



MAKÜ FEBED
ISSN Online: 1309-2243
<http://edergi.mehmetakif.edu.tr/index.php/febed>

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 4 (1): 7-12 (2013)

Araştırma Makalesi / Research Paper

Kendiliğinden Yerleşen Ağır Agregalı Betonun Sülfat Etkisi Altındaki Özellikleri

Oktar Soykan^a, Başak Zengin^a, Cengiz Özel^b

^aMehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojileri Programı, Burdur.

^aIstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim Meslek Yüksek Okulu, Mimari Restorasyon Bölümü, İstanbul,

^bSüleyman Demirel Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Isparta

Geliş Tarihi (Received): 23.02.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 07.06.2013

✉ *Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author):* osoykan@mehmetakif.edu.tr (O. Soykan)

☎ 0 248 213 30 48 📠 0 248 213 30 99

ÖZET

Nükleer çalışmaların yapıldığı tesislerde betonunu dayanımının yüksek olması istendiği gibi, radyasyon yayılımından ve olası patlamalardan meydana gelen yüksek ısıdan korunmak için ağır agregalı betonlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada hematit agregası içeren ağır betonun sodyum sülfat etkisindeki mekanik ve fiziksel özelliklerinin değişimi incelenmiştir. Çalışmada 300, 400 ve 500 kg/m³ dozlu çimento ile (CEM I 42.5R'li ve alüminatlı) hematit ve kalker agregalı betonlar üretilmiştir. Üretilen betonların 28 gün başlangıç küründe sabit tutulmuş ve başlangıç küründen sonra numuneler 28, 56, 90 ve 180 gün %5'lik sodyum sülfat etkisine maruz bırakılmıştır. Sodyum sülfat etkisine bağlı olarak mekanik ve fiziksel özelliklerini inceleyebilmek için her numuneye ağırlık kaybı, basınç dayanımı ve eğilme dayanımı deneyleri uygulanmıştır. Çalışma sonucunda sülfatın beton dayanımı azaltıcı yönde etkilediği belirlenmiştir. Ancak hematit agregasıyla üretilen kendiliğinden yerleşen beton serilerinin kırmataş agregasıyla üretilen serilere göre daha dayanımlı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sülfat etkisi, ağır agrega, hematit agregası, kendiliğinden yerleşen beton

Effect of Sulfate Under Features Heavy Aggregate Self-Compacting Concrete

ABSTRACT

Heavy aggregate is used in buildings, where nuclear activities are taken place. It increases the strength of concrete and protects concrete during high temperatures from probable explosions while eliminating the radiation emissions. In this study, the physical and mechanical properties changes of heavy concretes containing hematite aggregate at the influence of sodium sulfate were investigated. Plain concrete specimens were produced using limestone and hematite based aggregates with three different cement dosage: 300, 400 and 500 kg/m³, by two cement type (CEM I 42.5R and aluminate). The specimens were subjected to curing in lime-saturated water at 20 °C ±2 °C temperature for 28 days prior to testing, as called initial cure. After the initial cure, the specimens were exposed to sodium sulfate (5%) cure for additional 28, 56, 90 and 180 days. The compressive weight loss, strength, and flexure tests to each specimen were carried out to determine the changes on the mechanical and physical properties depending on sodium sulfate curing. The

results indicated that concrete strength development is reduced by sulphate. However, according to the self-compacting concrete produced by limestone aggregate was found to provide more strength of the self-compacting concrete produced by hematite aggregate.

Key Words: Sulfate attack, heavy aggregate, hematite aggregates, self-compacting concrete

1. GİRİŞ

Beton dünyada en yaygın kullanılan yapı malzemesidir. Betonun ekonomik oluşu, işlenebilirliği, şekil alabilmesi ve dayanıklı oluşundan dolayı vazgeçilmeyen malzeme haline getirmiştir. İnşaat sektörünün hızla gelişmesi sebebiyle betonun kullanım alanı daha da artmıştır. Yaygın kullanılan betonun kaliteli üretilebilmesi için belli özellikler aranmaktadır.

Betondan en genel anlamda üç temel özellik beklenmektedir. Bunlar, dayanım, dayanıklılık ve işlenebilirlik. Bu özelliklerden dayanım ve dayanıklılık sertleşmiş beton özellikleri ile ilişkili iken işlenebilirlik taze beton özellikleri ile ilişkilidir (Akman, 1999). Sertleşmiş haldeki betondan beklenen, proje dayanımının belirli bir güvenlikle sağlanabilmesi ve servis ömrü boyunca maruz kalacağı iç ve dış yıpratıcı etkilere karşı dayanıklı olmasıdır (Baradan ve Yazıcı, 2003).

Bir yapı malzemesinin kendisi için öngörülen servis süresi içinde hiçbir eksiklik göstermeden görevini yerine getirmesi, durabilite (dayanıklılık) veya kalıcılık olarak adlandırılmaktadır (Karagüler, 2004). Betonda dayanıklılığını suyun ve zararlı maddelerin beton içine taşınması ve bunların beton ile etkileşimi azaltmaktadır. Bu gibi ortamlar beton için zararlı ortamlar olarak nitelendirilmektedir (Uygunoğlu, 2006).

Sudaki, zemindeki ve deniz suyundaki sülfat iyonları betonarme yapılarda bozulmaya yol açabilir. Sülfat saldırısının zararlı etkisi, sülfat iyonlarının sertleşmiş betondaki alüminli (C_3A) ve kalsiyumlu ($Ca(OH)_2$) bileşenlerle kimyasal reaksiyona girerek, hacmi çok artan etrenjit ve alçı oluşturmaktan kaynaklanmaktadır. Reaksiyon ürünleri, sertleşmiş betonda genleşme yaratarak agrega-çimento hamuru aderansının olumsuz yönde etkilenmesine, çatlak oluşumuna ve geçirimsizliğin artmasına yol açar. İleri derecedeki etkilenmelerde ise betonun tamamen dağılması söz konusudur. Sülfat saldırısı gibi dış kaynaklı iyon girişi sebebiyle oluşan kimyasal reaksiyonlarda çimentonun kimyasal bileşiminin kontrolü kadar, betonun geçirimsizliği de önem kazanmaktadır (ASTM C 1012, 1995; Baradan ve diğ., 2002). Sülfatların yıpratıcı etkisi, genel olarak beton blokların kenarından ve köşelerinden başlamaktadır. Daha sonra bu etki betonun iç kısımlarına doğru yoğunlaşarak, beton yüzeyinin tabaka tabaka büyük parçalar halinde parçalanmasına neden olmaktadır (Koyumcu, 2006). Katı, kuru tuzlar betona zarar vermezler ancak su ile

birlikte bulunmaları sonucu sertleşmiş çimento harcıyla reaksiyona girmektedir. Bazı killer alkali magnezyum ve kalsiyum sülfat gibi kimyasal maddeler içermektedir. Bunlar yeraltı suyuyla birleşince zararlı etki ortaya çıkarmaktadır (Neville, 2004). SO_3 gazı ile kirlenmiş endüstriyel bölge havası betonda sülfat etkisi yapabileceği gibi betonun bünyesinde bulunan serbest $Ca(OH)_2$ ile birleşerek alçı taşına dönüşebilmektedir. Alçı taşı da hacim artısına neden olduğundan hasar oluşturur. Ayrıca SO_3 gazının havanın nemiyle birleşip sülfürik aside dönüşmesi betonda zararlı etki oluşturabilir (Uğurlu, 1996).

Persson (2003) kendiliğinden yerleşen betonla normal betonun sülfat direncinin karşılaştırıldığı çalışmada 28 ve 90 gün sonunda deniz suyu, damıtılmış su ve sülfat çözeltisi üç farklı kür uygulanmıştır. Beton numunelerinde sülfatta kür edilmiş kendiliğinden yerleşen beton numunelerin ağırlık kaybının daha fazla olduğu fakat iki beton türünde de elastisite modülünde azalma olmadığı belirlenmiştir (Akarsu, 2009). Kılınçarslan ve ark. (2010), ağır betonların sülfat etkilerine karşı dayanımını araştırmıştır. Çalışma sonucunda yüksek basınç dayanımına sahip ağır betonların basınç dayanımlarında azalma görülmemiştir. Sülfat etkisinde oran olarak en fazla barit agregalı betonlar etkilenmiş olmasına rağmen sayısal olarak basınç dayanımı en yüksek beton olarak kalmaya devam etmiştir.

Bu çalışmada nükleer tesislerde, hastanelerde vb. yerlerde kullanılan ağır agregalı betonun kendiliğinden yerleşen beton (KYB) üretim özelliklerinden faydalanarak üretilen betonun dayanıklılığını kontrol edebilmek için sülfat etkisi araştırılmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

Deneysel çalışmada kırmataş ve ağır agrega olan hematit agregaları kullanılmıştır. Kırmataş Cebeci-İstanbul'dan temin edilmiştir. Hematit ise Hekimhan-Malatya bölgesinden temin edilmiştir. Kırmataş agregası 0-4, 0-8, 0-16 mm sınıflarına göre ayrılmıştır. Hematit agregası madenden tüvenan halde gelip öğütüldükten sonra 0-4, 0-8, 0-16 mm olarak elek aralıklarında ayrılıp sınıflandırılmıştır. Çalışmada iki tip çimento (CEM 42.5R ve alüminatlı) kullanılmıştır. Kullanılan agregaların ve çimentoların kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Beton üretimlerinde polikarboksilik eter esaslı ve yeni nesil süper akışkanlaştırıcı beton katkı malzemesi kullanılmıştır.

Ön deneyler sonucuna göre karışımın kimyasal katkı miktarıyla su/çimento (s/ç) oranı 0.42 olarak belirlenmiştir. Hematit ve kırmataş agregası kullanılarak üç farklı dozda

(300, 400 ve 500 kg/m³) 12 seri beton üretimi yapılmıştır. Karışım miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Üretilen beton numuneler 28 günlük kür süresinden

sonra 28, 56, 90 ve 180 günlük %5'lik Na₂SO₄ çözeltiyle hazırlanan küre maruz bırakılmıştır.

Tablo 1. Çimento ve agregaların kimyasal özellikleri

Kimyasal Özellikler	CEM I 42.5 R Çimento	Alüminatlı Çimento	Kalker Agregası	Hematit Agregası
CaO	56.56	36.1	47.89	4.8
SiO ₂	-	3.5	1.97	4.2
Al ₂ O ₃	-	40.3	0.86	0.57
Fe ₂ O ₃	-	16.6	-	81.13
MnO	-	-	-	0.14
MgO	1.66	-	1.78	1.55
SiO	17.52	-	-	-
AlO	4.06	-	0.86	-
TiO ₂	-	-	-	0.003
FeO	3.45	-	0.84	-
A.Z	3.41	-	45.86	-
K.K	2.99	0.3	-	-

Tablo 2. Beton karışımlarında kullanılan malzemenin miktarları (kg/m³)

Beton Kodu	Çimento	0-3 mm kalker	0-3 mm hematit	0-8 mm kalker	0-8 mm hematit	0-16 mm kalker	0-16 mm hematit	Su	Katkı
HC5	500		1003.3		608.6		772.4	181.9	4.8
HA5*	500		1037.4		629.3		798.7	207.2	4.8
KC5	500	584.7		455.6		509.8		207.2	4.8
KA5*	500	592.3		461.5		516.5		207.2	4.8
HC4	400		1181.9		672.2		888.0	165.6	4.0
HA4*	400		1187.6		675.2		892.0	165.6	4.0
KC4	400	690.0		510.8		545.6		165.6	4.0
KA4*	400	693.0		503.1		548.0		165.6	4.0
HC3	300		1370.4		713.2		953.4	124.1	3.3
HA3*	300		1385.6		721.2		964.0	118.1	3.3
KC3	300	802.9		534.6		585.2		124.1	3.3
KA3*	300	805.3		536.2		587.0		124.1	3.3

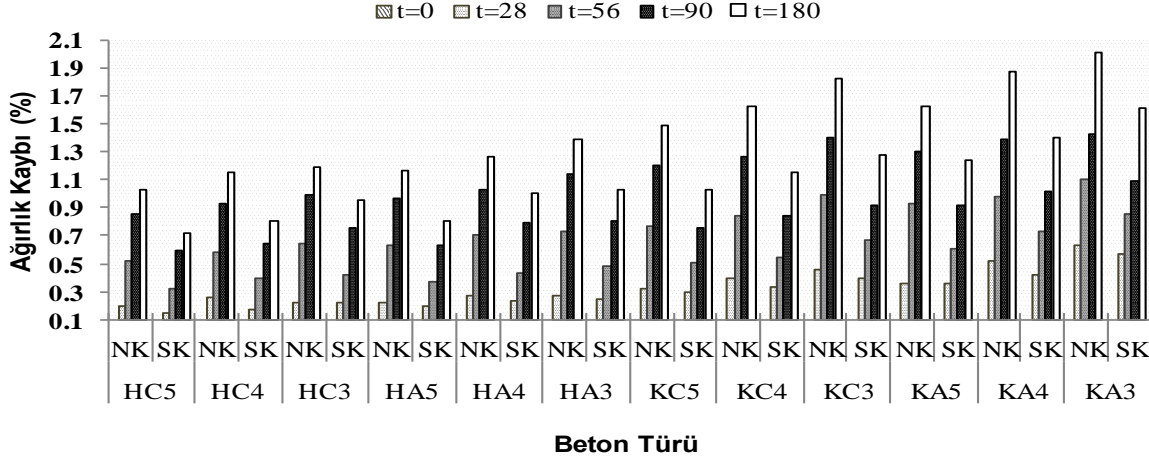
* Alüminatlı çimento

3. BULGULAR

3.1. Ağırlık kaybı

Beton numuneler 28 günlük kür ortamından (t=0) sonra ağırlıkları alınmış ve %5'lik Na₂SO₄'lük çözelti (NK) ve su küründe (SK) 28, 56, 90 ve 180 gün bekletildikten sonra kurutulup ağırlıkları ölçülmüştür. Elde edilen ağırlık kayıpları Şekil 1'de verilmiştir. t=0'a göre t=28, t=56, t=90 ve t=180'nin ağırlık kayıplarının değişimleri incelendiğinde SK'da bekletilen numunelerde NK'da bekletilenlere göre

ağırlık kaybı daha azdır (%0.14-2.01). Dozaj miktarının azalmasıyla her iki kür ortamında ağırlık kaybında artış elde edilmiştir. Hematitli serilerde kırmataşlı serilere göre ağırlık kaybı daha az olmuştur. En fazla ağırlık kaybı t=180'de elde edilmiştir (%0.72-2.01). t=28'de SK;%0.14-0.56 - NK;%0.19-0.62, t=56'da SK;%0.32-0.85 -NK; %0.51-1.1 ve t=90'da SK;%0.59-0.85- NK; %0.85-1.42'dir.

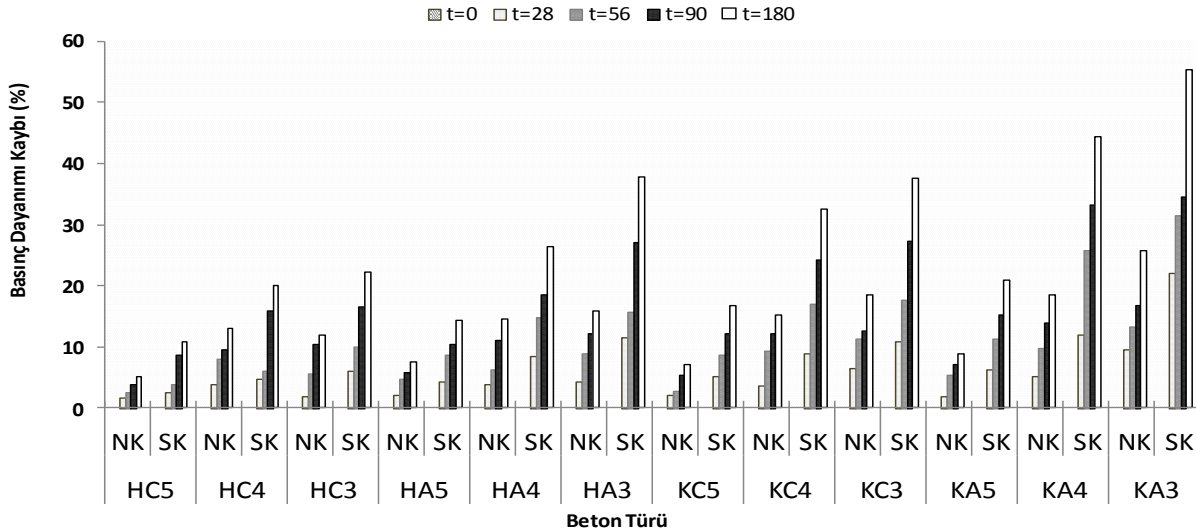


Şekil 1. NK ve SK'deki betonların ağırlık kaybı (%)

3.2. Basınç dayanımı

Beton numunelere sülfat etkisini inceleyebilmek için numuneler 28 günlük kür ortamından (t=0) sonra su küründe ve %5'lik Na_2SO_4 'lük çözeltide 28, 56, 90 ve 180 gün bekletilip basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. t=0'a göre t=28, t=56, t=90 ve t=180'deki basınç dayanımı kaybı oranları Şekil 2'de verilmiştir. Basınç dayanımı 4 farklı kür süresinde de (t=28, t=56, t=90 ve t=180) beklenildiği üzere artmaktadır. Kür ortamının etkisi incelendiğinde SK'daki numunelerde NK'da bekletilenlere göre basınç dayanımı artışı daha fazladır. SK ortamındaki numuneler basınç

dayanımı %2.37-55.42 artarken NK'da %1.48-25.76 oranında artış olmuştur. Hematit agregasıyla üretilen numunelerde SK'da %2.37-37.79 ve NK'da %1.48-15.97; Kırmataş agregasıyla üretilen numunelerde SK'da %5.13-55.42 ve NK'da %1.81-25.76 basınç dayanımlarında artış olmuştur. Alüminatlı çimentoyla üretilen seriler (HA ve KA) (%1.88-55.42) CEM I 42.5 R çimentolu serilere (%1.48-37.60) göre NK ve SK kür koşullarında dayanım artışı daha fazla olmuş ve HA ve KA seriler NK'dan daha az etkilenmişlerdir.

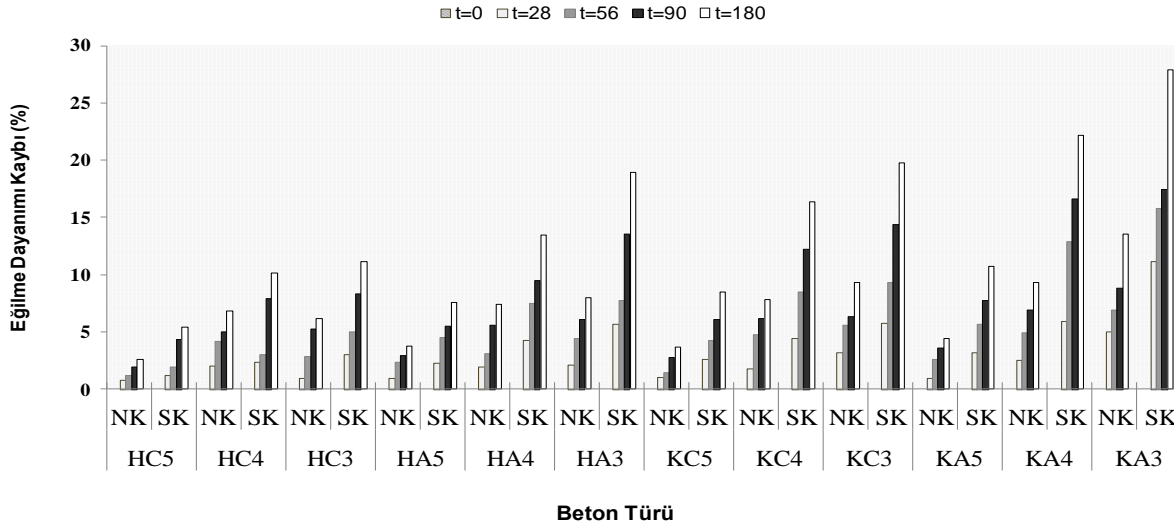


Şekil 2. NK ve SK'deki betonların basınç dayanımı kaybı (%)

3.3. Eğilme dayanımı

Beton numunelere sülfat etkisini inceleyebilmek için numuneler 28 günlük kür ortamından (t=0) sonra su küründe ve %5'lik Na₂SO₄'lük çözeltide 28, 56, 90 ve 180 gün bekletilip eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. t=0'a göre t=28, t=56, t=90 ve t=180'deki eğilme dayanımı kaybı oranları Şekil 3'te verilmiştir. Eğilme dayanımı 4 farklı kür süresinde de (t=28, t=56, t=90 ve t=180) beklenildiği üzere artmaktadır. Kür ortamının etkisi incelendiğinde SK'daki numunelerde NK'da bekletilenlere göre eğilme dayanımı

artışı daha fazladır. SK ortamındaki numuneler eğilme dayanımı %1.19-27.92 artarken NK'da %0.74-13.57 oranında artış olmuştur. Hematit agregasıyla üretilen numunelerde SK'da %1.19-18.90 ve NK'da %0.74-8.02; Kırmataş agregasıyla üretilen numunelerde SK'da %2.59-27.92 ve NK'da %1.02-13.57 eğilme dayanımlarında artış olmuştur. Alüminatlı çimentoyla üretilen seriler (HA ve KA) (%0.94-27.92), CEM I 42.5 R çimentolu serilere (%0.74-19.80) göre NK ve SK kür koşullarında dayanım artışı daha fazla olmuştur.



Şekil 3. NK ve SK'deki betonların eğilme dayanımı kaybı (%)

4. SONUÇ

İki farklı agrega, iki farklı çimento ve üç farklı dozajda üretilen kendiliğinden yerleşen betonun fiziksel ve mekanik özellikleri aşağıdaki gibi özetlenmektedir;

- Deneysel çalışmada kullanılan iki agrega türü de sülfattan etkilenmiştir. Fakat hematit agregasıyla üretilen serilerde kırmataşlı serilere göre basınç dayanımı ve eğilme dayanımı artış miktarı daha fazla olmuştur.
- Çimentonun yüksek dozajlarında ağırlık, basınç ve eğilme dayanımı değerlerinde azalmalar elde edilmiştir. Sülfat küründe basınç mukavemeti değerlerinde artış olmasına rağmen artış oranı su küründeki artış oranlarından daha düşüktür.
- Sülfat küründe ağırlık, basınç ve eğilme dayanımı kaybı su küründeki numunelere göre daha fazla elde edilmiştir. Yine hematitli serilerde ağırlık kaybı kırmataşlı serilere göre daha fazla elde edilmesine rağmen basınç dayanımındaki artış oranı kırmataşlı serilere göre daha azdır.

- CEM I 42.5R'li çimentoyla üretilen seriler, alüminatlı çimentoyla üretilen serilere göre sülfatlı çözeltiden daha az etkilenmiştir.

Sonuç olarak, hematit agregasıyla üretilen kendiliğinden yerleşen betonda basınç dayanımı kırmataşlı serilere göre çok daha fazla olsa da sülfat etkisinde artışı kırmataşlı agregalara göre daha azdır.

5. TEŞEKKÜR

2985-YL-11 No'lu proje ile çalışmayı destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederiz

6. KAYNAKLAR

Akarsu M. (2009). Kendiliğinden Yerleşen Betonun Taze Haldeki Temel Özellikleri ve Sülfat Direnci Üzerine İri Agrega Çeşidi ve Çimento Tipinin Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, Erzurum.

- Akman M.S. (1999). Role of Admixtures on High Performance Concrete. RILEM TC 158 AHC, Monterrey, Mexico.
- ASTM C-1012. (1987). Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to Sulphate Solution.
- Baradan B. ve Yazıcı H. (2003). Betonarme Yapılarda Durabilite ve TS EN 206-1 Standardının Getirdiği Yenilikler. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, 426 - 2003/4.
- Baradan, B., Yazıcı, H., Ün, H. (2002). Betonarme Yapılarda Kalıcılık. DEÜ Mühendislik Fakültesi, Yayın No:298, 282s., İzmir.
- Karagüler., E.M. (2003). Onarım Harçlarında Performans Kriterleri ve Durabilite Sorunu. TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, 426, 151- 155.
- Kılınçarslan, Ş., Başyigit, C. ve Uzun, İ. (2010). Ağır betonların sülfat etkisindeki mekanik özellikleri. SDU International Journal of Technologic Sciences, (2), 60-71, Isparta.
- Koyuncu, M.H. (2006). Deniz Suyu ve Sülfatlı Suların Beton Dayanımına Etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Malzemeleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 134s, Sakarya.
- Uğurlu, A. (1996). Zararlı kimyasal etkilere dayanıklı beton yapım kuralları. DSİ Teknik Bülteni, 86, 13–32.
- Persson, B. (2003). Sulphate resistance of self-compacting concrete. Cement and Concrete Research, 33, 1933-1938.
- Uygunoğlu T., Yücel K.T., Yurtcu, Ş. (2006). Betonun zararlı ortamlardaki durumu: Yeraltı suyu etkisi. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 1, 29 – 35.
-
-