

**AĞIR BETONLARDA BARİT
AGREGASININ KULLANIMI VE BETON
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşegül COŞKUN

DANIŞMAN

Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2010

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**AĞIR BETONLARDA BARİT AGREGASININ KULLANIMI VE BETON
ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ayşegül COŞKUN

DANIŞMAN
Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA

YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2010

ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA danışmanlığında, Ayşegül COŞKUN
tarafından hazırlanan Ağır Betonlarda Barit Agregasının Kullanımı ve Beton
Özelliklerinin Araştırılması

başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri
uyarınca

...../...../200....

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Yapı Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek lisans tezi olarak oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı, SOYADI	İmza
Başkan	Yrd.Doç.Dr.Serhat BAŞPINAR	
Üye	Doç.Dr.Yılmaz İÇAĞA	
Üye	Yrd.Doç.Dr.Osman ÜNAL	

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetin Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doc.Dr.Rıdvan ÜNAL
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
RESİMLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1 Beton ve Özellikleri	2
2.2 Beton Bileşenleri	2
2.2.1 Çimento	3
2.2.2 Agregası	3
2.2.3 Beton Karma Suyu	4
2.2.4 Katkıları	4
2.2.4.1 Kimyasal Katkıları	5
2.2.4.2 Mineral Katkıları	5
2.3 Radyasyon	6
2.3.1 Radyasyonun Soğurulması	7
2.3.2 Radyasyon Ölçüm Sistemleri	8
2.3.2.1 İyon Odası Dedektörü	9
2.3.2.2 Geiger-Müller Dedektörü	9
2.3.2.3 Orantılı Sayaçlar	10
2.3.2.4 Siniltilyasyon Dedektörleri (Pırıldama)	10
2.3.2.5 Yarı İletken Dedektörler	11
2.3.2.6 Nötron Dedektörleri	12
2.3.3 Radyasyonun Canlılar Üzerine Etkisi	12
2.4 Ağır Betonların Özellikleri ve Normal Betonla Farkları	14
2.4.1 Ağır Beton Agregaları	16

3. MATERYAL VE METOT	20
3.1 Kullanılan Malzeme ve Özellikleri	20
3.2 Yapılan Deneyler ve Sonuçları	25
3.2.1 Çökme Miktarı Tayini Deneyi	26
3.2.2 Schmidt Çekici İle Sertlik Tayini Deneyi	27
3.2.3 Ultrases Geçiş Hızlarını Tayini Deneyi	28
3.2.4 Su Emme Miktarlarının Tayini Deneyi	28
3.2.5 Birim Ağırlıkların Tayini Deneyi	30
3.2.6 Basınç Dayanımlarının Tayini Deneyi	30
3.2.7 Radyasyon Geçirgenlik Katsayısının Tayini Deneyi	31
4. BULGULAR	37
4.1 Barit Agregalı Betonların Fiziksel Özellikleri	37
4.2 Barit Agregalı Betonların Mekanik Özellikleri	37
4.3 Barit Agregalı Betonların Radyasyon Geçirgenlik Özellikleri	38
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
6. KAYNAKLAR	49
7. ÖZGEÇMİŞ	52

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

AĞIR BETONLARDA BARİT AGREGASININ KULLANIMI VE BETON ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ayşegül COŞKUN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Yılmaz İÇAĞA

Bu çalışmada ağır betonlarda barit agregası kullanılarak üretilen betonların özellikleri ve betonun radyasyon zırhlanmasındaki etkisi incelenmiştir.

Beton elamanlarda radyasyonun etkileri ve radyasyon zırhlanması önemli konulardandır. Bu amaçla genellikle radyasyona maruz kalan yerlerde ağır betonların kullanılması ile betonların soğurma özellikleri iyileştirilebilmektedir. Bu amaçla üretilen ağır beton karışımlarında ağır agrega olarak barit agregası seçilerek farklı tane boyutlarında karışıma katılmıştır. Karışımlarda tane boyutu 5-22mm. grubu sabit tutularak 0-5 mm ve taşunu miktarları değiştirilmiştir. Su/çimento oranı 0.46 ve 0.50 olarak belirlenen karışımlarda çimento miktarı 270 kg/m³ seçilmiştir. Betonların yüksek işlenebilirliğini sağlamak amacıyla da %1.5 oranında yeni nesil süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlarından başta radyasyon soğurma katsayısı tespiti olmak üzere slump, ultrases hızı, schmidt çekici, basınç dayanımları, su emme ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır.

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre iki farklı su/çimento oranlarında üretilen numunelerde taşunu miktarının azalmasıyla karışımların yoğunluklarında artış eğilimi görülmüştür. Ayrıca boşluk miktarlarındaki azalmalarında betonun soğurma miktarlarını arttırdığı görülmüştür. Bunun yanında barit kullanılarak istenilen basınç dayanımları da sağlanmıştır.

2010, 52 Sayfa

Anahtar kelimeler: Agregası, Ağır Beton, Barit, Radyasyon Zırhlanması

ABSTRACT

GRADUATE

USE OF BARITE AGGREGATE IN HEAVY-WEIGHT CONCRETE AND

STUDY OF CONCRETE PROPERTIES

Ayşegül COŞKUN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Construction Education Department

Supervisor: Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA

In this study, the properties of the concrete manufactured by the use of barite aggregate in heavy-weight concrete and the effect of the concrete on the radiation screening have been studied.

Effects of radiation and radiation screening are important issues in concrete components. For this purpose, absorption properties of concrete may be generally improved by the use of heavy-weight concrete in places exposed to radiation. Barite aggregate has been chosen as heavy aggregate in the heavy-weight concrete mixes manufactured for this purpose and added to the mix in different particle sizes. Particle size in the mixes has been kept fixed in the 5-22mm group, and the quantities of 0-5mm and rock flour have been changed. In the mixes in which the water-cement ratio has been fixed to be 0.46 and 0.50, the cement quantity has been chosen as 270 kg/m³. In order to ensure high workability of the concrete, new generation super plasticiser has been used at a rate of 1.5 percent. On the mixes so prepared, such tests as slump, ultrasound rate, Schmidt hammer, pressure strengths, water absorption and unit weight as well as radiation absorption have been performed.

According to the results of the tests, an increasing trend has been observed in the densities of the mixes with the reduction of rock flour in the samples manufactured at two different water-cement ratio. Moreover, it has been observed that the concrete increases its absorption amounts when the amount of voids reduces. Besides, the desired pressure strengths have been provided by the use of barite.

2010, 52 Sayfa

Keywords: Aggregate, Barite, Heavy-Weight Concrete, Radiation Screening.

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince ilgisini ve desteğini esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren değerli hocalarım Doç. Dr. Yılmaz İÇAĞA ve Yrd. Doç. Dr. Osman ÜNAL'a teşekkür ederim. Çalışmalarda desteğini esirgemeyen Ege Onkoloji çalışanlarına, ayrıca sevgili eşim ve aileme en içten duygularımla teşekkür ederim.

Ayşegül COŞKUN

Afyonkarahisar, 2010

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

BaSO ₄	Barit
Fe ₃ O ₄	Magnetit
2Fe ₃ O ₃ H ₂ O	Limonit
α, β, γ, x	Alfa, Beta, Gama ve x ışın parçaları
B	Bor atomu simgesi
I	Radyasyon şiddeti
X	Soğurucunun kalınlığı
μ	Lineer soğurma katsayısı
σ	Compton soğurma katsayısı
K	Çift oluşum soğurma katsayısı
ρ	Yoğunluk
C/kg.sn	Coulomb/kilogram.saniye
R/h	Röntgen/saat
Sv/h	Sievert/saat
ZnS	Çinkoblendi

2. Kısaltmalar

S/Ç	Su /Çimento oranı
C-S-H	Calsiyum-Silikat-Hidrat
Rem	Doz eşdeğer birimi
Mpa	Mega paskal

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa No
Şekil 2.1	X ve gama (γ) ışınlarının soğurulmaları	7
Şekil 4.1.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların çökme miktarı – soğurma katsayısı ilişkisi	40
Şekil 4.1.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların çökme miktarı -soğurma katsayısı ilişkisi	40
Şekil 4.2.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – teorik b.a. ilişkisi	41
Şekil 4.2.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – teorik b.a. ilişkisi	41
Şekil 4.3.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – basınç dayanımı ilişkisi	42
Şekil 4.3.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – basınç dayanımı ilişkisi	42
Şekil 4.4.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – soğurma katsayısı ilişkisi	42
Şekil 4.4.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – soğurma katsayısı ilişkisi	42
Şekil 4.5.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların birim ağırlık – soğurma katsayısı ilişkisi	43
Şekil 4.5.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların birim ağırlık -soğurma katsayısı ilişkisi	43
Şekil 4.6.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların ultrases hızı – soğurma katsayısı ilişkisi	44
Şekil 4.6.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların ultrases hızı -soğurma katsayısı ilişkisi	44
Şekil 4.7.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların basınç dayanımı - soğurma katsayısı ilişkisi	44
Şekil 4.7.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların basınç dayanımı - soğurma katsayısı ilişkisi	44

Şekil 4.8.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların taşunun mik. – soğurma katsayısı ilişkisi	45
Şekil 4.8.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların taşunu mik. - soğurma katsayısı ilişkisi	45
Şekil 4.9.a	0,50 S/Ç oranına sahip karışımların 0-5 mik. – soğurma katsayısı ilişkisi	45
Şekil 4.9.b	0,46 S/Ç oranına sahip karışımların 0-5 mik. - soğurma katsayısı ilişkisi	45
Şekil 4.10	S/Ç oranı değişimi ile soğurma katsayısı değişimi	46

RESİMLER DİZİNİ

		Sayfa No
Resim 2.1	Radyasyon çeşitlerine göre zırhlanma	7
Resim 2.2	İyon odası	9
Resim 2.3	Geiger-Müller dedektörü	9
Resim 2.4	Siniltilasyon dedektörleri	11
Resim 2.5	Yarı iletken dedektörler	11
Resim 2.6	Barit madeni	17
Resim 3.1	Kullanılan barit agregaları	20
Resim 3.2	Kullanılan beton mikseri	26
Resim 3.3	Çökme miktarının belirlenmesi	26
Resim 3.4	Hazırlana küp numuneler	27
Resim 3.5	Schmidt çekici ve deneyin yapılışı	27
Resim 3.6	Ultrases aleti	28
Resim 3.7	Su emme deneyin yapılışı	29
Resim 3.8	Beton test presi ve beton numunesi	30
Resim 3.9	Basınç deneyine tabi tutulmuş numune	31
Resim 3.10	Lineer hızlandırıcı	31
Resim 3.11	Kalibrasyon için kullanılan su fantomu	32
Resim 3.12	İyon odası	32
Resim 3.13	Ölçüm için kullanılan katı su fantomu	33
Resim 3.14	İlk radyasyon miktarı	33
Resim 3.15	Numunelerin ölçüm için yerleştirilmeleri	34
Resim 3.16	Numunelerin merkezlenmesi	34
Resim 3.17	Elektrometre cihazında numunelerin ölçüm sonuçları	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa No
Çizelge 2.1	Türkiye barit rezervi (2000 öncesi)	18
Çizelge 3.1	Barit agregasının kimyasal özellikleri.	20
Çizelge 3.2	Barit agregasının fiziksel özellikleri	21
Çizelge 3.3	Barit agregasının teknik özellikleri	21
Çizelge 3.4	Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri	22
Çizelge 3.5	Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri	22
Çizelge 3.6	Kullanılan suyun kimyasal özellikleri	23
Çizelge 3.7	Kullanılan kimyasal katkının kimyasal özellikleri	23
Çizelge 3.8	Kullanılan barit agregası elek analizi	24
Çizelge 3.9	Karışım oranları ve karışım granülometrisi	24
Çizelge 3.10	Karışımlarda kullanılan malzeme miktarları	25
Çizelge 4.1	Üretilen betonların çökme, birim ağırlık ve su emme deney sonuçları	37
Çizelge 4.2	Üretilen numunelerin ultrases hızları, schmidt sertlikleri, basınç dayanımları sonuçları	38
Çizelge 4.3	Numunelerin radyasyon soğurmaları sonunda ölçülen radyasyon miktarları	38
Çizelge 4.4	Numunelerin doğrusal soğurma katsayıları	39
Çizelge 4.5	Numunelerin kütleli soğurma katsayıları	40

1. GİRİŞ

Ağır betonlar, üretim prosesleri olarak normal betonlarla pek farklılık göstermez. Ağır beton üretiminde genellikle barit (BaSO_4), magnetit (Fe_3O_4), limonit ($2\text{Fe}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$) gibi demir cevherleri olan agregalar ya da sanayi atıkları olan demir ve kurşun parçacıkları gibi yapay agregalar kullanılmaktadır.

Doğal veya yapay ağır agrega kullanılarak üretilen bu betonların teknik özellikleri incelendiğinde; birim hacim kütleleri 2600 kg/m^3 - 4000 kg/m^3 arasında olan betonların özgül kütleleri 7400 kg/m^3 - 7700 kg/m^3 arasında değişirken, demir parçacıkları ya da yukarıda adı geçen ağır agregalar kullanılarak üretilen betonların birim hacim kütleleri 6500 kg/m^3 've özgül kütleleri 11300 kg/m^3 iken kurşun parçacıkları ile üretilen betonların birim hacim kütleleri 8000 kg/m^3 - 9000 kg/m^3 'e kadar çıkabilmektedir. Ağır betonların geleneksel betonlardan en önemli farkı birim hacim kütlelerinin, ağır agrega içerdiklerinden dolayı, geleneksel betonlara göre daha büyük olmasıdır (Durmuş ve Gürsoy 2000).

Bu konuda yapılan çalışma, radyasyon zırhlanması için barit agregalı ağır beton kullanılabilirliğinin incelemesi ve hazırlanan baritli betonun üretim şartlarının iyileştirilmesi açısından önem kazanmaktadır.

Deneysel olarak yürütülecek olan bu çalışmada barit agregalı beton karışımlarının çeşitli fiziksel özellikleri incelenerek teorik olarak hesaplanan ve hedeflenen en iyi radyasyon zırhlanmasına ve işlenebilirliğe sahip karışımın elde edilebilmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaç kapsamında öncelikle ağır agregalar ve ağır betonlar ile ilgili literatür araştırması yapılarak karışımlarda kullanılacak barit agregasının özellikleri incelenecektir. Literatür araştırması ve ön deneme çalışmaları sonucuna göre karışımlarda kullanılacak barit agregasının granülometrik dağılımı ve karışımdaki oranları belirlenecektir. Belirlenen oranlar esas alınarak farklı su/çimento oranlarına göre ağır beton numuneleri üretilerek betonun soğurma özelliğinin belirlenmesi için deneyler yapılacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Beton Ve Özellikleri

Dünyanın bütün gelişmiş ülkelerinde, en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesi olan beton, çimento, su, agrega, kimyasal ve/veya mineral katkı maddelerinin uygun ve gerekli oranlarda homojen bir şekilde karıştırılmalarıyla oluşan, taze haldeyken plastik kıvamda olup şekil verilebilen ve zamanla sertleşerek yüksek basınç dayanımı kazanan bir malzemedir. Dayanım özelliğini çimentonun hidratasyonu sonucunda kazanan ve kompozit bir yapıya sahip olan betonu, günümüzde çok yaygın kullanılan bir yapı malzemesidir.(Yılmaz 1988).

Betonu diğer yapı malzemelerinden daha elverişli kılan avantajlarını sıralarsak:

- Taze betonun plastik özelliği nedeniyle, istenilen şekil ve boyutlardaki beton elemanlar kolayca üretilebilmektedir.
- Sertleşmiş beton elemanlar yapıdaki yerinde üretilebildiği gibi, bir fabrikada da önceden üretilebilmektedir.
- Beton yerleştirme yöntemlerinde çeşitlilik ve kolaylık bulunmaktadır.
- Sertleşmiş beton oldukça yüksek basınç dayanımına sahiptir.
- Sertleşmiş beton, hizmet gördüğü süre boyunca, çevrede oluşan yıpratıcı etkilere karşı diğer yapı malzemelerinin çoğundan daha dayanıklıdır.
- Beton çelik donatılarla çok iyi aderans gösterebilecek kapasitede özelliğe sahiptir.
- Beton diğer yapı malzemelerine göre ekonomiktir.
- Beton estetik amaçlarla kullanılmaya uygun özellikte bir malzemedir (Erdoğan 2007)

2.2 Beton Bileşenleri

Betonu oluşturan hammaddeler çimento, su, ince agrega, iri agrega ve gerektiğinde kimyasal ve/veya mineral katkılarıdır. Bu hammaddelerden çimento + su (gerektiğinde kimyasal ve/veya mineral katkıları) çimento hamuru; ince ve iri agrega ise agrega bileşeni olmak üzere betonun iki bileşenini oluştururlar (Coşkun 2004).

Hammaddelerin karıştırılmasından sonra oluşan çimento hamuru, zamanla katılaşır ve agrega tanelerini birbirlerine yapıştırarak betonun dayanım kazanmasını sağlar. Dolayısıyla bir betonun dayanımı;

- Çimento hamurunun dayanımına,
- Agrega tanelerinin dayanımına,
- Çimento hamurunun agrega tanelerini birbirlerine yapıştırmasının gücüne, yani aderansa bağlıdır (Coşkun 2004).

2.2.1 Çimento

Portland çimento klinkeri, esas olarak kalker ve kilin uygun oranlarda karıştırılması ve döner fırında yüksek sıcaklıkta sinterleşmeye kadar kızdırılmasıyla elde edilmektedir. Portland çimentosu, klinkerin % 3–5 oranlarında alçı taşı ile birlikte öğütülmesiyle oluşan hidrolik bir bağlayıcıdır. Klinker ve alçı taşı dışında üretilecek çimentonun tipine bağlı olarak tras, uçucu kül, yüksek fırın cürufu v.b. gibi katkıların ilave edilmesi sonucunda katkılı çimentolar üretilir(Coşkun 2004).

Beton karışımlarında hacimsel olarak agregalardan sonra kullanılan betonun en önemli hammaddesi çimentodur. Çimentoların farklı türlerde üretilmelerinin amacı; yapı veya yapı elemanının özelliklerine, betonların üretildiği mevsimdeki iklimsel durumları ile üretim koşullarına uygun ve yapının maruz kalabileceği zararlı etkilere karşı direnç gösterebilecek farklı kimyasal özellikleriyle kullanıcıya doğru kullanım için seçenek ve olanak sağlamaktır (Coşkun 2004).

2.2.2 Agrega

Betonun mutlak hacminin yaklaşık % 75ini oluşturan agrega, mineral kökenli ve 100 mm'ye kadar çeşitli tane büyüklüklerindeki kırılmamış ve/veya kırılmış tanelerin yığındır. Agregalar kaynaklarına göre, doğal ve yapay olmak üzere iki, özgül ağırlık veya birim ağırlıklarına göre normal, hafif ve ağır ağırlıklı olmak üzere üç, tane büyüklüklerine göre ise ince ve iri olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar.

Doğal agregâ, taş ocaklarından, nehirlerden, denizlerden, teraslardan ve göllerden elde edilen kırılmış veya kırılmamış yoğun yapılı agregâdır. Yapay agregâ ise yüksek fırın cürufu gibi sanayi ürünü olan kırılmış veya kırılmamış agregâlardır.

Tane büyüklüğü 4 mm'den küçük olan agregâlar 'ince agregâ', tane büyüklüğü 4 mm'den büyük olan agregâlar ise "iri agregâ" olarak tanımlanır.

Normal ağırlıklı agregâ; yoğunluğu 2000 ile 2600 kg/m³ arasında, hafif agregâ; yoğunluğu 2000 kg/m³'den küçük, ağır agregâ ise; yoğunluğu 2600 kg/m³ den büyük olan agregâlar şeklinde tanımlanır (Coşkun 2004).

2.2.3 Beton Karma Suyu

Beton karma suyu, betonda işlenebilirliği ve çimento hidratasyonunu sağlamak için kullanılan çok hassas ve önemli bir hammaddedir. Hassas ve önemli olmasının nedeni, su miktarının, taze ve sertleşmiş betonun tüm özelliklerini etkileyebilmesidir (Coşkun 2004).

2.2.4 Katkılar

Katkılar, betonun taze ve sertleşmiş haldeki özelliklerini istenen düzeyde değiştirmek, geliştirmek için kullanılan maddelerdir.

Katkılar, beton üretilmesinden önce tasarı aşamasında düşünülmeli ve laboratuarlarda ön deneyler yapılarak istenen özelliği sağladığından emin olunduktan sonra kullanılmalıdır. Katkılar, betonun birden fazla özelliğini etkileyebileceğinden yan etkileri de olabileceği unutulmamalıdır.

Betonda kullanılan katkılar, kimyasal ve mineral katkılar olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (Coşkun 2004).

2.2.4.1 Kimyasal Katkılar

Kimyasal katkıları, kullanım amaçlarına göre aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler;

— Priz Hızlandırıcılar

— Priz Geciktiriciler

— Karışım Suyunu Azaltıcı Katkılar (Akışkanlaştırıcılar)

— Hava Sürükleyici Katkılar

— Dondan Koruyucu Katkılar

— Su Geçirimsizlik Katkıları

Beton kimyasal katkıları artık günümüzde, betonun çimento, su ve agrega gibi bir bileşeni haline gelmişlerdir. Ancak diğer malzemeler gibi kimyasal katkıları da kesinlikle ön deneyler yapılarak, öncelikle etkileri, kullanım miktarı ve kullanım şekli tespit edilip, istenen özellikleri sağladığından emin olunduktan sonra kullanılmalıdır. Kimyasal katkıların birkaç türünün bir arada kullanım zorunluluğu durumunda yine ön deneyler yapılarak birbirlerinin özelliklerini etkileyip etkilemedikleri veya yan etkileri tespit edilmelidir (Coşkun 2004).

2.2.4.2 Mineral Katkılar

Mineral katkıları genellikle “puzolanik” malzemelerdir. Puzolanik mineral katkıları, kendi başlarına bağlayıcılık özelliği bulunmayan, ancak nemli ortamlarda serbest kireç ile reaksiyona girerek Kalsiyum - Silikat - Hidrat (C-S-H) oluşumunu sağlayan ve sonuçta bağlayıcılık özelliği taşıyan malzemelerdir. Betonda, çimento hidratasyonu sonucunda oluşan jellerin arasındaki boşlukları doldurarak bağlayıcılık formasyonunu arttıırırlar. Bazı endüstriyel tesislerin üretimlerinden yan ürün olarak çıkan uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu gibi malzemeler betonda kullanılan mineral katkı malzemelerini oluşturmaktadırlar(Coşkun 2004).

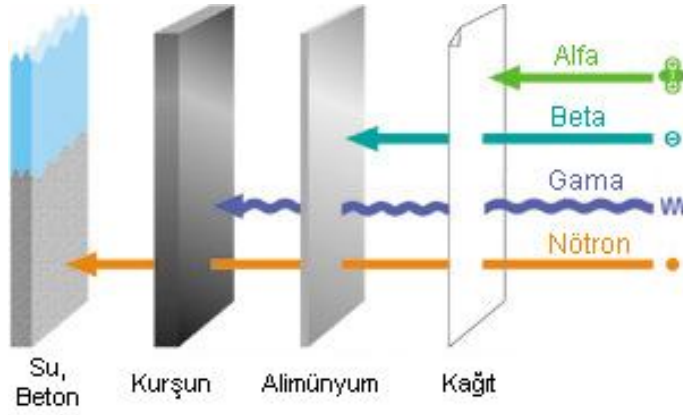
2.3 Radyasyon

Radyasyon uzayda yayılan enerji olup, insanoğlunun yaşadığı çevrenin bir parçasıdır. Bilinen en önemli örnekleri ise güneşten dünyaya gelen ışık ve ısıdır. Radyasyon atomun bozunması sonucu meydana gelir. Atom, proton ve nötronlardan oluşan çekirdek ve çekirdeğin etrafındaki yörünge elektronlardan oluşur. Farklı elementler için nötron, proton ve elektron sayıları farklılık gösterir.

Atomlar ve moleküller enerji soğurabilir. Artan enerji miktarına göre hareket ve/veya yapılarında değişiklik olur. Fakat atom ve moleküller enerjide yayabilirler. Farklı kaynaklardan yayılan farklı tipteki radyasyon, kaynakların ve radyasyonun özelliğine bağlı olarak farklı enerjilere sahiptir.

Atomların çoğu kararlıdır. Örneğin karbon-12 atomu kararlıdır ve bozulmaz yani karbon -12 atomu olarak kalır. Bununla beraber karbon atomları hem kararlı hem de kararsız formda bulunabilir. Karbon-14 atomu karbon atomunun kararsız bir formudur ve karbon-12'ye göre çekirdeğinde 2 nötron fazlalığı vardır. Sonuçta karbon-14 atomu bozularak tamamen farklı yeni bir elemen atomuna dönüşecektir. Kararsız atomlar “Radyoaktif” olarak ifade edilir. Kararsız atomun fazla enerjisini vererek kendiliğinden, daha kararlı yeni bir atoma dönüşmesi olayı “Radyoaktif Bozulma” olarak ifade edilir (İnt. Kyn. 6).

Radyoaktif elementler temel olarak Alfa, Beta ve Gama olmak üzere, 3 ana tip enerji salınımında (bozunum) bulunur. Alfa radyasyonu, (+) parçalardan oluşur ve bir kâğıt parçası tarafından durdurulabilir. Beta radyasyonu, elektronlardan oluşur. İnce bir alüminyum levha bu elektronları durdurmak için yeterlidir. Alfa ve beta bozunumlarında kararsız bir çekirdek, alfa ya da beta parçacıkları yayarak daha kararlı bir çekirdek haline gelmeye çalışır. Gama radyasyonu ise ışık hızında hareket eden enerji dalgalarından oluşmaktadır(Tüysüz 2004). Alfa, Beta ve Gama radyasyonu aynı zamanda iyonlaştırıcı radyasyon olarak da adlandırılırlar. Çekirdeğin cinsi değişmeden uyarılmış bir durumdan taban duruma bozunmasıdır. Bir başka deyişle, diğer atomların elektronlarını ayıracak yeterli enerjiye sahiptirler (İnt. Kyn.2).



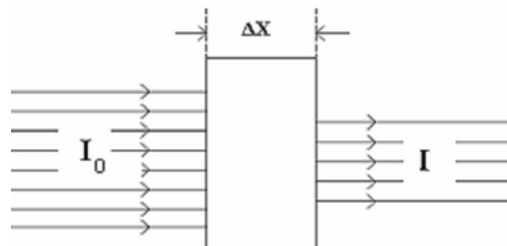
Resim 2.1 Radyasyon çeşitlerine göre zırhlama

2.3.1 Radyasyonun Soğurulması

X ve gama ışınları madde içinde başlıca üç çeşit etkileşim ile enerji kaybeder,

- Atomun iç yörüngesine elektronları ile etkilenerek oluşan Foto Elektrik Olayı,
- Atomun dış yörünge elektronları ile oluşan Compton Olayı,
- Atomun çekirdeğine yakın bir yerde bir pozitron ve bir elektron meydana getirmesi ile oluşan Çift Oluşumu Olayıdır.

Bu üç olayın olma ihtimali, X ve gama (γ) ışınlarının enerjileri ile etkileşen maddenin atom numarasına bağlı olarak değişir (Akkurt v.d. 2005). Gelen radyasyonun şiddetindeki azalma, radyasyonun zayıflaması veya zayıflatılması, etkileştiği maddede terk edilen enerjiye de soğurma denir (Kaplan 1964).



Şekil 2.1 X ve gama (γ) ışınlarının soğurulmaları

Cisimlerin içine girebilme kabiliyeti yüksek olan nötron ışınları ile gama (γ) ışınları tehlikelidir. Nötron ışınları atom ağırlıkları küçük olan elementler, gama (γ) ışınları ise doğrudan birim kütlesi yüksek olan malzeme tarafından durdurulmaktadır. Bu suretle ağır beton her iki ışına karşı iyi bir yalıtım görevi yapmaktadır. Zira bu malzemenin içinde %50 den fazla miktarda bulunan hidrojen ve oksijen gibi hafif atomlu cisimler nötron ışınlarını pratik koşullar altında durdurmaya yeterli olmaktadır. Diğer taraftan bu betonun içinde bulunan ağır agregalar da gama (γ) ışınlarının geçmesini engellemektedir. Bu durum ağır betonun radyasyondan korunmak için ideal bir malzeme olduğunu göstermektedir (Gürsoy, 1997; Durmuş ve Gürsoy 2000).

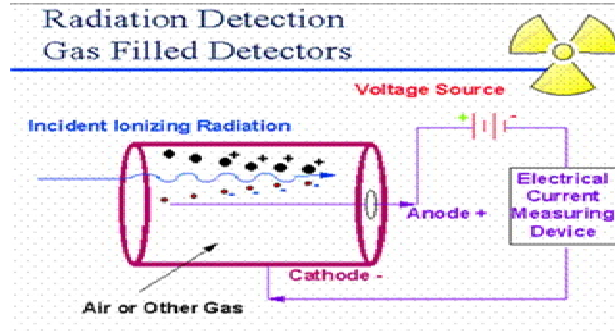
2.3.2 Radyasyon Ölçüm Sistemleri

Radyasyonun varlığının anlaşılması duyu organları ile mümkün olmadığından, algılanması ve ölçümleri radyasyona hassas cihazlar ile yapılır. Radyasyonun ölçülmesinin temeli, radyasyon ile maddenin etkileşmesi esasına dayanır. Radyoaktif olarak bilinen atomların çekirdeği kararsız olduklarından radyoaktivite özelliği gösterirler. Yani kararsız çekirdekler parçalanır ve parçalanma sonucu yeni bir çekirdek ve parçalanma ürünleri meydana gelir. Atom çekirdeklerindeki bu değişiklikler sonucu radyasyon yayınlanır (İnt. Kyn. 4).

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(Yılmazer, 2009).

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 (Yılmazer, 2009).

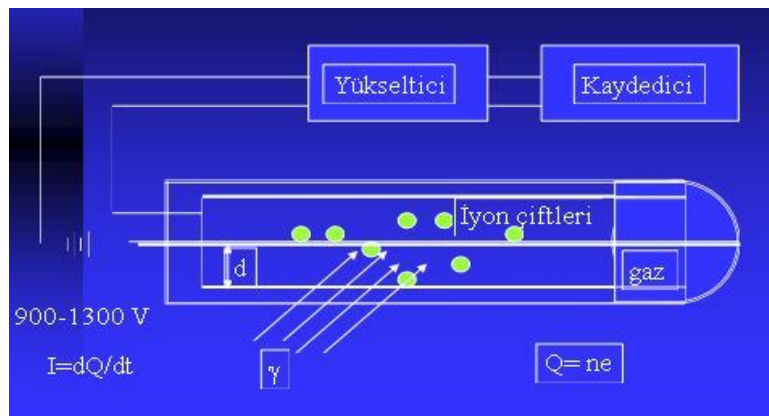
2.3.2.1 İyon Odası Dedektörü



Resim 2.2 İyon Odası (İnt. Kyn. 4)

- İyon odaları x, γ ışınları ve b parçacıkları ölçümünde kullanılırlar.
- Alçak radyasyon şiddetine duyarlı olmamakla beraber yüksek doz şiddetlerini ölçmede son derece yararlıdır.
- Çeşitli radyasyonları ayırt etme özelliği yoktur.
- 60–300 volt'luk çalışma aralığında etkindir.
- Gaz olarak genellikle atmosfer basıncında hava kullanılır.
- Göstergeleri, genellikle C/kg.sn , (x)R/h veya (x)Sv/h (İnt. Kyn. 4).

2.3.2.2 Geiger-Müller Dedektörü



Resim 2.3 Geiger-Müller Dedektörü(İnt. Kyn. 4).

- G-M, 900–1300 V'luk çalışma aralığında etkindir.
- Bu dedektörlerle;

— Az iyonlaşma meydana getiren yüklü parçacıklar

— Düşük enerjili X ve gama (γ) ışınları ölçülür

- Bu dedektörle parçacık enerjisinin ölçülmesi ve parçacık cinslerinin bir birinden ayrılması söz konusu değildir.
- Odanın önüne yerleştirilen bir zırh ile beta parçacıkları tutulup, yalnız gama ışınları sayılabilir (İnt. Kyn. 4).

2.3.2.3 Orantılı Sayaçlar

- Çalışma voltajı orantılı bölgede olup, meydana gelen yüksek alan şiddeti ile anottaki yük miktarı, dolayısıyla voltaj pulsu büyür. Bu tip dedektörlerle;

— Düşük enerjili X ve gama (γ) Işınları,

— İyon odasına açılan naylon veya mikalardan yapılmış ince pencere ile alfa parçacıklarının ölçümü yapılır.

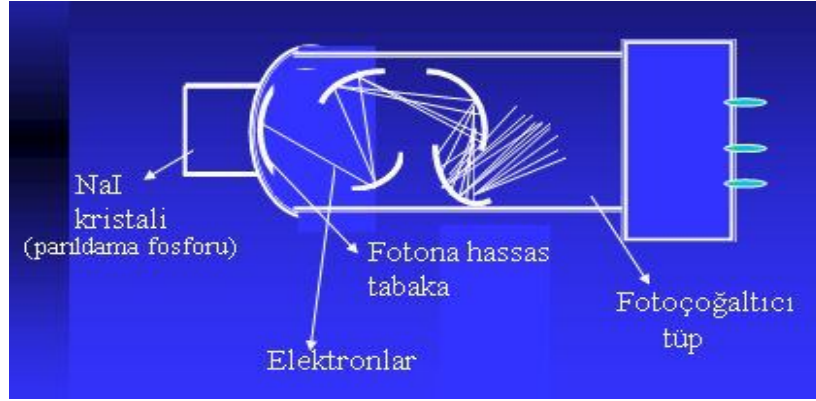
- Gazın çoğaltma faktörü 10^5 – 10^6 ve çalışma voltaj aralığı 1500–4000 V'tur.
- Orantılı cihazların a ve b radyasyonlarını ayırt etme özelliği vardır (İnt. Kyn. 4).

2.3.2.4 Siniltilasyon Dedektörleri (Pırıldama)

- Elektronla verilen enerji onu ortamdaki yerinden koparmaya yeterli olmadığı zaman uyarılan elektron, tekrar eski haline dönerken görünür ışık yayar.
- Siniltilasyon fosforlarının yaydığı ışık, foto çoğaltıcı tüpler tarafından toplanarak, voltaj pulsu haline getirilir. Meydana gelen pulsun büyüklüğü radyasyonun enerjisi ile orantılıdır.
- Bu dedektörler sayım ve aynı zamanda enerji ayırımı için kullanılır.

Bu dedektörlerde foto çoğaltıcı tüpü ve kullanılan fosforu değiştirmek suretiyle değişik tipte radyasyonların dedeksiyonu mümkündür. Bunlar;

- Alfa parçacıklarını ölçmek için gümüşle aktive edilmiş ZnS fosforu,
- Beta parçacıklarını ölçmek için naftalin ve stilben
- Düşük enerjili X ve gama ışınını ölçmek için talyumla aktive edilmiş NaI kristali kullanılır (İnt. Kyn. 4).



Resim 2.4 Siniltasyon Dedektörleri (İnt. Kyn.4).

2.3.2.5 Yarı İletken Dedektörler

- Silisyum (Si) ve Germanyum(Ge) gibi yarı iletken maddelerden yapılır.
- Bu dedektörler radyasyonun bu maddelerde oluşturduğu iyonizasyon ilkesi ile çalışırlar.
- Genellikle radyasyonun enerjisini ölçmek için kullanılırlar (İnt. Kyn.4).



Resim 2.5 Yarı İletken Dedektörler (İnt. Kyn.4).

2.3.2.6 Nötron Dedektörleri

- Diğer radyasyonların ölçüldüğü sistemlerle (n,a), (n,b), (n,p) ve (n,g) reaksiyonları sonucunda oluşan ikincil iyonlayıcı ışınlar ölçülür.
- Nötron etkileşmesinden doğan izotopun kendisi radyoaktif olabileceğinden bu yöntem çoğunlukla indium, tantal ve altın plakaları bir araya getirerek kaza dozimetresinde kullanılır (İnt. Kyn.4).

2.3.3 Radyasyonun Canlılar Üzerine Etkisi

Çeşitli nükleer reaksiyonlar sırasında çekirdekten kopan nötron ve protonlar insan sağlığı için en tehlikeli radyasyonlardır. Özellikle nötron, elektrik yükü olmadığından çok büyük nüfuz etme özelliğine sahiptir. Buraya kadar kaynağını ve özelliğini anlattığımız radyoaktif ışınların insan vücuduna etkisi bu ışınların hareketleriyle ilgilidir (İnt. Kyn. 4).

Uzayda saniyede yaklaşık 300.000 km gibi çok yüksek hızlarla hareket eden bu ışınlar kolaylıkla insan vücuduna nüfuz edebilir ve vücudu oluşturan biyolojik hücrelere hasar verebilirler. Ayrıca, bu ışınların hücrelerin kimyasal yapılarını değiştirmeleri de mümkündür. Özellikle elektrik yüklü ışınlar saniyenin binde biri gibi çok kısa süre içinde hücre moleküllerini parçalayıp iyonlarına ayrıştırabilirler. Bununla birlikte, etrafta bulunan diğer hücreleri de fizyolojik görevlerini yapamaz duruma getirebilirler. Bütün bunların sonucunda radyasyona maruz kalan bir hücre ya ölür veya işlevini yitirir. Aslında az sayıda hücrenin ölmesi önemli değildir. Çünkü normal yaşamda yıpranan hücrelerin ölümü ve yerlerine yenilerin doğması doğaldır. Ancak, yüksek radyasyon sonucu çok sayıda hücrenin aniden ölmesi veya normal çalışmasının bozulması canlının sağlığını önemli ölçüde etkileyecek bir olaydır. Hayati önemi fazla olan dokularda (kemik iliği, dalak, kan ve üreme hücreleri) radyasyonun etkisi daha erken görülür. Çünkü bu hücreler daha çabuk çoğaldığından bir hücredeki hasar, sakat doğan yeni hücrelerle çığ gibi büyür. Bu ise uzun bir zaman dilimi içerisinde her an bir tümör olarak sonuçlanabilir. Radyasyonun kanserojen etkisi bu şekilde ortaya çıkmaktadır (İnt. Kyn. 4).

En büyük tehlike ise hücre çekirdeği içindeki DNA'ların bozulmasıdır. DNA'lardan oluşan kromozomların yapılarının değişmesi, taşıdığı sırların kaybolması ve yeni genetik yapıları hücreler haline dönüşmesi sonucunda ebeveyne benzemeyen yeni bir genotip ortaya çıkar. Bu farklılaşmaya mutasyon adı verilir. Eğer bu durum, bireyin üreme hücrelerinde gerçekleşirse radyasyondan kaynaklanan bu değişiklik gelecek nesillere de aktarılır.

Yüksek dozda radyasyona maruz kalmış bireylerde görülebilecek başlıca hastalıklar şunlardır: Kanda ve kan yapan organlarda tahribat (anemi, lösemi), ciltte ateş yanığını andıran yaralar, gözde katarakt, kısırlık, kanser ve kalıtsal bozukluklar. Bir insan vücudunun kısa bir süre belirli bir radyasyon dozuna maruz kalması sonucu görülebilecek rahatsızlıklar ise kişiden kişiye değişebilir. Ancak, bu rahatsızlıkların genel özellikleri şu şekilde özetlenebilir;

- 50 rem gözlenebilir bir biyolojik etki meydana getiren en küçük radyasyon dozudur. Bu doz kandaki akyuvar sayısında geçici bir değişiklik meydana getirir. 100 – 200 rem arasında radyasyona maruz kalan bir insanda 3 saat içerisinde kusma ile birlikte yorgunluk ve iştahsızlık görülür. Bu tür hastalarda bir kaç hafta içinde iyileşme gözlenir.
- 300 rem radyasyon dozuna maruz kalan kişilerde 2 saat içinde kusma ve halsizlik başlar. Yaklaşık 2 hafta sonra ise saçlar dökülmeye başlar. Bir ay ile bir yıl arasında bu kişilerin %90'ı iyileşir. Vücut tarafından alınan radyasyon dozunun artmasıyla gözlenen etkiler daha belirgin ve ciddi olmaya başlar.
- 400 rem radyasyon dozuna maruz kalan kişilerde bir kaç saat içerisinde başlayan bulantı ve kusma dönemini iştahsızlık, halsizlik, ateş ve saç dökülmesi izler. Yaklaşık iki hafta sonra ağızda iltihaplanma görülür, ishal ile birlikte hızlı kilo kaybı başlar. Bu dozda radyasyona maruz kalan fertlerin %50'si 2 ile 4 hafta içinde ölür.
- Doz 600 rem'e çıktığında ise ölüm oranı %90'a çıkar. Kalanların iyileşmesi ise çok uzun süren tedaviler gerektirir (İnt. Kyn. 4).

2.4 Ağır Betonların Özellikleri ve Normal Betonla Farkları

İçerisindeki agregaların bir kısmının veya tamamının metal agregalarla değiştirilmiş olduğu, ağır agregalar içeren, etüv kurusu durumdaki birim hacim kütlesi (yoğunluğu) 2600kg/m^3 'ten daha büyük olan betonlar ağır beton olarak isimlendirilir. Normal betonlarla kullanılan agrega dışında herhangi bir farklılık bulunmamaktadır (Topçu 2000).

Ağır betonlar ilk olarak devrilmeye karşı hassas olan yapılarda denge unsuru olarak kullanılmıştır. 20. yüzyılda sanayi devrimine paralel olarak enerji gereksiniminin artması insanoğlunu yeni enerji kaynaklarını arama yönüne itmiştir. Nükleer enerjinin kullanıma girmesi ile nükleer reaktörlerde ağır beton radyoaktiviteye karşı kullanılmaya başlanmıştır. Burada en önemli sebep ise en ucuz zırhlanma malzemesinin beton olmasıdır (Topçu 2000).

α , β , γ , x ve nötron adlı parçacık ve ışınlar canlı dokular üzerinde zararlı etkiler yapar ve küçük radyasyon dozajlarının meydana getirdiği mikroskobik ölçüdeki hasarlar vücut öz koruma sistemi tarafından onarılabilir. Nötron hareketini hidrojen atomu zengin olan ortamlar durdurabildiğinden hidrojen içeriği açısından yoğun olan betonlar bu açıdan en yararlı malzeme olmaktadırlar. Normal betonlarda nötronların durdurulması için gerekli hidrojen miktarı karma suyunun yaklaşık %4'üne karşılık gelir. Bu su, çimento hamurunun hidrate elemanlarında serbest olarak ya da kristal suyu olarak çimento hamurunda ve agregada bulunur. Birim yüzey başına düşen ağırlık miktarı aynı olmak koşulu ile hafif metalden yapılmış kalın kalkan ile ağır metalden yapılmış ince kalkan neredeyse birbirine eşdeğerdir. Yüksek yoğunluklu agrega kullanılarak gerekli olan beton kalınlığı 1,5–2,5 kat azaltılabilir. Nötronların soğurulması en iyi şekilde kalkan maddenin içinde gerçekleştiği için, bunun sonucu olarak açığa çıkan γ ışınları önemli bir problem teşkil eder. Hafif bir izotop olan Boron B-10 izotopu, kısmen çok yüksek nötron soğurma kapasitesine sahiptir. Bu arada nötron yakalama sırasında oldukça az nüfus etme kapasitesine sahip olan 0,48 MeV 'luk γ ışınları ortaya çıkarır (Topçu 2000).

Etkili bir nötron kalkanı,

1. Elastik olmayan saçılımı sağlayacak olan demir,

2. Nötron yakalamak ve elastik saçılımı sağlamak için su,
3. İkincil γ ışını problemini azaltmak için Boron B-10 izotopu.

bileşeni içermelidir. Normal ağırlıktaki bir beton için agregalar temiz olmalı çimento matrisi ile gerekli bağı yapabilmek için yabancı kaplamalardan, yağdan ve saf malzemelerden arınmış olmalıdır. Agregalar düz ve uzun parçacıklardan arınmış ve şekil olarak kübik olmalıdır. Eğer karışımda kullanılan agregaların ağırlıklarında oldukça fazla fark olmuş ise ayrışma ya da çökme meydana gelebilir. Çelik parçalarında kullanıldığı ağır yoğunluklu agregalarda karışımlar düşük kıvamlı şekilde tutulmaya çalışılmalıdır. Bu agregalar şu şekilde gruplandırılabilir;

1. Demir veya baryum içeren doğal ve yapay agregalar,
2. Hidratlı doğal agregalar,
3. Boron içeren agregalar.

Birinci grup oldukça yüksek oldukça yüksek atom numarasına sahip olan ve x ile γ ışınlarını depo etme özelliğine sahip malzemeleri içerir. İkinci grup, nötronları zayıflatmada etkili olan “bound water“ olarak adlandırılan suyu içeren agregalardan oluşur. Üçüncü grup, nüfuz etme özelliğine sahip yüksek enerjili gama ışınlarını üretmeyecek şekilde, termal nötronları soğurma özelliğine sahip olan Boron izotopu içeren agregalardır (Topçu 2000).

Ağır betonlarda rötire çatlaklarının oluşmaması için;

- Beton dozajının 350 kg’ın olmamasına,
- S/Ç oranının 0,50’ nin altında olmasına,
- Beton tabaka kalınlığı en fazla 25cm olmalıdır. Sıkıştırımda 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 (Topçu 2000).

Ayrıca betonda çekme gerilmeleri yüksek olursa, gerilmeler nedeniyle oluşan çatlaklardan radyoaktif sızıntıların olacağı muhakkaktır (Durmuş ve Gürsoy 2000).

2.4.1 Ağır Beton Agregaları

Ağır betonlarda kullanılan agregaların özgül ağırlıkları genellikle 4 kg/dm^3 'ün üzerinde olur. Normal betonlarda ise bu değer $2,6 \text{ kg/dm}^3$ civarındadır. Bor tuzları yavaş orta enerjili nötronların yutulmasında önemli rol oynadıkları için tercih edilen bir malzemedir. Fakat suda eriyen bor tuzlarının dayanımı düşürmeleri nedeniyle, suda erimeyen bor tuzları tercih edilir. Demir cevheri içeren agregalar ya da demir kırıntıları gibi sanayi atıkları agrega olarak kullanılabilir. Ancak biçimleri genellikle bozuk olduğundan ya da yağlı olmasından kaynaklanan sorunlar yaşanabilir. Kullanılan diğer ağır agregalar şunlardır;

Hematit: 5–6 Mors sertliğinde ve saf mineral içinde $5,26 \text{ kg/dm}^3$ özgül ağırlığa sahiptir. Rengi açık kırmızıdan sönük kırmızıya hatta griye kadar farklı renklere sahiptir. Metalik ya da mat olabilir.

Limonit: Sertlik derecesi 5–6 olup $5,17 \text{ kg/dm}^3$ özgül ağırlığa sahiptir. Rengi demir siyahıdır ve oldukça manyetik bir elementtir. Kullanımı oldukça yaygın bir ağır agregadır.

Manyetit: 5,5 ve 6,5 derecesinde sertliğe sahip olup $5,2 \text{ kg/dm}^3$ 'dür. Magnetit cevheri metalik parlaklığındadır. Metom; Aik Nalkonik ya da tortul kayalıklarda bulunur. Magnetit yüksek yoğunluklu agregalar arasında yaygın kullanıma sahip önemli bir maden cevheridir.

Ferrofosfor: Fosfor üretiminde açığa çıkan bir yan üründür. İşlenmemiş ve saf agrega olarak, radyasyon zırh betonu üretiminde kullanılır. Bu cevher %70 oranında demir içerir. Kaba agrega yaklaşık olarak $5,72\text{--}6,8$ arasında bir özgül ağırlığa sahiptir. Ferrofosfor betonun oluşum zamanını köklü biçimde etkiler, sıkıştırıldığı zaman tehlikeli ve yüksek basınçlı gazlar üretir. Bu nedenle ferrofosfor içeren agregalar kullanılmadan önce mutlaka testten geçirilmelidir (Topçu 2000).

Barit: Genellikle beyaz renklidir, fakat sarı esmer, pembe, açık yeşil, açık mavi, gri ve siyah renkli olanlarına da rastlanmaktadır. Atom ağırlığı 137,06 olan baryum elementi

yerkabuğunda bol miktarda bulunmaktadır. Serliği 2,5–3,5 olup, özgül ağırlığı 3,9- 4,6 kg/dm³ arasında değişir. Erime noktası 1580°C' dir. Kimyasal bileşimi BaSO₄ şeklinde olup, %65,7 BaO, %34,30 SO₃ içerir (Ayan 1979). Barit suda hemen hemen hiç erimez. Soğuk asit içinde erimeyen barit kaynayan sülfürik asit içinde eriyebilir. Barit metalik olmayan minerallerin en ağırıdır.



Resim 2.6 Barit Madeni (İnt. Kyn.6 ve İnt. Kyn.7).

İlk kullanılışı özgül ağırlığı ve beyaz özelliğinden dolayı boya, kâğıt ve cam endüstrilerinde olmuştur. 1926 yılından sonra petrol ve tabii gaz aramalarında kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda, barit ilavesi ile yapılan ağır beton, nükleer santrallerde gama ışınlarını absorbe etme özelliklerinden dolayı fazla miktarda tüketilmeye başlamıştır.

Nükleer santrallerde kullanılan, ağır beton yapımına ilave edilen baritin özgül ağırlığının 4 gr/cm³ ve üzerinde olması ve sülfürlü mineral içermemesi gerekir. Sülfürler zamanla beton içerisinde çatlama yapabilmektedirler. Ağır beton yapımında kullanılacak olan baritin kilden tamamen arınması için iyice yıkanması gerekmektedir. Ağır beton üretiminde kullanılabilmesi için kum ve çakıl büyüklüğünde kırılması gereklidir.

Ülkemizde ise çok sayıda barit yatakları bulunmaktadır. Bunların en önemlileri; Antalya: Gazipaşa, Alanya, Gündoğmuş ilçeleri ve Eğrikaya yatakları Mersin: Silifke-Anamur yöresi Konya: Beyşehir, Hüyük, İlmen ilçeleri. Kahramanmaraş: Türkoğlu ilçesi, Muş: Bilir, Kasar, Kızılkilise ilçesi ve Trabzon Eskişehir, Giresun, Diyarbakır,

Hakkâri, Çanakkale, Aydın, Gümüşhane, Kütahya illerindeki yataklardır. Türkiye’de dünya barit rezervinin yaklaşık % 4’ü bulunmaktadır (Kıran 2004).

Çizelge 2.1 Türkiye Barit Rezervi (2000 öncesi) (Kıran 2004)

İLLER	Görünür Rezerv	Görünür Rezerv + Muhtemel Rezerv (x1000 ton)	Toplam (x1000 ton)
ISPARTA/Şarkîkaraağaç	3000	1000	13000
KONYA /Beyşehir	12835	-	12835
ESKİŞEHİR/Sivrihisar	4700	4700	9400
MUŞ	755	3050	3805
ANTALYA/Gazipaşa	750	2800	3550
GİRESUN/Tirebolu	-	2500	2500
GİRESUN/Dereli	28	2000	2028
ANTALYA/Alanya	1346	533	1879
KONYA /Doğanhisar	50	50	100
KONYA/Karaman	10	-	10
Diğer İller	679	1135	1814
TOPLAM	24153	26768	50921

Baritin başlıca kullanım alanları, petrol sondajlarında sondaj çamuru ağırlık maddesi, baryum kimyasalları üretimi ve dolgu endüstrileridir. Barit dolgu maddesi olarak boya, kâğıt, plastik ve kauçuk, sürtünme elemanları, cam ve seramik endüstrilerinde hem maliyet azaltıcı hem de fonksiyonel dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır (İnt. Kyn.1)

Barit agregasının mineralojik ve petnoğrafik özellikleri incelendiğinde, Barit kristallerinde, farklı büyüme şekilleri, belirli sönme açıları, yönlenme seyretmesi ve iyi gelişmiş dilinimler gibi belirgin özellikler ayırt edilebilmektedir. Bu petnoğrafik özelliklere dayalı olarak incelenen kesitlerde, küçük kristalli çimento haline beliren mikrokristalen baritler ve iri kristalli (kristalize) baritler olmak üzere iki tür barit korelasyonu belirlenmiştir.

Küçük kristalli baritler, Tüfekçi, İnkaya, Kocatepe, Gökçukur, Kıpçak, Erikli cevherleşmelerinde gözlenir. Bunlar eş taneli, mozaik dokulu, elipsoidal şekilli, iki yönde belirgin dilinimli olup tanelerde yönelmede izlenmektedir. Bu baritlerin içerisinde yer yer öz şekilli, öz şekilsiz, yarı öz şekilli opak mineraller, yer yer bir hat boyunca yer yerde kümeler şeklinde belli noktalarda yığılmışlardır. Küçük kristalli baritlerde, muskovit ve serisit çubukları yer yer bariti kesmiş, yer yer de baritin yönelimine paralel gelmiştir. Ayrıca küçük kristalli baritlerin kenarları boyunca saçılmış şekilde efsentetik ikizli kalsitler ve zonlu sideritler gözlenmektedir. Küçük kristalli baritlerin tane boyutları 0,0099 mm ile 1,485 mm arasında değişmektedir.

İri kristalli baritler fazlaca kataklastik deformasyona uğramış ve parçalanmış baritlerin bir bölümü bresik görünümlüdür. Bunlar mikrokristalin baritler tarafından mantolanmıştır. İri kristalli barit oluşumları tipik olarak ; Erikli, Kocatepe, Gökçukur, Kocatepe, Kıpçak, Sulu Çay, Asmalı, Ekiztepeler, Subaşı, Cemil Yaşar, Dikmen..v.b. pek çok ocakta izlenmektedir (Cengiz 1997).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

Ağır betonlarda barit agregasının kullanımı ve beton özelliklerinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmada; Isparta – Şarkıkaraağaç mevkiinde bulunan ADO Madencilikten temin edilen barit agregası kullanılmıştır. Getirilen barit agregası farklı tane boyutlarında kırılarak sınıflandırılmıştır.

5–22 mm ve 0–5 mm boyutunda kırma taş ve taşunu özelliğine sahip barit agregasının granülometrik değerlerine göre karışım oranları hesaplanmıştır. Agregaların kimyasal, fiziksel özellikleri ve fabrika tarafından bildirilen teknik özellikler aşağıda verilmiştir.



Resim 3.1 Kullanılan Barit Agregaları

Çizelge 3.1 Barit agregasının fiziksel özellikleri

Numune Cinsi	Özgöl Ağırlık kg/dm ³	Birim Ağırlık kg/dm ³	Su Emme (%)
Taşunu	3,8	2,3	6
0–5 Barit	4	2,1	2,1
5–22 Barit	4	2,1	0,6

Çizelge 3.2 Barit agregasının kimyasal özellikleri.

Kimyasal Özellik	Analiz Sonucu (%)
Baryum Sülfat (BaSO ₄)	84,89
SiO ₂	4,40
Al ₂ O ₃	2,27
Fe ₂ O ₃	0,63
CaO	2,21
MgO	0,93
SrO	1,11
PbO	0,00
TiO ₂	0,51
L.O. I	2,59
Total	99,54

Çizelge 3.3 Barit agregasının teknik özellikleri (İnt. Kyn.2).

Teknik Özellikler	İlgili standart	Analiz Sonucu
Sertlik(Mohs)		3,25
pH	ISO 7787/9	8,50
Nem (fabrika çıkış) (%)	ISO 7787/9	Max.0,50
Kül miktarı (%)		Min. 97,00
Asitte (HCl) Çözölmeyen kısım (%)		Min. 93,00

Karışım hesapları, üretilcek betonun plastik kıvamda ve maksimum tane çapı 22 mm olacak şekilde mutlak hacim yöntemine göre yapılmıştır.

Karışımlarda da basınç dayanımı 42,5 MPa olan Denizli Çimentodan temin edilen CEM I 42,5 R tipi çimento ile betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla YKS Glenium SKY 610 markalı yeni nesil süper akışkanlaştırıcı katkısı kullanılmıştır.

Karışımlarda kullanılan çimento, su ve kimyasal katkının fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 3.4, çizelge 3.5, çizelge 3.6, çizelge 3.7 de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri

Fiziksel Özellikler	Analiz Değerleri
Özgül Ağırlık(gr/cm^3)	3,15
Spesifik Yüzey (cm^2/gr)	3659
Basınç Dayanımı (N/mm^2)	50,0

Çizelge 3.5 Kullanılan çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal Analiz	Analiz Değerleri(%)
SiO_2	18,10
Al_2O_3	4,16
Fe_2O_3	3,75
CaO	63,01
MgO	1,77
SO_3	3,36
Na_2O	0,27
K_2O	0,68
CL	0,0166

Çizelge 3.6 Kullanılan suyun kimyasal özellikleri

Kimyasal Analiz	Analiz Değerleri (mg/l)
pH	6,790
Alkalinite	65,000
Klorür Cl	0,600
Sülfat SO_4^{-2}	60,700
Toplam Şeker	SAPTANAMADI
Fosfat P_2O_5	0,090
Nitrat NO_3^{-1}	5,110
Kurşun Pb^2	0,012
Çinko Zn^2	0,158
Organik Madde	SAPTANAMADI
Askıda Katı Madde	0,000

Çizelge 3.7 Kullanılan kimyasal katkının kimyasal özellikleri

Özellik	Analiz Sonucu
Homojenlik	Ayrışmadı
Renk	Kahverengi Sıvı
Bağıl Yoğunluk (g/ml)	1.079
Katı Madde %	26,69
pH	5,37
Suda Çözünen Klorür (%)	0.0158
Alkali Miktarı (Na_2O eqv.)	1,780

Kullanılan barit agregalarının, üretim sırasında normal agrega gibi üretilemediğinden dolayı elde edilen tane dağılımı normal agregadaki gibi olmamakta ve karışım granülometreleri de standart A32-B32 eğrileri arasında kalmamaktadır. Kullanılan barit agregalarının elek analizi Çizelge 3.8 de verilmiştir.

Çizelge 3.8 Kullanılan Barit Agregası Elek Analizi

Agrega Granülometrisi (% geçen)			
ELEK	Kaba	İnce	
	5–22	0–5	Taşunu
31,5	100,0	100,0	100,0
16	20,60	100,0	100,0
8	66,60	100,0	100,0
4	90,40	100,00	100,00
2	97,40	74,60	100,00
1	99,1	41,40	100,00
0,25	99,1	11,70	50,00

Çalışmada minimum C20/25 beton sınıf mukavemeti ve S5 kıvam sınıfı hedeflenerek maksimum doluluk dolayısıyla maksimum geçirimsizlik ve işlenebilirlik elde edilmeye çalışılmıştır. Karışım hesabı, TS 802 “Beton Karışım Hesap Esasları” Türk standardına göre yapılmıştır. Yapılan ön çalışmalar sonunda çimento dozajı 270 kg/m^3 ve S/Ç oranı da 0,50 ve 0,46 olacak şekilde seçilmiştir. İstenilen işlenebilirliği elde edebilmek için 5–22 mm kaba agregası oranı sabit tutulmuş, taş unu oranı % 30 - %20 oranları arasında farklı değerler alacak şekilde dizaynlar yapılmıştır. S/Ç oranı 0,50 olan karışımlar K1a dan K1f ye kadar. S/Ç oranı 0,46 olan karışımlar K2a dan K2f ye kadar isimlendirilmiştir. Karışımlarda kullanılacak oranlar K1, K2 içinde aynıdır.

Çizelge 3.9 Karışım Oranları ve Karışım Granülometrisi

Seri Adı	İri	İnce	
	5–22mm	0–5mm	Taşunu
Ka	50	20	30
Kb	50	24	26
Kc	50	25	25
Kd	50	26	24
Ke	50	27	23
Kf	50	30	20

Çizelge 3.10 Karışımlarda Kullanılan Malzeme Miktarları

KULLANILAN MALZEMELER						
Seri Adı	Taşunu (kg)	0–5 (kg)	5–22 (kg)	Çimento (kg)	Katkı	S/Ç
K1a	877	615	1539	270	1,50%	0,50
K1b	760	739	1539	270	1,50%	0,50
K1c	731	769	1539	270	1,50%	0,50
K1d	702	800	1539	270	1,50%	0,50
K1e	672	831	1539	270	1,50%	0,50
K1f	585	923	1539	270	1,50%	0,50
K2a	889	624	1560	270	1,50%	0,46
K2b	771	749	1560	270	1,50%	0,46
K2c	741	780	1560	270	1,50%	0,46
K2d	711	811	1560	270	1,50%	0,46
K2e	682	842	1560	270	1,50%	0,46
K2f	593	936	1560	270	1,50%	0,46

3.2 Ağır beton numunelerinin üretilmesi ve yapılan deneyler

Normal betonda olduğu gibi granülometrinin betonun özelliklerini ne derece etkilediği daha önce birçok çalışmada incelenmiştir. Bu çalışmada ise ağır betondaki granülometri ve bu granülometrinin başta radyasyonun zayıflatılmasına etkisini araştırabilmek için normal agrega yerine tamamen barit agregası kullanılmıştır. Farklı granülometrilere sahip karışımlar yapılarak en yüksek birim ağırlık ve dolayısıyla en yüksek radyasyon zayıflatma elde edilmeye çalışıldı. Karışımlar Modern Beton Sarnıç Tesisine ait laboratuarda, düşey eksenli cebri karıştırıcı laboratuvar beton mikseri kullanılarak, 30 dm³ lük karışımlar yapılarak toplam 12 seri beton üretilmiştir. Deneylerde kullanılmak üzere 15*15*15 cm³ boyutlu küp kalıplara 2 aşamada

doldurularak her seriden 9 adet numune alınmıştır. Numuneler deneylerin yapılacağı güne kadar sıcaklığı $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ olan kr havuzunda saklanmıştır.



Resim 3.2 Kullanılan beton mikseri

Yapılan farklı granlometrilerdeki baritli beton numuneleri üzerinde başta radyasyon soğurma katsayısı tespiti olmak üzere ultrases hızı, schmidt çekici ile sertliği, basınç dayanımları, su emme ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır.

3.2.1 Çökme Miktarı Tayini Deneyi

Çökme miktarları tayini Modern Beton Sarnıç Tesisi laboratuvarında TS EN 12350–2 standardına uygun yapılmıştır.



Resim 3.3 kme Miktarının Belirlenmesi



Resim 3.4 Hazırlana Küp Numuneler

3.2.2 Schmidt  ekici İle Sertlik Tayini Deneyi

Schmidt çekici ile sertlik deneyi Modern Beton Sarn  Tesisi laboratuvarında TS EN 12504–2 Beton – Yapıdaki Beton Deneyleri-Bölüm 2: Tahribatsız Deneyler – Geri Sıçrama sayısının tayini standardı kullanılarak gerçekleşmiştir(TS EN 12504–2 2004). Deneye ba lamadan Schmidt çekici kalibre edilmiştir. Deneyler 15*15*15 cm³ boyutlu numunelerde 28 günlük iken yapılmıştır. Her bir beton serisi için 3 farklı numune üzerinde ve her numune için 5 farklı noktadan vuruş yapılmıştır. Numunelerin  st yüzeylerine 90  a ı ile yapılan vuru ların geri tepme değerleri okunmuş ve okunan değerler standart yük-mukavemet grafiğinde karşılık gelen dayanım değerleri bulunmuştur.



Resim 3.5 Schmidt çekici ve Deneyin Yapılışı

3.2.3 Ultrases Hızı Deneyi

Ultrases geçiş sürelerini ölçmek için Modern Beton Sarnıç Tesisi laboratuvarında bulunan dijital göstergeli ultrases cihazı kullanılmıştır. ASTM C597–83 standardına göre deney yapılmıştır. Cihazın önce sıfır ayarı yapılmış, sonra kalibre edilmiştir. Numunelerin her iki yanına gres yağı sürölerek probalar ile numune arasında boşluk oluşması önlenmiştir. Her seri betondan 3 er adet numune üzerinde yapılan deneyler ile ses geçirme süreleri (mikro saniye) ölçölmüştür. Ultrases geçiş süresi değerleri aşıağıda verilen hız denklemi kullanılarak km/sn cinsinden numunelere ait ultrases hızları hesaplanmıştır.

$$V = L / t \quad 3.1$$

V: Ultrases geçiş hızı(km/sn)

L: Numune boyu (km)

t: Ultrases geçiş süresi (mikro saniye)



Resim 3.6 Ultrases aleti

3.2.4 Su Emme Miktarlarının Tayini Deneyi

Su emme miktarlarının belirlenmesi için 28 gün sonunda kür havuzundan her seri beton için 3 er adet numune çıkartıldı. Numunelerin yüzeylerine su kalmayacak şekilde kurutuldu ve 0,001 kg hassasiyetli terazide tartıldı (m_s). Numuneler daha sonra max 240°C sıcaklığa sahip etüvde sabit ağırlığa gelene kadar kurutuldu. Kurutulan

numuneler 0,001 kg hassasiyetli terazide tartıldı (m_r). Su emme miktarını bulmak için formül 2.2 Su emme miktarı denklemi kullanılarak ağırlıkça su emme oranı (%) cinsinden bulunmuştur (TS 3624 1981).

$$m = 100 (m_s - m_0) / m_s$$

3.2

m : Su emme miktarı(%)

m_0 : Etüv kurusu numune (gr)

m_s : Doygun kuru yüzey numune (gr)



Resim 3.7 Su emme deneyin yapılışı

3.2.5 Birim Ağırlık Tayini Deneyi

Sertleşmiş betonda birim ağırlıkların tayini için Modern Beton Sarnıç Tesis laboratuvarında bulunan 30 kg kapasiteli 0,001 kg hassasiyetli dijital terazi kullanılmıştır. 28. günün sonunda kür havuzundan çıkarılan numuneler her seri beton 3'er adet olacak şekilde tartılıp kuru birim ağırlık değerleri ve etüv kurusu ve doymun durumda birim ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.6 Basınç Dayanımı Tayini Deneyi

Numunelerin basınç dayanımlarının belirlenmesi için Modern Beton Sarnıç Tesis laboratuvarında bulunan 200 ton kapasiteye sahip beton test presi kullanılmıştır. 3'er adet küp numunesi 28.günün sonunda kür havuzundan çıkartılıp, beton test presinde kırılmıştır. (TS EN 12390-3, 2003)



Resim 3.8 Beton test presi ve beton numunesi



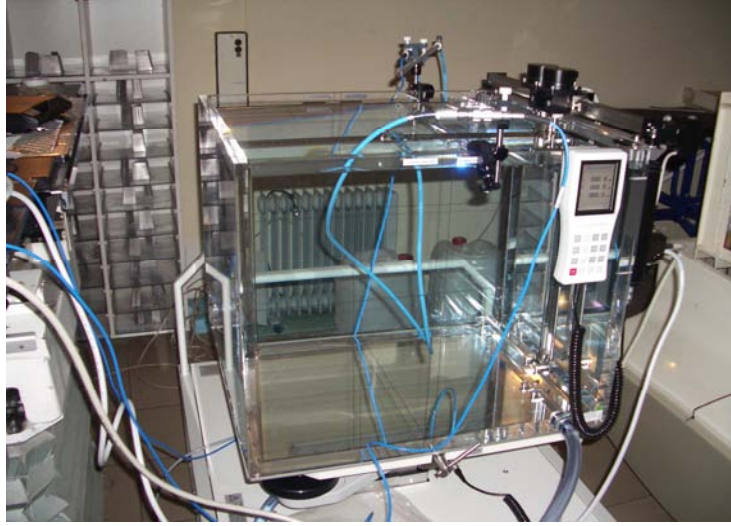
Resim 3.9 Basınç Deneyine Tabi Tutulmuş Numune

3.2.7 Radyasyon Geçirgenlik Katsayısının Tayini Deneyi

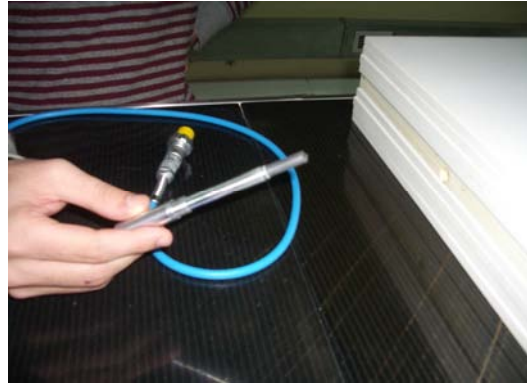
Numunelerin radyasyon geçirgenlik katsayısının bulunması için İzmir Onkoloji merkezinde bulunan 6 MeV luk Lineer hızlandırıcı X-ray cihazı kullanılmıştır. Ölçümler yapılmadan önce daha önceden soğurma miktarı bilinen katı su fantomu hızlandırıcı üzerine yerleştirilerek ilk radyasyon miktarı iyon odası cihazı tarafından ölçülmüştür.



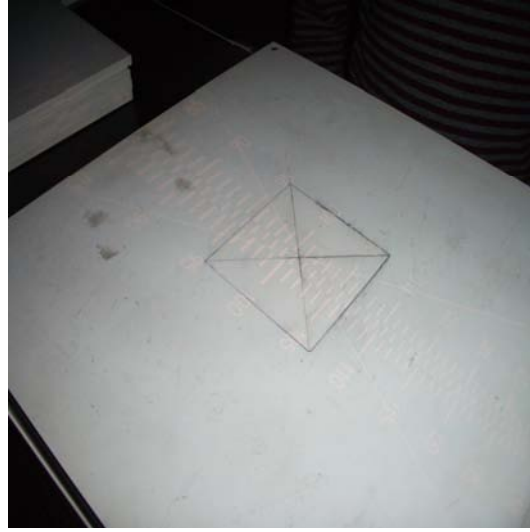
Resim 3.10 Lineer hızlandırıcı



Resim 3.11 Kalibrasyon için kullanılan su fantomu



Resim 3.12 İyon odası



Resim 3.13 Ölçüm için kullanılan katı su fantomu

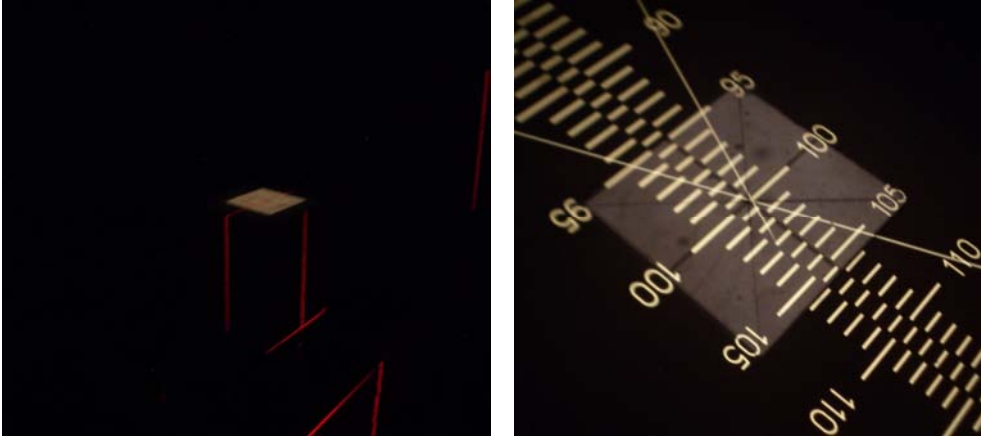


Resim 3.14 İlk radyasyon miktarının elektrometre ile ölçümü

İlk radyasyon miktarı belirlendikten sonra numunelerin soğurma katsayılarının bulunabilmesi için numuneler cihaza yerleştirmiştir.



Resim 3.15 Numunelerin ölçüm için yerleştirilmeleri



Resim 3.16 Numunelerin merkezlenmesi



Resim 3.17 Elektrometre cihazında numunelerin ölçüm sonuçları

Yapılan radyasyon geçirgenlik deneyi sonunda;

I şiddetinde paralel bir gama (γ) radyasyon demeti, Δx kalınlığındaki bir soğurucuda ΔI kadar azalırsa(Özalpan 1980),

$$\Delta I = -\mu I \Delta x \quad 3.3$$

Bu eşitliğin integrali alınır,

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad 3.4$$

elde edilir (Price et al 1957). Burada **I** soğurucudan çıkan, **I₀** da soğurucuya giren radyasyonun şiddetini, **x** soğurucunun kalınlığını, **μ** ise lineer soğurma katsayısını gösterir.

Bir madde ile fotonun enerjisine bağlı olarak etkileşmesi üç farklı şekilde olduğundan liner soğurma katsayısı (**μ**) bu üç etkileşmenin toplamıdır (Shapiro 1972)

$$\mu = \tau + \sigma + K \quad 3.5$$

Burada ; τ fotoelektrik soğurma katsayısını, σ Compton soğurma katsayısını ve K çift oluşumu soğurma katsayısını göstermek üzere üç ayrı enerji kaybetme olayının soğurma katsayılarının toplamına eşittir. Lineer soğurma katsayılarının soğurucunun özgül ağırlığına bölümü ile kütle soğurma katsayısı (μ_m) elde edilir (Durmuş v.d 1996).

$$\mu_m = \mu / \rho$$

3.6

4. BULGULAR

4.1 Barit Agregalı Betonların Fiziksel Özellikleri

Çalışma kapsamında üretilen 2 farklı su/çimento oranına sahip baritli beton serilerinin fiziksel özellikleri çizelge 4.1 sunulmuştur.

Çizelge 4.1 Üretilen betonların çökme, birim ağırlık ve su emme deney sonuçları

Seri Adı	S/Ç	Çökme (mm)	Kuru Birim Ağırlığı (kg/dm ³)	Doygun Birim Ağırlığı (kg/dm ³)	Hava Kurusu Birim Ağırlık (kg/dm ³)	Su Emme (%)
K1a	0,50	265	3,294	3,525	3,439	7,02
K1b		260	3,304	3,534	3,447	6,98
K1c		260	3,307	3,536	3,450	6,94
K1d		255	3,314	3,543	3,457	6,94
K1e		250	3,318	3,546	3,460	6,88
K1f		245	3,325	3,552	3,466	6,82
K2a	0,46	230	3,338	3,560	3,474	6,65
K2b		225	3,344	3,566	3,480	6,63
K2c		220	3,351	3,571	3,485	6,59
K2d		220	3,354	3,574	3,488	6,54
K2e		210	3,358	3,577	3,491	6,53
K2f		200	3,368	3,584	3,498	6,40

4.2 Barit Agregalı Betonların Mekanik Özellikleri

Çalışma kapsamında üretilen 2 farklı su/çimento oranına sahip baritli beton serilerinin mekanik özellikleri çizelge 4.2 sunulmuştur.

Çizelge 4.2 Üretilen numunelerin ultrases hızları, schmidt sertlikleri, basınç dayanımları sonuçları

Seri Adı	S/Ç	Ultrases geçiş hızları (km/sn)	Schmidt sertlikleri (N/mm ²)	Basınç Dayanımları (Mpa)
K1a	0,5	3,13	12,6	26,2
K1b		3,29	13,8	27,2
K1c		3,30	14,4	27,2
K1d		3,37	14,7	27,6
K1e		3,40	14,1	28,1
K1f		3,51	15,9	28,4
K2a	0,46	3,59	15	28,6
K2b		3,62	15	29,5
K2c		3,69	15,6	29,8
K2d		4,37	16,2	30,1
K2e		4,56	18,9	31,5
K2f		5,15	19,2	32,9

4.3 Barit Agregalı Betonların Radyasyon Geçirgenlik Özellikleri

Lineer hızlandırıcı cihazında her karışıma ait 3 adet numunenin radyasyon soğurmaları sonucu ilettikleri radyasyon miktarlarının iyon odası cihazı ile ölçülmesi ile elde edilen radyasyon miktarları çizelge 4.3 de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Numunelerin radyasyon soğurmaları sonunda ölçülen radyasyon miktarları

Soğrulma Sonucunda Okunan Değer (I ₀) (cGy)					
Seri Adı	S/Ç	1. ÖLÇÜM	2. ÖLÇÜM	3. ÖLÇÜM	ORT
K1a	0,5	8,04	8,05	8,05	8,05
K1b		7,83	7,83	7,83	7,83
K1c		7,80	7,81	7,81	7,81
K1d		7,72	7,73	7,73	7,73
K1e		7,68	7,68	7,68	7,68
K1f		7,65	7,66	7,66	7,66
K2a	0,46	7,58	7,59	7,59	7,59
K2b		7,52	7,52	7,52	7,52
K2c		7,35	7,35	7,35	7,35
K2d		7,16	7,17	7,17	7,17
K2e		7,11	7,12	7,12	7,12
K2f		7,02	7,02	7,02	7,02

Her karışıma ait soğurma katsayısı (μ) ayrı ayrı hesaplanmıştır. Soğurma sonunda iletilen radyasyon miktarı (I), numuneye gelen ilk radyasyon miktarı (I_0) 42,95 cGy ve soğurucunun kalınlığı (x) bilindiğine göre (3.4) bağıntı kullanılarak her karışıma ait soğurma katsayısı (μ) hesaplanmıştır. Sonuçlar çizelge 4.4 de verilmiştir.

Çizelge 4.4 Numunelerin doğrusal soğurma katsayıları

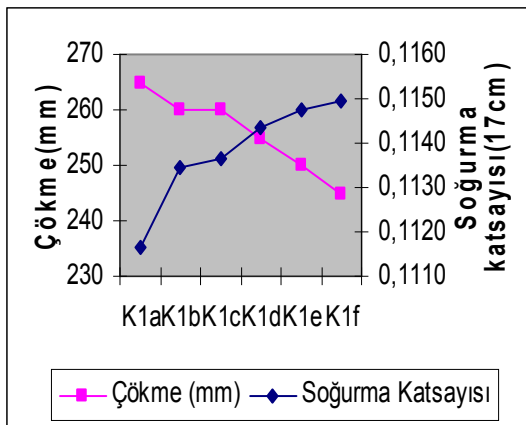
Doğrusal Soğurma Katsayıları (μ)(1/cm)					
Seri Adı	S/Ç	1. ÖLÇÜM	2. ÖLÇÜM	3. ÖLÇÜM	ORT
K1a	0,5	0,1117	0,1116	0,1116	0,1117
K1b		0,1135	0,1135	0,1135	0,1135
K1c		0,1137	0,1136	0,1136	0,1137
K1d		0,1144	0,1143	0,1143	0,1144
K1e		0,1148	0,1148	0,1148	0,1148
K1f		0,1150	0,1149	0,1149	0,1150
K2a	0,46	0,1156	0,1155	0,1155	0,1156
K2b		0,1162	0,1162	0,1162	0,1162
K2c		0,1177	0,1177	0,1177	0,1177
K2d		0,1194	0,1193	0,1193	0,1194
K2e		0,1199	0,1198	0,1198	0,1198
K2f		0,1208	0,1208	0,1208	0,1208

Doğrusal soğurma katsayıları hesaplanan numunelerin (3.6) bağıntısı kullanılarak kütleli soğurma katsayıları (μ_m) hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda bulunan değerler çizelge 4.5 de verilmiştir.

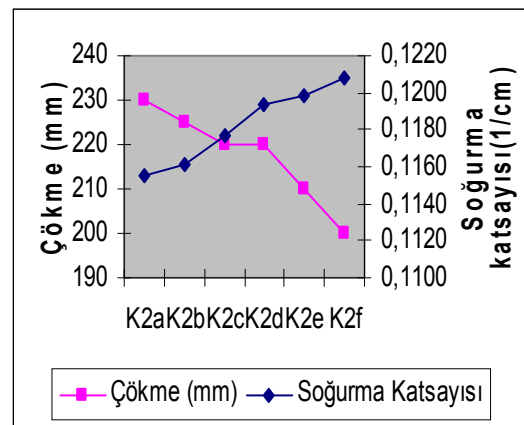
Çizelge 4.5 Numunelerin kütleli soğurma katsayıları

KÜTLESEL SOĞURMA KATSAYILARI (μm)(cm ² /gr)					
KARIŞIM	S/Ç	1. ÖLÇÜM	2. ÖLÇÜM	3. ÖLÇÜM	ORT
K1a	0,5	3,25E-02	3,24E-02	3,25E-02	3,25E-02
K1b		3,30E-02	3,29E-02	3,29E-02	3,29E-02
K1c		3,30E-02	3,30E-02	3,29E-02	3,30E-02
K1d		3,31E-02	3,31E-02	3,31E-02	3,31E-02
K1e		3,31E-02	3,32E-02	3,32E-02	3,32E-02
K1f		3,32E-02	3,32E-02	3,32E-02	3,32E-02
K2a	0,46	3,33E-02	3,32E-02	3,33E-02	3,33E-02
K2b		3,34E-02	3,34E-02	3,33E-02	3,34E-02
K2c		3,37E-02	3,38E-02	3,38E-02	3,38E-02
K2d		3,43E-02	3,42E-02	3,42E-02	3,42E-02
K2e		3,43E-02	3,43E-02	3,43E-02	3,43E-02
K2f		3,45E-02	3,45E-02	3,45E-02	3,45E-02

Yapılan deneyler sonucunda elde edilen sonuçlara göre; çökme miktarları, birim ağırlık değerleri, ultrases hızları, schmidt sertlikleri, su emme yüzdeleri, soğurma katsayısı değerleri ve basınç dayanımları gibi özelliklerin barit agregasının karışımlardaki oranlarına bağlı olarak değişimleri grafik ortamda gösterilerek ilişkileri incelenmiştir.

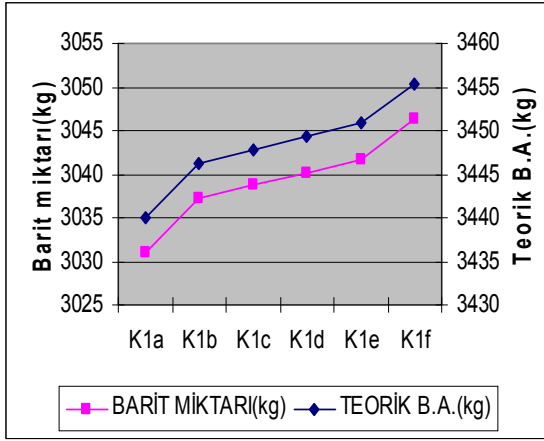


Şekil 4.1.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların çökme miktarı – soğurma katsayısı ilişkisi

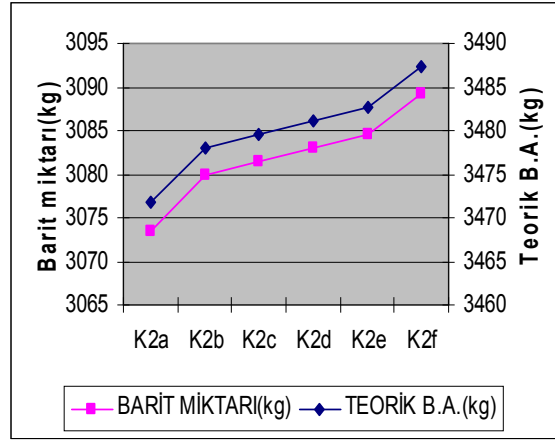


Şekil 4.1.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların çökme miktarı –soğurma katsayısı ilişkisi

Her iki su/çimento oranına sahip karışımlar incelendiğinde her iki su/çimento oranı içinde kıvamda meydana gelen artışla soğurma katsayısının ters orantılı olarak değiştiği görülmüştür. S/Ç oranı 0,50 olan karışımlarda en yüksek soğurma ve en düşük kıvama sahip olan K1f karışımında, s/ç oranı 0,46 olan karışımlarda en yüksek soğurma en düşük kıvama sahip olan K2f karışımında elde edildiği görülmüştür. Optimum kıvam K2b karışımında elde edilmiş.

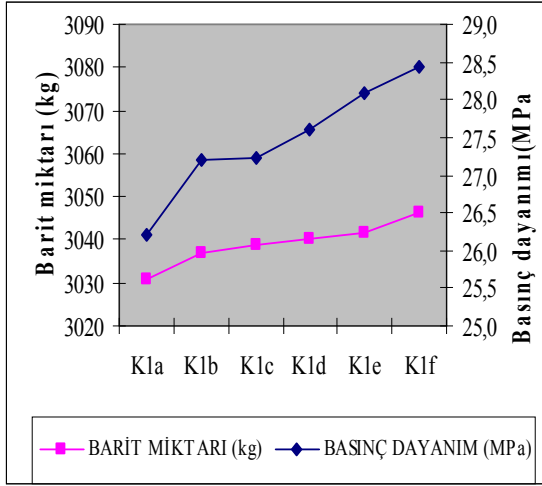


Şekil 4.2.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – teorik b.a. ilişkisi

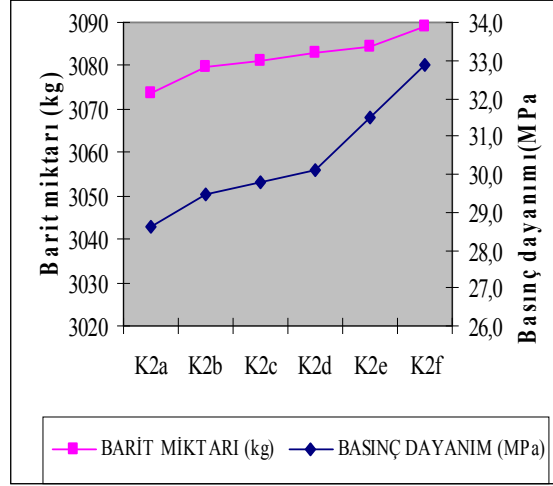


Şekil 4.2.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – teorik b.a. ilişkisi

Şekil 4.2.a ve Şekil 4.2.b incelendiğinde her iki su/çimento oranına sahip karışımlar içinde barit miktarındaki artışın teorik birim ağırlık artışını doğrudan etkilediği görülmüştür. 0,50 s/ç oranına sahip karışımlarda en yüksek birim ağırlık K1f karışımında, 0,46 s/ç oranına sahip karışımlarda ise K2f karışımında elde edilmiştir.

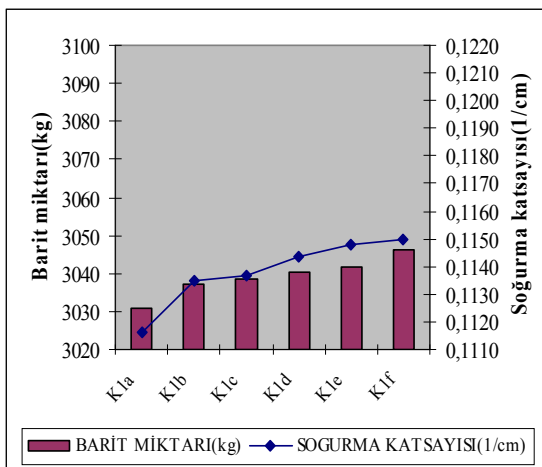


Şekil 4.3.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – basınç dayanımı ilişkisi

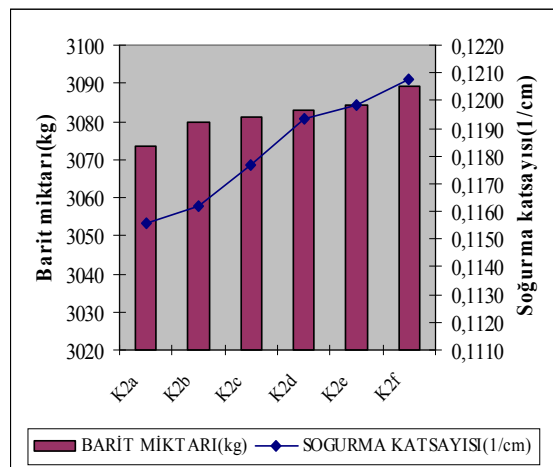


Şekil 4.3.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – basınç dayanımı ilişkisi

Şekil 4.3.a ve Şekil 4.3.b incelendiğinde her iki su/çimento oranına sahip karışımlar içinde barit miktarı artışının basınç dayanımını minimum düzeyde etkilediği görülmüştür. Hedeflenen mukavemet değeri bütün karışımlarda elde edilmiştir. En yüksek basınç dayanımları 0,50 s/ç için K1f karışımında, 0,46 için K2f karışımında elde edilmiştir.

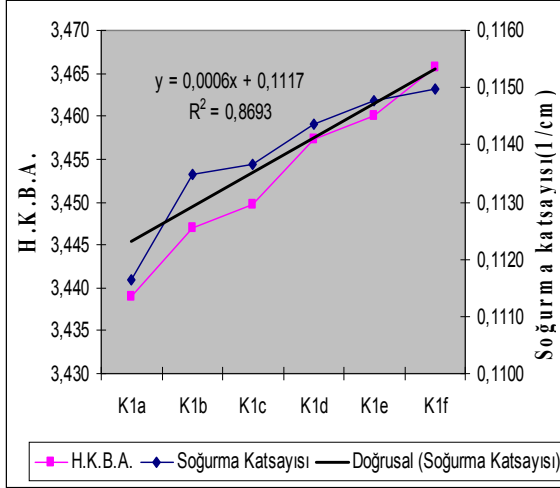


Şekil 4.4.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – soğurma katsayısı ilişkisi

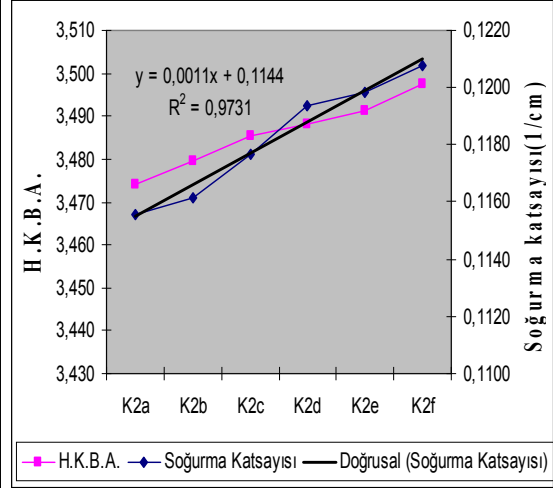


Şekil 4.4.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların barit miktarı – soğurma katsayısı ilişkisi

İki su/çimento oranına sahip karışımlar incelendiğinde her iki su/çimento oranı içinde barit miktarı artışının soğurma katsayısını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. En yüksek soğurma katsayısı 0,46 s/ç oranına sahip karışımlar içinde en fazla barit agregası kullanılan K2f’de görülmüştür. 0,50 s/ç oranına sahip karışımlar içinde en yüksek soğurma katsayısı K1f de elde edilmiştir.

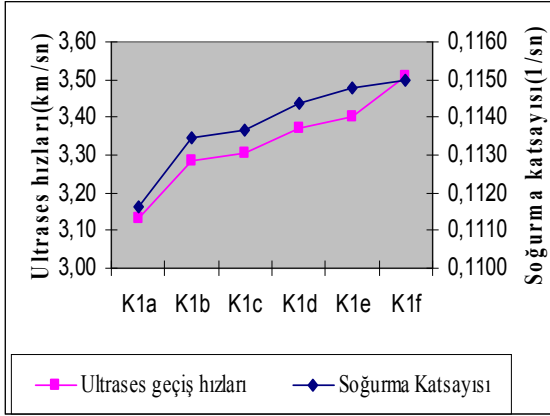


Şekil 4.5.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların birim ağırlık – soğurma katsayısı ilişkisi

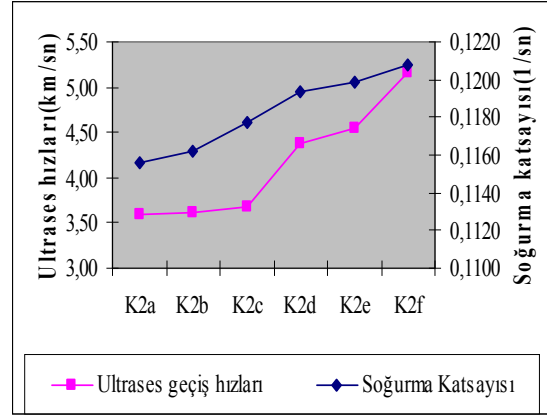


Şekil 4.5.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların birim ağırlık -soğurma katsayısı ilişkisi

Şekil 4.5.a ve şekil 4.5.b incelendiğinde beton serilerinde soğurma katsayısının birim ağırlık artışıyla arttığı ve regresyon katsayısının 0,46 s/ç oranına sahip seride 0,50 olan seriye göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Şekillerde verilen doğrusal eşitliklerde x birim ağırlık değerini, y soğurma katsayısı değerini temsil etmektedir.

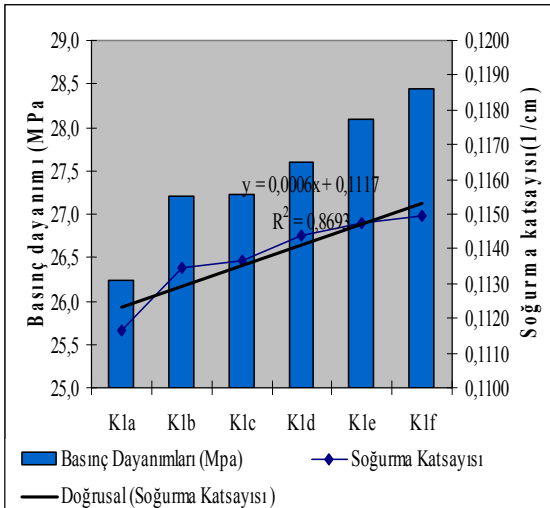


Şekil 4.6.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların ultrases hızı – soğurma katsayısı ilişkisi

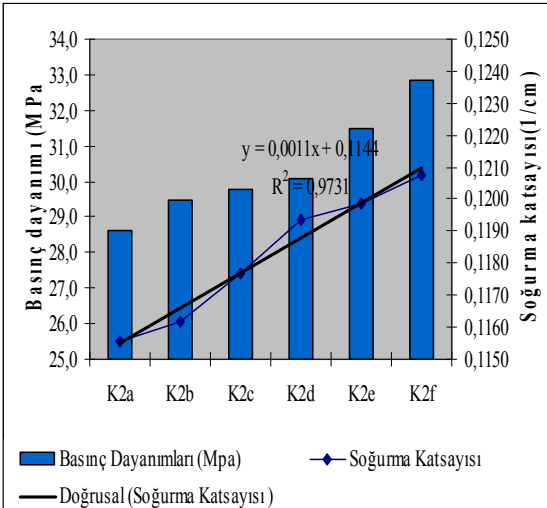


Şekil 4.6.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların ultrases hızı -soğurma katsayısı ilişkisi

İki farklı s/ç oranına sahip ultrases geçiş hızları incelendiğinde soğurma katsayılarının ultrases geçiş hızlarıyla doğru orantılı olarak arttığı görülmüştür. s/ç oranı 0,50 olan seri için elde edilen en yüksek soğurma katsayısının en yüksek ultrases hızına sahip olan K1f karışımında elde edildiği görülmüştür. s/ç oranı 0,46 olan seri için ise elde edilen en yüksek soğurma katsayısının en yüksek ultrases hızına sahip olan K2f karışımında elde edilmiştir.

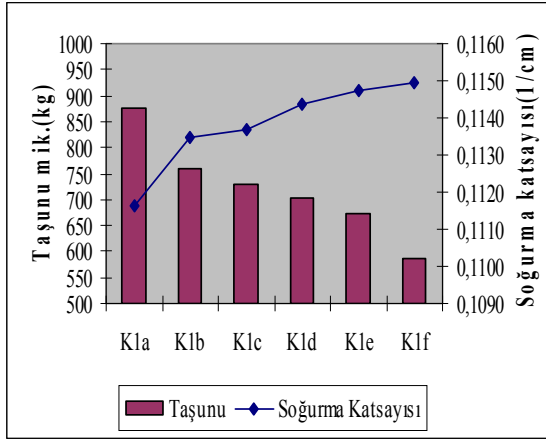


Şekil 4.7.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların basınç dayanımı - soğurma katsayısı ilişkisi

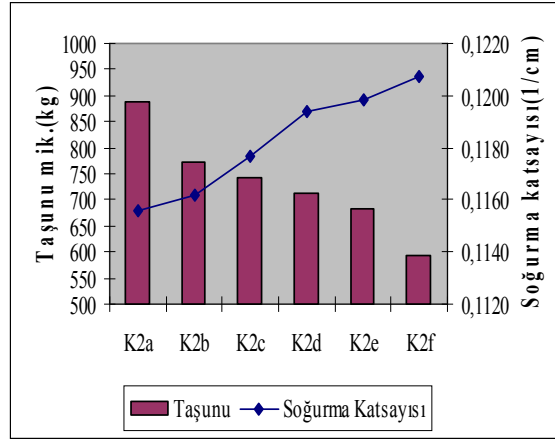


Şekil 4.7.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların basınç dayanımı - soğurma katsayısı ilişkisi

Şekil 4.7.a ve şekil 4.7.b incelendiğinde en yüksek soğurma katsayısı en yüksek basınç dayanımına sahip K1f ve K2f karışımlarında elde edilmiştir. 0,50 s/ç oranına sahip seride optimum soğurma K1e karışımında, 0,46 s/ç oranına sahip seride ise K2c karışımında elde edilmiştir.

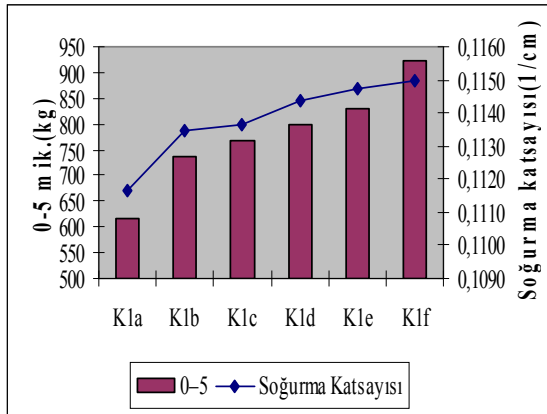


Şekil 4.8.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların taşunun mik. – soğurma katsayısı ilişkisi

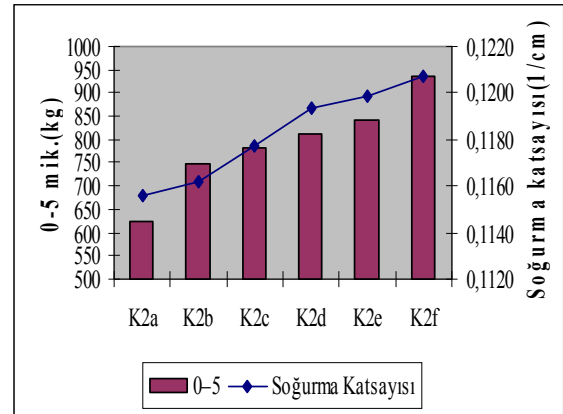


Şekil 4.8.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların taşunu mik. -soğurma katsayısı ilişkisi

Şekil 4.8.a ve şekil 4.8.b incelendiğinde soğurma katsayısının taşunu miktarı azalışıyla arttığı görülmüştür. Birinci ve ikinci serilerde en yüksek soğurma katsayıları K1f ve K2f karışımlarında elde edilmiştir.

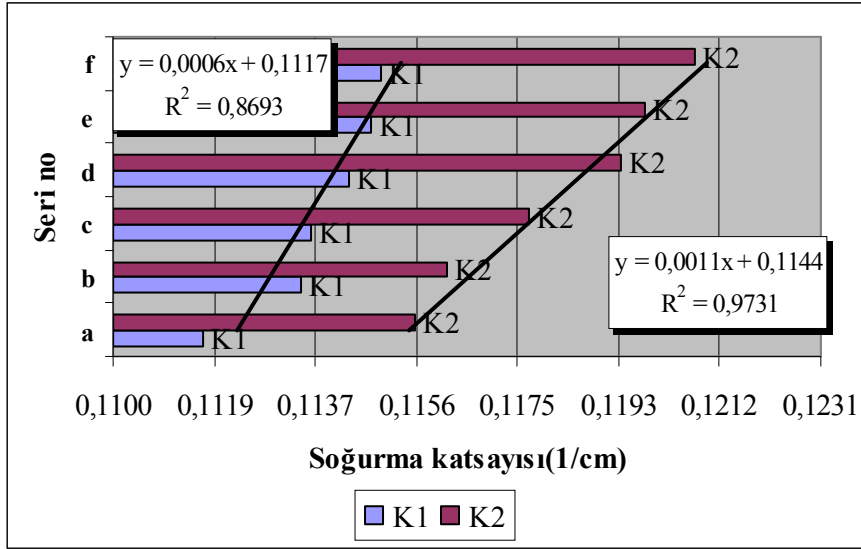


Şekil 4.9.a 0,50 S/Ç oranına sahip karışımların 0-5 mik. – soğurma katsayısı ilişkisi



Şekil 4.9.b 0,46 S/Ç oranına sahip karışımların 0-5 mik. -soğurma katsayısı ilişkisi

Şekil 4.9.a ve 4.9.b incelendiğinde 0-5 mm malzeme miktarında meydana gelen artışla soğurma katsayısının doğrusal olarak arttığı gözlenmiştir. 0,50 s/ç oranına sahip seride en yüksek soğurma katsayısı K1f de, 0,46 s/ç oranına sahip seride ise en yüksek soğurma katsayısı K2f karışımında elde edilmiştir.



Şekil 4.10 S/Ç Oranı Değişimi ile Soğurma Katsayısı Değişimi

Şekil 4.10 incelendiğinde su/çimento oranında meydana gelen %8 lik azalma her karışım incelendiğinde ortalama %3 lük bir artış meydana getirmiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan çalışmada ilgili literatür destekleri ile 5 farklı oranda kullanılan taşunu ve 0–5 mm boyutundaki barit agregaların değişimi ile optimum işlenebilirlik ve soğurma elde edilmek istenmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

Çökme miktarları incelendiğinde en yüksek soğurma katsayısının K2f nolu karışımda elde edildiği fakat hedeflenen çökmenin elde edilemediği gözlenmiştir. Hedeflenen çökme miktarının K2b nolu karışımda elde edildiği görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalar sonucunda beton sıkıştırmada yüksek frekanslı vibrasyonlar kullanılması ve yerleştirilmenin bu şekilde yapılması gerektiği belirtilmişti. Bu çalışmada daha düşük vibrasyon kullanarak ya da hiç kullanmayarak istenilen boşluksuz yapının elde edilebileceği görülmüştür.

Karışımların Ultrases deney sonucuna bakıldığında barit oranı arttıkça Ultrases geçiş hızının arttığı görülmüş. Beton dayanımıyla aralarında ultrases hızları arasında paralel bir ilişki bulunmaktadır.

Karışımlarda barit miktarındaki artışı ile hedeflenen birim ağırlık değerlerinde artış meydana gelmiştir. Barit miktarının artmasının birim ağırlıkta meydana gelen artışa paralel olduğu söylenebilir. En iyi birim ağırlık değeri K2f karışımında elde edilmiştir.

Barit miktarı artışı ile basınç dayanımı artışının paralel olduğu, fakat su/çimento oranındaki değişimin bu artışı etkilediği söylenebilir. 0,46 s/ç oranına sahip seride 0,50 s/ç oranına sahip seriye göre ortalama % 3 soğurma katsayısında artış meydana gelmiştir.

Yapılan çalışma sonunda en iyi soğurma katsayısı 0,46 s/ç oranı, %30 0-5mm barit ve %20 taşunu kullanılan K2f karışımında elde edilmiştir.

Karışımlardaki taşunu miktarı artışı boşluk miktarında azalmaya neden olmuş fakat soğurma miktarlarının da azalmasına neden olmuştur. Bunun nedeninin de kullanılan agregalar arasında en düşük özgül ağırlığa sahip malzemenin taşunu olmasıdır. Daha sonra yapılacak olan deneysel ya da endüstriyel çalışmalarda yüksek soğurma katsayısı elde etmek için yüksek yoğunluklu malzeme kullanmak gerekmektedir.

Düşük su/çimento oranında meydana gelen azalmada istenilen özelliklerin iyileştiği gözlenmiştir. Hem S/Ç oranında azalma hem de istenilen işlenebilirliği arttırmak için hazır beton üretiminde de kullanım alanı artan yeni nesil süper ya da hiper olarak adlandırılan kimyasal katkılar kullanılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Akkurt, I., Mavi, B., Akkurt, A., Başıyigit , C., Kılıçaslan, Ş., Yalın, H.A., 2005, “Study On Z Dependence Of Partial and Total Mass Attenuation Coefficients, Journal of Quantative Spectroscopy and Radiative Transfer ”, 94, Issues 3-4, 379-385.
- Ayan, M., 1979, “Dünyada Barit ve Geleceği”, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Dergisi, sf 59.
- Durmuş, A. Gürsoy, Y., 2000, “Doğu Karadeniz Bölgesi Doğal Agregalarından Biriyle Üretilen Ağır Betonun Başlıca Özellikleri”, Hazır Beton Yayın Organı, Hazır Beton Dergisi, sayı: 38-39-40.
- Cengiz, O., 1997, “Şarkikaraağaç (Isparta) ve Hüyük-Doğanhisar (Konya) Arasındaki Barit Yatakları ve Oluşumu”, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Coşkun U., 2004, “Agrega Granülometrisinin Yüksek Performanslı Beton Özelliklerine Etkisi” Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon.
- 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.
- Erdoğan, T. Y., 2007, “Beton”, ODTÜ Yayıncılık, Ankara, Mart, 6-7-8 sf
- Kaplan, I., 1964 “**Nuclear Physics**, Second Edition Addison –Wesley Publusing Company, Inc, London.
- Kıran, D., 2004, “Şarkikaraağaç-Isparta ve Çevresindeki Barit Cevherleşmelerinin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özalpan, A., 1980, “Radyobioloji”, İ.Ü. Fen Fakültesi Basımevi No: 152, İstanbul.

- Price, B.T., Horton, C.C. and Spinney, K.T., 1957 “Radiation Shielding”, Pergamon Pres, London-New York.
- Shapiro, J., 1972, “**Radiation Protection**”, Harward University Pres. Cambridge.
- Topçu, İ. B., 2000, “İleri Beton Teknolojisi Ders Notları”, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Eskişehir.
- TS 802, 1985, “Beton Karışımı Hesap Esasları”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12350–2, 2002 “Beton - Taze beton deneyleri - Bölüm 2: Çökme (slamp) Deneyi”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12504–2, 2004 “Yapılarda Beton Deneyleri - Bölüm 2: Tahribatsız Deneyler - Geri Sıçrama Değerinin Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Aralık, Ankara.
- TS 3624, 1981, “Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme ve Boşluk Oranı Tayin Metodu”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390–3, 2003 “Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Tüysüz, M.Z., 2004, “Co-60 Teleterapi Kaynağı İçin Monte Carlo Yöntemiyle Uygun Zırh Tasarımı” Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Fakültesi, Şanlıurfa.
- Ultrases Deneyi, ASTM C597–83, 1994, “Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete”, Annual Book of ASTM Standarts.
- Yılmaz, K., 1988, “Yapı Malzemesi Beton Teknolojisi”, Mart.
- Yılmaz, B., 2009, “Muş Yöresinden Temin Edilen Barit’in Kullanımı İle Elde Edilen Ağır Betonun Fiziksel ve Mekaniksel Özelliklerinin Araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.

İnternet Kaynağı

- 1-<http://www.zamandayolculuk.com/cetinbal/KUANTUMKURAMISAY.HTM>, 14.06.2008
- 2-<http://thm.ankara.edu.tr/tac/YAZOKULU/yazokulu2/dersnotlari/FotonDozimetrisi.pdf>, 22.09.2009
- 3-http://www.maden.org.tr/resimler.ekler/40a99f23e896076_ek.pdf, 12.07.09
- 4-<http://www.taek.gov.tr>, 28.11.08
- 5-<http://www.ado-baser.com/agr.html>, 07.01.09
- 6-<http://www.kirklareliuniversitesi.net/konu-universite-radyasyonun-canlilar-uzerindeki-etkileri-saglik-fizigi.html>, 09.02.08
- 7- <http://www.msxlabs.org>, 23.04.09
- 8- <http://www.yararlibilgiler.net>, 10.02.09

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı Ayşegül COŞKUN

Doğum Yeri ANKARA

Doğum Tarihi 1982

Medeni Hali EVLİ

Yabancı Dili İNGİLİZCE

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise Gazi Endüstri Meslek Lisesi, 1999

Lisans Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2004

Yüksek Lisans Afyon Kocatepe Üniversitesi, -

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl aralığı

Tümtaş A.Ş. Afyonkarahisar , 2005 – 2006

Modern Beton İzmir , 2006 – (Devam)