
SÜPERAKIŞKANLAŞTIRICI MİKTARININ KOROZYON ÜZERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF SUPERPLASTICIZER AMOUNT ON CONCRETE CORROSION

Özlem AKALIN
Nuh Beton A.Ş.
İstanbul, Türkiye

Aysel Fidan ÖZTÜRK
Kocaeli Üniversitesi
İzmit, Türkiye

Emin ARCA
Marmara Üniversitesi
İstanbul, Türkiye

ÖZET

Yapı sektöründeki hızlı gelişmeler dayanımı yüksek betonların yanı sıra daha dayanıklı beton şartını da getirmiştir. Beton içindeki donatının çeşitli nedenlerden dolayı korozyona uğraması da çözüm bulunması gereken en önemli konulardan birisidir. Bu çalışmada süperakışkanlaştırıcı katkı dozajının korozyon üzerindeki etkisi ele alınarak incelenmiştir. Melamin sülfonat bazlı süperakışkanlaştırıcı katkı farklı oranlarda beton karışımına girmiştir. Alınan numuneler üzerinden korozyon ölçme aleti ile gerilim farkı 3 aylık periyot içinde ölçülmüştür. Ayrıca betonun taze ve sertleşmiş özelliklerinden hava miktarı, kıvam, 3, 7 ve 28 günlük basınç dayanım testi uygulanmıştır. 28 günlük numuneler su geçirimsizlik cihazına

bağlanarak geçirimsizlik değerleri de bulunmuştur. Elde edilen ölçüm sonuçları katkı dozajının korozyon açısından optimum değerle sınırlandırılması gerektiğini göstermiştir.

ABSTRACT

High performance concrete means high compressive strength and durability in the service life of concrete. As the concrete technology developed it become more important. However, some problems that haven't been answered yet require more detailed researches for them. The corrosion of the reinforcing steel in concrete is one of the most important problem for durability. In this research the effect of superplasticizer dosage on corrosion was studied. Melamine sulphonate based superplasticizer was used in different percentage of the cement content in the mixture. The conductivity of the concrete was measured in 3 months period by using corrosion meter. The fresh and hardened concrete properties were tested such as air content, slump, 3 days, 7 days and 28 days compressive strength. Moreover the water permeability test was applied after 28 days curing by using water permeability apparatus. At the end of the measurement optimum superplasticizer dosage was found to prevent the corrosion risk.

1. GİRİŞ

Dünyadaki hızlı kentleşme ve nüfus artışıyla birlikte, şehir merkezlerinde daha yüksek binalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu yapılaşma sonucunda, doğal kaynakların tüketiminin yanı sıra çimento üretiminin de artış olmaktadır.

Bu gelişmelerin dezavatajı doğal kaynakların hızlı bir biçimde erozyona uğraması, küresel ısınma, karbondioksit gazında artış ve buna bağlı olarak da yapıların daha fazla zararlı çevreye maruz kalması karşılaşılan en önemli sorunlar olmuştur.

Beton teknolojisi dayanımı yüksek betonların yanı sıra yukarıda sayılan nedenlerden dolayı, daha dayanıklı betonlar elde etmek zorundadır. Yapıların servis ömrü süresince onarımı için yüklü miktarlarda harcama yapılmaktadır. Bu doğrultuda çözülmesi gereken en önemli sorun betonun dayanıklılığını etkileyen sorunlara çözüm yolları bulmak olacaktır. Korozyon da beton dayanıklılığında karşılaşılan en sık ve ciddi problemdir.

Beton içindeki donatının korozyona uğramaması için ne yapmak gerekir? Bu cevaplanması çok basit olmayan bir sorudur. Çünkü korozyon olayını tam olarak teşhis edemedikçe sağlıklı bir çözüm bulmak güçleşir. Bu güne kadar betonun iletkenliği ölçülerek,

$$E_{1/2} = E_0 - \log(1/Fe^{++}) \quad (\text{Denklem 1})$$

beton içindeki demir iyonu konsantrasyonu tespit edilmiştir. Aslında bilinen kimyasal reaksiyonda



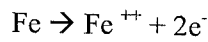
Böylece demir iyon konsantrasyonu arttıkça korozyon artmaktadır. Ancak birinci denklemde demir iyon konsantrasyonu azaldıkça gerilim farkı (half-cell potential) daha negatif değer vermekte ve korozyon artmaktadır. Bu bize işin kimyası hakkında bilgi vermektedir; demir iyonu konsantrasyonunu artırırsak ya da azalmasını önlersek korozyonu önlemiş oluruz. Bunlar üzerinde çalışılması gereken konulardır. Ayrıca beton içine yerleştirilen çeliğin paslanması ile ilgili üzerinde durulması gereken birkaç konu da şudur;

- Oluşan oksidin hangi formda olduğu,
- pH 9 ve 10 civarında paslanma oluş nedeni,
- Geçirgenliğin azaltılması,
- Betonun daha kalın yapılması ve pas paylarının daha çok olması,
- Klorür iyonuna karşı daha dayanıklı hale getirilmesi.

Klorür iyonunun beton içindeki çeliği için ve hangi yolla korozyona uğrattığı konusunda ortaya atılmış birkaç teori mevcuttur, doğruluğun ispatı için çalışmalar yapılmaktadır.



Denklem 2'ye dönersek,





Demir iyonu bileşikleri konsantrasyonu azaltır ve demirin korozyona uğramasına neden olur ve kimyasal dengeyi sağlamak için de ortama daha fazla demir iyonu verirler. Demir iyonu bileşiklerinin oluşumunun durdurulması için ne yapılması gerektiği korozyon çalışmasında üzerinde durulması gereken bir noktadır. [1]

Diğer taraftan korozyonun sadece klorür iyonundan dolayı olduğu söylenemez, bunun dışında birkaç faktör vardır. Bunlar;

- *Klorür
- *Karbonatlaşma
- *Yanlış akım
- *Galvanik pil
- *Konsantrasyon pili
- *Hidrojen gazı
- *Su (kılcal boşluklardaki)

Bunlardan bir veya birkaçının olduğu durumda sadece birisi üzerinde durmak yeterli olmayabilir. Sadece klorür iyonu üzerinde durmak da hatalı olabilir çünkü florür, bromür, iodine ve astatine tuzları da mevcuttur. portland çimentolu betonlarda florür elimine edilebilir çünkü kalsiyum florür çözünmez , astatine de nükleer reaktörler dışında birkaç saatlik yarılanma ömrüne sahiptir. Diğerleri de klorür tuzları gibi yaratacağı etkiler yönünden incelenmelidir. [1]

2. ELEKTROKİMYASAL PROSES ve KOROZYON

2.1. Teori

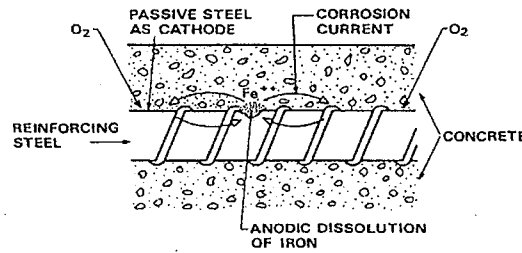
Beton içindeki donatının korozyonu belli bir süreç içerisinde meydana gelen elektro kimyasal bir prosestir. Korozyon prosesinin girdileri şu şekilde tanımlanır;

Metal	Fe
Nem	H ₂ O
Oksijen	O ₂
Elektrolit	Beton
Agresif iyon	Cl ⁻

Korozyon devresinde, yükseltgenme (oksidasyon) prosesinin yer aldığı anot ve indirgenme (reduksiyon) prosesinin yer aldığı katot vardır. Her ikisi de donatı üzerindedir ve elektrik iletkenliğini de çelik donatı yapar. İletken ortam ise (elektrolit) burada betondur.

Genel olarak şimdiye kadar yapılan çalışmalarda betonu oluşturan bileşiklerden kum ve kaba agregaların korozyon prosesinde oluşan akımı geçirmediği bilinmektedir. Çimento pastasının oluşturduğu kısımdan su, oksijen ve iyonlar geçmektedir. Daha açık söylemek gerekirse, çimento pastasındaki boşluklar iletimde rol almaktadır. Burada da kontrol parametreleri küçük boşlukların pasta içindeki dağılım şekli ve miktarı olacaktır.

Şekil 1'de gösterildiği biçimde negatif kutupta (anot) demir yükseltgenir ve açığa ($Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e^-$) çıkan iki elektron çelik donatıda pozitif kutba doğru hareket eder (katot) ve burada indirgenme reaksiyonu meydana gelir. ($2H_2O + O_2 + 4e^- \rightarrow 4OH^-$) havadaki oksijen çimento pastasındaki boşluklardan geçerek betonla temas eder. [2]



Şekil. 1. Beton içindeki donatı korozyonunun şematik gösterimi

2.2. Deney Programı

Bu çalışmada, 0.59 su çimento oranında C20 sınıfı betonlar katkı ve katkısız olarak hazırlanmıştır. Portland çimento (PÇ42.5), iri ve ince agrega, melamin sülfonat esaslı süperakışkanlaştırıcı katkı ve su beton karışımına giren bileşenlerdir. Her birinin kimyasal analizi ve özellikleri sırasıyla Tablo1, 2 , 3 ve 4'de verilmiştir.

Tablo 1 – Çimento Analizi

Element	PÇ 42.5 , %
SiO ₂	20.89
Al ₂ O ₃	4.94
Fe ₂ O ₃	4.50
CaO	62.34
MgO	1.20
Na ₂ O + 0.658 K ₂ O	0.76
SO ₃	2.51
C ₃ S	43.11
C ₂ S	27.37
C ₃ A	5.48
C ₄ AF	13.69
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	3.12
İncelik (cm ² /gr)	3.302

Tablo 2- Agrega Özellikleri

Özellik	Kaba Agrega		İnce Agrega	
	No 2	No 1	Kırma Kum	İnce Kum
Özgül ağırlık, gr/m ³	2.69	2.68	2.67	2.55
İncelik Modülü	-	-	-	0.95
Su Emme, %	0.45	0.60	1.75	1.80
Dmax., mm	20	12	8	5

Tablo 3-Süperakışkanlaştırıcı

Özellikler	MS
Kimyasal Köken	Melamin
Katı Madde, %	37.5
Yoğunluk gr/ml	1.205
Ph	9.50
Klorür ..ppm	< 50

Tablo 4. Karışım Suyu Özellikleri

Özellikler	
Askıdaki Katı	1259
Ph	9.12
Klorür ppm	40
Sülfat ppm	50
Toplam alkali ve karbonat	480

Beton karışımları birisi katkısız referans olmak üzere, 12 adet karışımdan oluşmaktadır. Katkılı karışımlarda melamin sülfonat bazlı süperakışkanlaştırıcı artan dozajlarda kullanılmıştır (%0.5'den %6'ya kadar her bir karışımda %0.5'lik artışla). Her bir karışımda su çimento oranı sabit tutularak, sadece katkı dozajı artırılmıştır. Karışıma ait içerik bilgileri Tablo 5'de detaylı olarak gösterilmektedir.

15x15x15 cm³ ebadında standart numune kalıpları içine çelik donatı yerleştirilerek beton numuneleri alınmıştır. Numuneler 24 saat sonra kalıptan çıkarılarak klorür iyonlarının havada bol miktarda bulunduğu bir laboratuvar ortamında korozyon ölçümleri için 3 ay süresince tutulmuşlardır. İlk ölçüm karışımdan 5 gün sonra korozyon ölçme aletiyle yapılmıştır, donatı ile beton arasındaki gerilim farkları 2 günlük aralıklarla ölçülerek kaydedilmiştir. Elde edilen korozyon ölçüm verileri Şekil 2'de grafiğe aktarılmıştır.

On iki adet numune üzerinde üç ay süresince yapılan ölçüm sonuçları incelenerek korozyonun tehlikesi ihtimali bulunan karışım serilerinin alt ve üst noktaları alınarak karışımlar tekrarlanmıştır. Bir adet katkısız referans, üç adet %1.5 , %3 ve %5 oranında katkı içeren beton karışımı yapılarak hava miktarı, kıvam, birim ağırlık, 3-7-28 gün basınç dayanımı deneyleri uygulanmıştır ayrıca, 28 gün kür uygulandıktan sonra numuneler su geçirimsizlik cihazına bağlanarak her bir numune DIN 1048 Standardı'na göre geçirimsizlik deneyine tabi tutulmuşlardır.

Tablo 5. Taze ve Sertleşmiş Beton Özellikleri

SU (kg/m ³)	ÇİMENTO (kg/m ³)	KATKI (%)	Hava (%)	Kıvam (cm)	3 gün (kgf/cm ²)	7 gün (kgf/cm ²)	28 gün (kgf/cm ²)	Geçirimsizlik (cm)
184	310	0,0	0,9	12	162	222	279	2.0
184	310	0,5						
184	310	1,0						
184	310	1,5	1,4	18	166	228	273	1.8
184	310	2,0						
184	310	2,5						
184	310	3,0	1,8	kolaps	177	232	278	1.8
184	310	3,5						
184	310	4,0						
184	310	4,5						
184	310	5,0	1,6	kolaps	160	221	297	1.8
184	310	5,5						

3. DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ

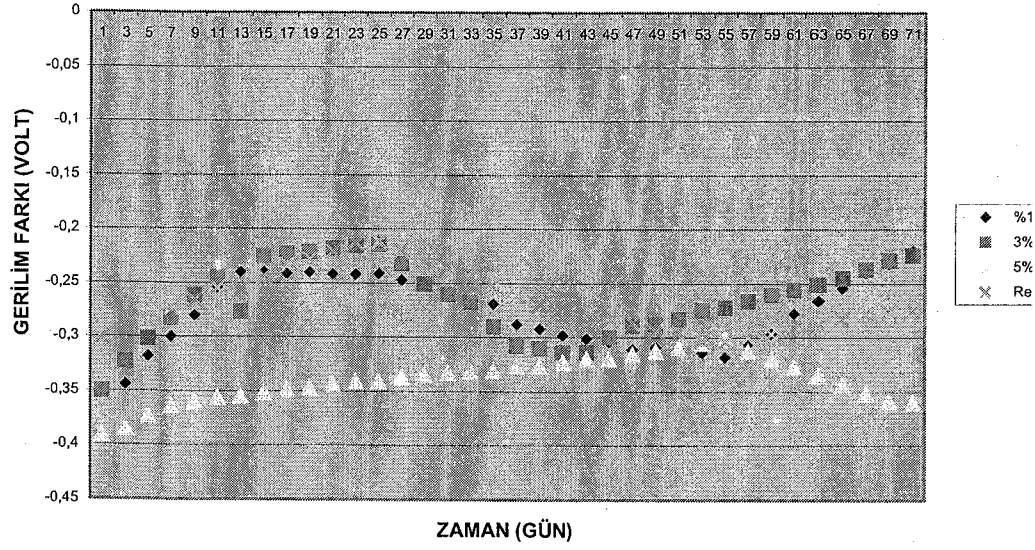
3.1. Gerilim Farklarının Yorumlanması

On iki adet beton numunesi üzerinde, beton ile donatı arasındaki gerilim farkı korozyon ölçüm cihazı ile, üç aylık sürede iki günlük periyotlarda ölçülerek veriler toplanmıştır. Tüm veriler gözden geçirilerek, %1.5, %3 ve %5 katkı içeren numunelerde ölçülen gerilim farkı değerleri Şekil 2'de görüldüğü gibi kaydedilmiştir. Ölçülen değerlerin yorumu şu maddeler doğrultusunda yapılmıştır;

1. Gerilim değeri $|-0,200|$ 'den daha küçük ise; genel olarak bu bölgede %90 oranında korozyon yoktur.
2. Gerilim değeri $|-0,200|$ ile $|-0,350|$ arasında ise korozyon olup olmadığı hakkında kesin bir sonuç elde edilemez.
3. Gerilim değeri $|-0,350|$ volttan büyük ise bu bölgede %90 oranında aktif korozyon vardır.
4. Pozitif gerilimler (Voltmetrede görülen değer negatif değil ise) beton içerisinde ki nem miktarının yetersiz olduğunu anlamak gerekir. Bununla birlikte gelişigüzel (başıboş) DC akımlar pozitif gerilim ölçümlerine neden olur. Bu yüzden bu analizi yeniden incelemek gerekir. [3]

Bu bilgiler doğrultusunda üç aylık dönem sonunda %5 katkılı numunelerden alınan veriler, korozyon tehlikesi içeren bölgeye girme eğilimindeyken, %1.5 ve %3 katkı ihtiva edenler korozyon tehlikesinin olmadığı yönde ilerlemiştir. Katkısız referans ise belirsiz bölgede seyretmiştir.

Korozyon Ölçüm Değerleri



Şekil 2. Katkısız ve katkılı karışımların korozyon ölçüm değerleri

3.2. Taze ve Sertleşmiş Beton Özellikleri

Şekil 2’de korozyon ölçüm değerleri yer alan numuneler tekrar hazırlanarak taze halde hava miktarı, kıvam değerleri ölçülmüştür. Ayrıca 3-7 ve 28 güne karşılık gelen basınç dayanım sonuçları Tablo 5’te verilmiştir. Her üç karışımda da hava miktarı fazla değişmemiş % 1.4 ile %1.8 arasında seyretmiştir. Referans katkısız karışım hava miktarı % 0.9’dur. 28 günlük kür ortamından sonra her bir karışımın numunesi su geçirimsizlik testi için alete bağlanmıştır. 48 saat 1 bar, 24 saat 3 bar ve 24 saat 7 bar basınçlı su uygulamasına maruz bırakılmışlardır. [4] Daha sonra ortadan dikey şekilde kırılarak su geçirimsizlik seviyeleri ölçülmüştür.

4. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda şu yargılara varmak mümkündür;

1. Beton karışımları hazırlanırken dayanımın yanı sıra dayanıklılık için optimum miktarda katkı kullanmak gerekmektedir.

2. Kimyasal katkı katkısızca göre beton üzerinde dayanıklılık açısından iyileştirici etki göstermiştir.

Farklı kimyasal kökendeki katkılarla bu çalışma tekrarlanmaktadır, ölçümlere en az bir yıl devam edilecektir.

KAYNAKLAR

1. Hime G.William, (2003), "Concrete International", Vol.25 No.4.
2. Chiruzzi M., Berke NS., Grace W.R., (1994), 'An Application of Corrosion Inhibitor In Site Produced Concrete', DCI Corrosion Inhibitor, Grace.
3. Hopkins.j. (1997) "Bildiri ve Makale Yazarken nemli Notlar", Jour, Engineering Education, ESCE, Vol.1, No.ED5, pp. 121-134, (İngilizce).
4. etmeli Enver, (1981), 'Alman Betonarme řartnamesi', İstanbul.