

MAĞNEZYUM SÜLFAT ($MgSO_4$) VE SODYUM SÜLFATIN (Na_2SO_4) BETON DAYANIMINA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Mensur SÜMER

Doç. Dr. Sakarya Üniversitesi, msumer@sakarya.edu.tr

ÖZET

Beton Türkiye’de günümüz yapılarında en fazla kullanılan kompozit bir yapı malzemesidir. Demirli ve demirsiz olarak kullanılabilir. Beton çekme gerilmesi çok düşük olduğundan yapılarda donatı ile birlikte kullanılırlar. Betonarme yapılar olarak adlandırılan yapılarda beton basınç dayanımını karşılarken çelik donatılar ise çekme ve kesme dayanımlarını karşılamaktadır. Geçmişten günümüze kadar geçen yüzyıllar boyunca insanoğlu çeşitli amaçlarla çeşitli yapılar oluşturmuştur. Eğlence amaçlı yapılar, stadyumlar, su depoları, barajlar, köprüler, tüneller, konut yapıları vs. gibi yapılarda beton kullanılmaktadır. Beton yapıların öncelikle amacına hizmet etmesi istenir. Betonarme yapılar normal şartlarda 100~150 yıl ömürleri vardır. Betona hiçbir dış etki olmasa dahi zamanla yorulma, sünme, rötre ve deprem hareketlerinden dolayı yapılarda zamanla hasarlar oluşur ve güvenlikleri azalır. Ayrıca yapılar gerek amaçları nedeniyle gerekse dışarıdan gelen etkiler nedeniyle kalıcılıklarında önemli ölçüde azalma olur ve yapılar kullanılmaz hale gelebilir. Örneğin amacı su ile temas gerektiren barajlar, su depoları gibi yapılar, deniz altı ve üstünde oluşturulan köprüler ve limanlar gibi yapılar zamanla karşılaştıkları atık sularda bulunan kimyasal maddelerden zarar görürler. Beton bu kimyasal maddelerle reaksiyonlara girerek genleşen bileşikler oluşturarak betonların kısa sürede bozulmasına ve yapıların hizmet ömürlerinin kılmasına neden olabilmektedirler.

Bu çalışmada kimyasal maddelerden en önemlilerinden olan sülfat iyonları içeren magnezyum sülfat ve sodyum sülfatın beton dayanımları ve dayanıklılığına olan etkileri incelenmiştir. Bu amaçla çeşitli kalitede betonlar üretilmiş ve bir yıl süren deneyler yapılmıştır. Yalnız suda, magnezyum sülfat ve sodyum sülfatta kür edilen numunelerden elde edilen basınç dayanım deneylerinde, suda bekletilen numuneler zamanla dayanım kazanmaya devam etmişlerdir. Magnezyum sülfat ve sodyum sülfatta kür edilen numunelerde 6 ay içinde belirgin bir dayanım kaybına rastlanmamış 6 aydan sonra 1 yıl sonunda yaklaşık %20’ye yakın dayanım kayıpları olmuştur. Bu sonuçlardan sülfatlı sular beton dayanımını ve dayanıklılığını önemli ölçüde azalttığı anlaşılmaktadır. O nedenle beton ve betonarme yapılar sülfatlı sulardan uzak tutulmalıdır.

Anahtar Kelime : Sülfat, dayanıklılık, beton, çimento, korozyon

ABSTRACT

Concrete is the most widely used building material in the composite structure in Turkey today. Ferrous and non-ferrous. Since the concrete tensile stress is very low, they are used with structures in buildings. In buildings called as reinforced concrete structures, the concrete meets the compressive strength while the steel reinforcements meet the tensile and shear strength. Throughout the centuries from the past to the present, human beings have formed various structures for various purposes. Recreational buildings, stadiums, water tanks, dams, bridges, tunnels, housing structures etc. Concrete is used in such structures. Concrete structures are primarily asked to serve their purpose. Reinforced concrete structures have 100 ~ 150 years of service life under normal conditions. Even if there is no external effect on concrete, due to fatigue, creep, shrinkage and seismic movements over time, damage to buildings and their safety is reduced. In addition, due to both their purpose and external influences, the structures are significantly reduced and their structures become unusable. For example, structures such as dams that require contact with water, structures such as reservoirs, bridges and ports on the sea and above, are damaged by the chemicals in the wastewater that they face in time. By reacting with these chemical substances, concrete can form expanded compounds and may cause the concrete to deteriorate in a short time and shorten the service life of the structures.

In this study, the effects of magnesium sulphate and sodium sulphate, which is one of the most important chemical substances, on the strength and durability of the sulphate were investigated. For this purpose, various quality concretes were produced and one-year experiments were carried out. In the compressive strength tests obtained from samples cured in water, magnesium sulphate and sodium sulphate, samples kept in water continued to gain strength over time. Samples with magnesium sulphate and sodium sulphate had no significant loss of strength in 6 months. It is understood from these results that the sulphate waters significantly reduce the strength and durability of concrete. Therefore, concrete and reinforced concrete structures should be kept away from sulphated waters.

Key Word : Sulfate, durability .concret, cement, corrosion

GİRİŞ

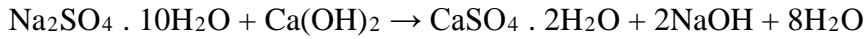
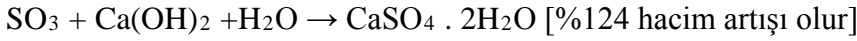
Betonarme yapılar hizmet ömürleri boyunca kimyasal, mekanik, biyolojik ve fiziksel dış etkilerin etkisindedir. Betonlarda zamanla büzülme ve terleme gibi fiziksel, donatı korozyonu, asit etkisi, sülfat etkisi, karbonatlaşma gibi kimyasal ve biyolojik, sünme, zemin oturması gibi mekanik etkilere maruz kalabilmektedirler. Bu etkiler sonucunda betonda meydana gelen iç gerilmeler nedeniyle önce mikro çatlaklar oluşmakta ve zamanla bu çatlaklar büyüyerek makro çatlaklar haline gelmektedir. Beton daha geçirimli olmakta ve dış etkilerin etkisinin şiddeti artmaktadır. Bunun sonucunda beton özelliğini kaybetmekte ve hizmet ömrü kısalmaktadır.

Betonda en çok tahribat yapan dış etkiler kimyasal etkilerdir. Çeşitli sıvı ve sularda bulunan kimyasal maddelerden sülfat iyonları ve bileşikleri betonları zamanla bozmaktadırlar.

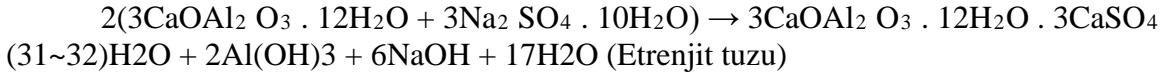
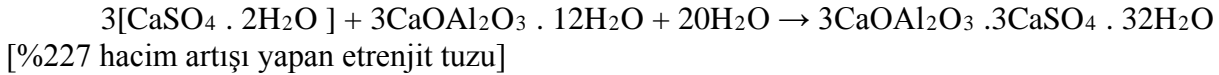
SÜLFAT KAYNAKLARI VE ETKİ MEKANİZMASI

Betona sülfat etkileri topraktan, çimentodan (Alçı taşı, SO_3), deniz suyundan, kimyasal atıklardan, kanalizasyon sularından ve yer altı sularından gelmesi muhtemeldir. Çimento üretiminde çimentoda oluşan SO_3 iyonları çimentonun hidrasyonu sonucu açığa çıkan $Ca(OH)_2$ kristalleri ile birleşerek hacim artışı oluşturan bileşikler meydana getirmektedir.

Bu reaksiyonları şöyle gösterebiliriz.



Bu reaksiyonlar sonucu meydana gelen $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ alçı taşı C_3A ile reaksiyonlara girerek farklı türde genleşen tuzlar oluşturur.



$MgSO_4$ ün etkisi daha şiddetli olmaktadır. C_3A ve $Ca(OH)_2$ ile yaptığı bileşikler dışında direk CSH (kalsiyum silikat hidrote) ile reaksiyona girerek betonu tahriş etmektedir.



Reaksiyonları oluşturarak CSH yi çözmektedir. O nedenle Na_2SO_4 göre etkisi daha şiddetli olmaktadır.

TS EN 200-1 Standardında sularda ve topraklarda bulunabilecek SO_4 iyonlarını aşağıda verildiği gibi sınırlamıştır.

		TOPRAKLARDA	SULARDA
Hafif	(XA1)	2000-3000 mg/l	200-600 mg/l
Şiddetli	(XA2)	3000-12000 mg/l	600-3000 mg/l
Çok Şiddetli	(XA3)	12000-24000 mg/l	3000-6000 mg/l

Binaların temas ettiği toprak ve sularda SO_4 iyonları ne kadar fazla olursa etkisi de o derece şiddetli olmaktadır. Çalışmamızda etkinin kısa sürede görülebilmesi için %10 Na_2SO_4 eriği ve %10 $MgSO_4$ eriği oluşturulmuştur. Yani çok şiddetli hale getirilmiştir.

DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneysel çalışmada beton dayanımının etkisini de görebilmek için C16/20 ve C30/37 sınıflarında iki farklı beton üretilmiştir. Böylece sülfat etkisinin düşük dayanımlı ve yüksek dayanımlı betonlarda etkisinin ne mertebede olacağı da araştırılmıştır.

Bu amaçla 1 yıl sürmesi planlanan çalışmada her iki beton sınıfında 57 şer adet 10x10x10 cm boyutlarında C16/20 ve C30/37 sınıflarında beton numuneler üretilmiştir. Tüm numuneler 28 gün boyunca suda bekletilmiştir. 28 günden sonra bunun 18 tanesi normal şartlarda suya, 18 tanesi sülfürik asite, 18 tanesi de sodyum sülfatlı eriğik içine konulmuştur. Zaman zaman eriğik karıştırılmıştır. 28 gün sonra suda bekletilen numunelerden 3 tanesi beton basınç dayanımına tabi tutulmuş, daha sonra 60, 90, 150, 180, 270 ve 360 gün sonunda suda, sülfürik asitte ve sodyum sülfatta bekletilen 3 er adet numuneler basınç deneyine tabi tutulmuşlardır.

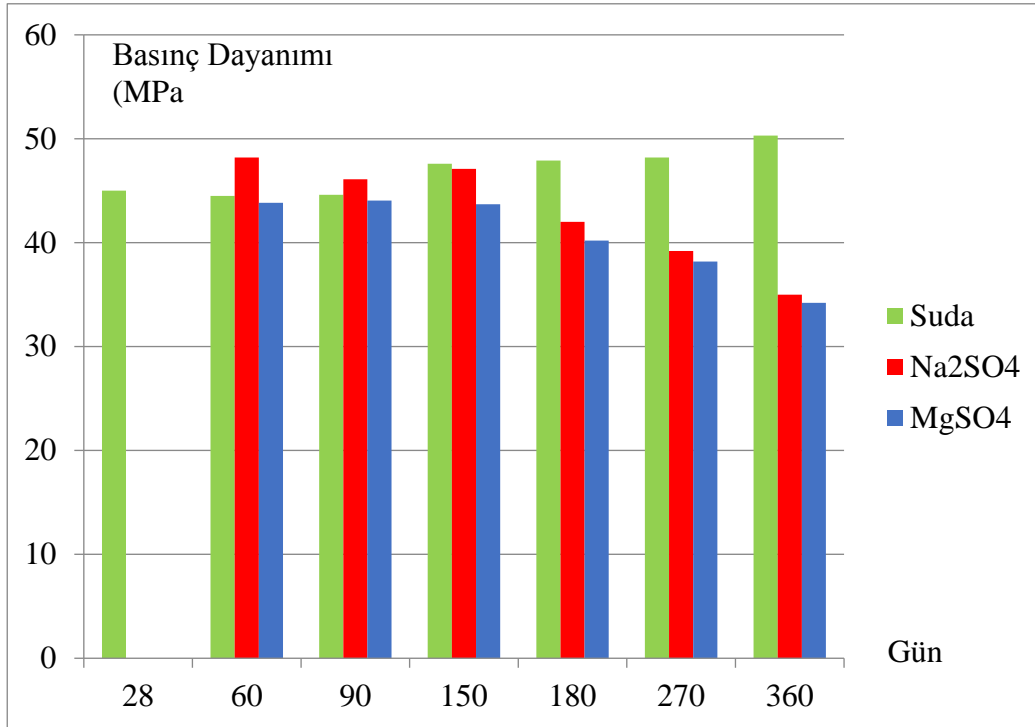
DENEYİN SONUÇLARI

Deneylerden elde edilen basınç dayanım değerleri Tablo.1, ve Tablo.2 de verildiği gibi bulunmuştur.

	Basınç Dayanımları (Mpa)						
	28	60	90	150	180	270	360
Suda	45	44.50	44.60	47.60	47.90	48.20	50.30
Na₂SO₄	0	48.20	46.10	47.10	42.00	39.20	38.00
MgSO₄	0	43.83	44.05	43.69	40.20	38.18	36.20

Tablo-1 C30/37 Betonlarının Basınç Dayanımları

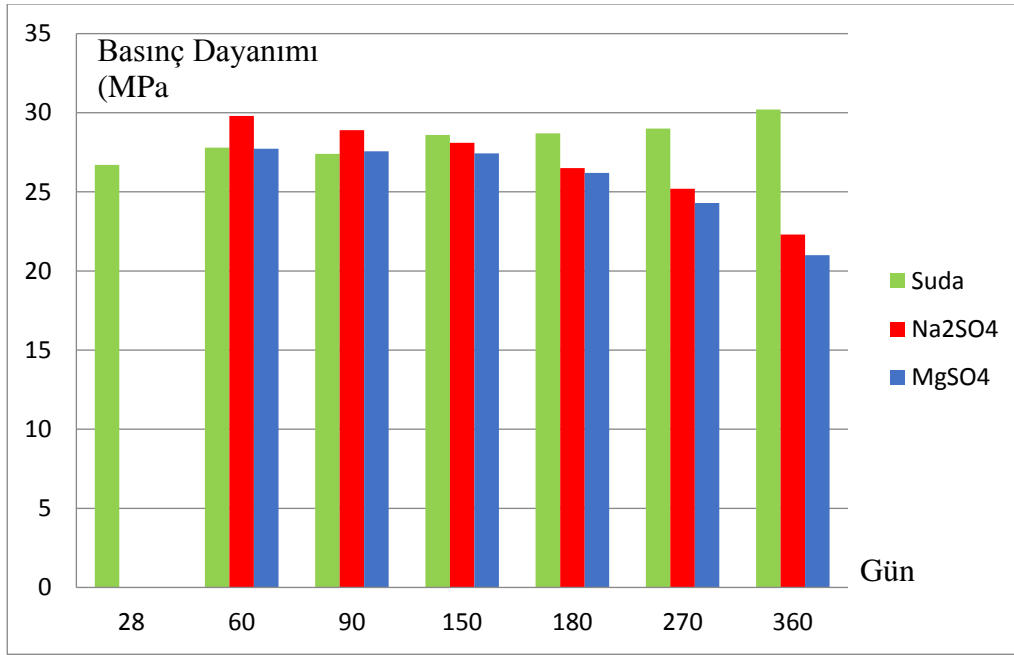
64



Şekil-1 C30/37 Betonlarının Basınç Dayanımları

	Basınç Dayanımları (Mpa)						
	28	60	90	150	180	270	360
Suda	26.7	27.80	27.40	28.60	28.70	29.00	30.20
Na₂SO₄	0	29.80	28.90	28.10	26.50	25.20	24.30
MgSO₄	0	27.73	27.56	27.43	26.20	24.30	23.00

Tablo-2 C16/20 Betonlarının Basınç Dayanımları



Şekil-2 C16/20 Betonlarının Basınç Dayanımları

DENEYSEL SONUÇLARIN İRDELENMESİ

Deneysel çalışma sonuçlarından betonların 28 gün normal dayanımlarına ilaveten 1 yıl boyunca hidratasyon yapabildiği ve dayanımların arttığı görülmüştür. Yalnızca suda kür edilen C16/20 sınıfı betonlarda 28 günden sonra 1 yılsonunda %13, C30/37 sınıfı betonlarda ise %11 oranında dayanım artışı olmuştur. Na₂SO₄ ve H₂SO₄ çözeltilerinde bırakılan betonlarda ilk aylarda SO₄ tuz etkisi ortaya çıkmaya başlamış ve 1 yılsonunda dayanımlarda ortalama %20 oranında bir azalma saptanmıştır. İlk aylardaki dayanım artışını genişleyen tuzların boşlukları doldurduğu, daha sonraki aylarda iç gerilme oluşturarak çatlamlara neden olduğu söylenebilir.

1 yılsonunda betonlarda yer yer yüzeysel çatlakların da olduğu gözlemlenmiştir. NaSO₄ çözeltilerinde bekletilen düşük mukavemetli betonlarda da yıl sonunda dayanım % 9, yüksek mukavemetli betonlarda %16'lık bir azalma gözlenmiştir. Sülfürik asitli suda bekletilen betonlarda düşük dayanımlı betonlarda %14, yüksek dayanımlı betonlarda yaklaşık %20 mertebesinde dayanım azalması görülmüştür. Yüksek dayanımlı betonlarda etki daha belirgin olmuştur. Nedenini açığa çıkan Ca(OH)₂ daha fazla olması gösterilebilir.

SONUÇ

Betonarme yapılar çeşitli dış etkilerin etkisinde olabilir. Fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mekanik etkileri zamanla betona zarar verirler. Bu çalışmada da görüldüğü gibi kimyasal sularda bulunan

sülfat iyonları çimentonun ana bileşeni C_3A ve açığa çıkan $Ca(OH)_2$ ile reaksiyonlara girerek genleşen tuzlar oluşturmaktadır. İç gerilme sonucunda betonda mikro olarak başlayan çatlaklar zamanla artarak kılcal ve makro çatlaklar oluşturarak betonun dayanıklılığını azaltırlar.

O nedenle betonarme yapılar kimyasal madde içeren sular ve atıklardan uzak tutulmalıdır. Bunun içinde ya geçirimsiz pas payı yüksek yapı elemanları üretmek, yada yapı elemanlarını eşitli maddelerle yalıtılmak gereklidir. Ayrıca çimento seçimine ve C_3A sını düşük çimentoları tercih etmek gereklidir.

KAYNAKLAR

Barodan, B. Yazıcı, H. Ün. H. Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık. Hazır Beton Birliği Yayınları İstanbul 2010.

Monteiro, P.J.M., Kurtis, K.E. (2003). Time to Failure for Concrete Exposed to Severe Sulfate Attack, Cement and Concrete Research, Vol. 33,p. 987- 993

Karasin A. ve Doğruyol M.(2010). Sülfat Etkisi Optimum Puzolanik Katkı Kullanımı, e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences, 1A0157, 6, (1), 348-357.

Nehdi M. and M. Hayek (2005). Behavior of blended cement mortars exposed to sulfate solutions cycling in relative humidity. Cement and Concrete Research, 35, 731–742.

Neville A. (2004). The confused world of sulfate attack on concrete. Cement and Concrete Research, 34, 1275–1296.

Tosun K., Yazıcı H., Yiğiter H., Baradan B. (2003).Uçucu Kül içeren Çimento harçların Sülfat Dayanıklılığının incelenmesi, V. Ulusal Beton Kongresi. İstanbul.

TS EN 12457–4, (2004). Atıklarının Nitelendirilmesi Katıdan.Özütleme Analizi- Granül Katı.

TS EN 12390-3 Beton-Sertleşmiş Beton Deneyle Bölüm3: Dene Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini.

Toklu,K.,Demirel,C.,Şimşek,O.,Baharavar,S.,”Effect of Magnesium Sulfate Solution on Concrete Compressive Strenght” 2 nd Sustaineble Buildings Symposium. 28-30 May 2015 Ankara -Turkey

Poon C.S., Kou S.C. and L. Lam (2006) Compressive strength, chloride diffusivity and pore structure of high performance metakaolin and silica fume concrete. Construction and Building Materials, 20, 858-865.