

SÜLFAT ETKİSİNE MARUZ KOLEMANİT KATKILI BETONLARIN DONMA ÇÖZÜNME SONRASI BAZI ÖZELLİKLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Hasan POLAT* , Cengiz ÖZEL

Özet

Bu çalışmada kolemanit katkılı betonların donma-çözünme etkisindeki özellikleri araştırılmıştır. Su/çimento oranının (s/ç) 0.48 ve çimento dozajının 400 kg/cm^3 sabit tutulduğu karışımlarda, kolemanit normal agregaya ile %0-10-20-30-40 ve 50 oranlarında yer değiştirilmiştir. Üretilen beton numunelere 28 gün başlangıç küründen ($t=0$) sonra ve %5'lik sodyum sülfat çözeltisinde (ilave 90 gün sonunda) bekletildikten ($t=90$) sonra her bir çevrimi 2 saat donma, 1 saat çözülme olmak üzere toplam 30 çevrimli donma-çözülme deneyine tabi tutulmuştur. 30 çevrim sonrasında numunelerin ultrases geçiş süresi, schmidt yüzey sertliği ve basınç dayanımı değerleri ölçülmüştür.

Anahtar kelimeler: Kolemanit, sülfat etkisi, donma-çözünme, sertleşmiş beton özellikleri

INVESTIGATION OF SOME PROPERTIES AFTER FREEZE-THAW TEST OF CONCRETES INCLUDING COLEMANITE THE EXPOSED TO SULPHATE EFFECT

Abstract

In this study, properties of colemanite including concretes, exposed to freeze-thaw, were investigated. In all mixtures, the water/cement ratio (w/c) and cement dosage were constant as 0.48 and 400 kg/cm^3 respectively, and colemanite was replacement (as volume ratio) with aggregates by 10-20-30-40 and 50% rates. Produced concrete samples were applied 90 days additional cure ($t=90$) in 5% sodium sulfate solution after 28 days initial cure (water curing) ($t=0$). Afterward from curing process, samples were subjected to freeze-thaw test of 30 cycles, each cycle is two hours freezing and 1 hour thaw. After the 30 cycles some physical and mechanical properties of concretes were measured such as ultrasonic pulse velocity, schmidt surface hardness and compressive strength.

Key words: Colemanite, sulphate effect, freeze-thaw, hardened concrete properties

1. GİRİŞ

Beton servis ömrü boyunca fiziksel, kimyasal, mekanik ya da fiziko-kimyasal etkilerle hasara uğrayabilmektedir. Bu çevresel etkiler betonun performansının zamanla azalmasına, servis süresinden önce işlevini ve dayanıklılığını tamamen yitirmesine yol açabilmektedir. Betonun tekrarlı donma çözünme etkisinde kalması bu fiziksel etkilerden birisidir (Şahmaran, 2009). Beton boşluklu bir yapıya sahip olup gözeneklerinde bulunan suyun, sıcaklık derecesinin

* Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi ABD, 32260 Isparta.
E-posta: polat000@hotmail.com

sıfırın altına düşmesi sonunda donması, mukavemetinin azalmasına ve hatta parçalanmasına yol açabilir. Bu etkiler suyun donması sonucunda hacminin artmasından ileri gelmektedir (Postacıoğlu, 1987).

Donan suyun hacmi yaklaşık %9 artmaktadır ve kılcal boşluklarda bulunan suyun boşluk hacminin sadece bir bölümünü doldurması durumunda, donan suyun genleşebileceği boş bir hacim oluşmaktadır. Betonun suya doygun halde olması durumunda ise tüm boşluk suyla dolu olduğu için, oluşan hacim artışı sonucu buz boşluk çeperlerine basınç uygulamaktadır. Sıcaklığın yükselip buzun çözülmesiyle de çeperlere etkiyen bu basınç ortadan kalkmaktadır. Sürekli tekrarlanan donma çözünme ile birlikte betonda hasar oluşmaya başlamaktadır ve betondaki hasar oluşumu betonun çatlaması veya yüzeyde oluşan soyulma ve dökülmeler olarak kendini göstermektedir (Şengül, 2003; Neville 1997; Pigeon, 1995).

Betonun özellikleri kullanılan malzemeler tarafından belirlenir. Beton hacminin yaklaşık %75'ini oluşturan agregaların kalitesi ve türü betonun performansını ve durabilitesini büyük ölçüde etkilemektedir. İyi beton elde edebilmek için uygun agrega kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir (Şengül, 2003).

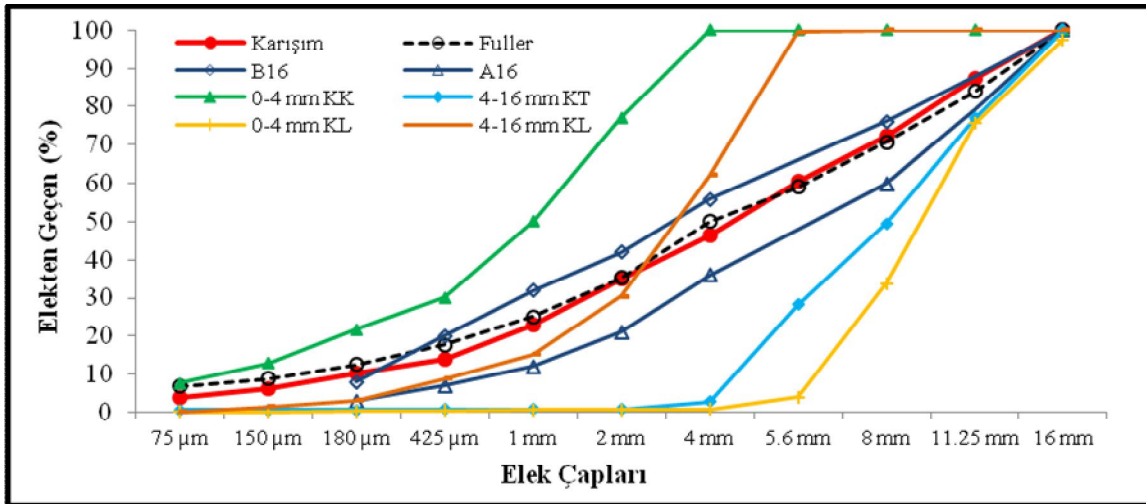
Gerçekleştirilen bu deneysel çalışmada kolemanit farklı oranlarda (%0, %10, %20, %30, %40, %50) normal agrega ile yer değiştirilmiştir. Üretilen kolemanit katkılı beton numenler 28 gün (t=0) başlangıç kürü sonrası, ilave olarak 90 gün (t=90) ASTM C 1012 (2002)'ye göre hazırlanan %5'lik Na₂SO₄ ortamında sülfat etkisine maruz bırakıldıktan sonra gerçekleştirilen donma çözünme çevrimi sonrası bazı özellikleri incelenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA VE BETON ÜRETİMİ

Beton yeraltı suyundan deniz suyuna kadar birçok betona zararlı ortamda çevresel etkiye maruz kalmakta ve kimyasal saldırılara uğramaktadır (Uygunoğlu, 2006; Polat, 2012; Neville, 2004; Fattuhi, 1986; Chandra, 2002). TS EN 206-1 (2002), standardı bu çevresel etkenlere belli sınırlamalar getirmiş ve bu çevresel etkenler dikkate alınarak betonun tasarımının yapılmasını önermektedir.

Bu çalışmada TS EN 206-1 (2002) , standardında önerilen ve sınırlamalar getirilen etki sınıfları bağlı olarak çimento dozajı, su/çimento oranı (s/ç) gibi etkenler göz önüne alınarak beton tasarımı gerçekleştirilmiştir. s/ç= 0.48 ve çimento dozajı 400 kg/cm³ ön deneylerle belirlenmiştir (Polat ve Özel, 2012). Beton üretiminde kullanılan agregalar 0-4 mm kırma kum (KK), 4-16 mm kırmataş (KA) olmak üzere iki tip kırmataş agregası, agregalarla yer değiştirmek için kullanılan bor minarelerinden biri olan kolemanit 0-4 mm ve 4-16 mm (KL) olmak üzere iki farklı gruba ayrılmıştır.

Çalışmada kullanılan agregaların tane boyut dağılımları Şekil 1'de, bazı fiziksel özellikleri ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Agregalara ve karışıma ait gradasyon eğrileri

Tablo 1. Agregaların tane yoğunlukları ve su emme oranları

Agrega Çeşidi	Tane yoğunluğu (kg/dm ³)		Ağırlıkça Su Emme Oranı (%)
	Doygun Kuru Yüzey	Etüv Kuru	
Agrega (0-4)	2.70	2.67	1.20
Agrega (7-16)	2.67	2.65	0.40
Kolemanit (0-4)	2.02	2.09	3.30
Kolemanit (4-16)	2.27	2.31	1.70

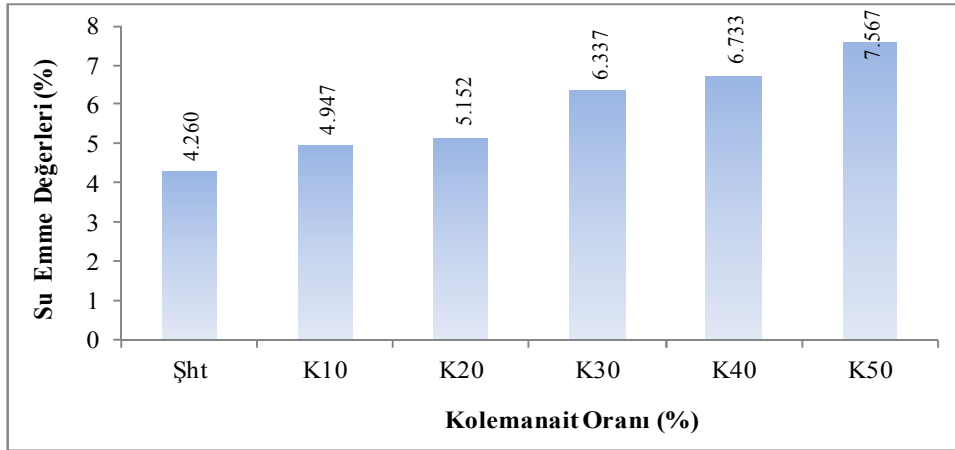
Üretilen betonlar üzerinde tahribatsız; ASTM C 597 (1997)'e göre ultrases geçiş hızı tayini deneyi, TS 3260 (1978)'e göre schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesi, TS 669 (2009)'a göre su emme deneyi ve tahribatlı; TS EN 12390-4 (2002) ve TS EN 12390-3 (2003)'e göre basınç mukavemeti tayini, TS 3449 (1980)'a ve ASTM C 666/C 666M (2003)'e göre donma çözünme deneyi yapılmıştır.

Beton üretiminde kolemanit, normal agregaya ile hacimce %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında yer değiştirmek suretiyle kullanılmıştır. Yer değiştirme oranlarının yarısı (örneğin %10 kolemanit için) %5'i 0-4 mm tane büyüklüğünden diğer yarısı (%5) 4-16 mm tane büyüklüğünden olacak şekilde yer değiştirme işlemi yapılmıştır.

3. DENEY SONUÇLARININ DEĞERLERİNDİRİLMESİ

3.1. Su Emme Deneyi Sonuçları

Üretilen betonlara ait su emme deneyi sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi kolemanit miktarının artmasıyla su emme değerlerinde artış elde edilmiştir. En düşük su emme değeri şahit betondan, en yüksek su emme değeri K50 beton serisinden elde edilmiştir.

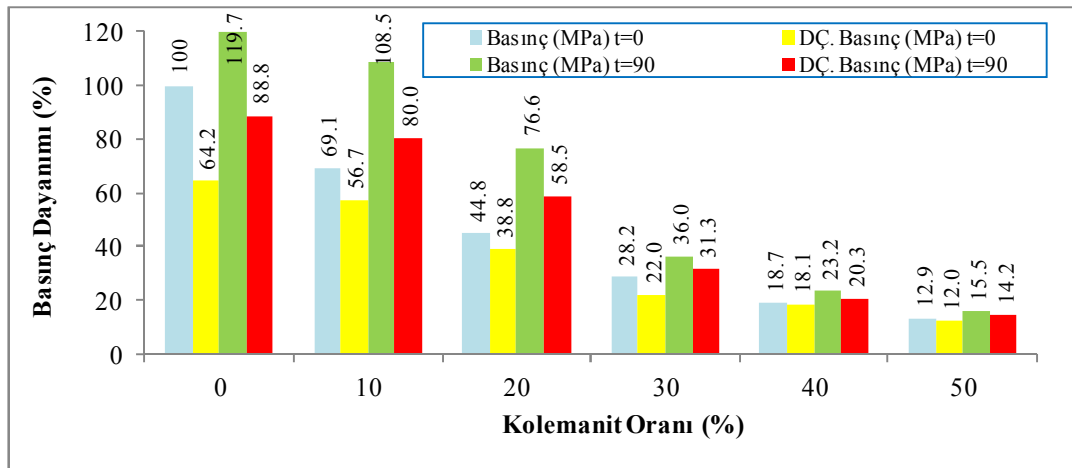


Şekil 2. Su emme deneyi değerleri

3.2. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Üretilen betonların 28 günlük kür sonrası donma-çözünme deneyi uygulanmadan önceki şahit betonun basınç dayanımı değerine göre ($t=0$), donma-çözünme deneyi (28 günlük kür sonucunda “DÇ $t=28$ ”) sonrası ve ilave 90 günlük sülfat kürü sonucundaki (donma-çözünme deneyi öncesi “ $t=90$ ” ve donma-çözünme deneyi sonrası “DÇ $t=90$ ”) basınç dayanımı değişim oranları Şekil 3’te verilmiştir.

Şekil 3’te görüldüğü gibi tüm numunelerde kolemanit oranı artışıyla basınç dayanımı değerleri azalmaktadır. Yine hem $t=0$ hem de $t=90$ kür şartları için donma-çözünme deneyi sonrasında, şahit beton ve kolemanitin düşük oranlarında daha yüksek, artan kolemanit oranlarında ise daha az olmak üzere basınç dayanımı değerlerinde azalma elde edilmiştir.

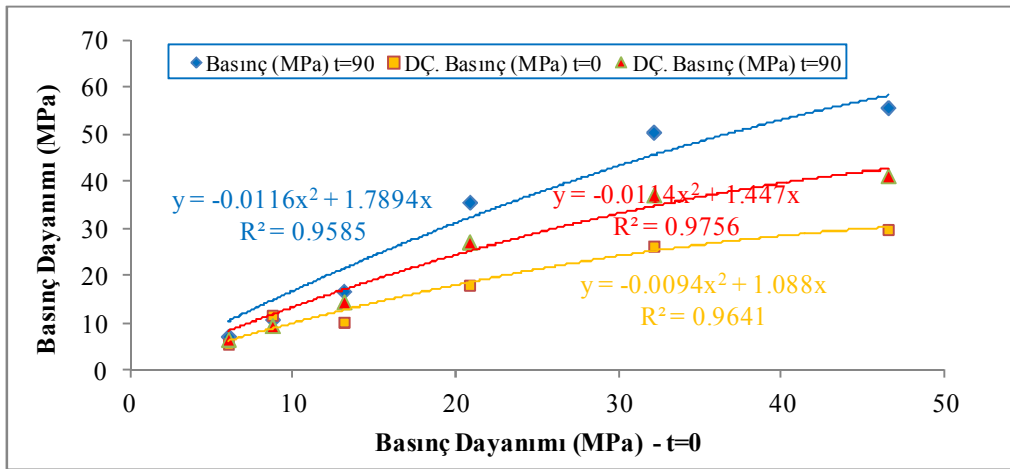


Şekil 3. Donma çözünme öncesi ve sonrası basınç dayanımı değerleri

Bununla birlikte donma çözünme deneyine tabi tutulmadan, $t=90$ kür şartı için şahit beton ve K10 betonlarında $t=0$ kür şartındaki şahit betona göre basınç dayanımı değerlerinde (90 günlük sülfat kürü olmasına rağmen) artış elde edilmişken (sırasıyla %19.7 ve %8.5) diğer betonlarda azalma (%23.4 ile %74.5) elde edilmiştir.

Donma çözünme öncesi $t=0$ kür şartındaki basınç dayanımı değerleriyle, donma çözünme öncesi $t=90$ kür için basınç değerleri ve $t=0$ ile $t=90$ kür için donma çözünme sonrası basınç

dayanımı arasındaki ilişkiler Şekil 4’de verilmiştir. $t=0$ için donma çözünme öncesi basınç dayanımı değerleri ile bu üç durum arasında yüksek belirleyicilik katsayıları elde edilmiştir ($R^2=0.9585 \sim 0.9756$).



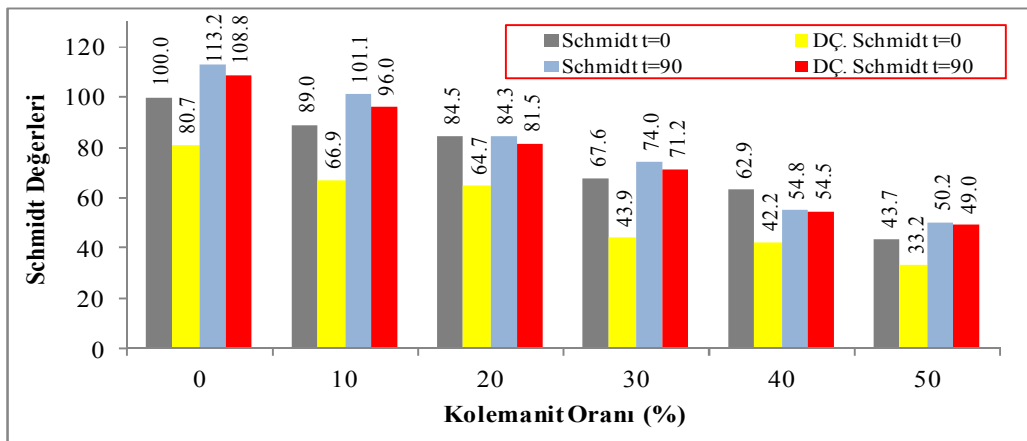
Şekil 4. $t=0$ 'da DÇ öncesi basınç dayanımı değerleri ile $t=0$ 'da DÇ sonrası, $t=90$ 'da DÇ öncesi ve sonrası basınç dayanımı değerleri arasındaki ilişkiler

3.3. Schmidt yüzey sertliği deney sonuçları

Üretilen beton numunelerine ait schmidt yüzey sertliği değerlerinin $t=0$ kür şartındaki şahit betona göre değişim oranları Şekil 5’de verilmiştir.

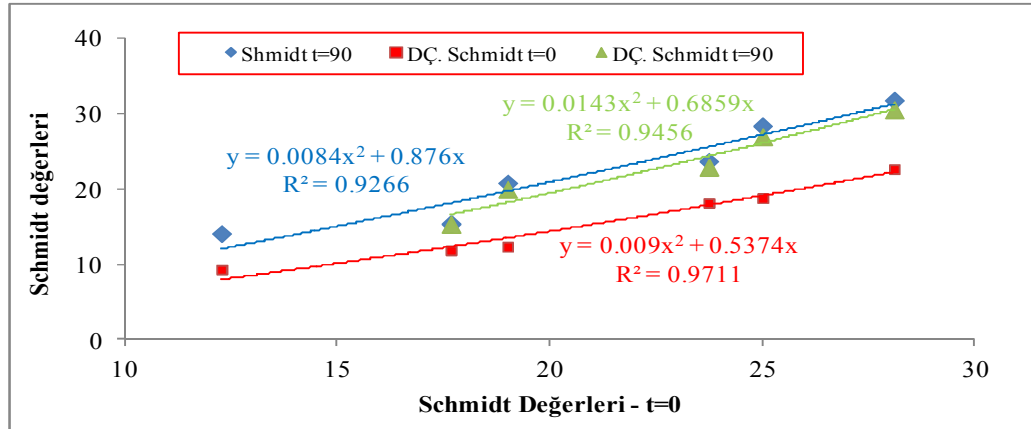
Schmidt yüzey sertliği değerlerinde de basınç dayanımı değerlerinde olduğu gibi kolemanit oranı artışıyla schmidt değerleri azalmaktadır. Yine hem $t=0$ hem de $t=90$ kür şartları için donma-çözünme deneyi sonrasında, şahit beton ve kolemanitin düşük oranlarında daha yüksek, artan kolemanit oranlarında ise daha az olmak üzere schmidt değerlerinde azalma elde edilmiştir.

Bununla birlikte donma çözünme deneyine tabi tutulmadan, $t=90$ kür için şahit beton ve K10 betonlarında $t=0$ kür şartındaki şahit betona göre schmidt değerlerinde artış elde edilmişken (sırasıyla %13.2 ve %1.1) diğer betonlarda azalma (%15.7 ile %49.8) elde edilmiştir.



Şekil 5. Donma çözünme öncesi ve sonrası schmidt yüzey sertliği değerleri

Donma çözünme öncesi $t=0$ kür şartındaki schmidt yüzey sertliği değerleriyle, donma çözünme öncesi $t=90$ kür için schmidt değerleri ve $t=0$ ile $t=90$ kür için donma çözünme sonrası schmidt değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 6'da verilmiştir. $t=0$ için donma çözünme öncesi schmidt değerleri ile bu üç durum arasında basınç dayanımında olduğu gibi yüksek belirleyicilik katsayıları elde edilmiştir ($R^2=0.9266 \sim 0.9711$).



Şekil 6. $t=0$ 'da DÇ öncesi schmidt değerleri ile $t=0$ 'da DÇ sonrası, $t=90$ 'da DÇ öncesi ve sonrası schmidt değerleri arasındaki ilişkiler

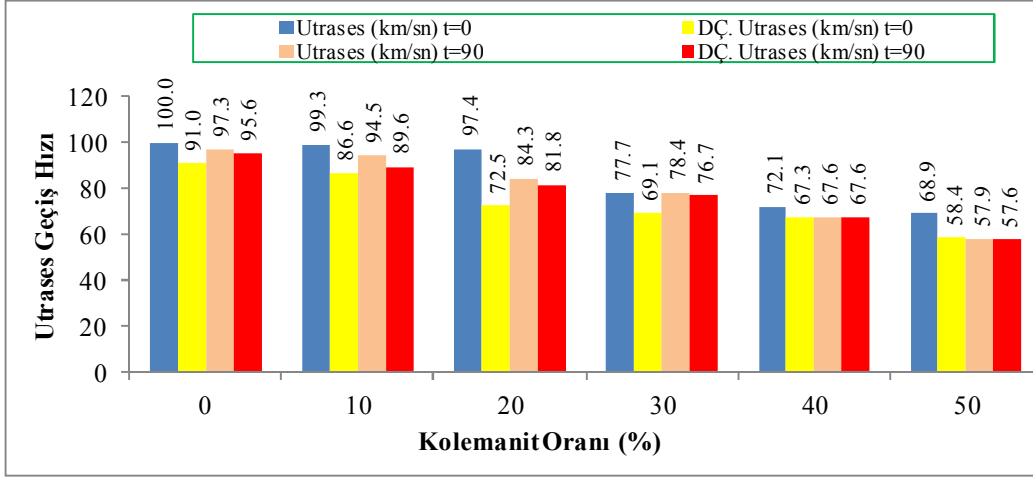
3.4. Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçları

Üretilen beton numunelerine ait ultrases geçiş hızı değerlerinin $t=0$ kür şartındaki şahit betona göre değişim oranları Şekil 7'de verilmiştir.

Ultrases geçiş hızı değerlerinde de basınç dayanımı ve schmidt yüzey sertliği değerlerinde olduğu gibi kolemanit oranı artışıyla ultrases geçiş hızı değerleri azalmaktadır. Yine hem $t=0$ hem de $t=90$ kür şartları için donma-çözünme deneyi sonrasında, şahit beton ve kolemanitin düşük oranlarında daha yüksek, artan kolemanit oranlarında ise daha az olmak üzere ultrases geçiş hızı değerlerinde azalma elde edilmiştir.

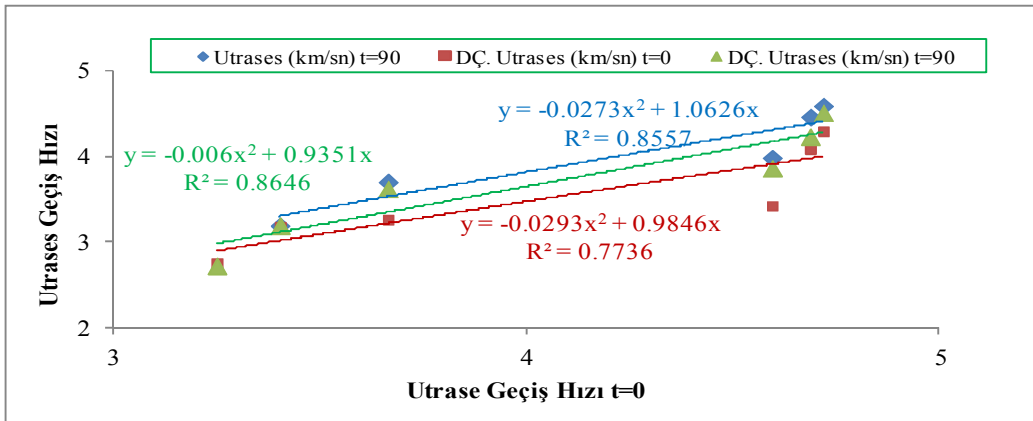
Basınç dayanımı ve schmidt yüzey sertliği değerlerinden farklı olarak donma çözünme deneyine tabi tutulmadan, $t=90$ kür şartındaki ultrases geçiş hızı değerlerinde, $t=0$ kür şartındaki şahit betonun ultrases geçiş hızı değerlerine göre şahit ve K10 betonlarında artış elde edilememiş, tüm betonlarda $t=0$ kür şartındaki şahit betonun ultrases geçiş hızı değerlerine göre ultrases geçiş hızı değerlerinde azalmalar elde edilmiştir.

Bununla birlikte donma çözünme deneyine tabi tutulmadan, $t=90$ kür için şahit beton ve K10 betonlarında $t=0$ kür şartındaki şahit betona göre schmidt değerlerinde artış elde edilmişken (sırasıyla %13.2 ve %1.1) diğer betonlarda azalma (%2.7 ile %42.1) elde edilmiştir.



Şekil 7. Donma çözünme öncesi ve sonrası ultrases geçiş hızı değerleri

Donma çözünme öncesi t=0 kür şartındaki ultrases geçiş hızı değerleriyle, donma çözünme öncesi t=90 kür için schmidt değerleri ve t=0 ile t=90 kür için donma çözünme sonrası ultrases geçiş hızı değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 8'de verilmiştir. t=0 için donma çözünme öncesi ultrases geçiş hızı değerleri ile bu üç durum arasında basınç dayanımında schmidt değerlerinde olduğu kadar olmasa da kabul edilebilir düzeyde yüksek belirleyicilik katsayıları elde edilmiştir ($R^2=0.7736 \sim 0.8646$).



Şekil 8. t=0'da DÇ öncesi schmidt değerleri ile t=0'da DÇ sonrası, t=90'da DÇ öncesi ve sonrası ultrases geçiş hızı değerleri arasındaki ilişkiler

28 günlük başlangıç kürü (t=0) ile başlangıç kürü sonrası yapılan donma çözünme deneyi sonrası ve ilave 90 günlük sülfat kürü sonunda (t=90) donma çözünme deneyi öncesi ve sonrası değerler arasında yüksek belirleyicilik katsayıları elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Başlangıç kürü ile sülfat kürü ve donma çözünme deneyleri sonrası değerler arasındaki ilişkiler

	Basınç dayanımı (t=0)	Ultrases geçiş hızı (t=0)	Schmidt yüzey sertliği (t=0)
Basınç dayanımı (t=90)	$y = -0.0116x^2 + 1.7894x$ R² = 0.9585	$y = 0.0084x^2 + 0.876x$ R² = 0.9266	$y = -0.0273x^2 + 1.0626x$ R² = 0.8557
DÇ. Basınç Dayanımı (t=0)	$y = -0.0114x^2 + 1.447x$ R² = 0.9756	$y = 0.009x^2 + 0.5374x$ R² = 0.9711	$y = -0.0293x^2 + 0.9846x$ R² = 0.7736
DÇ. Basınç Dayanımı (t=90)	$y = -0.0094x^2 + 1.088x$ R² = 0.9641	$y = 0.0143x^2 + 0.6859x$ R² = 0.9456	$y = -0.006x^2 + 0.9351x$ R² = 0.8646
Ultrases geçiş hızı (t=90)	$y = -0.0086x^2 + 1.7894x$ R² = 0.9356	$y = 0.0084x^2 + 0.876x$ R² = 0.9366	$y = -0.0283x^2 + 1.0626x$ R² = 0.8457
DÇ. Ultrases geçiş hızı (t=0)	$y = -0.0116x^2 + 1.7894x$ R² = 0.9765	$y = 0.009x^2 + 0.5374x$ R² = 0.9734	$y = -0.0253x^2 + 0.9846x$ R² = 0.7936
DÇ. Ultrases geçiş hızı (t=90)	$y = -0.0106x^2 + 1.7894x$ R² = 0.9634	$y = 0.0093x^2 + 0.6859x$ R² = 0.9456	$y = -0.008x^2 + 0.9351x$ R² = 0.8652
Schmidt yüzey sertliği (t=90)	$y = -0.0114x^2 + 1.447x$ R² = 0.9756	$y = 0.0084x^2 + 0.876x$ R² = 0.9266	$y = -0.0253x^2 + 1.0626x$ R² = 0.8657
DÇ. Schmidt yüzey sertliği (t=0)	$y = -0.0114x^2 + 1.447x$ R² = 0.9629	$y = 0.009x^2 + 0.5374x$ R² = 0.9711	$y = -0.0273x^2 + 0.9846x$ R² = 0.7536
DÇ. Schmidt yüzey sertliği (t=90)	$y = -0.0124x^2 + 1.447x$ R² = 0.9776	$y = 0.0113x^2 + 0.6859x$ R² = 0.9153	$y = -0.009x^2 + 0.9351x$ R² = 0.8836

4. SONUÇLAR

Literatürde betonun durabilite özellikleri her biri birbirinden bağımsız deneyler (sülfat dayanımı, donma çözünme dayanımı, aşınma dayanımı vb.) olarak belirlenmektedir. Bununla birlikte gerçekte bu etkiler aynı anda ya da bir birini takip eden sıralama ile meydana gelmektedir. Sülfat etkisine maruz kolemanit katkılı betonların donma çözünme sonrası bazı özelliklerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmada kullanılan kolemanit agregasının su emme değeri kolemanitin içindeki makro ve mikro boşluklar nedeniyle kullanılan normal agregaya göre daha yüksektir. Bu nedenle üretilen kolemanitli betonlarda, kolemanit oranına bağlı olarak şahit betona göre %16.13 ile %77.63 daha fazla su emme değeri elde edilmiştir.

Kolemanit oranının artmasıyla t=0 ve t=90 için hem donma çözünme deneyi öncesi hem de donma çözünme deneyi sonrası basınç dayanımı, ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği değerinde azalma elde edilmiştir.

Sülfat etkisine maruz kalan (t=90) numunelerde t=0'a göre (başlangıç kürüne göre) basınç dayanımı ve schmidt yüzey sertliği değerlerinde şahit ve %10 kolemanitli betonlarda (K10) artış elde edilmişken, kolemanitin diğer oranlarında azalmalar elde edilmiştir. Yani %20-%50 oranında kolemanitli betonlarda ilave 90 günlük sülfat küründe betonların basınç dayanımı değerlerinde gelişme olmadığı gibi azalmalar elde edilmiştir. Ultrases geçiş değerlerinde ise tüm betonlarda şahit betona göre ultrases geçiş değerlerinde azalma elde edilmiştir.

Bununla birlikte donma çözünme öncesi ve sonrası beton özellikleri arasındaki farklar incelendiğinde kolemanitin artan oranlarında değişim (azalma) oranının daha az olduğu, kolemanitin azalan oranlarında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kolemanit sülfat ve donma çözünme etkisi sonucu betonda meydana gelen zarar görme oranını azaltmaktadır.

İncelenen üç özellik için 28 günlük başlangıç kürü sonrası beton özellikleri ile 28 günlük başlangıç kürü sonrası donma çözünme deneyi sonrası beton özellikleri, ilave 90 günlük sülfat kürü sonrası donma çözünme deneyi öncesi ve sonrası beton özellikleri arasında yüksek belirleyicilik katsayıları elde edilmiştir ($R^2=0.7736 \sim 0.9756$).

5. TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya maddi destek sağlayan 2989-YL-11 No'lu Proje ile Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- ASTM C 1012, 1987. Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to Sulphate Solution. Annual Book of ASTM Standards, 7p., USA.
- ASTM C 597, 1997. Standard Test Method for Pulse Velocity through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 4p., USA.
- ASTM C 666/C 666M, 2003. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing. Annual Book of ASTM Standards, 6p. USA.
- Chandra, S., Berntsson, L., 2002. Durability of Lightweight Aggregate Concrete to Chemical Attack Lightweight Aggregate Concrete, Chapter 8, Lightweight Aggregate Concrete - Science, Technology, and Applications, William Andrew Publishing/Noyes, pages 471.
- Fattuhi, N.I., Hughes B.P., 1986. Resistance to Acid attack of Concrete with Different Admixtures or Coatings. International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 8 (4), 223-230.
- Neville A.M., 1997. Properties of Concrete, John Wiley & Sons Inc., 844 pp., London.
- Neville, A., 2004. The Confused World of Sulfate Attack on Concrete. Cement and Concrete Research, 34 (8), 1275-1296.

- Pigeon, M., Pleau, R., 1995. *Durability of Concrete in Cold Climates*, E&FN Spon, 244 pp., London.
- Polat, H., Özel, C., 2012. TS EN 206-1'e göre Tasarlanan ve Zararlı Kimyasal Ortamlara Maruz Kalacak Betonların Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini, *Yapı Teknolojisi Elektronik Dergisi*, 8(1), 25-35.
- Postacıoğlu, B., 1987. *Beton (Cilt II)*, Teknik Kitaplar Yayınevi, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, 403s., İstanbul.
- Şahmaran, M., Li V.C., 2009. Durability Properties of Micro-Cracked ECC Containing High Volumes Fly Ash. *Cement and Concrete Research*, 39,1033-1043.
- Şengül, Ö., Taşdemir, C., Koruç, Ş., Sönmez R., 2003. *Agrega Türünün Betonun Donma - Çözülme Dayanıklılığına Etkisi*. 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul.
- TS 3260, 1978. *Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3449, 1980. *Çabuk Donma ve Çözülme Koşulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 699, 2009. *Doğal yapı taşları - İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 12390-2, 2002. *Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri, Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi*. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Uygunoğlu T., Yücel K. T., Yurtcu, Ş., 2006. *Betonun Zararlı Ortamlardaki Durumu Yer altı Suyu Etkisi Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 29