



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0250

ENGINEERING SCIENCES

Received: April 2011

Accepted: October 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Mücteba Uysal

Sakarya University

mucteba@sakarya.edu.tr

Sakarya-Turkey

**BETONDA MİNERAL KATKI OLARAK KULLANILAN ALUNİTİN BETONUN MEKANİK
ÖZELLİKLERİNE VE SÜLFAT DİRENCİNE ETKİSİ**

ÖZET

Bu çalışmada 600 °C de kalsine edilmiş alunitin mineral katkı olarak betonda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, alunitin %5, %10, %15 ve %20 oranlarında çimento ile ikame edilmesiyle üretilen betonlar üzerinde sertleşmiş halde basınç dayanımı, eğilme dayanımı, statik elastisite modülü ve sülfat direnci deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları değerlendirildiğinde, alunitin çimentonun prizini hızlandırmasından dolayı özellikle erken yaşlarda betonun mekanik özelliklerine olumlu katkıda bulunduğu ve çimento ile %5'ten fazla ikame edildiğinde beton özelliklerine olumsuz etkisinin olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alunit, Beton, Basınç Dayanımı,
Eğilme Dayanımı, Sülfat Etkisi

**THE EFFECT OF ALUNITE ON THE MECHANICAL PROPERTIES AND SULPHATE
RESISTANCE OF CONCRETE AS A MINERAL ADMIXTURE**

ABSTRACT

In this study, it was investigated that the utilization of alunite which was calcined at 600 C° in the production of concrete. For this reason, alunite was replaced 5%, 10%, %15 and %20 with cement by weight. The concretes were produced and compressive strength, flexural strength, static elastic modulus and sulphate resistance tests were performed on the hardened concretes. Test results indicated the presence of alunite had a beneficial effect on the compressive strength of concretes significantly at early ages. But, when the addition of alunite over 5% as a replacement rate there had not a beneficial effect for compressive strength.

Keywords: Alunite, Concrete, Compressive Strength,
Flexural Strength, Sulphate Effect

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Alunit, beton ve harcın priz ve sertleşme süresini kısaltarak daha hızlı dayanım kazanmasını temin eden mineral kökenli bir katkı maddesidir. Özellikle taze betonda genleşme meydana getirme ve priz hızlandırma gibi özelliklere sahiptir. Alunit cevheri kimya endüstrisinde alüminyum sülfat ve potasyum alüminyum sülfat şapı üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bu malzemenin çimento üretiminde kullanılabilirliğine yönelik oldukça çok sayıda çalışmalar mevcuttur [1 ve 3]. Ülkemizde özellikle Giresun-Şebinkarahisar, Kütahya-Şaphane ve İzmir-Foça olmak üzere toplam 37 milyon ton alunit rezervinin olduğu tahmin edilmektedir [4].

Alunit'in kimyasal formülü $KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$ şeklinde ifade edilmektedir. Alunit esasen beyaz renkli bir mineraldir. Fakat gri renkli tezahürlere oldukça sık rastlanır. Romboedrik kristaller halinde tezahür eden alunitin yoğunluğu $2.58-2.75 \text{ gr/cm}^3$, sertliği 3.5-4 Mohs arasında değişmektedir [5]. Alunit, çimento üretimi için gerekli olan SiO_2 ve Al_2O_3 'i içerdiğinden bu cevhere kalker, dolomit, magnezit ilave edilerek çeşitli metotlarla değişik özelliklerde çimentolar elde edilmektedir [6]. Portland çimentosuna alunit katılarak çimentonun özellikleri iyileştirilebilir [7]. Portland çimentosuna kalsine edilmiş alunit ilavesi C_3S , C_2S ve C_4AF bileşiklerinin teşekkülünü kolaylaştırmaktadır. Alunit içerisinde sülfat bileşiklerinin beton priz ve sertleşmesinin hızlanmasında önemli bir etkisi vardır. Sertleşme hızı, kalsinasyon sıcaklığı ve alunit miktarı ile orantılıdır [4]. Portland çimentosuna alunit katkısı genellikle jips ilavesi ile birlikte yapılmaktadır. Kalsine edilmiş alunit katkısı, Portland çimentosunun ilk günlerdeki dayanımını artırmaktadır. Nitekim, alunit katkılı çimento ile üretilen bir betonun 1. gün sonundaki dayanımı, alunitin kalsinasyon şartlarına bağlı olarak %5-%85 civarında artmaktadır. Bu çimentolarla üretilen betonlarda, ilk günlerde dayanımdaki hızlı artış nedeniyle kalıp alma süresi dolayısıyla inşaat süresi de kısalmaktadır. Ancak 28 gün sonundaki dayanım değerlerinde bir miktar azalma görülmüştür. Portland çimentolarında görülen bu azalma %1-%11, puzolanik Portland çimentosunda ise %8-%27 arasında kalmaktadır [7].

Wu ve Wang 'in çalışmalarında kalsine edilmemiş alunit ile kalsine edilmiş alunit çimento üretiminde kullanılmış ve çimentonun hidrasyonu ve mikroyapısı üzerinde çalışmışlardır. Bu yeni geliştirici numune, genleşmesiz numunelere kıyasla, zamana bağlı olarak değerlendirilmiştir. Kalsine edilmiş alunitin çimento ve beton üretiminde olumlu katkılar sağladığı görülmüştür [8].

Yılmaz ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, Portland çimentosu içerisine %3-%15 arasında ikame edilen dört farklı oranda alunit katılarak beton üretilmiş ve bu betonlarda alunitin, kısa ve uzun süreli beton basınç dayanımı ve elastisite modülleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada, en uygun alunit oranının %3-%5 arasında olduğu ve bu oranın üzerine çıkılması durumunda ileri yaşlarda beton niteliğinde ciddi kayıplar olacağı ifade edilmiştir [4].

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada çimento ile dört farklı yer değiştirme oranında kullanılan alunitin beton üretiminde değerlendirilmesine yönelik olarak alunit katkılı betonların 7, 28, 56 ve 90. günlerde basınç dayanımı, eğilme dayanımı, elastisite modülü ve 28, 56 ve 90. günlerde sülfat direnci deneyleri gerçekleştirilmiştir.

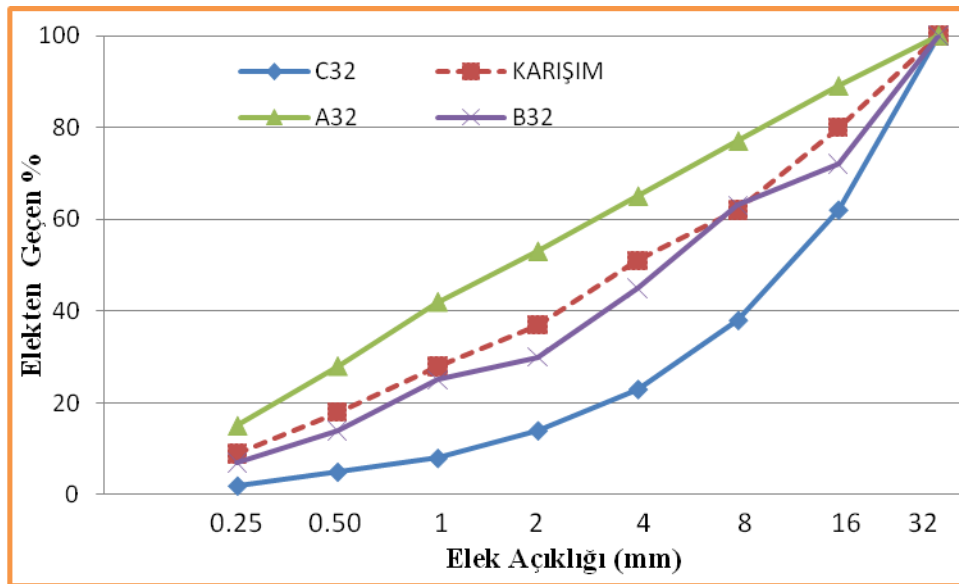
3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL METHOD)

Bütün karışımlarda çimento olarak PÇ42.5 normal Portland çimentosu, agrega olarak Sakarya-Geyve yöresinden tedarik edilen kalker agregası, kimyasal katkı olarak da melamin sülfonat esaslı

süperakışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan alunit Kütayha-Şaphaneden temin edilmiş ve 600 °C de kalsine edilerek beton üretiminde kullanılmıştır. PÇ42.5'e ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler ile alunite ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan çimento ve alunite ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler
(Table 1. Chemical, physical and mechanical properties of cement and alunite)

Kimyasal Bileşim (%)		
Bileşen Adı	Çimento	Alunit
SiO ₂ Çözünen	20.99	57.19
Çözünmez kalıntı	2.61	-
Al ₂ O ₃	4.08	19.44
Fe ₂ O ₃	3.43	1.12
CaO	64.35	-
MgO	1.13	-
SO ₃	1.35	6.57
Kızdırma Kaybı	1.12	0.2
Tayin Edilemeyen	1.90	-
Serbest CaO	1.51	-
Na ₂ O	0.53	0.29
K ₂ O	0.93	4.90
Fiziksel Özellikler		
Priz Başlangıcı (dak.)	140	-
Priz Sonu (dak.)	165	-
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	3.10	2.64
Özgül Yüzey (cm ² /g)	2914	4450
Mekanik Özellikler		
Gün	Basınç Dayanımı (MPa)	
7	33.2	
28	43.1	



Şekil 1. Deneyde kullanılan agregaların elek analizi.
(Figure 1. The particle size distributions of aggregates used in tests)

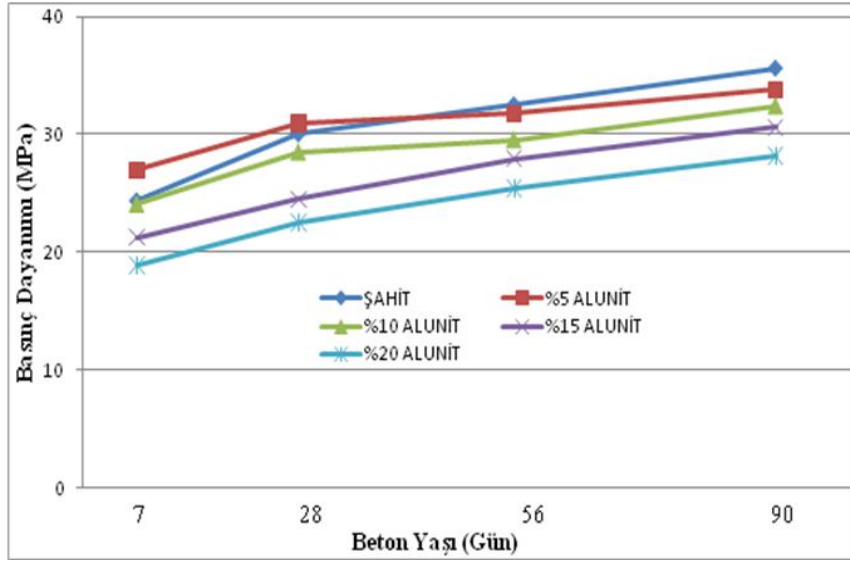
Deneylerde üretilen tüm numunelere katılan akışkanlaştırıcı katkı miktarı, 160-190 mm arasında çökme değerini sağlayacak şekilde ayarlanmıştır. Üretilen betonlarda kullanılan agregaların granülometrik analizi TS 3530'a göre yapılmış ve Şekil 1'de gösterilmiştir [9]. Çalışmada toplam 5 seri beton üretimi gerçekleştirilmiş, tüm beton serilerinde 350 dozlu karışımlar üretilmiş ve su/çimento oranı 0.40 olarak sabit tutulmuştur. Beton karışımlarının hazırlanması esnasında öncelikle, agregalar ve çimento kuru olarak karılmış, daha sonra kimyasal katkı su ile karıştırılarak karışıma dahil edilmiştir. Karışımların tamamı $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ ortam sıcaklığında hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 24 saat sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Daha sonra numuneler test uygulanacağı zamana kadar bekletilmek üzere kür havuzunda $20\pm 2^{\circ}$ kirece doygun su içerisinde tutulmuştur. Sertleşmiş beton deneyleri olarak 10 cm'lik küp numuneler üzerinde basınç ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Basınç ve eğilme dayanımı deneyleri 7. gün, 28. gün, 56. gün ve 90. günlerde olmak üzere 4 farklı yaşta gerçekleştirilmiştir. Her seri için basınç ve eğilme dayanımı deneyleri üçer adet numune üzerinde gerçekleştirilmiş ve bu üç numunenin ortalaması alınarak ilgili yaşlardaki basınç ve eğilme dayanımları belirlenmiştir. Sertleşmiş beton deneyleri olarak basınç dayanımı deneylerinde 200 ton kapasiteli basınç presi kullanılmış olup, yüklemeler $2,5 \text{ kgf/cm}^2/\text{sn}$ 'lik bir hızla gerçekleştirilmiştir.

Statik elastisite modülü deneyleri 15 cm çapında ve 30 cm yüksekliğindeki standart silindir numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler için hazırlanan silindir numuneler 7, 28, 56 ve 90 gün boyunca su içerisinde kür edilmiş ve her seri için 3 adet numune üzerinde bu deneyler yapılmış ve elde edilen sonuçların ortalamaları alınarak statik elastisite modülü değerleri belirlenmiştir. Statik elastisite modülü için deney numuneleri basınç dayanım deneyine tabi tutulmadan önce %70 kükürt ve %30 grafit tozundan oluşan karışım ile başlıklanmıştır. Daha sonra TS 3502 ve ASTM C 469'a göre başlangıç ve sınır yükleri bulunarak numune sınır yüküne kadar yüklenip deformasyon çerçevesinin üzerindeki "birim kısalma ölçer" göstergesinden kısalma miktarları ölçülmüştür [10 ve 11]. Elde edilen sonuçlar ilgili standartlara göre değerlendirilerek numunelerin statik elastisite modülü değerleri belirlenmiştir.

Farklı bileşimlerdeki alunit katkılı deney numunelerinin sülfat dirençlerini belirlemek amacıyla 10 cm'lik küp numuneler, sülfat etkisi deneyleri için %5 MgSO_4 çözeltisi ve %5 NaSO_4 çözeltisi içerisinde 28, 56 ve 90 gün boyunca bekletilmiştir. Her karışım için 24 adet numune üretilmiş ve bu numunelerin 12 tanesi MgSO_4 çözeltisine, diğer 12 tanesi NaSO_4 çözeltisine maruz bırakılmıştır. Deney numuneleri üretim tarihinden itibaren 3. günde sülfat etkisine maruz bırakılmıştır. Numunelerin deney günü sülfatlı ortamlardan çıkarıldıktan sonra basınç dayanımı değişimlerine bakılmış ve normal su içerisinde bekletilen numunelerle karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma neticesinde farklı bileşimlerde üretilen deney numunelerinin sülfatlı ortamlara maruz bırakıldıklarında nasıl bir performans gösterdiği belirlenmiştir.

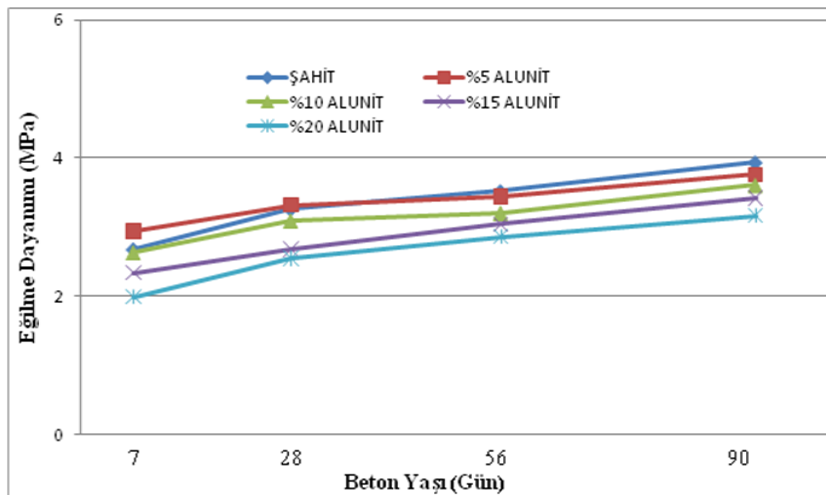
4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Alunitin çimento ile dört farklı ikame oranında kullanılmasıyla üretilen betonlar üzerinde sertleşmiş halde iken 7, 28, 56 ve 90 günlük basınç ve eğilme dayanımı ile statik elastisite modülü deneyleri sonucu elde edilen değerler Şekil 2, 3 ve 4'te gösterilmiştir.



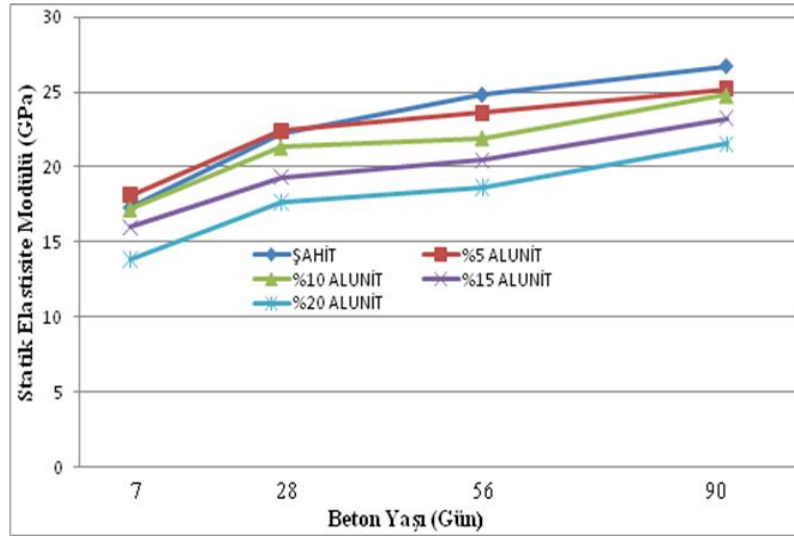
Şekil 2. Basınç dayanımının alunit miktarına bağlı olarak değişimi
(Figure 2. The variations of compressive strength depending on alunite content)

Şekil 2'de görüleceği üzere 7. günde %5 alunit ilaveli karışımın özellikle şahit karışım olmak üzere diğer karışımlara göre basınç dayanımı olarak daha iyi bir performans gösterdiği görülmektedir. Bu karışım, şahit betona kıyasla %9.45 daha yüksek basınç dayanımı değeri vermiştir. bu durum alunitin betonun ilk günlerdeki dayanımını hızlı bir şekilde artırdığını göstermektedir. İleriki günlerde ise alunit miktarının artışına bağlı olarak basınç dayanımı değerlerinde düşüşler meydana gelmiştir. 90. günde %20 alunit ilaveli karışımın şahit betona kıyasla %21 daha az basınç dayanımı değeri verdiği görülmektedir. Bu sonuçlar ışığında betonda mineral katkı olarak düşük miktarlarda kullanılan alunitin priz hızlandırma etkisi nedeniyle betonun ilk günlerdeki dayanımını olumlu yönde etkilediği anlaşılmaktadır. Ancak puzolanik etki gibi bir özelliği bulunmadığından, beton üretiminde çimento ile yüksek oranlarda ikame edildiğinde ya da betonun ileri yaş dayanımları üzerinde olumsuz bir etkisinin olacağı görülmektedir.



Şekil 3. Eğilme dayanımının alunit miktarına bağlı olarak değişimi
(Figure 3. The variations of flexural strength depending on alunite content)

Alunit ilaveli betonların dört farklı yaş grubunda eğilme dayanımları belirlendiğinde Şekil 3'ten görüldüğü üzere %5 alunit ilaveli betonun 7. ve 28. günlerde en yüksek eğilme dayanımı değerleri verdiği ileri yaş dayanımı olarak 56. ve 90. günlerde ise şahit betonun eğilme dayanımı olarak en iyi performansı gösterdiği anlaşılmaktadır. Üretilen betonların eğilme dayanımı değerleri %1.99 MPa - %3.94 MPa arasında elde edilmiştir. Tüm betonların ortalama eğilme dayanımı değeri, ortalama basınç dayanımı değerinin %9'u olduğu deney sonuçlarından anlaşılmaktadır. Genel olarak tüm serilerde eğilme dayanımı değerlerinin beton yaşı ile sürekli artan bir eğilimde olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Statik elastisite modülünün alunit miktarına bağlı olarak değişimi

(Figure 4. Static elastic modulus variations of concretes depending on alunit content)

Şahit beton ve alunit ilaveli betonların 7, 28, 56 ve 90 günlerdeki statik elastisite modülü değerleri Şekil 4'te verilmiştir. Deney sonuçlarına göre, üretilen betonların statik elastisite modülü değerleri 13.83 GPa ile 26.73 GPa arasında değişmektedir. Erken yaşlarda %5 alunit katkılı beton, ileri yaşlarda ise şahit beton statik elastisite modülü olarak en iyi performansı göstermiştir.

Alunit katkılı betonların %5 NaSO₄ ve %5 MgSO₄ çözeltileri içinde bekletilmeleri sonucunda basınç dayanımı değişimlerinin, aynı süre zarfında normal suda kür edilen numunelere göre kıyaslandığı deney sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'den görüldüğü üzere, beton yaşı ilerledikçe NaSO₄ ve MgSO₄ çözeltileri içerisinde bekletilen numunelerde dayanım kayıpları meydana gelmiştir. NaSO₄ çözeltileri içerisinde bekletilen numunelerde dayanım kayıplarının %5 ila %13 arasında değiştiği MgSO₄ çözeltileri içerisinde bekletilen numunelerde ise %8 ila %17 arasında olduğu görülmüştür. Karışımlar içerisinde alunit miktarı arttığında her iki çözelti içerisinde bekletilen numunelerde de beton yaşının artışıyla birlikte dayanım kayıpları görülmekle beraber göreceli olarak, artan alunit miktarının dayanım kayıplarını azalttığı görülmüştür. Bu durumun nedeni olarak, artan alunit miktarının alunit katkılı betonda hidratasyon esnasında CAHSA bileşiğinin daha fazla oluşmasına neden olmasından ileri gelmektedir [7]. Bilindiği gibi, sülfatlı sularda bu bileşik, portland çimentosundan üretilmiş betonlarda meydana gelerek betonun bozulmasına yol açmaktadır. Halbuki, alunitli çimentolarda bu bileşik, sertleşmenin ilk periyodunda zaten teşekkül

etmektedir [7]. Numunelerin NaSO_4 çözeltisine maruz kalmaları durumunda meydana gelen dayanım kaybının nedeni olarak, NaSO_4 'ın çimentonun bünyesinde bulunan Ca(OH)_2 ve C_3A ile yaptığı reaksiyon neticesinde meydana gelen Candlot tuzu veya etrenjit adı verilen hidrate tuz formatının reaksiyon ürünleri olarak betonda genleşme meydana getirmesi ve bu genleşmenin betonda çatlaklara ve dağılmalara yol açarak agrega-çimento aderansının etkilenmesiyle betonun dayanımını düşürmesi gösterilebilir. Diğer taraftan, Magnezyum sülfat (MgSO_4) da çimentonun bünyesinde bulunan Ca(OH)_2 ve C_3A 'nın yanı sıra kalsiyum silikat hidratelere de saldırarak magnezyum hidroksitin meydana gelmesine neden olmaktadır. Reaksiyon sonucu oluşan magnezyum hidroksit (Mg(OH)_2 -brüsit), çimento hamurunun taşıyıcı iskeleti olan C-S-H yapısını bozmakta ve betonun dayanımı azalmaktadır [12]. Numunelerin MgSO_4 çözeltisine maruz kalmaları durumunda meydana gelen zararlı etkinin NaSO_4 çözeltisine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, literatürdeki benzer çalışmalar ile uyumludur [13]. MgSO_4 'ün zararlı etkilerinin daha fazla olmasının nedeni olarak magnezyum sülfatın çimento hamurunun bağlayıcılığını sağlayan C-S-H jellerini, Ca(OH)_2 ve hidrate olmuş C_3A 'ya ayrıştırmasıdır. Bunun sonucunda magnezyum silikat oluşmakta ve bu bileşik bağlayıcılık özelliğine sahip bulunmamaktadır [14].

Tablo 2. Üretilen betonların normal su ile NaSO_4 ve MgSO_4 etkisine maruz kalmaları sonucu dayanım değişimleri
(Table 2. Strength variations of concretes in tap water and exposed to NaSO_4 and MgSO_4 environment)

Alunit (%)	Basınç Dayanımı (Normal Suda) (MPa)			%5 NaSO_4 çözeltisine maruz kalan betonlarda arta kalan dayanım (MPa)			%5 MgSO_4 çözeltisine maruz kalan betonlarda arta kalan dayanım (MPa)		
	Beton yaşı (Gün)			Beton yaşı (Gün)			Beton yaşı (Gün)		
	28	56	90	28	56	90	28	56	90
0	30.05	32.48	35.57	27.71	29.56	32.36	26.61	27.46	30.26
5	30.95	31.75	33.78	26.93	29.27	30.73	25.83	26.89	28.53
10	28.52	29.56	32.40	24.53	26.89	29.48	24.43	24.99	28.05
15	24.49	27.94	30.58	22.96	25.89	27.82	22.54	24.79	26.72
20	22.50	25.41	28.19	21.60	24.13	25.65	19.50	23.58	22.57

5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

Beton üretiminde mineral katkı olarak çimento ile %5 oranında kullanılan alunitin priz hızlandırma etkisi nedeniyle betonun ilk günlerdeki dayanımını olumlu yönde etkilediği görülmüştür.

Eğilme dayanımı sonuçlarına göre, eğilme dayanımı değerleri %1.99 MPa - %3.94 MPa arasında elde edilmiştir. Statik elastisite modülü deneyleri düşünüldüğünde, erken yaşlarda %5 alunit katkılı betonun ileri yaşlarda ise şahit betonun en iyi performansı gösterdiği anlaşılmıştır.

Ayrıca, beton yaşı ilerledikçe NaSO_4 ve MgSO_4 çözeltisi içerisinde bekletilen numunelerde dayanım kayıpları artış göstermiştir. NaSO_4 çözeltisi içerisinde bekletilen numunelerde dayanım kayıplarının %5 ila %13 arasında değiştiği MgSO_4 çözeltisi içerisinde bekletilen numunelerde ise %8 ila %17 arasında olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, MgSO_4 çözeltisinde meydana gelen zararlı etkinin NaSO_4 çözeltisine göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

NOT (NOTICE)

Bu makale, 28-30 Eylül 2011 tarihleri arasında Elazığ Fırat Üniversitesinde "International Participated Construction Congress" IPCC11'de sözlü sunum olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Özacar, M., (2003). Phosphate Adsorption Characteristics of Alunite to be Used as a Cement Additive. Cement and Concrete Research: Volume:33, pp:1583-1587.
2. Cheilas, A., Katsioti, M., Georgiades, A., Malliou, O., Teas, C., and Haniotakis, E., (2007). Impact of Hardening Conditions on to Stabilized/Solidified Products of Cement-Sewage Sludge-Jarosite/Alunite. Cement and Concrete Composites: Volume:29, Issue:4, pp:263-269.
3. Katsioti, M., Giannikos, D., Tsakiridis, P.E., and Tsibouki, Z., (2005). Use of Jarosite/Alunite Precipitate as a Substitute for Gypsum in Portland cement. Cement and Concrete Composites: Volume:27, Issue:1, pp:3-9.
4. Yılmaz, K. ve Sumer, M., (1995). Alünit Katkılı Portland Çimentosunun Beton Özelliklerine Etkisi. III. Balıkesir Mühendislik Mimarlık Sempozyumu, Balıkesir, ss:156-165.
5. Altıntop, F., (1997). Su ve Sülfatlı Ortamların Alunit+Silis Kompozisyonlu Harçların Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
6. Yılmaz, K. ve Sumer, M., (1996). Alunit-Uçucu Kül Karışımının Beton Basınç Dayanımına Olan Etkilerinin İncelenmesi. 4. Ulusal Beton Kongresi, İstanbul, ss:395-404.
7. Gülensoy, H. ve Şengil, I.A., (1988). Alunit Cevherinin Çimento Sanayinde Kullanılması. TÇMB Bülteni: Cilt:25, No:258,ss:21-39.
8. Wu, C.W. and Wang, Y.S., (1980). On Alunite Expansive Cement and Concrete, Res. Ins. Build. Materials, Qinghue University, China.
9. TS 3530, (1980). Beton Agregalarının Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
10. TS 3502, (1981). Betonda E-Modülü ve Poisson Oranı Tayini. TSE, Ankara.
11. ASTM C 469, (1994). Standart Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression. Annual Book of ASTM Standarts.
12. Baradan, B., Yazıcı, H. ve Ün, H., (2002). Betonarme Yapılarda Kalıcılık. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları.
13. Neville, A.M., (1995). Properties of Concrete, Longman, Essex.
14. Yeginobali, A. and Al-hadrami, A., (1987). Sulfate Resistance of Jordanian Cements. In: Symposium on Low Cost Housing for Developing Countries. Bangkok, Thailand, pp:141-149.