$1,22 \pm 0,02$ kg/l
pH Değeri	7-11
Viskosite	38 cP, +20 ⁰ C de
Toplam Klorür İyon İçeriği	Max. %0,1
Alkali miktarı (%Na₂O eşdeğeri)	Max. %7

2.4. Agrega Fiziksel Deneyleri

Karışım hesabının yapılabilmesi için agrega fiziksel deneylerinin yapılması gerekmektedir. Siderit ve Limonit madenlerine ait sıkışık ve gevşek birim hacim ağırlıkları, özgül ağırlıkların, su emme oranlarının, porozite ve kompasitenin bilinmesi karışımda hacimsel olarak hesaplanan değerlerin kütleli karşılığının bulunmasında bizlere yardımcı olacaktır.

2.4.1. Birim Ağırlık Deneyleri

Granülometrisi düzgün (en az boşluklu) kuru, kusurlu malzemesi az, sıkıştırılmış ve özgül ağırlığı fazla olan agregaların birim ağırlıkları da fazla olur [15].

Agreganın birim ağırlığı 1,50 ~ 1,85 gr/cm³ arasında değişebilir. Birim ağırlık, aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır[16].

$$\gamma = \frac{Pa_2 - Pa_1}{V} = \frac{Pa}{V} \quad (2.1)$$

γ : Birim ağırlık, (gr/cm³)

Pa_1 : Ölçü kabının boş ağırlığı, (gr)

Pa_2 : Ölçü kabı + gevşek veya sıkışık agrega ağırlığı

V : Kabın Hacmi (cm³)

Tablo 2.7. Agregaların Birim Hacim Ağırlıkları

	Gevşek Birim Hacim Ağırlığı			Sıkışık Birim Hacim Ağırlığı		
	Normal Agrega	Siderit Agregası	Limonit Agregası	Normal Agrega	Siderit Agregası	Limonit Agregası
Pa_1 (gr)	2916	2916	2916	2916	2916	2916
Pa_2 (gr)	6870	9350	7100	7120	10200	7670
V (cm ³)	3000	3000	3000	3000	3000	3000
γ (kg/cm ³)	1,318	2,145	1,395	1,401	2,428	1,585

2.4.2. Özgöl Ağırlık Deneyleri

Özgöl ağırlık, agreg ağırlığının gerçek eşdeğer su hacminin ağırlığına oranıdır. Özgöl ağırlık genel olarak normal agregada 2,4~ 2,8 gr/cm³ arasında, Ağır agregalarda bu oran 3,5 ~ 5 gr/cm³ arasındadır. Beton bileşiminin hesaplanabilmesi için agreganın özgöl ağırlığının bilinmesi gerekir [17]. Özgöl ağırlık agreganın uygunluğunu belli eden önemli bir faktördür. Genel olarak düşük bir özgöl ağırlık, boşluklu, sağlam olmayan bir yapıya, yüksek değer ise iyi kaliteye işaret eder [18].

Bu deneyler için alınan numuneler bünyesine daha fazla su almayıncaya kadar suda bekletilmiş ve doymun kuru yüzey olması sağlanmış ve bu durumda (doymun kuru yüzey) ağırlıkları tartılıp Doymun Kuru Yüzey Ağırlıkları bulunmuştur. Etüvde kurutulduktan sonra tartılarak Kuru Ağırlıkları, Su içinde tartılarak Sudaki ağırlıkları tespit edilmiş ve aşağıdaki bağıntılarla sırasıyla Özgöl Ağırlıkları, Su Emme Oranı, Porozitesi ve Kompasitesi bulunmuştur.

δ_k : Kuru Özgöl Ağırlığı (gr/cm³)

δ_d : Doymun Özgöl Ağırlığı (gr/cm³)

δ_g : Görünür Özgöl Ağırlığı (gr/cm³)

m_1 : Su Emme Oranı

P : Porozite

W_{kuru} : Kuru Ağırlık (gr)

W_{dky} : Doymun Kuru Yüzey Ağırlığı (gr)

W_{Suda} : Sudaki Ağırlığı (gr)

Kuru Özgöl Ağırlığı;

$$\delta_K = \frac{W_{Kuru}}{W_{DKY} - W_{Suda}} \quad (2.2)$$

Doygun Kuru Yüzey Özgöl Ağırlığı;

$$\delta_d = \frac{W_{DKY}}{W_{DKY} - W_{Suda}} \quad (2.3)$$

Görünür Özgöl Ağırlığı;

$$\delta_g = \frac{W_{Kuru}}{W_{Kuru} - W_{Suda}} \quad (2.4)$$

Su Emme;

$$m = \frac{W_{DKY} - W_{Kuru}}{W_{Kuru}} \times 100 \quad (2.5)$$

Porozite;

$$p = \frac{W_{DKY} - W_{Kuru}}{W_{Kuru}} \times \delta_g \quad (2.6)$$

Kompasite;

$$n = \frac{\gamma}{\delta_g} \quad (2.7)$$

Porozite ve Kompasitenin toplamı 1 olmalıdır.

Tablo 2.8. Agregaların Fiziksel Değerleri

	Fiziksel Değerler		
	Normal Agrega	Siderit Agregası	Limonit Agregası
W_{kuru}	1080	3020	2671
W_{dky}	1102	3038	2976
W_{Suda}	698	2185	1873
δ_k (gr/cm ³)	2,673	3,540	2,421
δ_d (gr/cm ³)	2,728	3,561	2,698
δ_g (gr/cm ³)	2,827	3,616	3,347
m	0,0203	0,0059	0,1141
p	0,0576	0,0216	0,382

2.5. Beton Karışım Hesabı

İyi bir beton için öncelikle iyi bir beton harcı hazırlanması gereklidir. Betonda aranan özellikler göz önünde bulundurularak beton harcı için gerekli s/ç oranı, agrega miktarı, çökme miktarı varsa ilave katkı maddeleri ve oranları tespit edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada tüm karışımlarda toplam bağlayıcı miktarı 400 kg/m³ olarak alınmıştır. S/Ç oranı 0,40 alınarak yapılan slump deneyinde çökme miktarı 5cm olarak bulunmuş ve çimentonun %1,5 oranında Sikament FFN akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır.

Bu çalışma boyunca kontrol numunesini K, ve karışımda bulunma oran yüzdeleri harfin yanında olacak şekilde Siderit madenini S, Limonit madenini ise L harfi temsil edecektir.

Tablo 2.9. 1m³ Siderit Katkılı Beton İçin Karışım Hesabı

		KONTROL NUMUNESİ		S20		S40		S60		S80		S100	
		Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)
Çimento		129	400	129	400	129	400	129	400	129	400	129	400
Su		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Hava		20	--	20	--	20	--	20	--	20	--	20	--
Normal Agrega	0-4 mm %50	345.5	932.85	276,8	775	207,6	581	138,4	387	69,2	193,5	--	--
	4-16 mm %50	345.5	932.85	276,8	775	207,6	581	138,4	387	69,2	193,5	--	--
Siderit Agregası	0-4 mm %50	--	--	69,2	249,8	138,4	499,6	207,6	749,5	276,8	1000	345,5	1247
	4-16 mm %50	--	--	69,2	249,8	138,4	499,6	207,6	749,5	276,8	1000	345,5	1247
Toplam		1000	2425.7	1000	2608	1000	2721	1000	2833	1000	2947	1000	3054

Tablo 2.10. 1m³ Limonit Katkılı Beton İçin Karışım Hesabı

		KONTROL NUMUNESİ		L20		L40		L60		L80		L100	
		Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)	Hacim (dm ³)	Ağırlık (kg)
Çimento		129	400	129	400	129	400	129	400	129	400	129	400
Su		160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Hava		20	--	20	--	20	--	20	--	20	--	20	--
Normal Agrega	0-4 mm %50	345.5	932.85	276,8	775	207,6	581	138,4	387	69,2	193,5	--	--
	4-16 mm %50	345.5	932.85	276,8	775	207,6	581	138,4	387	69,2	193,5	--	--
Limonit Agregası	0-4 mm %50	--	--	69,2	231	138,4	462	207,6	693	276,8	924	345,5	1154
	4-16 mm %50	--	--	69,2	231	138,4	462	207,6	693	276,8	924	345,5	1154
Toplam		1000	2425.7	1000	2572	1000	2646	1000	2720	1000	2795	1000	2868

2.6. Deney Sonuçları ve Değerlendirilmesi

2.6.1. Numunelerin Fiziksel ve Mekaniksel Özellikleri

28 günlük dayanımlarını oda sıcaklığında kirece doymun suda kazanmış numuneler üzerinde TS3624'e uygun olarak yapılmıştır. Numuneler kür tankından çıkarıldıktan sonra 0,1 gr hassasiyete sahip tartıyla tartılmış ve Doymun Kuru Yüzey Ağırlıkları hesaplanmıştır. Aynı numuneler su altında tartılıp Sudaki Ağırlığı tespit edilmiş ve numuneler etüve yerleştirilip 24 saat kuruması beklendikten sonra kuru ağırlıkları ölçülmüştür.



Şekil 2.6. Hassas Terazi ve Etüv

10*10*10 cm ebatında 1dm³ olarak dökülen beton numuneleri için sırasıyla;

Hacim Hesabı;

$$V = \frac{W_{DKY} - W_{Suda}}{998} \times 1000 \quad (2.8)$$

Kuru Özgöl Ağırlığı;

$$\delta_K = \frac{W_{Kuru}}{W_{DKY} - W_{Suda}} \quad (2.2)$$

Su Emme;

$$m = \frac{W_{DKY} - W_{Kuru}}{W_{Kuru}} \times 100 \quad (2.5)$$

Porozite;

$$p = \frac{W_{DKY} - W_{Kuru}}{W_{Kuru}} \times \delta_g \quad (2.6)$$

δ_k : Kuru Özgöl Ağırlığı (gr/cm³)

m_1 : Su Emme Oranı

P : Porozite

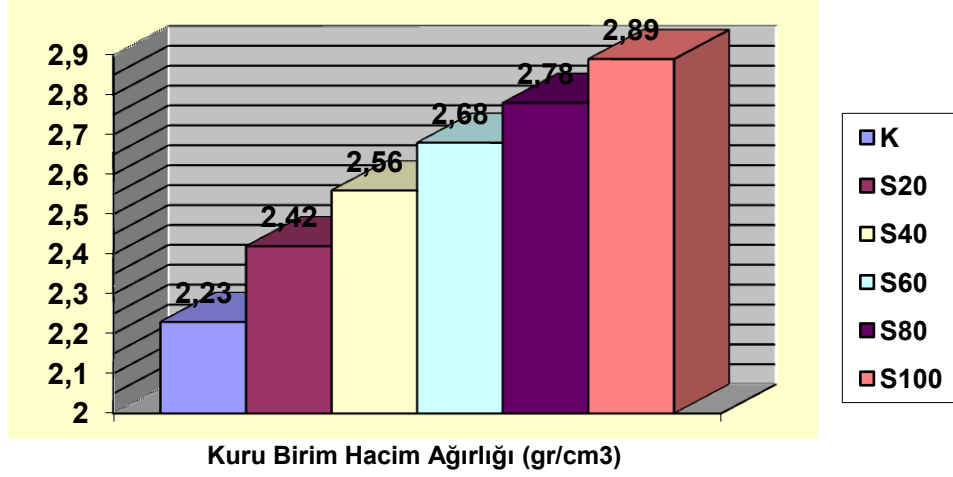
W_{kuru} : Kuru Ağırlık (gr)

W_{dky} : Doygun Kuru Yüzey Ağırlığı (gr)

W_{Suda} : Sudaki Ağırlığı (gr)

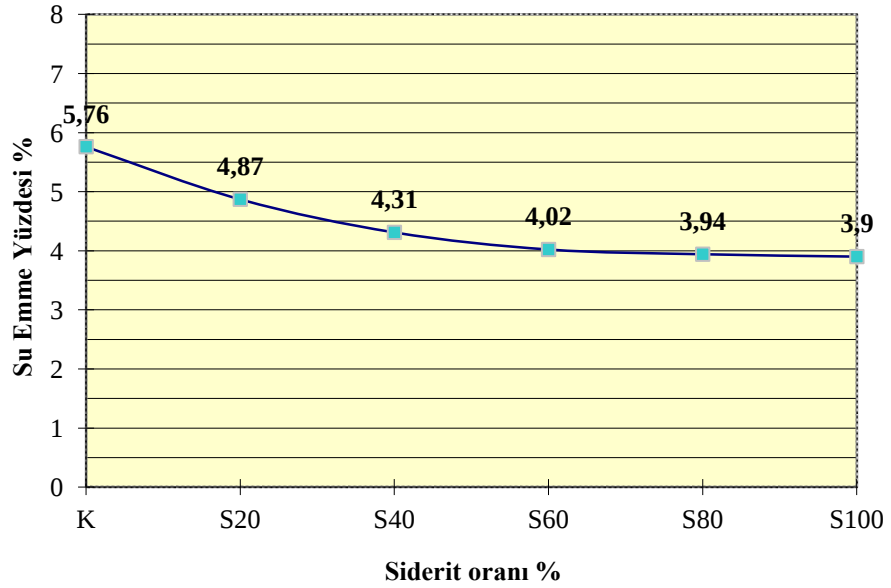
Tablo 2.11. Siderit Katkılı Betonun Fiziksel Deney Sonuçları

Numuneler	W_{DKY} (gr)	W_{Suda} (gr)	W_{Kuru} (gr)	V (cm ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Su Emme Yüzdesi (%)
K	2343	1349	2215	996,49	2,23	5,76
S20	2519	1428	2402	993,19	2,42	4,87
S40	2620	1638	2512	984,77	2,56	4,31
S60	2759	1769	2653	992,89	2,68	4,02
S80	2845	1861	2737	986,07	2,78	3,94
S100	2791	1863	2686	930,16	2,89	3,90



Şekil 2.7. Siderit Katkılı Beton numunelerin Kuru Birim Hacim Ağırlığı

Şekilden anlaşılacağı üzere beton numuneleri içindeki Siderit oranı arttıkça Kuru Birim Ağırlıkları da artmıştır.

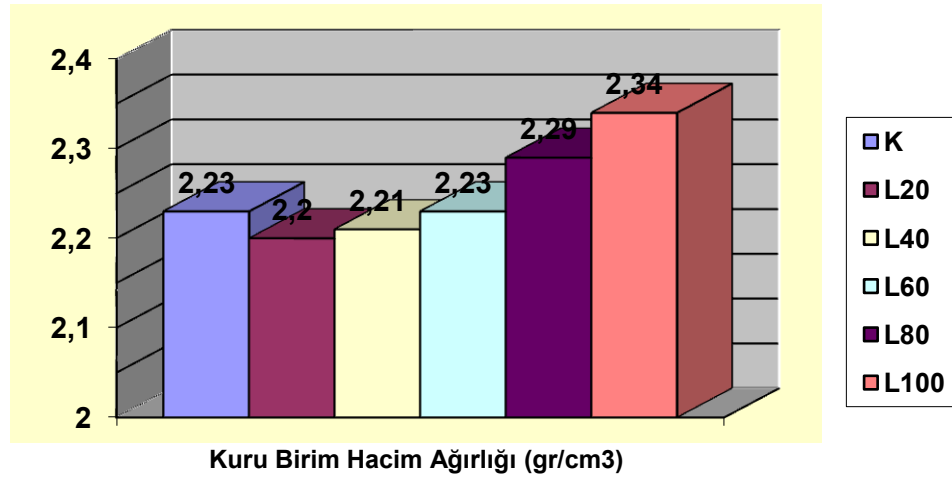


Şekil 2.8. Siderit Katkılı Beton numunelerin Su emme Yüzdesi

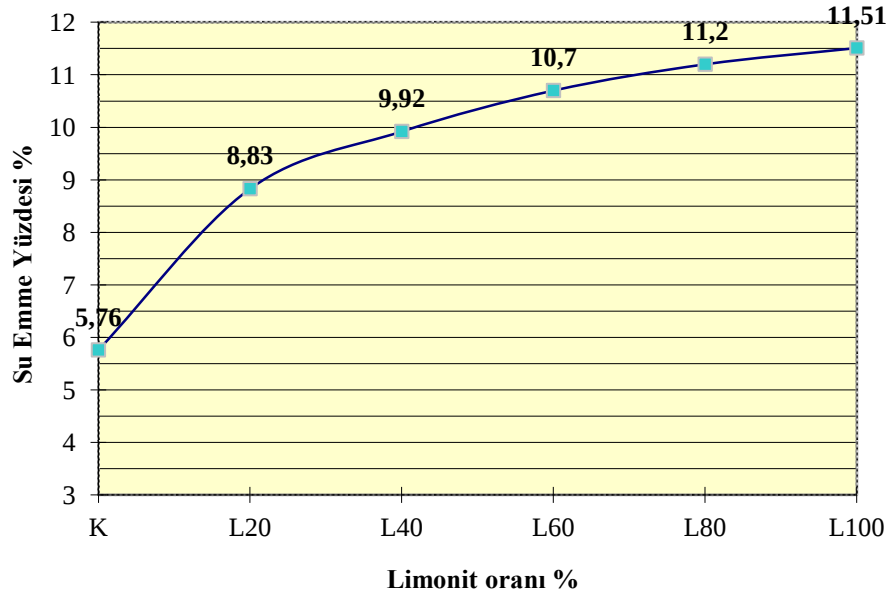
Şekil İncelendiğinde Siderit oranının artmasıyla su emme yüzdesinin azaldığı gözlemlenmektedir. Karışımda Siderit oranını arttırdığımızda karma suyu ihtiyacının azalacağı sonucu doğar. Bu sonuç çerçevesinde beton kütlesinin su emme oranı Sideritin artması ile azalmıştır denebilir.

Tablo 2.12. Limonit Katkılı Betonun Fiziksel Deney Sonuçları

Numuneler	W_{DKY} (gr)	W_{Suda} (gr)	W_{Kuru} (gr)	V (cm ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Su Emme Yüzdesi (%)
K	2343	1349	2215	996,49	2,23	5,76
L20	2233	1313	2072	944,79	2,20	8,83
L40	2406	1420	2188	957,11	2,21	9,92
L60	2457	1462	2219	1001,70	2,23	10,70
L80	2461	1494	2213	989,98	2,29	11,20
L100	2469	1523	2214	962,82	2,34	11,51

**Şekil 2.9.** Limonit Katkılı Beton numunelerin Kuru Birim Hacim Ağırlığı

Limonit katkılı betonların yapısının su emme kabiliyetlerinin değişkenlik gösterdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 2.10. Limonit Katkılı Beton numunelerin Su emme Yüzdesi

Şekil İncelendiğinde Limonit oranının artmasıyla su emme yüzdesinin arttığı gözlemlenmektedir. Karışımda Limonit oranını arttırdığımızda karma suyu ihtiyacının artacağı sonucu doğar. Karışım hazırlanırken emilen su miktarı kadar kısmın karışıma dahi edilmesi gerekmektedir.

2.6.2. Ultrases Hızlarının(PGH) Ölçülmesi

Bilindiği gibi titreşim frekansı 20 kHz.den büyük olan ses dalgalarına ultrasonik dalgalar denir. Malzeme testinde kullanılan ultrasonik dalgalar piezo-elektrik özellik gösteren transdüserler yardımıyla elde edilmektedir. Betonun bir yüzeyinden gönderilen ultrasonik dalgalar beton içinde ilerlerken yolları üzerinde boşluklara rastlarlar. Bu dalgalar boşluk kenarına gelince karşı tarafa geçemediğinden boşluğun etrafını dolaşacaktır. Bu olayın pek çok sayıda tekrarlanması ultrasonik dalgaların belirli iki nokta arasındaki yolunu artıracaktır. Ultrasonik hızın azalması, betonun boşluklu olduğunu göstermekte buna bağlı olarak beton dayanımı da düşmektedir[21].

Bu deney yöntemi ile ilgili teknikler ve test cihazının özellikleri kullanım yöntemleri, ASTM C 597 no'lu standard'ta belirtilmektedir[19]. PGH ölçüm deneyine başlamadan metal başlıklara gres yağı sürülerek birbirine yapıştırılıp ve test ölçümü

yapılmıştır. Alet sıfırlandıktan sonra yapılan ölçümde okunan değer 51 mikro saniye olduğu gözlenmiş ve deneye başlanmıştır.



Şekil 2.11. PGH (Ultrases) Ölçüm Cihazı

Ultrases hızı aşağıdaki bağıntıyla hesaplanır.[20]

$$v = \frac{l}{t} \times 10 \quad (2.9)$$

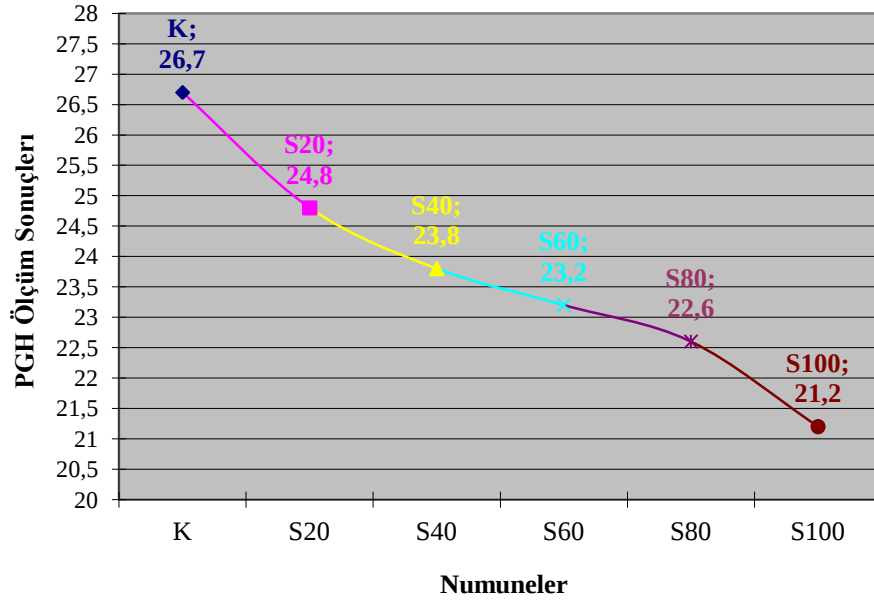
v : Ultrasonik dalgaların örnekte yayılma hızı

l : Örneğin boyu

t : Ultrasonik cihazdan okunan değer

Tablo 2.13. Ultra ses hızlarına Göre Beton Kalitesi

Ultrases Hızı v (km/sn)	Beton Kalitesi
$> 4,5$	Çok İyi
$3,4 \sim 4,5$ arası	İyi
$3,0 \sim 3,5$ arası	Şüpheli
$2,0 \sim 3,0$ arası	Zayıf
$< 2,0$	Çok Zayıf

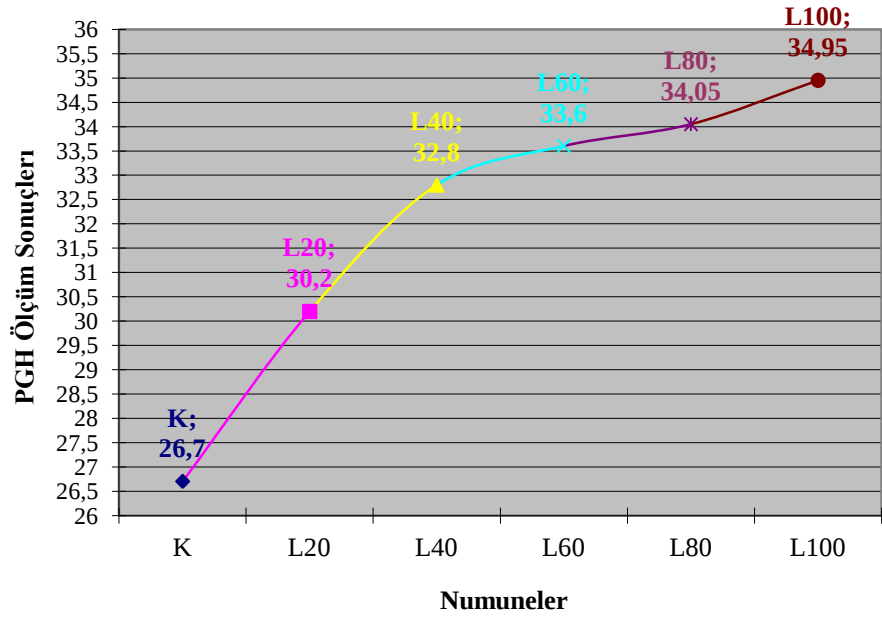


Şekil 2.12. Siderit Katkılı Beton Numunelerine Ait PGH Ölçüm Sonuçları

Tablo 2.14. Numunelerde Okunan Değere Karşılık Gelen Yayılma Hızı

	K	S20	S40	S60	S80	S100
t Okunan Değer	26,7	24,8	23,8	23,2	22,6	21,2
v Yayılma Hızı	3,745	4,032	4,201	4,310	4,424	4,716

Siderit katkılı betonlarda Siderit miktarı arttıkça okunan değerler azaldığı gözlenmiştir. Bu okunan değerler yayılma hızı formülünde yerine konarak bulunan değerler Tablo 2.13.'de Ultra ses hızlarına Göre Beton Kalitesi tablosunda incelendiğinde Siderit miktarı arttıkça betonun boşluk oranının azaldığı bu sebeple mukavemetinin arttığı ve beton kalitesinin de arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 2.13. Limonit Katkılı Beton Numunelerine Ait PGH Ölçüm Sonuçları

Tablo 2.15. Numunelerde Okunan Değere Karşılık Gelen Yayılma Hızı

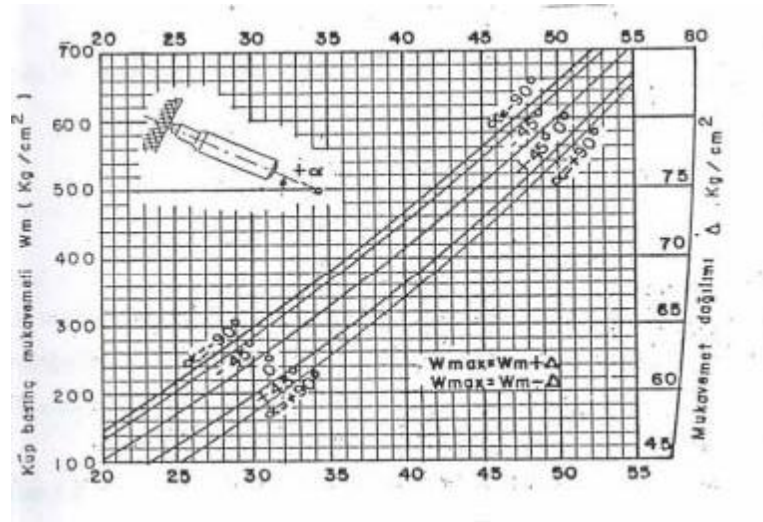
	K	L20	L40	L60	L80	L100
t Okunan Değer	26,7	30,2	32,8	33,6	34,05	34,95
v Yayılma Hızı	3,745	3,311	3,048	2,976	2,936	2,861

Limonit katkılı beton numunelerine ait bu yayılma hızı, limonit oranı arttıkça azalmış olduğu gözlemlenmiştir. Bu değerler Tablo2.13’de incelendiğinde 2 ~ 3 arasında kaldığından beton kalitesinin zayıf olduğu izlenimi doğurmuştur. Karışımda limonit oranı arttıkça daha az mukavemetli beton üretileceği anlaşılmaktadır.

2.6.3. Yüzey Sertliklerinin Ölçülmesi

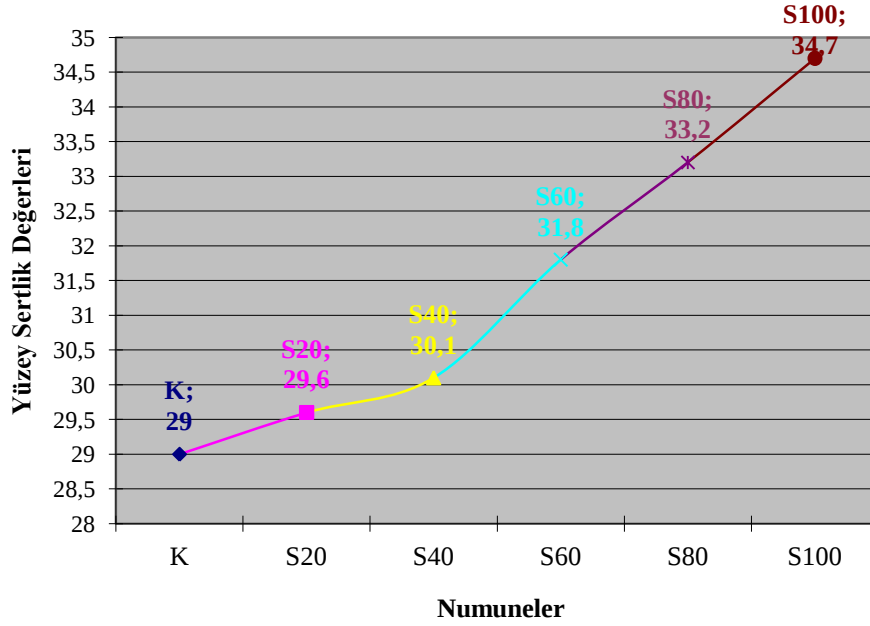
İsviçreli bir mühendis olan E. Schmidt tarafından geliştirilen bir alet olan “Schmidt Çekici” betonun yüzey sertliğini ölçmektedir. Aletin içinde yer alan bir kütle ile yüzeye darbe vurulmakta, yaylı bir sisteme bağlı olan kütle geri sıçramaktadır. Geri sıçrama değeri ile basınç dayanımı değeri arasındaki mevcut ilişkiden yararlanılarak yerindeki betonun dayanımı tahmin edilmektedir [21]. Beton test çekicinin uygulanmasıyla betonda çatlama veya kırılma oluşmamaktadır. Bu nedenle hasarsız deney yöntemlerindendir. Test çekicinde her vuruşta üzerindeki kütlenin ne kadar geri sıçradığı, alet üzerindeki bir göstergeden sayısal olarak ölçülebilmektedir. Doğal olarak, daha sert yüzeylere sahip olan betonlarda, kütlenin geri sıçraması daha çok olmaktadır.

Standartlara uygun olarak hazırlanmış olan küp şekilli beton numunemizi pres makinesinde 6 tonluk yükleme ile sıkıştırdıktan sonra vuruşlara başlanır. Beton numunenin bir yüzeyine farklı noktalar olmak ve numuneye dik konumda olmak şartı ile 10 vuruş yapılır. Her vuruştaki değer okunur ve kaydedilir. Bu değerlerin ortalaması alınır. Hesaplanan ortalama değerın karşılığı beton test çekicinin arkasında bulunan grafikten vuruş açımıza göre bulunur, işte bulunan bu değer bizim beton numunemizin yaklaşık basınç dayanımıdır.

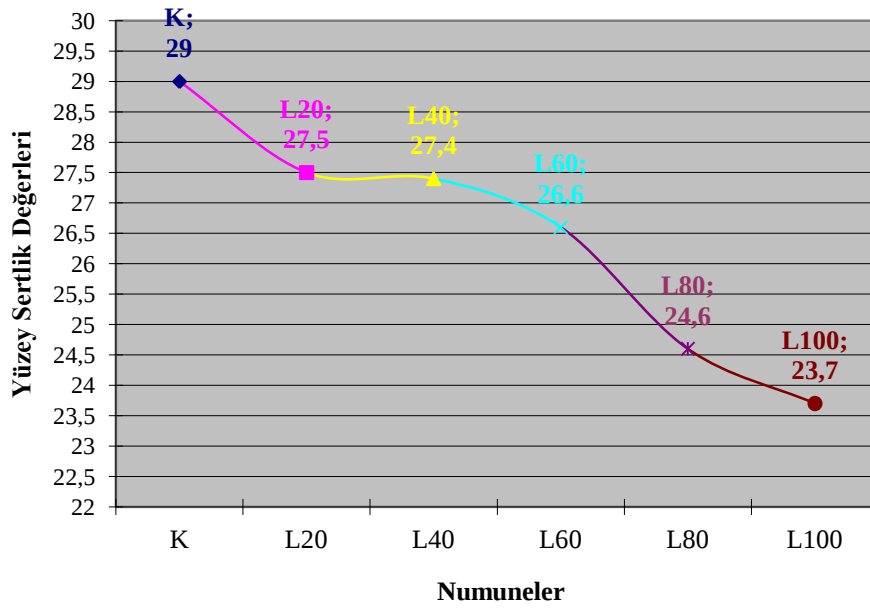


Şekil 2.14. Schmidt Çekicinde Vuruş Açısı İle Maksimum Ve Minimum Mukavemetler Bağintısı Tablosu

Grafikte çeşitli açılara karşılık gelen Küp basınç mukavemetleri görülmektedir. Burada α çekişle yatay düzlem arasındaki açıdır. Aşağıda Şekil 2.15 ve Şekil 2.16 da karışımdaki Siderit ve Limonit oranlarıyla Yüzey sertliği arasındaki oranlar görülmektedir.



Şekil 2.15 Siderit Katkılı betonların Yüzey Sertlik Sonuçları



Şekil 2.16 Limonit Katkılı betonların Yüzey Sertlik Sonuçları

Numunelerin yüzey sertliklerinin ölçülmesinde TS 3260 ve ASTM C 805'den faydalanılmıştır [23], [24]. Bu sonuçlar Şekil 3.14 ile karşılaştırıldığında Schmidt çekicinin açısı yatay (0^0) olduğuna göre Siderit oranı arttıkça sertlik ve dolayısıyla basınç dayanımı artacaktır. Limonit oranı arttığında ise tam aksine sertlik azalacak ve basınç dayanımı da dolayısı ile azalma gösterecektir.

Beton küp numuneler için elde ettiğimiz bu grafik aynı betonun basınç dayanımı deneyi sonucu elde edilen grafik ile karşılaştırılabilir.

2.6.4. Eğilmede Çekme Dayanımlarının Ölçülmesi

Eğilmede çekme deneyi betonun çekme gerilmelerine karşı mukavemetini verir. Kiriş kesiti 4*4*16 cm olan beton numune iki mesnetli ve mesnetler arası açıklığı 12cm olan deney aletine sabitlendikten sonra tam orta noktasından kırılıncaya kadar yükleme yapılır. Eğilme yüküne maruz kalan beton kirişte yer alan kırılmaya, betonun tarafsız eksenin altında oluşan çekme gerilmeleri neden olmaktadır. Ölçümler sırasında aletin yükleme hızı 0,05 kN/s olarak ayarlanmış ve deneyler yapılmıştır. Şekil 2.17.'de eğilmede çekme deneyi sırasında çekilen bir görüntü verilmiştir.



Şekil 2.17. Eğilmede Çekme Deneyi ve Deney Presi

Beton kiriş numunelerde kırılmaya neden olan yük, deney presinin göstergesinde okunduktan sonra, eğilme dayanımının hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılır.

$$Q = \frac{M}{W} = \frac{\frac{P.l}{4}}{\frac{3.a}{6}} \quad (2.10)$$

P : Kırılmanın oluştuğu max. yük

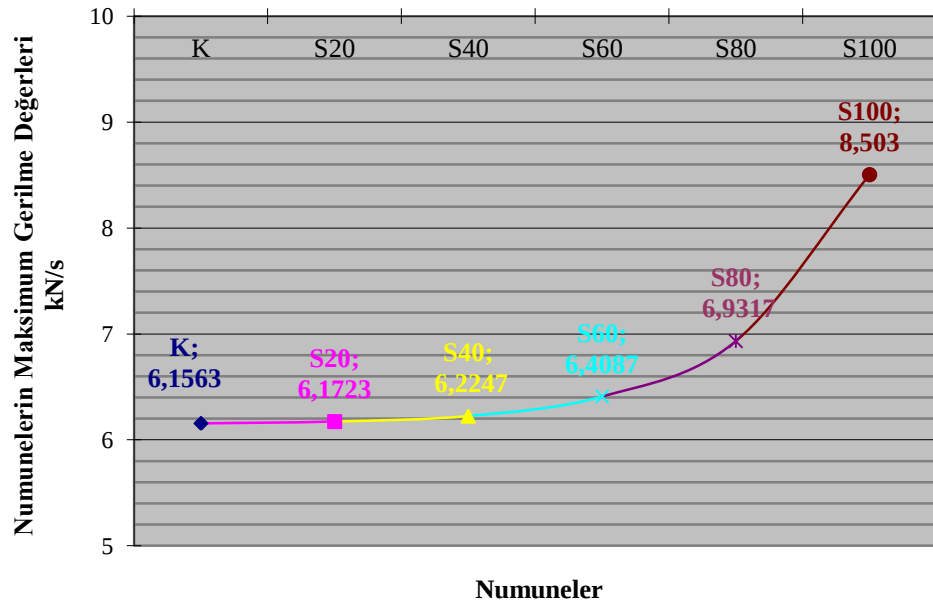
L : Mesnetler arası mesafe

W : Mukavemet momenti

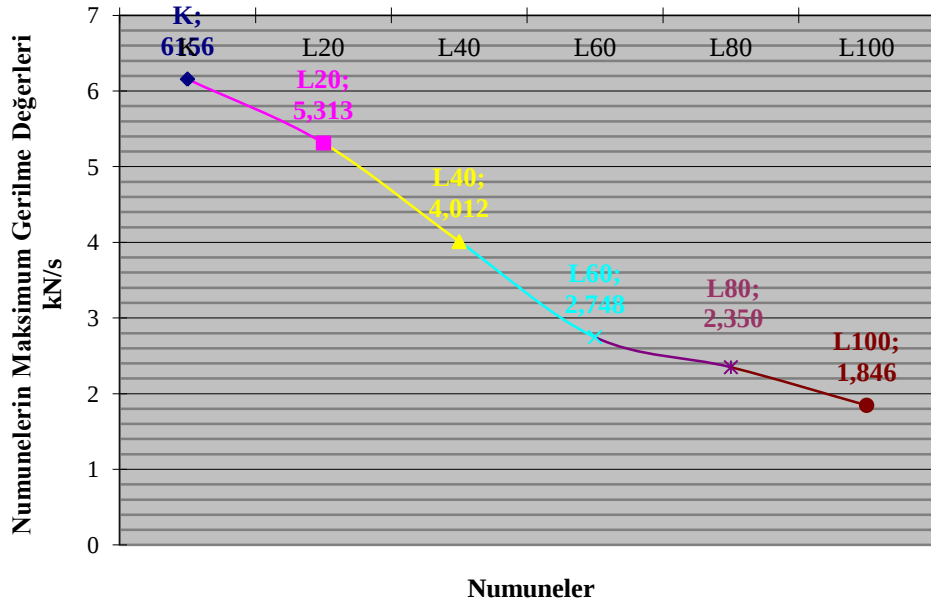
M : Yük etkisiyle oluşan dönme momenti

a : Numunenin kesit boyu

Burada eğilme dayanımının sayısal değerine ihtiyaç duyulmadığı için hesaplanmamış, bunun yerine yük-gerilme ilişkileri incelenmiştir. Şekil 2.17 de Siderit, Şekil 2.18’de Limonit katkılı numunelerde meydana gelen yük-gerilme değişimi birlikte görülmektedir.



Şekil 2.17 Siderit Katkılı Betonların Eğilmede Çekme Sonuçları



Şekil 2.18 Limonit Katkılı Betonların Eğilmede Çekme Sonuçları

Grafiklerde Karışımdaki oranlarıyla taşıdıkları maksimum çekme yükünü görmekteyiz. Buna göre siderit katkılı betonların çekme bölgesindeki gerilme değerleri oran arttıkça taşıdığı yük miktarı arttığından daha düşüktür. Yani Siderit katkılı betonların Emniyet Çekme Gerilme değerleri yüksektir. Limonit Katkılı betonlarda ise aksi durum söz konusudur. Oran arttıkça çekme bölgesinde taşıdığı yük azalmakta Emniyet gerilme değerleri de buna bağlı azalmaktadır. Her iki numunenin aynı yük altında aynı ebattaki kesitlerinde meydana gelen gerilme değerleri Siderit Katkılıda daha az Limonit katkılıda daha fazladır anlamı çıkarabiliriz. Betonda çekme gerilmeleri yüksek olursa, gerilmeler nedeniyle oluşan çatlaklardan radyoaktif sızıntılarında olacağı muhakkaktır

Numunelerin eğilmede çekme deneyleri TS 3285'e göre yapılmıştır [24].

2.6.5. Basınç Dayanımlarının Ölçülmesi

Betonun basınç dayanımı, “eksenel basınç yükü etkisi altındaki betonun kırılmamak için gösterebileceği direnme kabiliyeti (eksenel basınç yükü etkisiyle, betonda oluşan maksimum gerilme)” olarak tanımlanmaktadır. “Standart deney yöntemi”, betonun basınç dayanımının bulunabilmesi için, günümüzde de kullanılmakta olan en önemli deney yöntemidir. Belirli yaşlardaki beton numunelerin birim alanının taşıyabileceği yük

miktarının belirlenmesi ve aynı karışım ile üretilen betonun gerçek uygulamadaki elemanının taşıyabileceği yük hakkında fikir yürütülebilmesi amacıyla yapılmaktadır.

Betonun kabul veya reddedilmesi için teslim alınan betonun basınç dayanımının araştırılması, standart deney yöntemine uygun olarak yapılmaktadır. Standartlara uygun olarak hazırlanmış olan küp beton numunemizin boyutları kumpas yardımı ile ölçülmüştür. Etiketini bize bakacak şekilde 100 kg hassasiyetindeki 200 ton'luk prese yerleştirilmiştir. Ayrıca numune üzerine şekil değişimleri ölçmek amacıyla 0,01mm hassasiyetinde bir komparatör yerleştirilmiştir. Yükleme hızı darbe etkisi yapmayacak şekilde 3 kN/s olarak ayarlanmıştır. Doğru bir ölçüm yapabilmek için yavaş hızda yükleme yapılarak belirli yükleme değerlerindeki şekil değiştirmeler kontrol edilmiştir. Deney numunesinin kırıldığı andaki en yüksek yük (F) okunmuştur. En az 3 numunenin basınç dayanımları ortalaması alınarak beton basınç dayanımları hesaplanmıştır. Şekil 2.19.'de basınç deneyinden bir görünüş verilmiştir.

Numune boyutu: $10 \times 10 \times 10 \text{ cm} = 1 \text{ dm}^3$

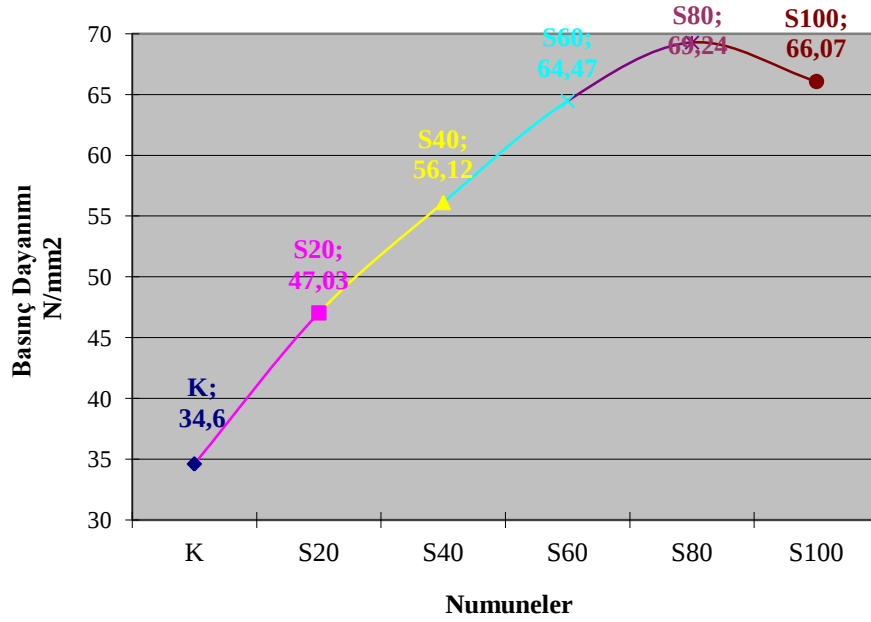


Şekil 2.19. Basınç Deney Aleti

Numunelerin basınç dayanımlarının tayininde TS 3114'den faydalanılmıştır [26]. Deney sonuçları Siderit Katkılı Beton için Tablo 2.16. ve Şekil 2.20 de, Limonit Katkılı beton için Tablo 2.17 ve Şekil 2.21 de verilmiştir.

Tablo 2.16. Siderit Katkılı Betonun Basınç Dayanım Değerleri

	K	S20	S40	S60	S80	S100
Basınç Dayanımları (N/mm²)	34,60	47,03	56,12	64,47	69,27	66,07



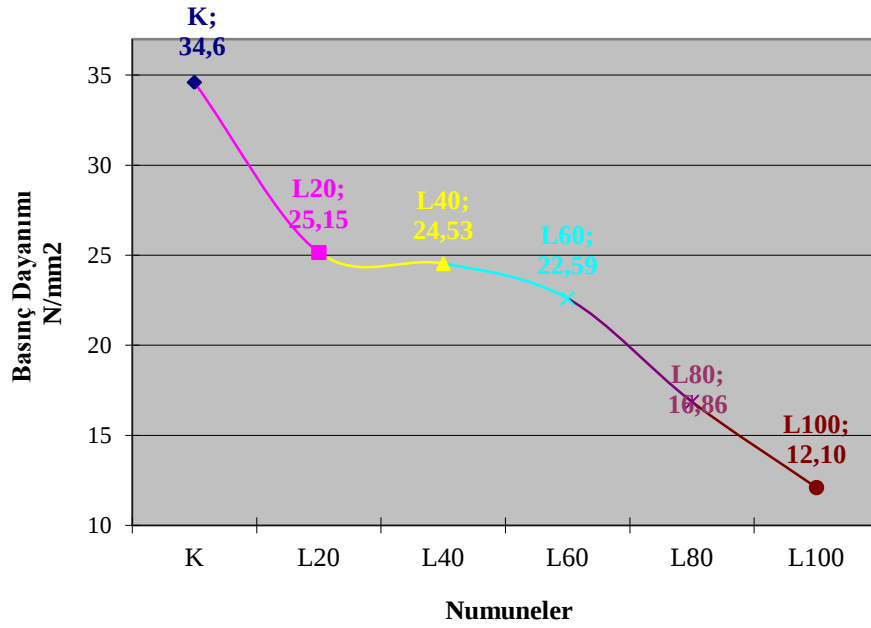
Şekil 2.20. Siderit Katkılı Beton Numunelerinin Karışım Oranlarıyla Basınç Dayanımları Arasındaki Değişimi Gösterir Grafik

Karışıma eklenen Siderit oranı arttıkça betonun basınç dayanımı arttığı gözlemlenmiştir. Bu sonucu Bundan Önceki PGH ve Yüzey Sertlik ölçümleri destekler

niteliktedir. Ağır beton basınç dayanımları 60 ~ 75 Mpa arasında olması bu agreganın ağır beton üretiminde kullanılabileceğimizi göstermektedir.

Tablo 2.17. Limonit Katkılı Betonun Basınç Dayanım Değerleri

	K	L20	L40	L60	L80	L100
Basınç Dayanımları (N/mm²)	34,60	25,15	24,53	22,59	16,86	12,10



Şekil 2.21. Limonit Katkılı Beton Numunelerinin Karışım Oranlarıyla Basınç Dayanımları Arasındaki Değişimi Gösterir Grafik

Karışıma eklenen Limonit oranı arttıkça betonun basınç dayanımı azaldığı gözlemlenmiştir. Yine bu sonucu daha önceki PGH ve Yüzey Sertlik ölçümleri destekler niteliktedir. Ağır beton basınç dayanımları 60 ~ 75 Mpa arasında olması bu agreganın ağır beton üretiminde kullanılamayacağını göstermektedir.

2.6.6. Numunelerin Radyasyon Geçirgenliğinin Ölçülmesi

Radyasyonun zararlarına karşı önlem alabilmek için, malzemelerin radyasyon geçirgenliklerinin ölçülmesine ihtiyaç vardır. Malzemelerin radyasyon geçirgenlikleri ölçüldüğünde koruyucu olabilecek malzemeler ortaya çıkmakta ve radyoaktif maddelerden korunmada en etkili malzemenin hangisi olduğu belirlenebilmektedir.

Malzemelerin radyasyon geçirgenlikleri, bazı paket bilgisayar programlarıyla yaklaşık olarak tahmin edilebildiği gibi, kesin sonuçlar için çeşitli filtrelerden geçen farklı ışınların teşkil ettiği dozimetri cihazları kullanılmaktadır.

Bu cihazlarda kullanılan filtrelerin içinde kullanılan koruyuculardan bazılarının ve standart betonun lineer enerji katsayıları Tablo 2.18.'de verilmiştir [24].

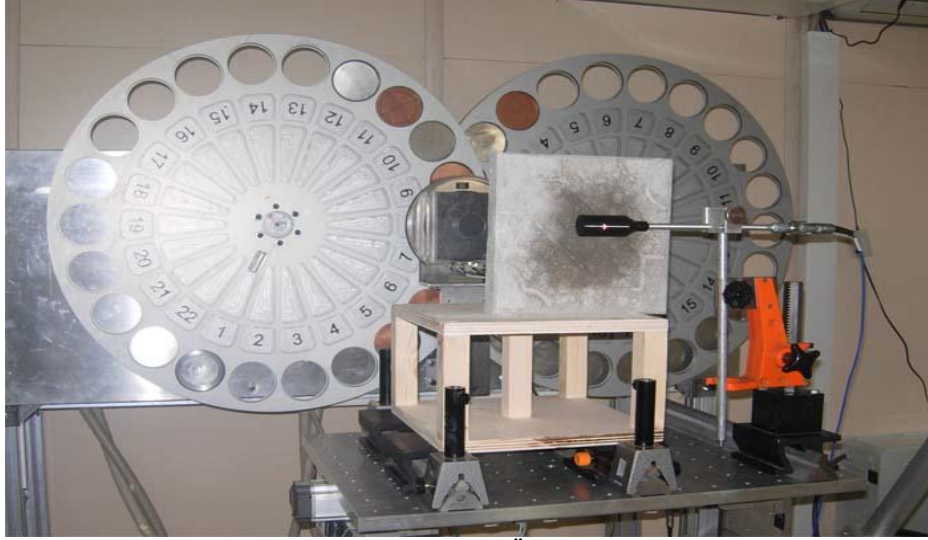
Tablo 2.18.Lineer Enerji Katsayıları, μ (1/cm)

Malzeme	Yoğunluk g/cm ³	Lineer Enerji Katsayıları, μ (1/cm)							
		Enerji (keV)							
		100	150	200	300	500	800	1000	1500
Al	2,7	0,435	0,362	0,324	0,278	0,227	0,185	0,166	0,135
Fe	7,9	2,72	1,445	1,09	0,838	0,655	0,525	0,47	0,383
Cu	8,9	3,8	1,83	1,309	0,96	0,73	0,581	0,52	0,424
Pb	11,3	59,7	20,8	10,13	4,02	1,64	0,945	0,771	0,579
Beton	2,35	0,397	0,326	0,291	0,251	0,204	0,166	0,149	0,122

Bu çalışmada kullanılan numunelerin radyasyon geçirgenlikleri Türkiye Atom Enstitüsü Kurumu'nda standart dozimetri cihazlarıyla ölçülmüştür. Her ışın türü için verilecek ışının yoğunluğuna göre bir filtre seçilmiştir. Bu filtre kaynaktan çıkan ışının ortalamanın dışında kalan yüksek ve en düşük enerjilerini yutar. Kalan enerji, önce filtreden, sonra numunenin içinden geçer. Geçen ışın miktarı numunenin önündeki dedektör tarafından okunur ve dozimetri cihazında sayısal değer olarak görülür.

Deneysel çalışmalar kapsamında X ışın kaynağında(117 keV, 164 keV) ve Co-60 ışın kaynağında yapılan okumaların sonuçları aşağıda çizelgeler halinde tablolarda ve grafiklerle verilmiştir.

Kısa dalga boylu ve yüksek enerjili X ışınlarının tıp alanında kullanımı günümüzde oldukça yaygındır. Kemoterapi sırasında hasta hücreleri öldürerek hastalığın yayılmasını önlediği gibi röntgen cihazlarında teşhis edici olarak da kullanılmaktadır. Şekil 2.22.'de X ışınları ölçüm cihazı ve Şekil 2.23.'de X ışınları dozimetri cihazları görülmektedir.



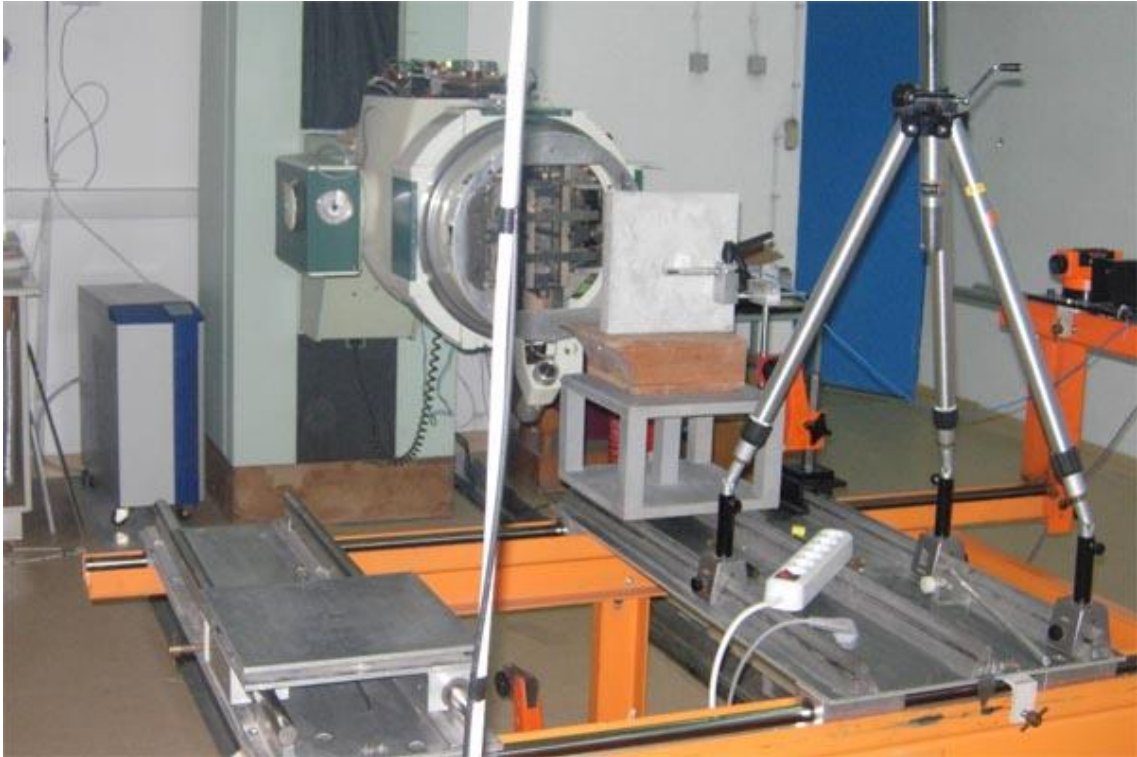
Şekil 2.22. X Işınları Ölçüm Cihazı



Şekil 2.23. X Işınları Dozimetri Cihazları

Co60 Işınlama İşlemi ve ^{60}Co 'tan elde edilen γ ışını ya da elektron hızlandırıcılarından elde edilen elektron demetlerinin endüstride de kullanım alanları

mevcuttur. İyonlaştırıcı ışınlar bazı elementlerin üretiminde ya da özelliklerini değiştirmekte kullanılır. En geniş kullanım alanı köpük, elektriksel yalıtkan ve ambalaj maddeleri yapımında kullanılan plastiklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek için zincir polimerlerde bağ koparma, yeniden bağ oluşturma ve çapraz bağlanmayı sağlamak için yapılan endüstriyel işlemdir. Ayrıca, ameliyat dikiş iplikleri, şırıngalar ve hastane giysileri gibi tıbbi araç ve gereçlerin sterilize edilmesinde ve şehir atık sularını arıtmak ve hastalık yapan mikropları (patojenleri) öldürmek içinde uygulanır. Son zamanlarda, konserveleme ve dondurmaya alternatif olarak, gıdaların ışınlanarak korunması önem kazanmıştır. Işınlanan madde bazı kimyasal değişiklikler olabilirse de, ışınlanan madde radyoaktif hale gelmez. Şekil 2.24.'de Cobalt ışınları ölçüm cihazı ve iyon odası görülmektedir.



Şekil 2.24. Cobalt ışınları ölçüm cihazı ve iyon

Tablo 2.19. Normal Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları
NORMAL BETON

Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0598	0,0185	2,53
2	0,0486	0,0168	2,43
4	0,0324	0,0139	2,27
6	0,0280	0,0108	2,07
8	0,0220	0,0087	1,96
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.20. % 20 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları
SİDERİT %20 BETON (S20)

Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0598	0,0185	2,53
2	0,0260	0,0096	2,15
4	0,0131	0,0054	1,84
6	0,0061	0,0030	1,49
8	0,0029	0,0016	1,19
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.21. % 40 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları
SİDERİT %40 BETON (S40)

Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0598	0,0185	2,53
2	0,0247	0,0098	2,15
4	0,0126	0,0053	1,77
6	0,0058	0,0028	1,44
8	0,0024	0,0014	1,14
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.22. % 60 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

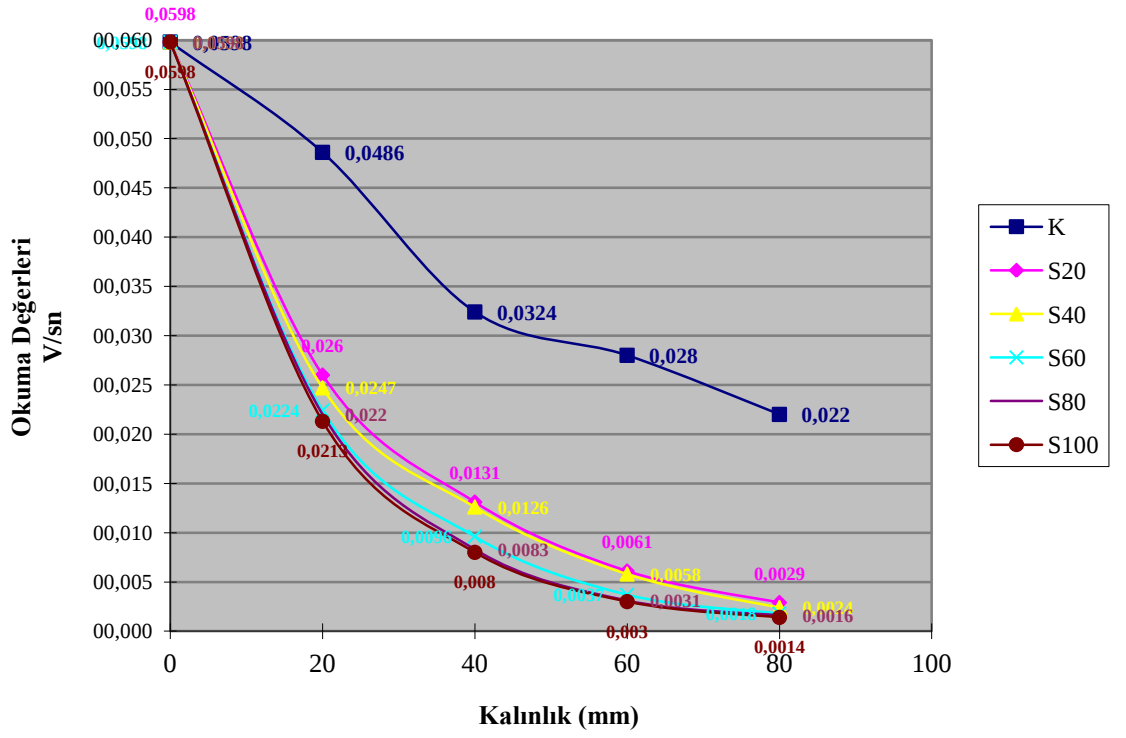
SİDERİT %60 BETON (S60)			
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0598	0,0185	2,53
2	0,0224	0,0095	2,14
4	0,0096	0,0046	1,76
6	0,0037	0,0024	1,39
8	0,0018	0,0013	1,04
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.23. % 80 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları
SİDERİT %80 BETON (S80)

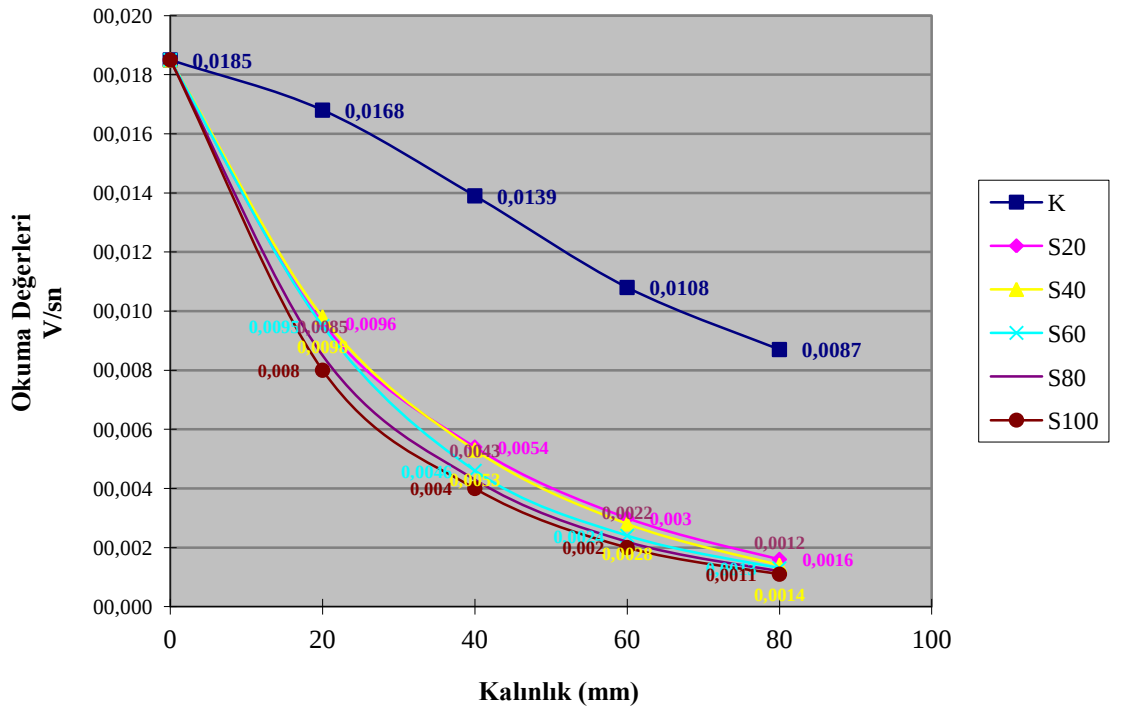
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0598	0,0185	2,53
2	0,0220	0,0085	2,13
4	0,0083	0,0043	1,72
6	0,0031	0,0022	1,32
8	0,0016	0,0011	1,02
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.24. % 100 Siderit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları
SİDERİT %100 BETON (S100)

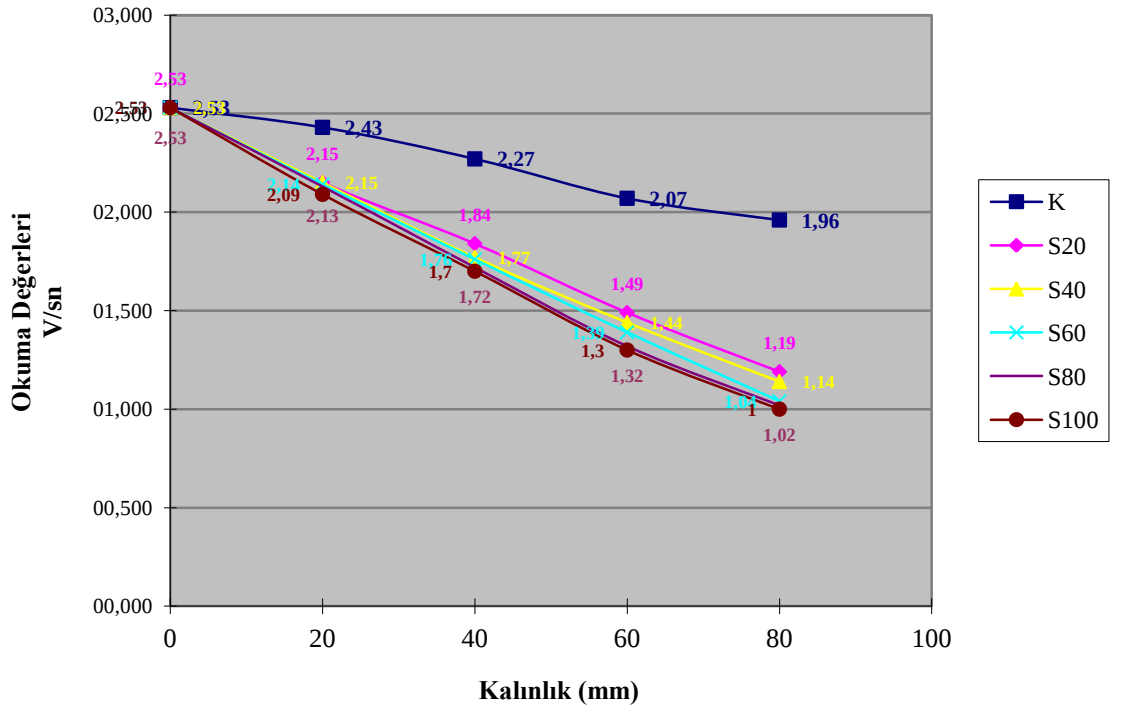
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0598	0,0185	2,53
2	0,0213	0,0080	2,09
4	0,0080	0,0040	1,70
6	0,0030	0,0020	1,30
8	0,0014	0,0011	1,00
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009



Şekil 2.25. Siderit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (117 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği



Şekil 2.26. Siderit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (164 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği



Şekil 2.27. Siderit Katkılı Betonların Kalınlıkla Co-60 (1250 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği

Lineer zayıflama katsayısı, 1 cm kalınlık için malzemenin ışın zayıflatma kabiliyeti olarak tanımlandığında, lineer zayıflama katsayısı yüksek olan malzemelerin radyasyon tutuculuğunun yüksek olduğu söylemek mümkündür.

Numunelerin lineer zayıflama katsayıları şu formülle bulunmuştur:

Lineer Zayıflama Değeri = (Dozimetrik Okuma Değeri -Boş Okuma Değeri) / Malzeme Kalınlığı

Buna göre grafikler incelendiğinde gerek X ışımlarında gerekse Co-60 ışımasında, karışımdaki siderit oranı arttıkça malzemenin geçirimsizliği de orantılı olarak artmaktadır. Yine aynı şekilde aynı oranda kullanılan S20, S40, S60, S80 ve S100 malzemelerinde de kendi aralarında kalınlığa bağlı olarak geçirimsizliğin azaldığını söyleyebiliriz.

Sonuç olarak Siderit Katkılı Betonları Radyoaktif ışımaya maruz her alanda zırhlama malzemesi olarak kullanabiliriz.

Tablo 2.25. Normal Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

NORMAL BETON			
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0598	0,0185	2,53
2	0,0486	0,0168	2,43
4	0,0324	0,0139	2,27
6	0,0280	0,0108	2,07
8	0,0220	0,0087	1,96
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.26. % 20 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

LİMONİT %20 BETON (L20)			
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0601	0,0179	2,53
2	0,0327	0,0112	2,28
4	0,0175	0,0062	1,88
6	0,0092	0,0037	1,65
8	0,0046	0,0021	1,31
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.27. % 40 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

LİMONİT %40 BETON (L40)			
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0601	0,0179	2,53
2	0,0320	0,0109	2,24
4	0,0166	0,0060	1,88
6	0,0088	0,0036	1,64
8	0,0041	0,0021	1,31
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.28. % 60 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları

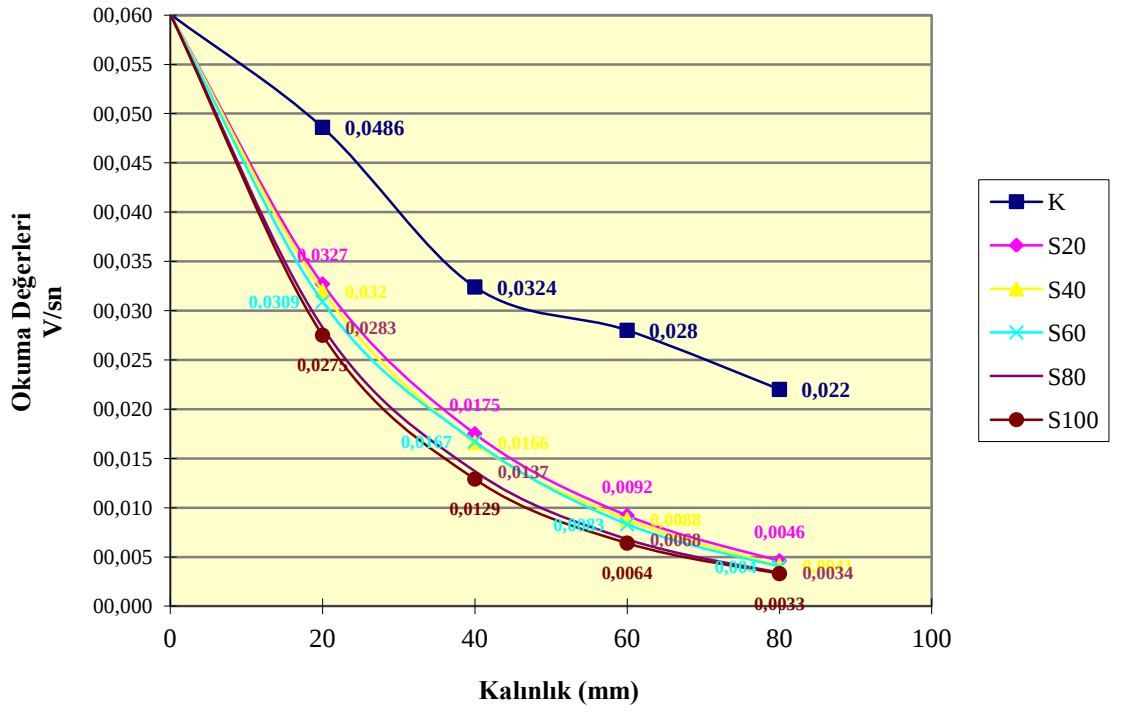
LİMONİT %60 BETON (L60)			
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0601	0,0179	2,53
2	0,0309	0,0108	2,22
4	0,0167	0,0060	1,86
6	0,0083	0,0036	1,60
8	0,0040	0,0020	1,31
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.29. % 80 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları
LİMONİT %80 BETON (L80)

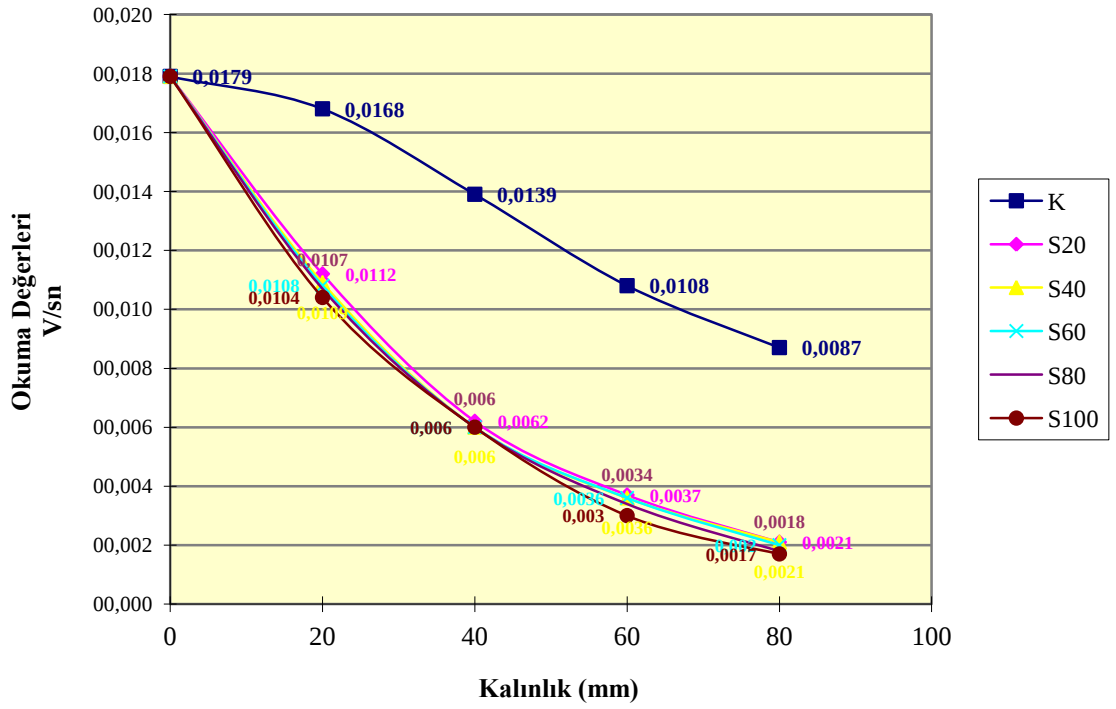
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0601	0,0179	2,53
2	0,0283	0,0107	2,18
4	0,0137	0,0060	1,85
6	0,0068	0,0034	1,58
8	0,0034	0,0018	1,28
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009

Tablo 2.30. % 100 Limonit Katkılı Betonun Radyasyon Geçirgenliği Ölçüm Sonuçları
LİMONİT %100 BETON (L100)

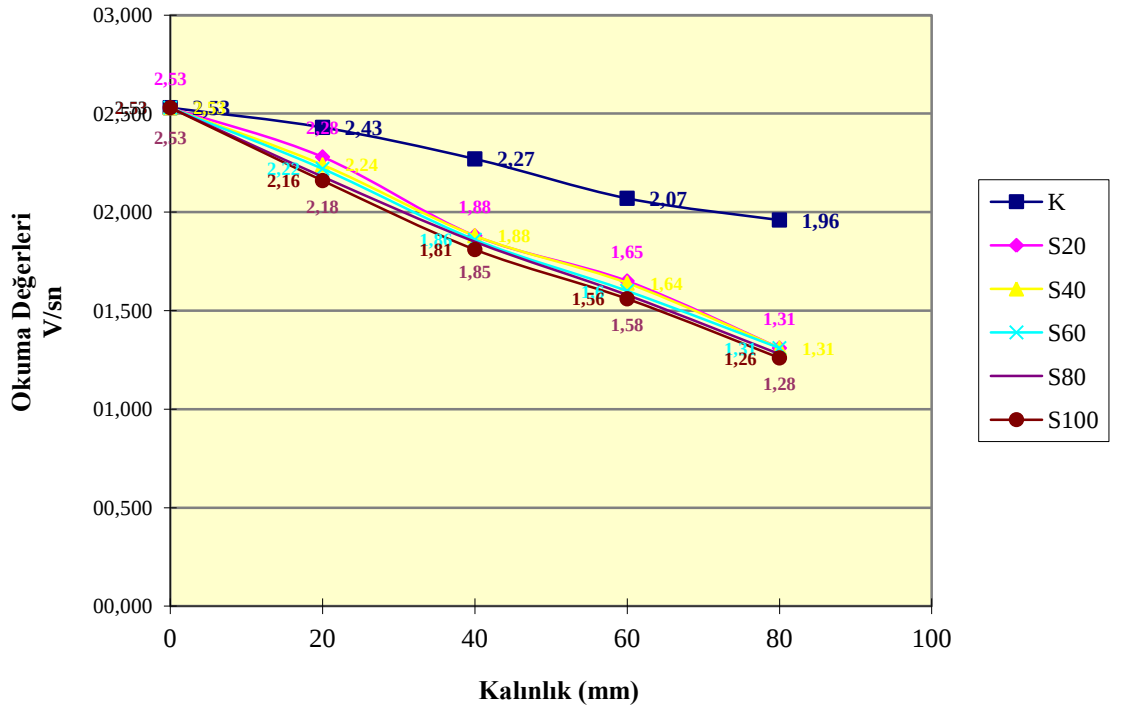
Malzeme Kalınlığı (cm)	X - IŞINI ENERJİLERİ		RADYO İZOTOPLAR
	150 kV (117 keV)	200 kV (164 keV)	Co-60 (1250 keV)
0	0,0601	0,0179	2,53
2	0,0275	0,0104	2,16
4	0,0129	0,0060	1,81
6	0,0064	0,0030	1,56
8	0,0033	0,0017	1,26
Lineer zayıflama katsayısı, μ (1/cm)	0,025	0,021	0,009



Şekil 2.28. Limonit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (117 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği



Şekil 2.29. Limonit Katkılı Betonların Kalınlıkla X ışını (164 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği



Şekil 2.30. Limonit Katkılı Betonların Kalınlıkla Co-60 (1250 keV) Ölçüm Değerleri Değişim Grafiği

Limonit katkılı betonun numunelerinde Limonit oranı karışımda arttıkça radyasyon geçirimsizliği de orantılı biçimde artma göstermiştir. %20, %40, %60, %80 ve %100 karışım serilerinin her birinde kalınlıkla geçirimsizliğin arttığı görülmüştür.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Günümüz coğrafyasında bizler radyasyon yayan çok sayıda enerji kaynağına ya doğrudan ya da dolaylı olarak maruz kalmaktayız. Endüstrileşmenin vazgeçilemez bir unsur olduğu günümüzde enerji ihtiyaçlarının karşılanması için nükleer santrallerin kullanımının artması ve savunma sanayinde kullanılmak üzere radyoaktif ışımaları geçirmeyen binaların yapılması gerekmektedir. bazı radyoaktif ışınlar hücrenin genetik materyali olan DNA'yı parçalayabilecek kapasitede enerji taşımaktadır. DNA'nın zarar görmesi ise hücreleri öldürmekte ve canlı dokulara zarar vermektedir. DNA'da çok az bir zedelenme, kansere yol açabilecek kalıcı değişikliklere sebep olur. Bu sebeplerle insan vücudunun bu zararlı ışınlardan korunması gerekir. Radyasyon dediğimiz bu ışınlardan korunmak, radyasyon yayan kaynak ile radyasyona maruz kalan canlı arasına bir koruma kalkanı oluşturmakla mümkündür.

Bu çalışmada, günümüzde yapı içerisinde en fazla kullanılan malzemelerden biri olan betonun içerisine farklı dozlarda Siderit ve Limonit madeni agregası katılarak koruyucu bir beton oluşturulmuştur. Yoğunluğu yüksek, dolayısıyla radyasyon geçirgenliği düşük olan agregaların ilavesiyle oluşturulan ağır betonun, koruma kalkanı olarak kullanımının sonuçları fiziksel, mekaniksel ve radyasyon deneyleri ile araştırılmıştır.

Elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir;

1. Siderit ve Limonit agregalarının kullanılarak üretilen betonun, normal dere yatağı agregası kullanılarak yapılan oranla birim ağırlıklarının ve özgül ağırlığının daha fazla çıktığı gözlemlenmiştir. Siderit ve Limonitin kimyasal analizindeki demir oranının fazla oluşu ve yapılan agrega fiziksel deneylerinde özgül ağırlıklarının fazla olması beton birim ağırlıklarının da fazla olmasını destekler niteliktedir.

2. Yine yaptığımız agrega fiziksel deneylerinde su emme yüzdelerinde Siderit madeninin hem normal agregaya hem de Limonit madenine göre daha az bir yüzdeye sahip olduğu gözlenmiştir. Sideritin yoğunluğunun fazla olması su emme kabiliyetinin az olacağının göstergesidir. Limonit madeni agregasında ise bu sonucun aksine, yoğunluğunun fazla olmasına rağmen su emme yüzdesi düşük çıkmıştır.

3. Numunelerin mekanik özelliklerinden Utrases PGH ölçümleri yapıldığında Siderit katkılı beton numunelerinde siderit oranı arttıkça okuma değerlerinin azaldığı,

gözlemlenmiştir. Okuma değerlerinin az olması ultrasonik ses dalgası yayılma hızının fazla olacağı anlamını taşımaktadır. Bu da mazemenin boşluksuz yüksek mukavemetli malzeme olduğu anlamına gelmektedir. Limonit Katkılı numulere ise karışımdaki Limonit oranı arttıkça okunan değerin arttığı gözlemlenmiştir. Yayılma hızı ile okuma değeri arasında ters orantı olduğu bilindiğine göre Limonit katkılı beton boşluklu ve düşük mukavemetli olacağı aşıkardır.

4. Yüzey sertliklerini incelediğimizde sertlik değeri ile basınç dayanımlarının doğru orantılı olduğunu söyleyebiliriz. Bulguları incelediğimizde numulere Siderit oranı arttıkça sertlik ve dolayısıyla basınç dayanımı artmıştır. Limonit oranı arttığında ise tam aksine sertlik oranı düşük çıkmış ve basınç dayanımı düşmüştür. Numunelerin yüzey sertlikleri ve basınç dayanımları grafikleri karşılaştırıldığında söylenildiği şekilde grafikler oluştuğu görülmüştür. Bu da yüzey sertliği deneyinin sonuçları ile, numunelerin basınç dayanımı hakkında yaklaşık bir öngörü oluşturulabileceğini, her iki deney sonucunun kendi içinde tutarlı olduğunu göstermiştir.

5. Eğilmede çekme dayanımlarına bakıldığında siderit oranının artmasıyla numunenin kırılma değerinin de arttığı gözlemlenmiştir. Yani siderit oranı arttıkça çekme bölgesinde kırış daha fazla yük taşımıştır. Bir diğer deyimle siderit ne kadar fazlaysa birim alanın taşıyacağı yük de o kadar fazla olur anlamını çıkarmak mümkündür. Limonitte yine bu söylemlerin aksine karışımda oranı arttıkça çekme bölgesinde kırışın taşıyacağı yük miktarı azalmaktadır. Bu sebeple Limonit katkılı betonların çekme gerilme değerleri düşüktür kanısına varılabilir.

6. Basınç dayanımları incelendiğinde Siderit oranının artması ile basınç dayanımlarının arttığı gözlemlenmiştir. Bu artışın olacağı PGH ve Schmidt çekici deneyleri neticesinde de öngörülmüştür. Bu sonuçlar deneylerin tutarlılığını göstermektedir. Siderit katkılı betonlar en yüksek basınç dayanımlarını %80 oranında yakalamış ve %100 katkıda bu değer düşmüştür. Bunun sebebini tamamı ağır agregadan oluşan mazemenin ince malzeme eksiği ile segragasyon oluşmasıdır. Limonit katkılı beton numulere ise önceki deneyleri tasdikler bir şekilde Limonit oranı arttıkça basınç dayanımlarının düştüğü gözlemlenmiştir.

7. X ışını Enerjileri (117 keV ve 164keV) ışımaları altında Radyasyon geçirimsizliğine bakıldığında Siderit katkılı beton numunelerinin, Normal Agregalı Beton numunelerinin 8 cm kalınlıkta kazındıkları geçirimsizliği %20 Karışım oranı ve 2 cm kalınlıkta kazandığı gözlemlenmiştir. Karışımdaki oran arttıkça geçirimsizlik de aynı

nispette artmaktadır.

Limonit agregasının basınç dayanımlarının ve çekme gerilme değerlerinin düşük olmasına rağmen karışımındaki Limonit oranı artıkça geçirimsizliği de arttığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin de bünyesindeki yoğun demiroksit bileşeninden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bu veriler çerçevesinde Limonitin gözlemlenen basınç dayanım ve çekme değerleri ile yüksek dayanımlı beton üretiminde kullanılamayacağı fakat zırhlama malzemesi olarak kullanılabileceği görülmüştür.

8. Radyo İzotopu ışımlarında (Co-60 1250 keV) Siderit ve Limonit katkılı beton numunelerinin kalınlıklarının artmasıyla geçirimsizliklerinin de arttığı görülmüştür. Bu ışımların yüksek enerjili ışımlar olması sebebiyle sonuçlar birbirine yakın seyretmektedir.

Sonuç olarak Siderit agregasıyla farklı oranlarda üretilen betonlarda yapılan deneyler bize göstermektedir ki Siderit agregası ile üretilen betonları yüksek dayanım istenen; istinat duvarları, baraj dolguları, köprü ayakları gibi yapılarda kullanabileceğimiz gibi radyoaktif madde kullanılan ve nükleer ışımaya maruz yapılarda hem taşıyıcı sistem hem de zırhlama malzemesi olarak ta kullanılabilir.

Limonit agregası kullanılarak üretilcek betonları ise düşük çekme ve dayanım değerleri sebebiyle yüksek mukavemet istenen yapılarda kullanılmamalı fakat radyasyon geçirimsizlik değerlerinin düşük olması sebebiyle hastanelerin röntgen odalarında, sığınaklarda, nükleer santrallerde zırhlama malzemesi olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. TS EN 802, Beton Karışım Hesap Esasları, Türk Standartları Enstitüsü, Ocak 1985
2. Shapiro J., Radiation Protection, Harward Univercity Press, Cambridge, 1972
3. Şimşek, O., 2000, Yapı Malzeme II, Ank. Üniv. Basımevi, Ankara.
4. http://www.cevreorman.gov.tr/radyasyon_00.htm
5. İlker Bekir Topçu, Science direct, Cement and Concrete Research 33 (2003) 815-822
6. http://www.taek.gov.tr/bilgi/radyasyon/biyo_etkiler/biyo_etkiler.html
7. Berber H., Radyoaktivite, Anadolu Üniversitesi, Ünite 19, 463s
8. Durmuş, A., Gürsoy, Y., 2000, Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Ağır Agregalarından Biriyle Üretilen Ağır Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Hazır Beton Sektörü Yayın Organı, sayı 39.
9. Gürsoy, Y., 1997, Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Ağır Agregalarından Biriyle Üretilen Ağır Betonun Geleneksel Bir Betonla Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
10. Postacıoğlu, B., 1987, Beton, cilt 2, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
11. Özturan, T., 1991, Yüksek Mukavemetli Beton Üretiminde Mineral Katkı Maddelerinin Etkinliği, II. Ulusal Beton Kongresi, s: 280-293, İstanbul.
12. ASTM C 597, Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete, ASTM, U.S.A., 1998
13. www.betonsa.com
14. Arıoğlu, E., Arıoğlu, N., Yılmaz, A.,O., Çözümlü Beton Agregaları Problemleri, Evrim Yayınevi, İstanbul, 1999
15. Baradan, B., 1996, Yapı Malzemesi II, D.E.Ü. Müh. Fak. Yay., No:207.
16. TS 3529, 1980, Beton Birim Agregalarının Birim Ağırlıklarının Tayini, I Baskı, Ankara.
17. Durmuş, A., Gürsoy, Y., Ayvaz, Y., 1996, İnşaat Mühendisliğinde Ağır Betonlar, İMO Mühendislik Bülteni, sayı 49.
18. Bayazıt, Ö. L., 1998, Beton ve Deneyleri, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, DSİ Genel Müd. DSİ Matbaası, Ankara.

19. Herman CEMBER, Introduction to Health Physics, Second Edition, McGRAW-HILL, INC. Health Professions Division, 1992
20. Ergün, A., 1988, Zemin Taşõma Gücünün Sismik Yöntemlerle Saptanmasõ, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
21. Erdoğan, T.Y., “Beton”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş., Ankara, Mayıs 2003
22. TS 3260, Beton yüzey sertliği yolu ile yaklaşık beton dayanımının tayini kuralı, Ankara, 1978
23. TS 3285, Betonun Eğilmede Çekme Dayanımı Tayini Deneyi (Orta Noktasından Yüklenmiş Basit Kiriş Metodu ile) Ankara, 1979

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Elazığ'da doğdu. İlk orta ve lise eğitimini Elazığ'da tamamladıktan sonra 1997 yılında Fırat Üniversitesi Yapı Eğitimi bölümünde Lisans eğitimin tamamladı. Mezuniyetinin ardından 6 yıl özel sektörde yönetici pozisyonunda çalıştı. 2008 yılında Tunceli Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak göreve başladı. 2009-2011 yılları arasında Tunceli Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı görevinde bulundu. Halen Tunceli Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksekokulunda Müdür Yardımcılığı ve İnşaat Bölüm Başkanlığını yürütmektedir.