

## BAKIM SUYU PH DEĞERİNİN ÇİMENTO HARCINA ETKİSİ

İlhami DEMİR<sup>1</sup>, Burak SİVRİKAYA<sup>1</sup>, Oğuz İLHAN<sup>1</sup>, Hasbi YAPRAK<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>[ildemir@kku.edu.tr](mailto:ildemir@kku.edu.tr), <sup>2</sup>[yaprakh@hotmail.com](mailto:yaprakh@hotmail.com)

<sup>1</sup> Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye  
<sup>2</sup> Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye

### Özet

Agresif ortamların betona olumsuz etkisi bilinmektedir. Bunun yanında bazik ortamın betona etkisi olumlu olmaktadır. Bu çalışmada, bakım suyu pH'ının çimento harçlarına etkisi araştırıldı. Bu amaçla; CEM I 42.5 R çimentosu ile çimento hamurları, harç çubukları üretildi. Çimento hamurlarının priz başlangıç, priz sonu ve genleşmeleri belirlendi. Çimento hamurları ve harç çubukları, farklı pH değerlerine sahip kür suyunda 7, 28, 90, 180, 360 gün süreyle bekletildi. 25 x 25 x 285 mm boyutundaki harç çubuklarının boy değişimleri, 40 x 40 x 160 mm boyutundaki prizmatik harçların ise eğilme ve basınç dayanımları test edildi. Kür suyu pH'mın 3, 5 ve 7'ye düşürülmesi için HCl ve 9, 11 ve 13 değerlerine yükseltilmesi için de NaOH kullanıldı. Kür suyu pH değerinin artması ile harç çubuklarının boy değişimlerinin azaldığı ve basınç ve eğilme dayanımlarının da arttığı gözlemlendi.

**Anahtar Kelimeler:** pH, bakım suyu, eğilme dayanımı, basınç dayanımı, çimento harcı

## EFFECT OF PH VALUE OF THE CURING WATER ON CEMENT MORTAR

### Abstract

The adverse effect of aggressive environments on concrete is known. Besides, the effect of alkaline environment on the concrete is positive. In this study, the effect of maintenance water's pH on cement mortar was investigated. For this purpose CEM I 42.5 R cement and cement paste, mortar bars were produced. The initial setting, the final setting and the volume expansion of the cement paste were determined. Cement pastes and mortar bars were kept in curing water with different pH values for 7, 28, 90, 180, 360 days. The length changes of the 25 mm x 25 x 285 mm mortar bars and the flexural and compressive strength of the 40 mm x 40 x 160 mm set mortars were tested. The HCl was used to lower the curing water pH to 3, 5 and 7 and the NaOH was used to raise the curing water pH to 9, 11 and 13. It is observed that the length changes of the mortar bars was decreased and also the compressive and flexural strength of the mortar increased with the increase in the curing water's pH.

**Key words:** pH, curing water, flexural strength, compressive strength, cement mortar

### 1.Giriş

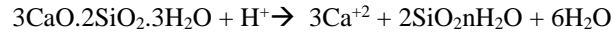
Beton hem taşıyıcı, hem de dekoratif olarak kullanılan bir yapı malzemesidir. Ayrıca işlenebilirliği, yangına karşı direnci, su geçirimsizliği, mekanik dayanımı, ve kalıcılığı bakımından da tercih edilmektedir [1].

Kaliteli beton zayıf asitlerin düzensiz tesirlerine karşı dayanıklıdır. Fakat hiçbir beton kuvvetli asitlerin veya asite dönüşebilen bileşiklerin etkisine karşı iyi bir kalıcılık gösteremez, bu durumda özel tedbirler almak gerekir [2].

Gözenek suyu içindeki Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları betonun pH değerinin 12.5-13.5 aralığında kalmasını sağlar. Buradan çıkarılabilecek doğal sonuç, betonun asidik ortamla karşılaştığında kimyasal kararlılığını kaybedeceğidir. Teorik olarak pH'ı düşük sular çimento hidrate bileşenlerinin çözülmesine yol açmaktadır. Bu açıdan bakıldığında birçok endüstriyel atık ve doğal su beton açısından saldırgan kabul edilebilir. Ancak kimyasal saldırının şiddeti sıvının pH değeri ve betonun geçirimsizliğinin fonksiyonudur. Ortamdaki sıvının pH'ının 6.5'in üzerinde ve betonun geçirimsizliğinin düşük olması halinde kimyasal saldırı çok yavaş gelişir ve etkisi ihmal edilebilir mertebelerde kalır. Kimyasal saldırı, pH 5.5 altında şiddetli, 4.5 ve altında ise çok şiddetli gerçekleşir. Ancak sıvının beton içinde taşınım hızı da önemli bir etkidir [1].

Asitler iyon değişimi ile çimento hamuru bileşenlerinden çözünebilir veya çözünmeyen kalsiyum tuzları meydana getirirler. Ayrıca, magnezyum tuzlarının çimento hamuru ile teması halinde magnezyum CSH jelindeki kalsiyumun yerini alır ve bu jel bağlayıcılık değerini kaybeder. Asitlerin sertleşmiş beton üzerindeki etkisi, kalsiyum bileşenlerini (Ca(OH)<sub>2</sub>, CSH ve CAH), saldırıda bulunan asidin kalsiyum tuzlarına dönüştürmesi şeklinde gelişir. Kalsiyum tuzları suda yavaş veya hızlı çözüldüğünden, çimento harcı belirli zaman sürecinde çözülür ve beton dayanımını kaybeder. Dolayısıyla reaksiyon hızı oluşan tuzun çözünebilirliğine bağlıdır [1].

Sertleşmiş beton içine giren asitli sular alkali çimento bileşikleri ile reaksiyona girerek suda çözünebilir tuzları oluştururlar. Ayrıca asitli sular klinker bileşikleri ile de reaksiyona girerek;



silikat jelini oluşturur. Reaksiyon sonucu oluşan silikat jelinin dayanıma etkisi olmamaktadır. Silikat jeli su ile beton dışına taşınır ve beton yüzeyinde yumuşak bir çamur halinde toplanır. Asit etkisi sonucu betonun porozitesi artmakta ve mukavemeti azalmaktadır [3].

Betona zararlı etkiler sıcaklık ve ortamdaki diğer kimyasal maddelerin varlığına bağlıdır. Serbest karbondioksitin artması ve pH'ın azalması suyun zararlı etkisini arttırmaktadır [4].

pH, ürünün asidik ve baziklik derecesini ifade eden bir ölçü parametresidir. pH ifadesi "power of hydrogen" yani hidrojenin gücü anlamına gelmektedir. pH hidrojen iyonları aktivitesidir. Sulu çözeltilerdeki H<sup>+</sup> veya OH<sup>-</sup> konsantrasyonlarının logaritmik olarak ifadesidir [5].

Suyun pH'ı 1'den 14'e kadar rakamlarla ölçülür, pH 7'de hidrojen ve hidroksil iyon düzeyi eşittir ve su nötrdür. Hidrojen iyonları artarsa suyun pH'ı düşer ve su asidik olur. Tam tersi, hidrojen iyonları arttığında pH değeri yükselir ve su alkali hale gelir, pH 7'nin altında su asidik, 7'nin üzerinde ise baziktir [5].

Rutubetli ortamlarda kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve karbondioksit (CO<sub>2</sub>) hatta atmosferde bulunan diğer bazı gazlar çözünmek suretiyle asit oluşturarak ve çimento klinker bileşikleri ile reaksiyona girerek yumuşak ve çok zayıf bir beton kitlesi oluşmasına neden olmaktadır. Kükürt bileşikleri kanalizasyon sularında havasız yaşayabilen bakteriler tarafından H<sub>2</sub>S'e dönüştürülür. Çimento ürünleri kademeli bir şekilde çözünür ve betonda bozulma süreci başlar [6].

Çimento asit saldırılarına karşı çok dayanıklı değildir. Özellikle pH'ı 4'den az olan asit solüsyonlarına karşı çimentolu kompozitler kalıcı olmaz. Beton pH'ı 6.5'den düşük olan sıvılarla asidik etkilere maruz kalabilir. Betona, asit atakları pH 5,5'in ve özellikle de 4,5'in altında olduğu zaman çok ciddi hasarlar verebilir [7].

Silisin çözülmesi hidroksit iyonlarının OH<sup>-</sup> atağı neticesinde iki aşamada gerçekleşmektedir. Hidroksit iyonlarının varlığı betonda NaOH tarafından da sağlanmaktadır. Silikanın çözünme hızı katı parçacıklar içindeki çatlaklarda mevcut olan alkali sıvının difüzyonundan etkilenmektedir. İyonların türü ve iyonik konsantrasyon bu hızı kontrol etmektedir. Çünkü tanecikler içine giren sıvı aynı zamanda hidroksit iyonlu katyonları sürükler ve bu katyonların iyonik yarıçapları difüzyonu sınırlayabilir. Bu yüzden daha küçük iyonik yarıçapa sahip sodyum katyonları daha yüksek difüzyon hızına sebep olabilir [8].

Mehta ve Monteiro [9], betonun geçirgenliğinin düşük ve agresif ortamda ki pH'nın 6'dan büyük olması durumunda, kimyasal atakların betonda ciddi hasarlar oluşturmayacağını açıklamıştır.

Bu çalışmada; 25 x 25 x 285 mm ve 40 x 40 x 160 mm boyutunda harç numuneleri üretilmiştir. Numuneler 3, 5, 7, 9, 11, 13 pH değerine sahip farklı kür koşullarında olgunlaştırılarak pH'nın çimento harçlarının boy değişim ve mekanik özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

## 2. Malzeme ve Metot

### 2.1. Malzeme

Araştırmada TS 197-1'e uygun CEM I 42.5 R tipi çimento kullanılmış, Çalışmada kullanılan TS 196-1 standardında belirtilen CEN referans kumunun tane boyutu dağılımı Tablo 1'de belirtilmiştir. Kür suyu olarak HCl ve NaOH kullanılarak hazırlanan pH'ı 3, 5, 7, 9, 11, 13 olan su ve içme suyu kullanılmıştır.

### 2.2. Metot

Yapılan çalışmada hazırlanan çimento hamurlarının kıvam, priz süresi ve hacim genleşmesi değerleri TS EN 196-3'e uygun olarak belirlenmiştir. Çimento harç karışımları; standart kum, çimento ve su oranları sırasıyla 3:1:0.5 olacak şekilde hazırlanmıştır. Harçların mekanik özelliklerini belirlemek için TS-EN 196-1'e [10] uygun 40 x 40 x 160 mm boyutunda ve harç çubuklarının boy değişimini saptamak için ASTM C 1012-95'e [11] uygun 25 x 25 x 285 mm boyutunda prizma numuneler üretilmiştir. Kür suları hazırlanmasında pH değerini düşürmek için asit (HCl), yükseltmek için ise baz (NaOH) kullanılmıştır. pH dereceleri pH metre kullanılarak belirlenmiştir. Kür sularının pH değerleri haftalık olarak pH metre ile kontrol edilerek, HCl ve NaOH ilavesi ile sabit tutulmuştur. Üretilen harç numuneler 20 °C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra kalıptan çıkartılmış, pH değerleri farklı kür havuzlarında 7, 28, 90, 180 ve 360 gün süreyle olgunlaştırılmıştır.

Tablo 1. Standart kumun tane boyutu dağılımı

Kare göz açıklığı (mm)	Kümülatif elekte kalan (%)
2.00	0
1.60	7±5
1.00	33±5
0.50	67±5
0.16	87±5
0.08	99±1

25 x 25 x 285 cm boyutundaki harç numuneler pH'ı 3, 5, 7, 9, 11, 13 olan çözeltilerde 2, 7, 28, 90, 180, 360 gün bekletilerek boy değişimleri belirlenmiştir.

Basınç ve eğilme dayanımı deneyleri TS EN 196-1'e göre yapılmıştır.

Eğilme dayanımı cihazı 10 kN yükleme kapasitesinde olup, yükleme hızı 50±10 N/s olarak belirlenmiştir.

Basınç dayanımı için yükleme hızı 2400±200 N/s olarak ayarlanmıştır.

### 3.Araştırma Bulguları

#### 3.1. pH'ın Çimento Harçlarının Boy Değişimine Etkisi

Çimento harçlarının boy değişimleri Tablo 2'de ve Şekil 1'de verilmiştir. Her pH değeri için üç örnek üzerinde tekrarlanmıştır.

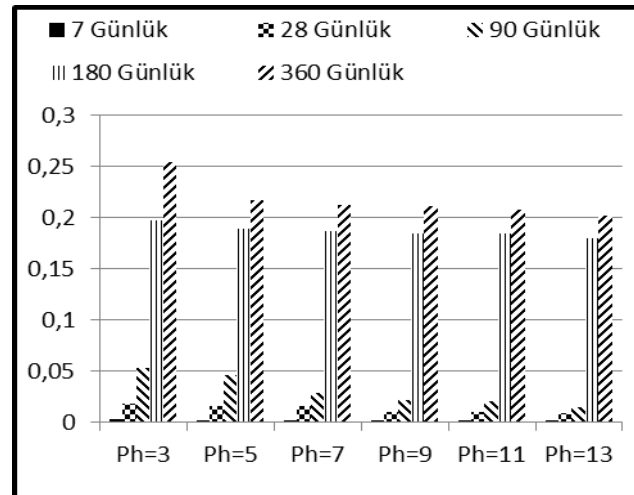
Tablo 2. Çimento Harçlarının Boy Değişimleri (%)

Boy Uzama (%)	pH=3	pH=5	pH=7	pH=9	pH=11	pH=13
7 Günlük	0.00306	0.00220	0.00205	0.00250	0.00218	0.00217
28 Günlük	0.01922	0.01665	0.01609	0.01074	0.01048	0.01003
90 Günlük	0.05402	0.04683	0.02880	0.02261	0.02091	0.01537
180 Günlük	0.19749	0.18980	0.18752	0.18515	0.18491	0.18019
360 Günlük	0.25469	0.21777	0.21316	0.21122	0.20790	0.20244

Şekil 1 ve Tablo 2'de görüldüğü gibi; 7 günlük ölçümler sonucunda, ortalama en yüksek boy uzama oranının pH'ı 3 olan harç çubuklarında %0.00306, en düşük boy uzama oranının ise pH değeri 7 olan harç çubuklarında %0.00205 olduğu belirlenmiştir. 7 günlük ölçümlerde pH değerinin 7 olması daha olumlu sonuç vermiştir.

28 günlük testlerde, en yüksek boy uzama oranının pH'ı 3 olan harç çubuklarında %0.019, en düşük boy uzama oranının ise pH'ı 13 olan harç çubuklarında %0.010 olduğu görülmüştür.

90 günlük ölçümler sonucunda, en yüksek boy uzama oranı pH'ı 3 olan harç çubuklarında %0.0540, en düşük boy uzama oranı ise pH'ı 13 olan harç çubuklarında %0.0154 olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. pH'ın Çimento Harçlarının Boy Değişimlerine Etkisi.

180 günlük en yüksek boy değişimi pH'ı 3 olan harç çubuklarında %0.197, en düşük boy değişimi ise pH'ı 13 olan harç çubuklarında %0.180 olarak gerçekleşmiştir. 360 günlük harçlarda, en yüksek boy uzama oranının

pH'ı 3 olan harç çubuklarında %0.255, en düşük boy uzama oranının ise pH'ı 13 olan harç çubuklarında %0.202 olduğu görülmüştür.

Kür suyu pH değerinin artışına bağlı olarak boy uzama değerlerinin azaldığı, pH'ın düşmesine bağlı olarak da harç çubuklarının genleşmesinin arttığı belirlenmiştir.

### 3.2. pH'ın Çimento Harçlarının Eğilme ve Basınç Dayanımlarına Etkisi

#### 3.2.1. Eğilme Dayanımları

Farklı pH değerlerine sahip kür suyunun harçların eğilme dayanımlarına etkisi Tablo 3 ve Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 3. pH'ın Harçların Eğilme Dayanımına Etkisi (MPa)

	pH=3	pH=5	pH=7	pH=9	pH=11	pH=13
7 Günlük	7.38	7.43	7.58	7.30	7.59	7.62
28 Günlük	8.61	9.02	9.13	9.65	9.75	9.88
90 Günlük	10.01	10.06	10.58	10.79	10.92	10.97
180 Günlük	9.81	10.02	10.74	10.84	11.01	11.46
360 Günlük	8.11	9.52	11.02	11.32	11.56	11.92

7, 28, 90, 180 ve 360 gün farklı pH ortamında bekletilen çimento harçları incelendiğinde; 7 günlük harçlarda en fazla eğilme dayanımı 7,62 MPa olarak pH'ı 13 olan harçlarda oluşmuştur. pH'ı 3 olan harçlarda, pH'ı 7 olan harçlara göre dayanım kaybı %3 oranında gerçekleşmiştir. pH'ı 13 olan harçlarda ise pH'ı 7 olan harçlara göre %5.3'lük dayanım artışı belirlenmiştir. En düşük eğilme dayanımının pH'ı 3 olan harçlarda olduğu belirlenmiştir. pH değerinin artışının eğilme dayanımını arttırmakta etkili olduğu görülmüştür.

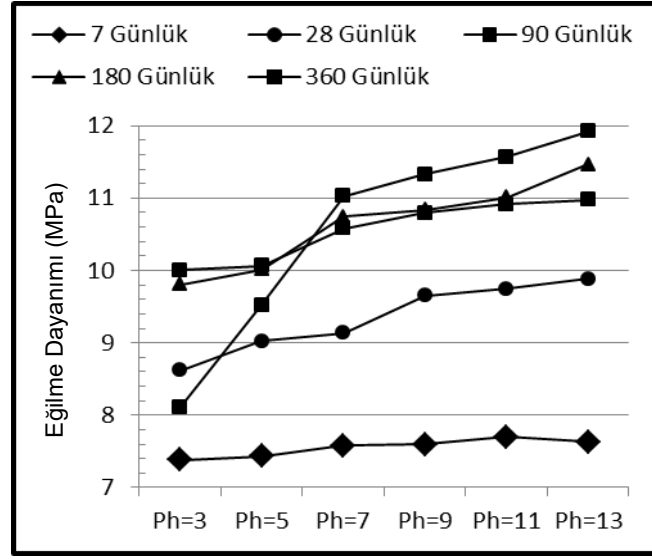
28 günlük numunelerde oluşan en yüksek eğilme dayanımı pH'ı 13 olan harçlarda 9.88 MPa, en düşük eğilme dayanımı ise pH'ı 3 olan numunelerde 8,61 MPa olarak belirlenmiştir. pH'ı 7 olan kür ortamında olgunlaştırılan numunelerde eğilme dayanımında %8.2 artış, en az eğilme değerinde ise %5.7 düşüş gözlenmiştir.

90 gün pH etkisinde bırakılan harçlarda oluşan en fazla eğilme dayanımı pH değeri 13 olan harçlarda ortalama 10.97 MPa, en az eğilme dayanımı ise pH değeri 3 olan kür suyunda olgunlaştırılmış harçlarda ortalama 10.01 MPa olarak belirlenmiştir.

180 günlük harçlarda en yüksek eğilme dayanımı pH'ı 13 olan harçlarda 11.46 MPa, en düşük eğilme dayanımı ise pH'ı 3 olan kürde olgunlaştırılan harçlarda 9.81 MPa olarak belirlenmiştir. pH'ı 7 olan kür koşulları kriter olarak alındığında en yüksek eğilme dayanımında %6.7 artış, en düşük eğilme dayanımında ise %8.7 düşüş gözlenmiştir.

pH'ı 13 olan kür ortamında olgunlaştıran 360 günlük harçlarda en yüksek eğilme dayanımı 11.92 MPa, en düşük eğilme dayanımı ise pH'ı 3 olan kür suyunda olgunlaştırılmış harçlarda 8.11 MPa olarak belirlenmiştir.

Kür suyu pH'ındaki azalmanın eğilme dayanımlarını olumsuz etkilediği belirlenmiştir.



Şekil 2. pH'in Çimento Harçlarının Eğilme Dayanımına Etkisi

### 3.2.2. Basınç Dayanımları

Farklı kür koşullarında olgunlaştırılan çimento harçlarının basınç dayanım değerleri Tablo 4'de ve Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 4. pH'in Harçların Basınç Dayanımına Etkisi (MPa)

	pH=3	pH=5	pH=7	pH=9	pH=11	pH=13
7 Günlük	40.78	42.05	48.06	48.41	48.45	48.41
28 Günlük	55.45	53.98	56.30	57.48	57.65	57.92
90 Günlük	61.38	61.69	67.22	62.35	62.46	62.25
180 Günlük	60.02	60.92	61.86	61.90	62.16	63.07
360 Günlük	54.82	57.48	65.12	65.98	68.58	69.18

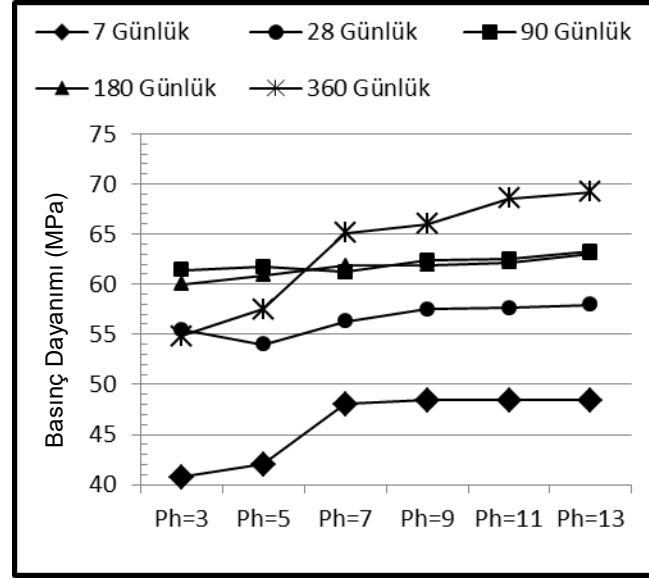
7 günlük numunelerde en büyük basınç dayanımı 48.45 MPa olarak pH'ı 11 olan harçlarda, en düşük basınç dayanımı ise pH'ı 3 olan asidik etkiye sahip kür havuzunda bekletilmiş harçlarda 40.78 MPa olarak belirlenmiştir. pH'ı 7 olan kür suyuna göre en yüksek basınç dayanımı değerinde %0.80 artış, en az basınç dayanımı değerinde ise %15.15 düşüş gözlenmiştir.

28 günlük numunelerde en yüksek basınç dayanımı 57.92 MPa olarak pH'ı 13 olan, en düşük basınç dayanımı ise pH'ı 5 olan kürde bekletilmiş harçlarda 53.98 MPa olarak belirlenmiştir.

90 günlük numunelerde en büyük basınç dayanımı 67.22 MPa olarak pH'ı 7 olan kür ortamında olgunlaştırılan harçlarda, en düşük basınç dayanımı ise pH'ı 3 olan kür havuzunda bekletilmiş harçlarda 61.38 MPa olarak belirlenmiştir.

180 günlük numunelerde en büyük basınç dayanımı 63.07 MPa olarak pH'ı 13 olan kür koşulunda bekletilmiş harçlarda, en düşük basınç dayanımı ise pH'ı 3 olan kür havuzunda bekletilmiş harçlarda 60.02 MPa olarak belirlenmiştir.

360 gün süreyle farklı pH etkisine bırakılan numunelerde en büyük basınç dayanımı 69.18 MPa olarak pH'ı 13 olan, en düşük basınç dayanımı ise pH'ı 3 olan kür havuzunda bekletilmiş harçlarda 54.82 MPa olarak belirlenmiştir. Kür suyunun pH değeri arttıkça basınç dayanımlarının arttığı belirlenmiştir.



Şekil 3. pH'ın Çimento Harçlarının Basınç Dayanımına Etkisi

#### 4. Sonuç

Kür suyu;

- pH değerinin artması harç çubuklarının boy uzamalarını azaltmış,
- pH'ının artması basınç ve eğilme dayanımlarını artırmış,
- pH değerindeki artış, özellikle 360 günlük harçların basınç, eğilme dayanımı ve boy değişimlerinde daha belirgin bir etki oluşturmuştur.

#### Kaynaklar (References)

- [1]. Baradan, B., Yazıcı, H., Ün, H., "Beton ve Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)", Türkiye Hazır Beton Birliği, İstanbul, Türkiye, 2010.
- [2]. Akkaya Y., "Zararlı Bir Ortamda Betonun Uğradığı Hasarın Hasar Mekanizması İle İncelenmesi" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Temmuz 1994.
- [3]. Yalçın, H ve Gürü, M., "Çimento ve Beton", Palme Yayıncılık, Ankara, 2006.
- [4]. Akman, S., "Kimyasal Zararlı Ortamda Beton", Beton Semineri, D.S.İ., Ankara, Say. 83-110., 1984.
- [5]. Kimya Teknolojisi, Asitler ve Bazlar, M.E.B. Ankara, 2011.
- [6]. Arslan, M., "Beton", Atlas Yayıncılık, İstanbul, 2001.
- [7]. Neville, A. M., "Properties of Concrete", Fourth Edition, page 93. 506., London, England, 1995.
- [8]. Akman, M.S., "Effects of the Content and Kind of Soluble Alkalis in Cements on Different Properties of Concrete", Cement and Concrete Technology in the 2000 Second International Symposium, 6-10 September, İstanbul, 2000.

- [9]. P. Kumar Mehta and Paulo J. M. Monteiro “ Concrete, Microstructure, Properties and Materials” Department of Civil and Environmental Engineering University of California at Berkeley, Third Edition, A.B.D. 2005.
- [10]. TS EN 196-1, Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım, TSE, 2002.
- [11]. ASTM C1012 / C1012M - 07 Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution, Annual book of ASTM standards, Philadelphia.