

# BARİT AGREGALI AĞIR BETONLARIN RADYASYON ZIRHLAMA AMACIYLA KULLANIMININ ARAŞTIRILMASI

Şemsettin KILINÇARSLAN, Celalettin BAŞYİĞİT, İskender AKKURT\*

Yapı Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Isparta

\* Fizik Bölümü, Fen Edebiyat Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta

[seref@tef.sdu.edu.tr](mailto:seref@tef.sdu.edu.tr), [cbasyigit@tef.sdu.edu.tr](mailto:cbasyigit@tef.sdu.edu.tr), [iskender@fef.sdu.edu.tr](mailto:iskender@fef.sdu.edu.tr)

(Geliş/Received: 04.06.2006; Kabul/Accepted: 05.04.2007)

## ÖZET

Bu araştırmada; belli oranlarda barit ve normal agrega kullanılarak C20, C30 ve C40 dayanım sınıfına sahip üç farklı seri betonlar üretilmiştir. Elde edilen beton serilerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile radyasyon soğurma katsayıları bulunmuştur. Beton bileşimleri ve agregadaki barit miktarı değişiminin beton dayanım değerlerini ve lineer soğurma katsayılarının değişimi incelenmiş ve hangi oranlarda değiştirdiği istatistiksel analizler ile belirlenmiştir. Çalışma neticesi normal agrega yerine barit kullanılması ile barit oranı artışı ile lineer soğurma katsayısının arttığı, fiziksel ve mekanik dayanımlarda değişme olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Barit, ağır beton, radyasyon zırhlama, lineer soğurma.

## INVESTIGATION OF HEAVYWEIGHT CONCRETE WITH BARITE AGGREGATES FOR RADIATION SHIELDING

### ABSTRACT

In this work, C20, C30 and C40 classification types of concrete where normal aggregate and barite were used as an aggregate have been produce in three different series. The physical properties, mechanical properties and radiation absorption coefficients of these produced concrete have been obtained. The variation of constituent of concrete and the rate of barite in aggregate as a function of strength and linear attenuation coefficients have been obtained by statistical analysis. It has been found that using barite instead of normal aggregate increased linear absorption coefficients and changed the physical and mechanical properties of concrete.

**Keywords:** Barite, heavyweight concrete, radiation shielding, linear absorption.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Modern toplumlarda radyasyonların çeşitli şekillerde, giderek artan amaçlarla kullanılması, bütün canlıları biyolojik risk altına sokmaktadır. Günümüzde radyasyonun temel bilimde, tıpta, tarımda, endüstride ve askeri amaçlarla kullanışı, çok büyük ve geniş boyutlara ulaşmıştır. Dünyada tıp, bilimsel araştırma, enerji, tarım ve endüstride ihtiyaçları gidermek için üç binden fazla nükleer tesis, bunlara ek olarak tıp merkezlerinde tedavi ve teşhis amacı ile radyasyon ışınları kullanılmaktadır [1].

Radyasyon, dalga, parçacık veya foton olarak adlandırılan enerji paketleri ile yayılan enerjidir [2]. Radyasyondan korunmanın üç temel unsuru zaman, mesafe ve zırhlama kuralıdır. Radyasyon kaynağı ile insan arasına zırhlama malzemesi konulmasıyla maruz kalınacak doz azaltılır. X ve gama ışınlarının zırhlanması, zırh malzemesinin yoğunluğuna bağlıdır [3].

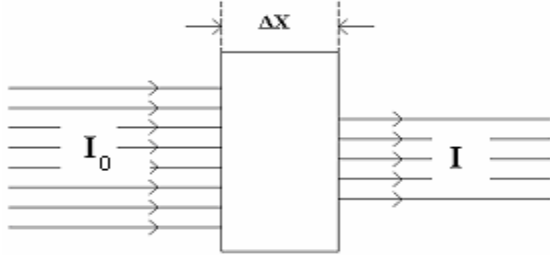
Bu zırhları gerçekleştirmede ağır agregalı betonlar en elverişli malzeme olmaktadır. Ağır betonlar; kayma ve devrilmeye karşı emniyette olmayan yapılarda ağırlığından dolayı kullanılmakla beraber, radyoaktif

maddelerin yaydığı nükleer ışıklardan özellikle cisimlerin içine girebilen öldürücü nötron ve  $\gamma$  ışınlarına karşı korunmak için gerçekleştirilen yapılarda kullanılır [4].

X ve gama ışınları madde içinde başlıca üç çeşit etkileşme ile enerji kaybederler.

- Atomun iç yörünge 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 ışınlarının enerjileri ile etkileşen maddenin atom numarasına bağlı olarak değişir [5]. Gelen radyasyonun şiddetindeki azalmaya radyasyonun zayıflaması veya zayıflatılması, etkileştiği maddede terk edilen enerjiye de soğurulma denilir [6].



**Şekil 1.** X ve gama ışınlarının soğurulmaları (Absorbation of X and gamma rays)

$I$  şiddetinde paralel bir gama radyasyon demeti,  $\Delta x$  kalınlığındaki bir soğurucuda  $\Delta I$  kadar azalır

$$\Delta I = -\mu I \Delta x \quad (1)$$

Bu eşitliğin integrali alınırsa,

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

elde edilir. Burada  $I$  soğurucudan çıkan,  $I_0$  da soğurucuya giren radyasyonun şiddetini,  $x$  soğurucunun kalınlığını,  $\mu$  ise lineer soğurma katsayısını gösterir.

Bir madde ile fotonun enerjisine bağlı olarak etkileşmesi üç farklı şekilde olduğundan lineer soğurma katsayısı ( $\mu$ ) bu üç etkileşmenin toplamıdır.

$$\mu = \tau + \sigma + K \quad (3)$$

Burada;  $\tau$  fotoelektrik soğurma katsayısını,  $\sigma$  Compton soğurma katsayısını ve  $K$  çift oluşumu soğurma katsayısını göstermek üzere üç ayrı enerji kaybetme olayının soğurma katsayılarının toplamına eşittir. Lineer soğurma katsayısının soğurucunun özgül ağırlığına bölümü ile kütle soğurma katsayısı ( $\mu_m$ ) elde edilir.

$$\mu_m = \mu / \rho \quad (4)$$

## 2. KULLANILAN MALZEMELER ve DENEYSEL YÖNTEM (MATERIALS AND METHODS)

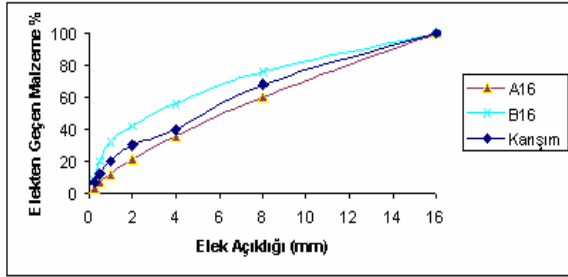
Çalışmada; Isparta bölgesinin önemli agregaya ihtiyacını karşılayan Isparta-Atabey kum çakıl ocağından temin edilen kalker kökenli agregaya [7] ve Ş.Karaağaç Maden İşletmelerinden temin edilen barit olmak üzere iki tip malzeme kullanılmıştır. Agregaya karışım oranları % 40 kum (dane çapı 0-4 mm) ve % 60 çakıl (4-16 mm.) alınmış ve A16-B16 bölgesi [8] içinde kalacak şekilde ayarlanmış ve deneyde kullanılan agregaya granulometri eğrisi Şekil 2 de verilmiştir. Karışım hesapları, üretilecek betonun kuru plastik kıvamda ve maksimum dane çapı 16 mm. olacak şekilde mutlak hacim yöntemine göre yapılmıştır [9]. Bu çalışmada; agregadaki barit oranı ve boyutun radyasyonun zayıflatılmasına ve beton dayanımına etkisini araştırabilmek için, normal agregaya yerine barit belli oranlarda ve belirli dane boyutlarında kullanılmıştır. Bu amaçla hesaplanan agregaya miktarının tamamı normal agregaya olmak üzere A serisi kontrol betonları üretilmiştir. Agregaya hacmi kadar aynı hacimde barit kullanılarak B serisi betonlar üretilmiştir. Karışımındaki normal agregaya hacminin, yarısı normal agregaya ve yarısı da barit kullanılarak K serisi betonlar üretilmiştir. Karışımında hesaplanan, ince malzeme hacmi kadar barit ve kaba malzeme olarak da normal agregaya kullanılmak sureti ile BA serisi betonlar üretilmiştir. Yine karışımındaki kaba malzeme hacmi kadar barit kullanılmak sureti ile de AB serisi betonlar üretilmiştir.

Su/ Çimento (S/Ç) oranı üretilecek betonların 28 günlük basınç dayanımı göz önüne alınarak seçilmiştir. Bu çalışmada normal (C20, C30, C40) dayanımlı betonların üretilmesi hedeflenmiştir. Ön deneyler sonucunda çimentonun CEM I 42.5 R olmasına ve S/Ç oranlarının sırasıyla 0.65, 0.51 ve 0.43 olmasına karar verilmiştir. TS 802 'de belirtilen karışım suyu ve hava miktarları alınarak, deneylerde kullanılan 1 m<sup>3</sup> sıkıştırılmış betonda bulunacak beton bileşenlerinin miktarları Çizelge 1' de verilmiştir.

Çeşitli deneylerde kullanılmak üzere; her seri beton için 20 adet 150 x 300 mm. standart silindir numune ve 100 mm. kübik numune üretilmiştir. Numuneler deneylerin yapılacağı güne kadar bağıl nemi % 65 olan ve sıcaklığı 22 °C olan kür odasında saklanmıştır. Beton karışımında kullanılan çimento Göltaş Çimento fabrikasından alınmıştır. Çizelge 2' de çimento, barit ve normal agregaya ait kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Agregaya ait kimyasal analizler Göltaş Çimento Fabrikası'nda yapılmış, barit kimyasal analizi [10] den alınmıştır. Çimentoya ait fiziksel ve mekanik özellikler Çizelge 3' de verilmiştir.

**Çizelge 1.** Karışıma giren beton bileşenleri ( $\text{kg/m}^3$ )  
(Amounts of heavyweight concrete composition)

Beton	Su	Çimento	İnce Agregat	Kaba Agregat	İnce Barit	Kaba Barit
A <sub>20</sub>	201	310	697	1092		
B <sub>20</sub>					1113	1700
AB <sub>20</sub>			697			1700
BA <sub>20</sub>				1092	1113	
K <sub>20</sub>			349	545	557	850
A <sub>30</sub>	184	362	697	1092		
B <sub>30</sub>					1114	1701
AB <sub>30</sub>			697			1701
BA <sub>30</sub>				1092	1114	
K <sub>30</sub>			349	547	558	850
A <sub>40</sub>	183	425	679	1061		
B <sub>40</sub>					1083	1653
AB <sub>40</sub>			679			1653
BA <sub>40</sub>				1061	1083	
K <sub>40</sub>			340	581	541	826



**Şekil 2.** Beton yapımında kullanılan agreganın granulometri eğrisi  
(Grading Curve of Aggregate with Reference Curves)

**Çizelge 2.** Çimento, barit ve agreganın kimyasal analiz % değerleri  
(Chemical composition of cement, barite and aggregate %)

	Çimento	Normal Agregat	Barit
CaO	0.61	0.382	0.0084
MgO	0.03	0.138	0.005
K <sub>2</sub> O	0.001	0.00008	0.0002
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0328	0.00018	0.00025
SiO <sub>2</sub>	0.225	0.0387	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.07	0.0036	0.01
BaSO <sub>4</sub>			0.922
CaCO <sub>3</sub>			0.02

**Çizelge 3.** CEM I 42.5 R Çimentosuna ait bazı fiziksel ve mekanik dayanım değerleri (Physical and mechanical properties of CEM I 42.5 R)

İncelik 90 $\mu$	Blaine ( $\text{cm}^2/\text{g}$ )	Özgül Ağırlık ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	Eğilme Dayanımı (MPa)	Basınç Dayanımı (MPa)
0.1	2919	3.12	7.88	55.8

Hazırlanan betonların radyasyon soğurma katsayıları hem teorik hem de deneysel olarak yapılmıştır. Teorik hesaplar; XCOM adlı bilgisayar programı [8] kullanılarak elde edilmiştir. Bu program foton enerjisi 1keV'dan 100 GeV'ye kadar olan herhangi bir element veya malzemenin kütleli soğurma katsayılarını hesaplayarak fotoelektrik, Compton ve çift oluşumuna ait lineer soğurma katsayılarını ayrı ayrı hesaplayarak toplam kütleli zayıflatma katsayılarını verir.

Baritli betonların lineer soğurma katsayısının deneysel ölçümü; Türkiye Atom Enerjisi Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi Sağlık Fizik Bölümü kapsamında bulunan Standart Sekonder Dozimetri Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde; her seri beton için hazırlanan 33\*33\*2 cm.'lik plaklar kullanılmıştır.

Elde edilen sonuçların değerlendirilip barit oranının katkısının belirlenmesi; SPSS istatistik yazılım programı kullanılarak yapılmıştır. Değerlendirme yapılırken güven aralığı % 95 seçilmiştir. Agregadaki barit ve S/Ç oranı değişiminin beton özelliklerini etkileme hassasiyetini belirlemek için iki yönlü varyans analizi yapılmıştır.

Agregadaki barit ve S/Ç oranının değişiminin betondaki basınç dayanımı değerlerini ve lineer soğurma katsayısı değişimini incelemek ve hangi oranlarda değiştirdiğini belirlemek için regresyon analizi yapılmıştır. Karşılaştırmalar sonunda anlamlı değerler verilmiştir. Regresyon modellemesinde regresyon katsayıları en yüksek çıkan; lineer; üstel ve kuadratik çözümlerine ait denklemler kurulmuştur.

### 3. DENEYSEL BULGULAR VE SONUÇLAR (TEST RESULTS AND SUGGESTIONS)

Barit ve normal agreganın özelliklerini belirlemek için yapılan tüm agregat deney sonuçları ve deneylerin yapıldığı ilgili Türk Standartları Çizelge 4. 'de verilmiştir. Baritin petrografik özelliklerini araştırmak için SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Bölümünde ince kesiti alınarak incelenmiştir. Baritler polarizan mikroskopta incelendiği zaman genellikle küçük (0.0001-1.50 mm) ve iri (1.60-5.55 mm) kristallidir. Kristaller; öz şekilli, yarı şekilli ve şekilsizdirler. Küçük kristalli çimento şeklindeki mikrokristalen baritler, eş taneli, mozayik dokulu, elipsoidal şekilli, iki yönde belirgin dilinimli ve yönlümlidir. İri kristalli baritler porfiroblastik dokulu gözlenmesi, yönlümlenme göstermesi, porfiroblastik dokulu olması ve yeniden kristallenmesi onun oluşumundan sonra düşük dereceli metamorfizma geçirdiğini belirtmektedir.

**Çizelge 4.** Agregata ve baritin fiziksel ve mekanik deney değerleri (Physical and mechanical properties of aggregate and barite)

	Deney		Barit	Normal Agregata	İlgili Türk Standartı	
	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )					
Fiziksel Özellikler	Özgül Ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	4 mm üst	4	2.66	TS 707	
		4 mm alt	4	2.50		
	Su emme %	4 mm üst	0.24	1.20	TS 3526	
		4 mm alt	1.00	5.02		
	Birim ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )	4 mm üst	Sıkı	2.85	1.77	TS 3529
			Gevşek	2.19	1.47	
		4 mm alt	Sıkı	2.85	1.75	
			Gevşek	2.53	1.48	
	İncelik Modülü (I)			4.31	3.69	TS 706
	İnce madde %			0.5	3.46	TS 3527
Mekanik Özellikler	Basınç Dayanımı (Küp ve yüzeyi 50 cm <sup>2</sup> ) MPa		26.25	57.45	TS 699	
	Aşınma Kaybı (100 devir) %		59	26	TS 3694	
	Aşınma Kaybı (500 devir) %		99	48	TS 3694	
	Donmaya Karşı Dayanıklılığı (Kimyasal Metot – NaSO <sub>4</sub> )		2.81	4.83	TS 3655	

**Çizelge 5.** Üretilen betonların çökme miktarları, ultrases geçiş hızı, Schmidt sertliği ve basınç dayanımı deney sonuçları (Results of physical and mechanical experiments of produced concretes)

Beton Serisi	S/Ç	Çökme (mm.)	Ultrases Hızı (km/s)	Schmidt Sertliği	Basınç Dayanımı		
					7 günlük (MPa)	28 günlük (MPa)	90 günlük (MPa)
A2	0.65	75	4.56	32.3	17.4	24.7	35.1
B2		68	4.56	34.1	18.6	27.4	33.1
AB2		69	4.52	34.0	18.2	27.0	36.9
BA2		70	4.52	31.9	17.8	25.0	37.1
K2		71	4.60	32.4	18.1	26.2	38.1
A3	0.51	72	4.66	41.2	30.5	38.6	49.5
B3		65	4.69	40.4	23.9	37.3	46.4
AB3		68	4.62	40.9	28.0	38.4	48.1
BA3		70	4.61	40.7	27.4	37.8	48.9
K3		69	4.68	40.9	27.8	38.0	47.4
A4	0.43	45	4.89	47.1	43.1	51.9	59.8
B4		38	4.71	41.1	36.9	38.8	47.4
AB4		40	4.76	45.8	38.1	47.1	54.5
BA4		40	4.63	41.2	35.0	40.0	52.3
K4		41	4.75	42.7	37.6	43.3	57.5

Barit ve Atabey agregası için yapılan yeterlilik deneylerinde; baritin birçok özelliğinin ilgili standartlardaki belirtilen değer aralığında çıkmıştır. Bu özelliklerinden dolayı, baritin beton içinde agregata olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Çizelge 5’de verilen ultrases hızları, Schmidt sertliği, 7 günlük ve 90 günlük basınç dayanımları mekanik özelliklerini daha iyi ortaya koymak ve 28 günlük basınç dayanımları ile ilişkisini ortaya çıkarmak için verilmiştir. Basınç dayanım deney değerleri silindirik numuneler ile elde edilmiştir.

Barit oranına bağlı betonlarda meydana gelen değişiklikleri gösteren iki yönlü varyans analizi değerleri Çizelge 6’da verilmiştir. Varyans analizi değerlerini incelediğimiz zaman etken kaynağı olarak agregadaki barit oranının değişimi, bağımlı değişkenlerde sırasıyla yoğunluk, 28 günlük basınç dayanımı, ultrases hızı, Schmidt sertliği, Sezyum kaynağı için deneysel ve teorik olarak bulunan lineer soğurma katsayısı ( $\mu$ ) değerleridir.

**Çizelge 6.** Barit oranına bağlı iki yönlü varyans analizi değerleri (Two direction variant analysis values depend on barite ratio)

Etken Kaynağı	Bağımlı Değişken	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Varyans Oranı F	Anlamlılık Derecesi
Barit %	Yoğunluk	3.091	0.773	79.136	.000
	Bas. Day.	50.190	12.547	2.841	.062
	Ultras	2.889E-02	7.222E-03	4.103	.057
	Schmidt	13.758	3.439	2.559	.082
	Deneyseel $\mu$	1.035E-02	2.587E-03	102.609	.000
	Teorik $\mu$	1.965E-02	4.914E-03	79.841	.000

Anlamlılık derecesinin % 95 güven sınırında 0.05'den küçük çıkması etkilenen değişkenler arasında ilişkinin var olduğunu gösterir. Buna göre; tüm beton serileri için gerek barit oranının değişimi ile ve gerekse barit boyutunun değişimi betonun basınç dayanımını belirleyen 28 günlük basınç dayanımı, ultras hızı ve Schmidt sertlikleri arasında ilişki bulunmamıştır. Barit oranının değişimi ve barit dane büyüklüğü faktörü betonlardaki basınç dayanımı değerlerini etkilememektedir. Barit oranı arttıkça yoğunluk da artmaktadır.

Lineer soğurma katsayısını belirleyen iki bağımlı değişkenin anlamlık değeri 0.000 bulunmuştur. Barit oranının arştı ile tüm beton serilerinde lineer soğurma katsayısı değeri arasında anlamlı bir ilişki vardır. Barit oranının artması radyasyon geçirgenliği değerlerini etkilemiştir.

Regresyon modellemesi yapılırken, barit oranına bağlı olarak, yoğunluk, 28 günlük basınç dayanımı, ultras geçiş hızı, Schmidt sertliği, Cs137 için deneyseel ve teorik olarak hesaplanan lineer soğurma katsayısı değerleri için yapılmıştır. Barit oranı "0" olan beton A serisini, "50" K serisini, "60" BA serisini, "70" AB serisini ve "100" B serisini temsil etmektedir.

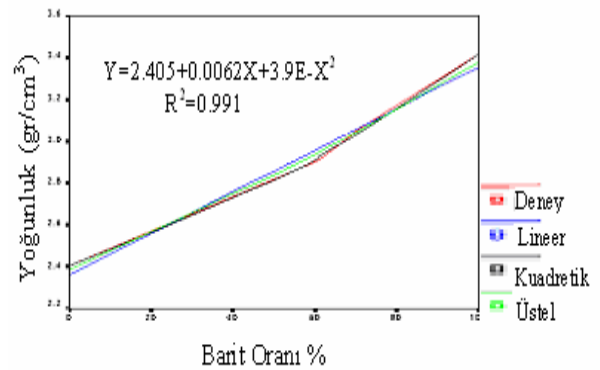
Agregadaki barit oranının değişimi ile anlamlı derecede ilişki bulunan betondaki yoğunluk ve lineer soğurma katsayısına ait regresyon denklem değerleri Çizelge 7' de verilmiştir.

Çizelge 7 incelendiği zaman; betonlarda barit oranının değişimi ile en iyi ilişkinin beton yoğunluğuna ait olduğu görülür. Cs<sup>137</sup> için teorik olarak hesaplanan lineer zayıflatma katsayılarının barit oranı ile arasında yüksek bir ilişki vardır. Bunun sebebi; teorik olarak hesaplanan değerlerin, beton bileşenlerinin kimyasal oranlarına bağlı olmasıdır.

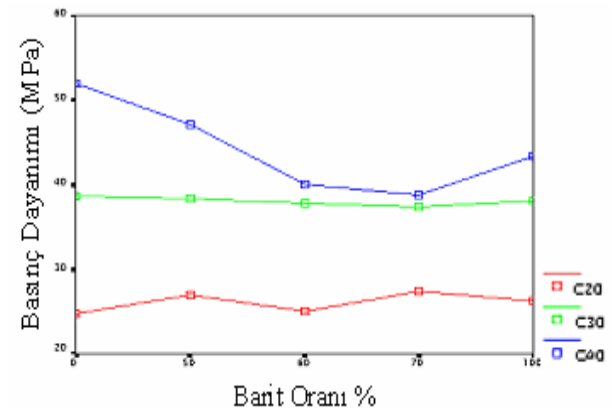
**Çizelge 7.** Agregadaki barit oranının değişiminin beton özelliklerine etkisi (Effects barite ratio changes on concrete properties)

Bağımlı	Mth	Reg.	Anl. Der.	b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
Yoğunluk	KUA	0.991	.000	2.4489	.0056	4.5E-05
Deneyseel $\mu$	ÜST	0.921	.000	.0869	.0051	4.5E-06
Teorik $\mu$	KUA	0.990	.000	.1904	.0005	3.5E-06

Barit oranı ile lineer soğurma katsayısı arasında regresyon değerleri yüksek çıkmıştır. Deneyseel ve teorik olarak lineer soğurma katsayısı için regresyon değerleri ve denklemleri birbirine yakındır. Bu; iki yöntem sonuçlarının birbirine yakın değerler verdiğini de göstermektedir.

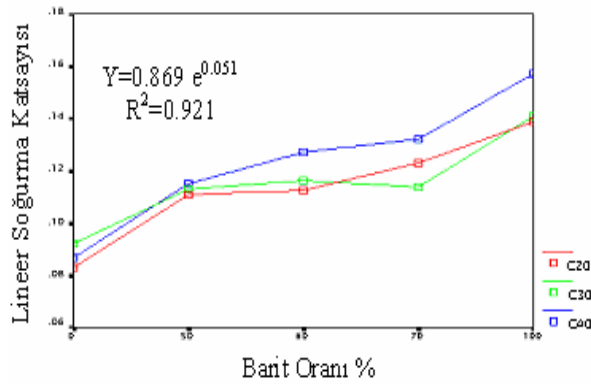
**Şekil 3.** Barit oranı ile yoğunluk arasındaki regresyon ilişkisi (Regration relation with barite ratio and density)

Şekil 3. incelendiği zaman beton serilerinde yoğunluk barit oranı ile arttığı ve regrasyon katsayısının çok yüksek değerde olduğu görülmektedir. Barit oranı ile yoğunluk arasında  $Y = 2.405 + 0.0062X + 3.9E-5X^2$  kuadretik eşitliği verilmiştir. Denklemden Y, betonların birim kütlelerini, X ise agregadaki barit yüzdesini temsil etmektedir.

**Şekil 4.** Barit oranı ile basınç dayanımı değerinin değişimi (Change of barite ratio with compressive strength)

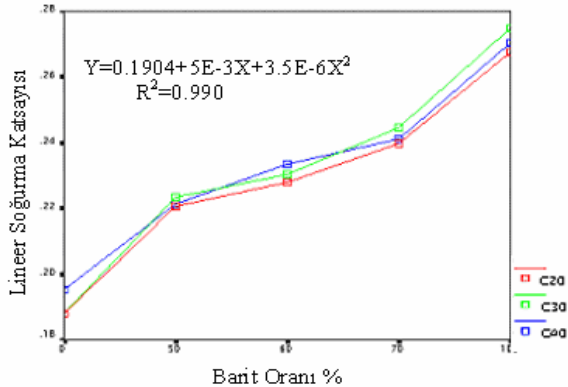
Şekil 4. incelendiği zaman, C30 grubu betonların 28 günlük basınç dayanımlarının barit oranı ile değişmediği, sabit kaldığı görülmektedir. C20 grubu

betonların agregadaki barit oranının artması ile basınç dayanımının az miktarda da olsa arttığı görülmektedir. Barit boyutu fonksiyonunun önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür. C40 grubu betonlarda agregadaki barit miktarı arttıkça basınç dayanımının azaldığı görülmektedir. A serisi betonlarda S/Ç ile beklendiği şekilde artarken, barit katkılı betonlarda C40 grubu betonlarda artmamaktadır. C40 gibi yüksek basınç dayanımına sahip baritli betonlar üretilmediği görülmektedir. Bunun sebebi S/Ç oranı düştükçe beton içindeki barit homojen bir şekilde karıştırılamamaktadır. Beton bileşenleri içinde homojenliğin sağlanamaması basınç dayanımının düşmesine sebep olmaktadır. C40 sınıfı betonlarda baritli betonlar üretilirken katkı maddeleri kullanılmalıdır. Katkı malzemesi olarak hava sürükleyici katkılara öncelik verilmelidir.



**Şekil 5.** Beton serilerinde barit oranı ile lineer soğurma katsayısının (Cs<sub>137</sub> Deneysel) değişimi  
(Experiment changes of barite ratio between linear attenuation coefficient)

Şekil 5. incelendiği zaman beton serilerinde, barit oranına bağlı olarak lineer soğurma katsayısı artmaktadır. C20 ve C40 serisi betonlar birbirine paralel giderken, C30 serisi AB grubu betonda bir değişim gözlenmektedir.



**Şekil 6.** Beton serilerinde barit oranı ile lineer soğurma katsayısının (Cs<sub>137</sub> Teorik) değişimi  
(Theoretical changes of barite ratio between linear attenuation coefficient)

Şekil 6 incelendiği zaman; teorik olarak bulunan Cs<sub>137</sub> için lineer soğurma katsayısı her üç beton

serisinde de barit oranı ile arttığı ve üç beton serisinde aynı barit oranında değerlerin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDS)

Yapılan agregaya yeterlilik deneylerinde genel anlamda baritin agregaya olarak kullanılabilirliği, hatta birçok mühendislik özelliğinin standartlarda istenilen değerin çok üstünde olduğu tespit edilmiştir. Ancak baritin basınç dayanımının ve aşınma kaybının standart değerlerin altında kaldığı görülmüştür. Baritin bu özelliğinin; barit agregalı betonların basınç dayanımı değerlerini etkilemediği görülmüştür.

Agrega yerine baritin kullanılması ile C20 ve C30 sınıfı betonlar üretilmektedir.

Barit oranının artışı ile tüm beton serilerinde betonların yoğunluğu ve radyasyon geçirgenlik değeri arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Barit oranının artması, lineer soğurma katsayısı değerlerini olumlu yönde etkilemiştir.

Tüm serideki betonlarda, barit boyutu farklılığının betonlardaki basınç dayanımı değerlerini değiştirmede ve basınç dayanımı değerleri üzerinde çok önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Lineer soğurma katsayısını belirlemek için yapılan deneysel ve teorik hesaplamalar da barit oranına bağlı radyasyon geçirgenliği katsayısı artmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de ağır betonlara ait standartlar belirlenmeli ve oluşturulacak standart Türk Standartlarına dâhil edilmelidir.

#### TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışmanın radyasyon geçirgenliklerinin saptanması ile ilgili deneyler Türkiye Atom Enerjisi Çekmece Nükleer Araştırma Merkezinde yapılmıştır. Yazarlar, Türkiye Atom Enerjisi Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi Yöneticilerine ve emeği geçenlere teşekkür ederler.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Özalpan, A., **Radyobioloji**. İ.Ü. Fen Fakültesi Basımevi No:152, İstanbul, 1980.
2. Price, B. T., Horton, C. C. and Spinney, K. T., **Radiation Shielding**, Pergamon Press, London-New York, 1957.
3. Shapiro, J., **Radiation Protection**, Harward University Press. Cambridge, 1972.
4. Durmuş, A., Gürsoy, Y. ve Ayyaz, Y., İnşaat Mühendisliğinde Ağır Betonlar, **İMO Mühendislik Bülteni**, Sayı: 49, 25-28, 1996.
5. Akkurt, I., Mavi, B., Akkurt, A., Başyigit, C., Kılınçarslan, Ş., Yalın, H.A., Study on Z

- dependence of partial and total mass attenuation coefficients, **Journal of Quantative Spectroscopy and Radiative Transfer**, 94, Issues 3-4, 379-385, 2005.
6. Kaplan, I., **Nuclear Physics**, Second Edition. Addison-Wesley Publishing Company, Inc, London, 1964.
  7. Keskin, H., **Isparta-Atabey Kum-Çakıl Ocağı Özelliklerinin İncelenmesi ve bu Özelliklerinin Beton Dayanımına Etkisinin Araştırılması**, Y.Lisans Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği, Isparta, 1993.
  8. **TS 706 EN 12620** “ Beton Agregaları”, TSE, Ankara, 2003.
  9. **TS 802** “Beton Karışım Hesapları”, TSE, Ankara, 1985.
  10. Cengiz, O., **Isparta ve Konya arasındaki Barit yatakları ve oluşumu**, Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği, Isparta, 1997.
  11. Berger, M.J., Hubbell, J.H., N B S I R87-3597: Photon Cross Sections on A Personal Computer, **National Institute of Standards and Technology**, Gaithersburg, MD, 1987.
  12. Topçu, İ.B., Karakurt, C., Ağır Betonlar, **İMO Eskişehir Şubesi Bülteni**, 6, 15-19, 2002.
  13. Akyüz, S., Gamma Işınlardan Korunmada Barit Agregalı Ağır Beton, **İTÜ Dergisi**, Cilt 35, Yıl35, Sayı 5, Sayfa 59-69, İstanbul, 1977.
  14. Can, C., “**Barit ile Üretilen Ağır Betonların Özellikleri**” Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 2001, Eskişehir, 45 s.
  15. Topçu, İ.B., “Properties of Heavyweight Concrete Produced with Biate”, **Cement and Concrete Research**, Vol.33, No. 6, 815-822, 2003.
  16. Abdo A.S., Kansouh W.A., Megahid, R.M., Investigation of Radiaion Attenuation Properties for Barite Concrete, **Japanese Journal of Applied Physics** 41, 7512-7517, 2002.
  17. Bashter, I.I., Calculation of Radiation Attenuation Coefficients for Shielding Concretes, **Annals of Nuclear Energy**, 24, 1389-1396, 1997
  18. Singh, M., Mudahar, G.S., Energy dependence of total photon attenuation coefficients of composite materials, **Applied Radiation Isotope**, 42, 907, 1992.
  19. Kılınçarslan, Ş., “**Barit Agregalı Ağır Betonların Radyasyon Zırhlamasındaki Özellikleri ve Optimal Karışımlarının Araştırılması**” , Doktora Tezi, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2004.
  20. Kaplan, M.F., **Concrete Radiation Shielding**, John Wiley & Sons , Newyork, 1989.
  21. Akkurt I., Kılınçarslan Ş., Başığit C., The Photon Attenuation Coefficients of Barite, Marble and Limra, **Annals of Nuclear Energy**, 31,377-382, 2004
  22. Neville, A.M, **Properties of Cocrete**, Longman Publisher, London, 1997.
  23. Akman, M. S., **Deniz Yapılarında Beton Teknolojisi**. İ.T.U. Rektörlüğü, Sayı: 1481, İstanbul, 1992.
  24. Akkurt, I.,Başığit, C., Kılınçarslan, Ş., Mavi, B., The Shielding of  $\gamma$ -rays by Concretes Produced with Barite, **Progress in Nuclear Energy**, 46/1, 1-11, 2005