

Barit Agregalı Betonların Radyasyon Soğurma Özelliklerinin Araştırılması

Osman ÜNAL¹, Yılmaz İÇAĞA¹, Ayşegül ÇOŞKUN²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.

²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

e-posta: unal@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:12.02.2016; Kabul Tarihi:14.04.2016

Özet

Bu çalışmada barit agregası kullanılarak üretilen ağır betonların soğurma özellikleri ve betonun radyasyon zırhlanmasındaki etkisi incelenmiştir. Beton elamanlarda radyasyonun etkileri ve radyasyon zırhlanması önemli konulardandır. Bu amaçla genel olarak radyasyona maruz kalınan yerlerde ağır betonların kullanılması ile betonların soğurma özellikleri iyileştirilebilmektedir. Bu amaçla(çalışmada) üç farklı tane boyutunda barit agregası kullanılarak üretilen beton serilerinde 5-22mm tane grubundaki iri agrega sabit tutulurken 0-5mm tane grubundaki ince agrega miktarları taş unu ile ikame edilmiştir. Bağlayıcı miktarı 270kg/m³ ve Su/ Çimento oranı 0.46 ve 0.50 olarak seçilen karışımlarda işlenebilirliği sağlamak amacıyla bağlayıcının %1.5 oranında yeni nesil süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır. Üretilen numuneler üzerinde radyasyon soğurma katsayısı, birim ağırlık, ultrases hızı, basınç dayanımı deneyleri yapılarak beton özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre üretilen numunelerde taş unu miktarının azalması ile birim ağırlıklarda artış eğilimi görülürken betonun soğurma miktarlarında azalma görülmüştür.. Barit agregalı betonların dayanımlarının da istenilen değerlerde olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler

Radyasyon; Ağır Beton;Mekanik Ve Fiziksel Özellikler.

An Investigation of Radiation Absorption Properties of Barite Aggregate Concrete

Abstract

In this study, it was investigated that the absorption characteristic of heavy concrete produced from barite aggregate and the effect of radiation shielding of concrete. Radiation and radiation shielding are the important issues of concrete component. For this purpose, it can be developed absorption properties of concrete with use of heavy concrete in places of exposure to radiation. In this study, barite aggregate concrete produced from using three different particle size aggregates while 5-22 mm coarse aggregate kept constant and 0-5 mm fine aggregate replaced with stone flour. It was used süper plasticizer for purpose of workability in the selected mixtures wich binder ratio 270 kg/m³ and water/binder ratio 0.46 and 0.50. It was investigated of concrete propeties making with radiation absorption coefficient, bulk density, compressive strength, ultrasound pulse velocity experiments on produced samples. According to the obtained results, it was observed that increasing the bulk density value while decrease of the amount of stone flour as the same behaviour was observed in radiation absorption coefficient. Compressive strength value of barite aggregate concrete was found the desired value.

Key words

Radiation; Heavy Concrete
Mechanic and Physical Properties.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Doğal yada yapay ağır agrega kullanılmak suretiyle üretilmiş olan Birim Hacim Ağırlığı (BHA) 3000 – 8000 kg/m³ arasında değişen betonlara ağır beton adı verilir. Ağır betonları geleneksel betonlardan ayırt eden en önemli özellik üretimlerinde kullanılan agreganın farklı oluşudur. Kullanılan agregaların

birim ağırlıkları geleneksel agregadan daha büyük olması nedeniyle bu betonların birim ağırlıklarının klasik betonların birim ağırlıklarından daha büyük olmalarına sebebiyet verir. Bazı literatürlerde birim ağırlığı (BA) 2800 kg/m³' ten büyük olan betonlar ağır betonlar olarak adlandırılır(Durmuş ve Gürsoy 2000).

Ağır betonlar, üretim prosesleri olarak normal betonlarla pek farklılık göstermez. Ağır beton üretiminde yararlanılan özel agregalar genellikle barit ($BaSO_4$), magnetit (Fe_3O_4), limonit ($2Fe_2O_3 \cdot H_2O$) gibi demir cevherleri olan agregalar ya da sanayi atıkları olan demir ve kurşun parçacıkları gibi yapay agregalar olabilmektedir.

Ağır betonlar nükleer reaktörlerde, röntgen odalarında, onkoloji hastanelerinde ve savunma amaçlı sığınaklarda radyoaktif ışınlar karşı kullanılır. α ve β parçacıkları ile γ ve x ışınları ve nötronlar canlı dokular üzerinde zararlı etkilere neden olabilirler. Bu nedenle radyasyon dozlarını olabildiğince azaltabilmek amacıyla zırh veya kalkan denilen tabakalar yapılır. Radyoaktif ışın ve parçacıkların ortam dışına çıkışını engellemek amacıyla kullanılan kurşun tabakaların nötronları yakalama kapasiteleri zayıftır. Nötron hareketini hidrojen atomu zengin olan ortamlar durdurabildiğinden hidrojen içeriği açısından yoğun olan betonlar bu açıdan en yararlı malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır.

Normal betonlarda nötronların durdurulması için gerekli hidrojen miktarı karma suyunun yaklaşık % 4'üne karşılık gelir. Bu su, çimento hamurunun hidrate elemanlarında serbest olarak yada kristal suyu olarak çimento hamurunda ve agregada bulunur. Ağır beton üretiminde kullanılan agregaların özgül ağırlıkları genellikle 4000 kg/m^3 'ün üzerinde olur. Bu nedenle ağır beton üretiminde en çok tercih edilen agregalar barittir (Topçu, 2006). Yüksek birim ağırlıklı agregalarla radyoaktif geçirimsizliği sağlamak için üretilen ağır betonun kullanılması sonucu gerekli olan normal beton kalınlığını 1.5 ile 2.5 kat azaltmak mümkündür.

Betonların birim ağırlıkları arttıkça radyasyona karşı koruyucu etkileri de o ölçüde artmaktadır. Bu nedenden dolayı ki BA'sı 2400 kg/m^3 civarında olan geleneksel betonlar radyasyona karşı koruyucu perde yapıldığında kalınlıklarının daha büyük olması gerektiği bilinmektedir. Nükleer santrallerde atom çekirdeklerinin kontrollü bir şekilde parçalandıkları yerlerde α , β , γ , x ve nötron adı verilen ışın ve parçacıklar açığa çıkar. Bu parçacıkların insanlara zararını en aza indirmek için bu tür tesislerde zırh denilen tabakalar oluşturulur. Bu zırhı oluşturmak için en uygun malzeme ağır betonlardır. Atomun parçalanmasından sonra açığa çıkan nötron ışınları hafif elementler tarafından α , β , γ , x ışınları ise ağır

elementler tarafından tutulma özelliğine sahiptir. Ağır betonlarda karma suyu bünyesinde bulunan H ve O nötron ışınlarının yutulmasında veya yavaşlatılmasında, ağır agregalar ise α , β , γ , x ışınlarının tutulmasında katkıda bulunurlar (Çoşkun, 2010).

Ülkemizde 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).

Gelişen teknoloji ile birlikte radyasyonun başta sağlık, sanayi enerji gibi alanlarda önemi hızla artmaktadır. Böylece canlıların radyasyonla olan etkileşimleri daha da artmıştır. Hem bu tür radyasyonun etkisinden hem de olası nükleer kaza ya da saldırı anında oluşan olası radyasyon sızıntısından korunmak için inşaat sektöründe temel malzeme olan betonların radyasyon soğurma özelliklerinin ölçülmesi önemlidir (Yarar, 1994). Ayrıca baritle üretilen ağır betonunun ısıl genişleme katsayısı $0-38^\circ\text{C}$ aralığında normal betonun iki katı civarında ve ısı iletkenliğinin ise normal betonun altında olduğu tespit edilmiştir (Akyüz, 1997).

Günümüzde nükleer teknolojinin kullanım alanlarının artmasına paralel olarak bu radyasyonlardan korunmanın önemi de artmıştır. Radyasyondan korunmak için kurşun gibi değişik materyallerin kullanımı standart hale gelmiştir. Ancak betonların en yaygın yapı malzemesi olduğu düşünülürse bu betonların radyasyon zayıflatma özelliklerinin geliştirilmesi daha önemli hale gelmiştir.

Akyıldırım, (2011), 'in yaptığı çalışmada farklı agregalardan üretilmiş dört tip ağır betonun gama radyasyonu zırlama özellikleri incelenmiştir. Çalışmada tek tip hafif betonun ($\Delta=2,476 \text{ g/cm}^3$) olivin kullanılarak üretilmiş tek tip ağır betonun ($\Delta=2,72 \text{ g/cm}^3$) ve farklı oranlarda barit kullanılarak üretilmiş iki tip ağır betonun ($\Delta=2,994$ ve $\Delta=3,463 \text{ g/cm}^3$) gama radyasyonu zayıflatma özellikleri araştırılmış, sonuçlar standart zırh malzemesi olan kurşun için elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca barit oranının betonların radyasyon zayıflatma

özellikleri üzerine etkisi de incelenmiştir. Deneylede 0,662, 1,173 ve 1,332 MeV enerjili gama ışınlarının ölçümü NaI(Tl) sintilasyon detektörüyle yapılmıştır. Zayıflatma katsayılarının kuramsal hesapları ise 10-3-105 MeV aralığında XCOM kodu ile gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda barit içeren ağır betonların gama zayıflatma özellikleri açısından diğer betonlardan üstün oldukları belirlenmiştir. Bununla birlikte, beton içindeki artan barit oranının zayıflatma özelliklerini olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir.

Diğer taraftan ağır betonlar kayma ve devrilmeye karşı emniyette olmayan bazı yapılarda devrilmeyi engelleyen moment artırmak amacıyla kullanılmakla beraber asıl kullanım yerleri radyoaktif maddelerin yaydığı nükleer ışınların özellikle cisimlerin içinden geçebilen öldürücü nötron ve γ ışınlarının engellenmesi amacıyla koruyucu beton perdelerde kullanılmaktadır. En yaygın kullanım yerleri hastanelerin ışın tedavi yerleri ve radyografi tesisleridir. Nükleer enerji santrallerinin koruyucu perdelerinde, askeri mühimmat depolarında, köprü ayaklarında, beton ağırlık baraj gövdelerinde, istinat duvarlarında, su altı petrol veya gaz boru hatlarında, petrol sondaj kuyu çeperlerinde ve radyoaktif malzemelerin saklandığı depo ve silolarda kullanılır(Çoşkun ,2010).

Çalışma sonucunda Türkiye’de bol miktarda bulunan baritlerle yapılan ağır betonların özelliklerinin belirlenmesi sonucu bunların kullanım alanlarının arttırılmasına katma değer sağlanabilir.

2. Materyal ve Metot

Ağır betonlarda barit agregasının kullanımı ve betonun soğurma özelliklerinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmada (Çoşkun .,2010); Isparta– Şarkîkaraağaç mevkiinde bulunan ADO Madencilikten temin edilen barit agregası ile bağlayıcı olarak Denizli Çimentodan temin edilen CEM I 42,5 R tipi çimento ve betonun mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla YKS Glenium SKY 610 markalı yeni nesil süper akışkanlaştırıcı katkısı kullanılmıştır(Çizelge 1).

Çizelge 1. Kullanılan kimyasal katkının kimyasal özellikleri

Özellik	Analiz Sonucu
Homojenlik	Ayrışmadı
Renk	Kahverengi Sıvı
Bağlı Yoğunluk (g/ml)	1.079
Katı Madde %	26,69
pH	5,37
Suda Çözünen Klorür (%)	0.0158
Alkali Miktarı (Na ₂ O eqv.)	1,780

Karışımlarda 5–22mm ve 0–5mm tane boyutunda kırma taş ve ayrıca taş unu olmak üzere üç grup barit agregası kullanılmıştır (Şekil 1).

Sertlik değeri 3.25, pH değeri 8.5 olan barit agregasına ait kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 2. ve Çizelge 3.’de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan Barit Agregaları

Çizelge 2. Barit ve çimento özellikleri

Bileşim	Barit		Çimento	
	kimyasal özellikler (%)	Kimyasal özellikler (%)	Fiziksel Özellikler	
BaSO ₄	84,89	-	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3,15
SiO ₂	84,89	18,10		
Al ₂ O ₃	4,40	4,16		
Fe ₂ O ₃	2,27	3,75	Spesifik Yüzey (cm ² /g)	3659
CaO	0,63	63,01		
MgO	2,21	1,77		
SO ₃	-	3,36		
Na ₂ O	-	0,27	Basınç Dayanım (MPa)	50
K ₂ O	-	0,68		
CL	-	0,0166		
SrO %	1,11	-		
PbO %	0,00	-		
TiO ₂ %	0,51	-		

Çizelge 3. Barit agregasının fiziksel özellikleri

Agrega tane Boyutu	Özgül Ağırlık kg/m ³	Birim Ağırlık kg/m ³	Su Emme (%)
Taşunu	3800	2300	6
0-5mm	4000	2100	2,1
5-22 mm	4000	2100	0,6

Mutlak Hacim Yöntemine göre yapılan ön çalışmalar sonunda betonların üretiminde kullanılan ağır agregaların tane dağılımları, boşluk oranını ve çatlama riskini minimum düzeyde tutacak özelliklerde beton elde etme şansını yükseltmek için betonun ayrışmadan yerleşmesini sağlayacak şekilde minimum karma suyunun kullanılması gerekmektedir (Ünal,2005).

Ağır betonlarda akışkanlaştırıcı kullanılması durumunda su/çimento oranı 0,40'ın altına inebilmekte, akışkanlaştırıcı kullanılmıyorsa Su/Çimento oranı 0,50'nin üzerine çıkmamalıdır. Buna göre barit agregası kullanılarak yapılan çalışmada minimum C20/25 beton sınıf mukavemeti ve S5 kıvam sınıfı hedeflenerek maksimum doluluk, dolayısıyla maksimum geçirimsizlik ve işlenebilirlik elde edilmeye çalışılmıştır. Dolayısıyla çimento dozajı 270 kg/m³ ve 0,46 ve 0.50 olacak şekilde iki S/Ç oranı seçilmiştir (Çoşkun,2010). İstenilen işlenebilirliği elde edebilmek için bağlayıcının %1.5'i oranında kimyasal katkının kullanıldığı karışımlar da 5-22 mm tane boyutundaki iri malzeme oranı %50 oranında sabit tutularak 0-5mm'lik ince malzeme oranı % 20 den %30'a kadar artırılırken taş unu oranı % 30'dan %20'ye kadar azaltılarak karışım miktarları hesaplanarak Çizelge 4.'de verilmiştir.

Çizelge 4. 1 m³ Beton Karışımında Kullanılan Malzeme Miktarları ve Oranları

KARIŞIM	Taşunu (kg)	0-5mm (kg)	5-22mm (kg)	Çimento (kg)	Katkı (kg)	Su (kg)
K1-46	889	624	1560	270	4.05	124.2
K2-46	741	780	1560	270	4.05	124.2
K3-46	593	936	1560	270	4.05	124.2
K1-50	877	615	1539	270	4.05	135
K2-50	731	769	1539	270	4.05	135
K3-50	585	923	1539	270	4.05	135

Çalışmada her seri betondan 6 adet 15*15*15 küp numune olmak üzere 6 seri için toplam 36 numune üretilmiştir. Numuneler deneylerin yapılacağı güne kadar sıcaklığı 20±2 °C olan kür havuzunda saklanmıştır. Bu çalışmada ağır betondaki granülometri ve bu granülometrinin başta radyasyonun zayıflatılmasına etkisini araştırabilmek için normal agregaya yerine tamamen barit agregası kullanılmıştır (Çoşkun ,2010).

Farklı granülometrilere sahip karışımlar yapılarak en yüksek birim hacim ağırlık ve dolayısıyla en yüksek radyasyon zayıflatma elde edilmeye çalışılmıştır. Yapılan farklı granülometrilere baritli beton numuneleri üzerinde başta radyasyon soğurma katsayısı tespiti olmak üzere ultrases geçiş hızı, basınç dayanımları ve birim hacim ağırlık deneyleri yapılmıştır.

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 (Şekil 2).



Şekil 2. Lineer hızlandırıcı Kalibrasyon için kullanılan su fantomu, İyon odası

İlk radyasyon miktarı belirlendikten sonra numunelerin soğurma katsayılarının bulunabilmesi için numuneler cihaza yerleştirmiştir(Şekil 3).



Şekil 3. Numunelerin ölçüm için yerleştirilmeleri

Maddelerin radyasyona karşı zırhlanmalarının bir ölçüsü olan doğrusal zayıflatma katsayısı (μ) aşağıda bulunan formül ile hesaplanmış olup, bu katsayı her soğurucuya ait bir sabittir.

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

Her numuneye ait gelen ışın şiddeti (I_0) ve betonların radyasyon soğurmaları sonunda radyasyonun son şiddeti (I) bilindiğine göre numunelerin doğrusal soğurma katsayıları (μ) ve kütleli soğurma katsayıları (μ_m) hesaplanmıştır(Çoşkun,2010).

3.Bulgular

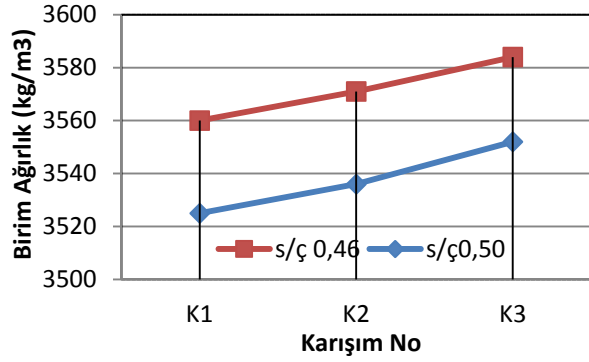
Barit agregası kullanılarak üretilen ağır betonların soğurma katsayılarının belirlenmesi ve malzeme özelliklerinin soğurma özelliklerine etkisinin araştırıldığı çalışmada elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Üretilen her seri betondan 3'er adet küp numunesi 28.günün sonunda kür havuzundan çıkartılarak ilk önce birim ağırlık değerleri belirlendikten sonra ultrases geçiş hızı süreleri (mikro saniye) ölçülmüş ve ultrases hızı km/sn cinsinden hesaplanmıştır. Daha sonra aynı numuneler üzerinde 200 ton kapasiteye sahip beton test presini kullanarak TS EN 12390-3, 2003' de belirtilen yöntemle basınç dayanım değerleri belirlenmiş olup değerler Çizelge 5.'de verilmiştir.

Çizelge 5. Betonların Mekanik Özellikleri

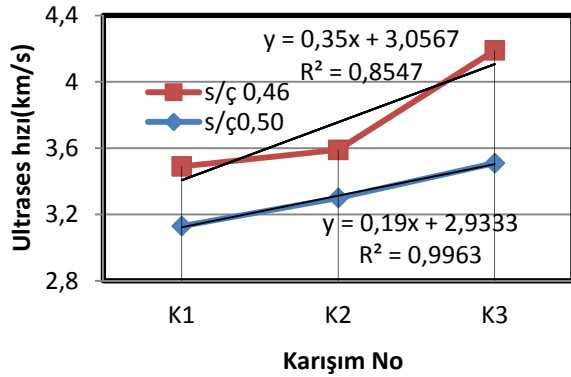
KARIŞIM	Ultrases Hızı (Km/s)	Birim Ağırlık (kg/m ³)	Basınc Dayanımı (MPa)
K1-46	3,49	3560	28,6
K2-46	3,59	3571	29,8
K3-46	4,19	3584	32,9
K1-50	3,13	3525	26,2
K2-50	3,30	3536	27,2
K3-50	3,51	3552	28,4

Yapılan çalışmada ince malzeme ile filler malzeme olarak tanımlanan taş unu malzemesinin miktarları birbiriyle belirli oranlarda ikame edilerek üretilen beton numunelerde S/Ç oranı 0,46 olan serilerin birim ağırlıkları S/Ç oranı 0,50 olan serilere göre biraz daha yüksek olup filler malzemenin azalmasıyla benzer bir şekilde artma eğilimi görülmüştür(Şekil 4). Bu durum agregaların özgül ağırlık bakımından farklı değerlere sahip olmasına ve karışımdaki ince agrega ile filler malzeme oranlarına bağlı değiştiği söylenebilir.



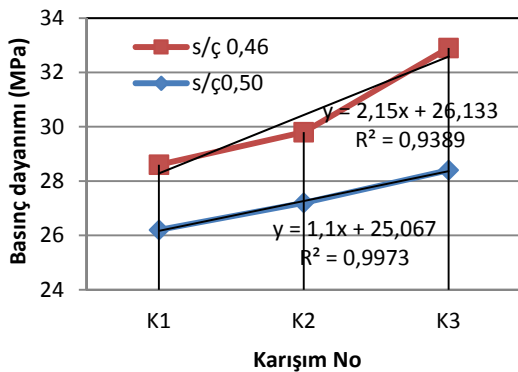
Şekil 4. Karışımlara ait Birim Hacim Ağırlıklar

Bu durum da boşluk oranının az olmasına dolayısıyla da zararlı ışınlar karşı betonun koruyucu etkisinin daha fazla olmasını sağlayabilir.



Şekil 5. Karışımlara ait Ultrases Hızları

Karışımlarda barit miktarındaki artış ile hedeflenen birim hacim ağırlık değerlerinde artış meydana gelmiştir. Barit miktarının artmasının birim hacim ağırlıkta meydana gelen artışa paralel olduğu söylenebilir. Bu sonuç betonların birim ağırlıkları arttıkça radyasyona karşı koruyucu etkilerinin de o ölçüde arttığı sonucuyla uyumaktadır. Karışımların Ultrases geçiş hızı sonuçlarının incelenmesinde barit oranı arttıkça Ultrases geçiş hızının arttığı görülmüş ve bu durumda beton dayanımıyla aralarında paralel bir ilişkinin olduğu doğrulanmıştır(Şekil 5).



Şekil 6. Karışımlara ait Basınç Dayanımları

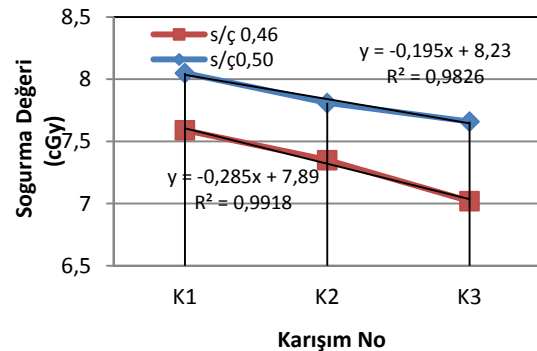
Şekil 6. incelendiğinde barit miktarı artışı ile basınç dayanımı artışının paralel olduğu, fakat su/çimento oranındaki değişimin de bu artışı etkilediği söylenebilir. Ağır betonlar geleneksel betonlarla karşılaştırılabilecek düzeyde hatta kullanılan karma suyu miktarının azaltılması halinde daha büyük dayanımlar elde edilebilmektedir.

Üretilen barit agregalı ağır betonların soğurma özelliklerine agrega tane boyutunun ve miktarının etkisinin belirlendiği çalışmada elde edilen sonuçlar Çizelge 6'da verilmiş olup her iki s/ç oranlarındaki değişimleri grafik yardımıyla değerlendirilmiştir(Şekil 7-9).

Çizelge 6. Betonların radyasyon soğurma değerleri

KARIŞIM	Soğurma Değeri (cGy)	Soğurma Katsayıları (μ)(1/cm)	Kütleli Soğurma Katsayıları*10 ⁻² (μm cm ² /g)
K1-46	7,59	0,1156	3,33
K2-46	7,35	0,1177	3,38
K3-46	7,02	0,1208	3,45
K1-50	8,05	0,1117	3,25
K2-50	7,81	0,1137	3,30
K3-50	7,66	0,1150	3,32

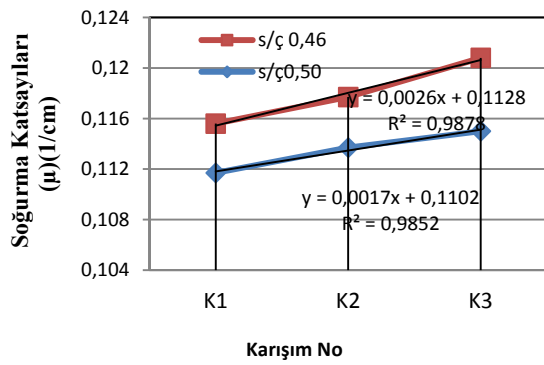
Şekil 7'den görüldüğü gibi, karışımlardaki taş unu miktarının azalması soğurma miktarlarının da azalmasına neden olmuştur. Bu durum taş unu özgül ağırlığının düşük olmasına bağlanabilir. Buradan daha sonra yapılacak olan deneysel ya da endüstriyel çalışmalarda yüksek soğurma katsayısı elde etmek için yüksek yoğunluklu malzeme kullanmanın daha yararlı olacağı sonucu çıkarılabilir.



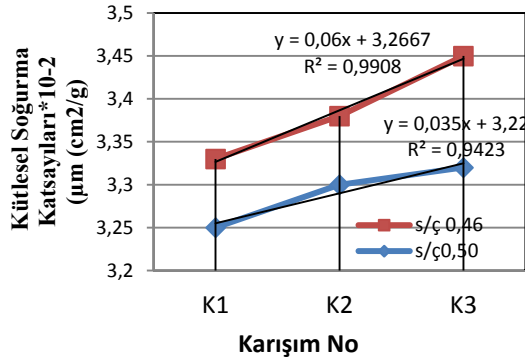
Şekil 7. Karışımlara ait Soğurma Değerleri

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 katkıların kullanılmasının faydalı olacağı söylenebilir.

Şekil 8. ve Şekil 9. incelendiğinde her iki seride de taş unu miktarının azalmasıyla birlikte karışımlara ait soğurma katsayılarının arttığı görülmüştür. Sonuçlara ait korelasyon katsayılarına bakıldığında R^2 'nin 1'e yakın olması veriler arasındaki ilişkilerin uyumlu olduğunu doğrulamaktadır.



Şekil 8. Karışımlara ait Soğurma katsayıları



Şekil 9. Karışımlara ait Kütleli Soğurma Katsayıları

4.Sonuçlar

Barit agregalı ağır betonların soğurma özellikleri ve mekanik özelliklerinin araştırılması üzerine yapılan çalışmada karışıma katılan taş unu miktarı azalırken soğurma miktarları düşmüştür. Diğer taraftan her iki seride basınç dayanımların arttığı görülmüştür.

Karışimdaki taş unu oranı %30'dan %20'ye azalması halinde s/ç oranı 0.46 serisinde birim ağırlık değerlerinde %0.6'lık basınç dayanımında ise %15 oranında artış sağlanmıştır.

Dayanımdaki artış eğilimi her iki seride soğurma katsayılarında da görülmüştür. Bu açıdan barit agregalı ağır betonların dayanım ve soğurma özelliklerinin olumlu olması nükleer santral yapılmasında ve hastanelerdeki radyoaktif geçirimsizlik gereken yerlerde ağır beton kullanımına öncelik verilmesi sağlık açısından da yararlı olacağı söylenebilir.

5.Kaynaklar

Akyıldırım H.,Akkurt İ.,2011. Ağır betonların nükleer radyasyon zırlama özelliklerinin araştırılması, Dr.Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü,İsparta.

Akyüz, S.,1977. Gama Işınlardan Korunmada Barit Agregalı ağır Beton, İ.T.U. Dergisi, Journal, **c.35**, Sayı 5, pp. 59-69.

Çoşkun A.,2010. Ağır betonlarda barit agregasının kullanımı ve beton özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyonkocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Durmus, 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.

Kıran, D., 2004. Şarkikaraağaç-İsparta çevresindeki Barit Cevherleşmelerinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Topçu, İ. B., 2006. Beton Teknolojisi ,Uğur Ofset A.Ş yayını Notları, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Eskişehir.

TS EN 12390-3, 2003 Beton-Sertleşmiş Beton Deneylemleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Ünal, O., Uygunoğlu T., Coşkun U., 2005, Agregat Granülometrisinin Yüksek Performanslı Beton Özelliklerine Etkisi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, **Cilt-1**, Sayı-2, s.13-20.

Yarar, Y. 1994. Kolemanitli Betonların Nötron Zırlama Etkinliğinin ve Aktivitesinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.