



**BETONARME DONATISINDA  
ELEKTRİKSEL YÖNTEMLERLE KOROZYON ÖLÇÜMÜ**  
**(CORROSION MEASUREMENT OF REBARS  
BY ELECTRICAL METHODS)**

**İsmail ÇİL\***

**ÖZET/ABSTRACT**

Betonarme yapıların güvenliğini ve servis ömrünü etkileyen en önemli faktörlerden biri de betona gömülü çelik donatıların korozyonu olmaktadır. Yapılardaki hasarın gerçek derecesinin tespiti ve gelişiminin değerlendirilmesi için donatılardaki korozyon seviyesinin bilinmesi gerekmektedir. Geçmişte uygulanan tahribatlı yöntemler çok fazla zaman ve işçilik kaybına neden olmaktadır. Bunun yanında, son yıllarda geliştirilmeye çalışılan yöntemler ise oldukça karmaşık, uygulaması güç ve yüksek maliyetli yöntemlerdir.

Bu çalışmada betona gömülü çelik donatıların korozyonunun tespiti ve kontrol edilmesi için tahribatsız bir metot önerilmektedir. Elektriksel ölçümlere dayanan yöntemde, direnç farklılıklarının değerlendirilmesi ile korozyon gelişimi hakkında fikir edilebilir.

*Corrosion of reinforcing steel in concrete is one of the most important factors affecting the safety and service life of reinforced concrete structures. The assessment and quantification of the actual degree of damage and the prediction of its evolution needs measurement of the level of steel corrosion. Destructive methods used in the past cause loss of much time and workmanship. Besides, recent non-destructive methods are very complex, difficult to apply and high cost.*

*In this study, a non-destructive test method was proposed to asses the corrosion of reinforcement in concrete. Corrosion process may be observed by evaluation of differences in resistance based on electrical measurements.*

**ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS**

Korozyon, Betonarmenin ömrü, Korozyon ölçümü  
*Corrosion, Service life of reinforced concrete, Measurement of corrosion*

---

\* Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bornova, İZMİR

## 1. GİRİŞ

Korozyon İngilizce “Corrosion” sözcüğünden aynen Türkçe’ye geçirilmiş bir sözcük olup, “paslanma, aşınma, çürüme, bozukluk, çürüklük” olarak açıklanmaktadır. Diğer bir korozyon tanımı ise, “çevrenin elektrokimyasal etkisi ile oluşan malzeme tahribi ve malzeme kaybı” şeklindedir (Onaran, 1986). Daha kapsamlı bir korozyon tanımı de “Korozyon bir malzemenin yüzeyinin dıştan kimyasal etkiler veya elektrokimyasal yolla değişime uğraması olayıdır”. Çelik malzemesinde, bu değişim sonucu oluşan ürüne pas denir (Baradan, 1998).

1970’li yıllarda betonarme eleman içindeki çelik donatıların, donatıları kaplayan ve kısaca “paspayı” olarak adlandırılan, yaklaşık 1.5–2 cm kalınlığındaki beton örtü tabakası tarafından paslanmaya karşı korunduğu varsayıldı. Betonarme üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda, durumun pek böyle olmadığı görüldü. Bazı koşullar sağlanmadığı zamanlarda veya bazı kötü koşulların bir araya geldiği durumlarda, beton içindeki donatı korozyona uğramakta, çeliğin kesitinin azalmasına neden olmaktadır. Bu durum ayrıca beton ile çeliğin aderansının zayıflamasına sebep olarak betonarme elemanın kendisinden beklenen taşıma görevini tehlikeye sokmaktadır.

Son 15 yıl içinde, “paspayı” olarak adlandırılan, donatı örtü tabakasının kalınlığının bazı ülkelerde (örneğin Almanya’da) 4-5 cm’ye kadar arttırıldığı görülmüştür. Kuşkusuz ki bunun nedeni, betonarme eleman içindeki donatının korozyonunu önlemeye çalışmaktır. Paspayı tabakası donatı korozyonunu fiziksel ve kimyasal olmak üzere iki şekilde engelleyebilmektedir. Fiziksel koruma beton geçirimsizliği ile ilgili olup, zararlı maddelerin donatı çeliğine ulaşmasının engellenmesi ile sağlanır. Genellikle 12-13.5 arasındaki beton pH’ı çelikte pasif tabaka oluşumuna neden olarak donatılara kimyasal bir koruma sağlar. Ancak zaman ile betonarme yapılarda şiddetli korozyon problemleri oluşabilir. Betonarme çeliğinin korozyon başlangıcının en önemli nedenleri klorid iyonlarının ve karbondioksitin çelik yüzeyine doğru girişidir. Klorid iyonları pasif filmin lokal olarak göçmesine ve lokal korozyon oluşumuna neden olur. Diğer yandan, karbondioksit hidrate çimento matrisi ile reaksiyona girer ve pH’ı düşürür. Düşük pH’ta aktif hale gelen çelik korozyona maruz kalır.

Günümüzde korozyon, yapı elemanlarının servis ömürlerini etkileyen en önemli etken olmaktadır. Korozyon, donatılarda ve betonda birbirini takip eden kimyasal reaksiyonlar olarak ortaya çıkmaktadır. Betonarmede donatıyı paslanmaya karşı koruyan, betonun pH=13 civarında bulunan yüksek alkali düzeyidir. Bu yüksek alkali seviyesi düşmeye başladığı zaman beton artık içindeki donatıyı korozyona karşı koruyamaz hale gelir ve donatılar paslanmaya başlar. Paslanan donatının hacmi genişler ve betonarmede donatılara paralel çatlaklara sebep olur. Beton bir kere çatladıktan sonra, tamamen atmosferik etkilere maruz kalır ve yapı elemanı büyük bir hızla ömrünü doldurur.

Değişik tipte korozyon mekanizmaları olup, betonarmede korozyonu dört ana başlıkta incelemek mümkündür:

- Atmosferik korozyon,
- Elektrolitik korozyon,
- Klorid korozyonu,
- Temas korozyonu.

**Atmosferik Korozyon:** Oksijen ve nemin birlikte donatıyı etkilediği durumlarda söz konusudur. Hava kirliliği ve meteorolojik koşullar bu reaksiyonun hızını etkiler.

**Elektrolitik Korozyon:** Ortamdaki elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu pil oluşumu bu tür korozyonun nedenidir. Korozyon önce noktasal olarak başlamasına rağmen sonradan sürekli hale dönüşür.

**Klorid Korozyonu:** Betondaki karbonatlaşma olayı sonucunda, alkali özelliğini yitirmiş, geçirgen betonarme elemanların yüzeyinden kapiler boşluk ve çatlaklardan donatıya ulaşan

klor iyonlarının yol açtığı iki aşamalı ve sürekli bir korozyon tipidir. Betonarme yapılarda en tehlikeli korozyon tipi olarak nitelendirilir.

Temas Korozyonu: Elektriksel olarak temas halinde bulunan farklı elektropotansiyellere sahip metallerde görülen paslanma olayıdır. Betonarmede ender olarak rastlanır (Baradan, 2002).

Nedeni ve tipi ne olursa olsun, betonarme elemanlarda meydana gelen korozyon, yapının güvenliğini tartışılmaz bir şekilde tehdit eden ve hatta sona erdiren bir durumdur. Özellikle depremlerden sonra hasar gören yapıların durumu incelendiğinde, donatıların korozyon sebebiyle büyük kesit kayıplarına uğradığı, hatta bazı betonarme elemanlarda donatıların tamamen yok olup sadece izlerinin kaldığı görülmüştür. Bu durum, yıkımın esas sebepleri arasında donatı korozyonunun ilk sıralarda yer aldığını göstermektedir.

## 2. YÖNTEM

Korozyon belirtileri gözle görülmeye başlamış ise, durum zaten vahim bir hal almış demektir. Bu, betonarmede herhangi bir sebepten, herhangi bir yolla donatının ileri derecede korozyona uğramış olduğunu, donatılarda meydana gelen paslanmanın, hacim genişlemesi neticesinde beton kabuk tabakasını patlattığını dolayısıyla betonarme elemanın kendinden beklenen taşıma görevini yerine getiremeyecek durumda olduğunu bir göstergesidir.

Eğer bir yapıda, bütün betonarme elemanlar bu duruma gelmiş ise, bu binanın üstünkörü yapılan “takviye” ve “tadilat” projesi ve uygulamalarıyla gerçekten güvenilir bir yapı haline geleceği kuşkuludur.

Beton kalitesinin kontrolünün yanı sıra, bina bu duruma gelmeden önce korozyonun başlayıp başlamadığını, başlamış ise ne derecede olduğunu saptamak zorunludur.

Tüm paspayının kaldırılıp, donatıdaki pas tabakasının ölçümü oldukça zahmetli ve tahribatlı bir yöntemdir. Tahribatsız kontrol yöntemleri arasında en çok kullanılan elektriksel büyüklüklerin ölçümleri esas alınarak yapılan incelemelerdir.

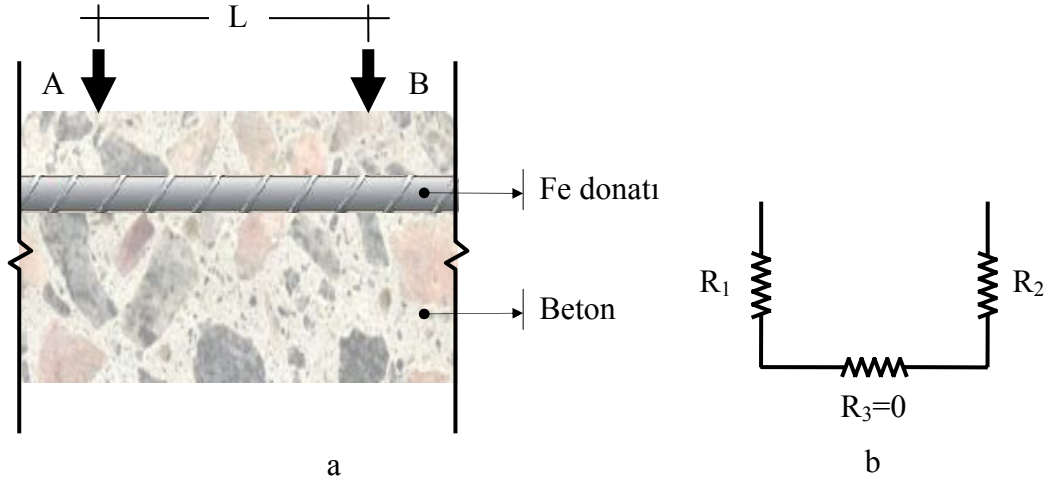
Bu konuda çalışma ve araştırma sayısı oldukça fazladır. Özellikle, yurtdışında beton örtü tabakasının zarara uğratılmadığı, elektrik ve manyetik uygulamalar denenmektedir.

Bu tür korozyon ölçüm cihazları çok yüksek ücretlerle satılmakta, çoğu zaman da prospektüslerinde vaat edilen ölçümleri doğru olarak gerçekleştirememektedir (Betonarme eleman içindeki donatı tespit cihazları buna iyi bir örnektir. Bunlar, donatı sayısını bulabilmelerine karşın, donatı çaplarını doğru olarak saptayamamaktadırlar.).

Ancak, ülkemiz koşullarında daha düşük maliyetle oluşturulabilecek bir deney seti ile, beton örtü tabakası kaldırılmaksızın ölçüm yapılabilir. Bu konu biraz daha açılırsa, aşağıda sıralanan fiziksel gerçeklere dayanarak bir düzenek hazırlamak mümkündür. Bunlar;

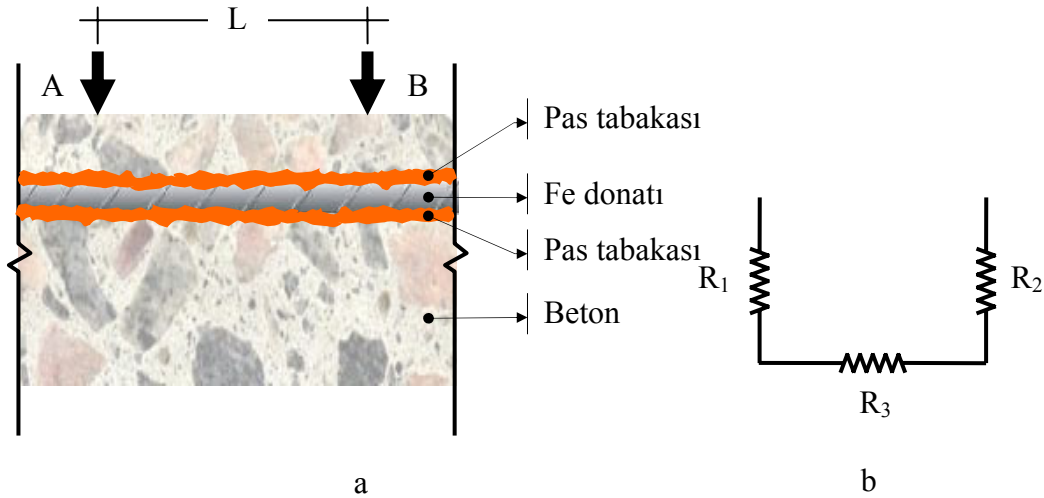
1. Kuru beton iyi bir elektrik iletkeni değildir. Elektrik akımının geçişine önemli bir direnç gösterir.
2. Çelik donatı iyi bir iletkenidir. Elektrik akımını önemli bir direnç göstermeden geçirir.

Bir betonarme eleman kesitine bakıldığında (Şekil 1a) ve eşdeğer elektrik devresi (Şekil 1b) görülmektedir. Aralarında L mesafesi olan iki noktadan direnç ölçümü yapılırsa, üç direncin toplam değeri bulunmuş olur. Birincisi beton yüzeyinden donatıya kadar olan  $R_1$  direnci, ikincisi L uzunluğundaki demir donatının direnci  $R_2$  (ki paslanmamış bir donatıda sifira yakındır), üçüncüsü donatıdan beton yüzeyindeki B noktasına kadar olan  $R_3$  direncidir. Toplam direnç bu durumda  $\Sigma R_{\text{temiz}} = R_1 + R_2 + R_3$  olacaktır.



Şekil 1. (a) Donatıda korozyon gelişmemiş bir betonarme eleman kesiti ve (b) eşdeğer elektrik devresi

Şimdi içindeki donatısı korozyona uğramış bir betonarme kesiti incelensin (Şekil 2a ve Şekil 2b). Gene aralarında L mesafesi olan A ve B noktaları arasındaki direnç sayısı üç gibi görülüyor. Birincisi beton yüzeyinden donatıya kadar olan  $R_1$  direnci, ikincisi donatıya kadar olan  $R_2$  direnci, üçüncüsü ise donatıdan yüzeye kadar olan  $R_3$  direncidir. Toplam direnç gene  $\Sigma R_{\text{korozyonlu}} = R_1 + R_2 + R_3$  olacaktır.

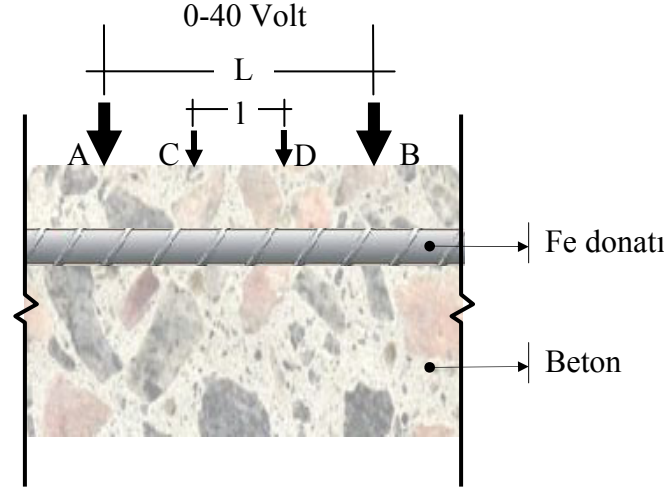


Şekil 2. (a) Donatısı korozyona maruz kalmış bir betonarme eleman kesiti ve (b) eşdeğer elektrik devresi

Donatının korozyona uğramış olduğu ikinci şekildeki toplam direnç, donatının temiz olduğu birinci şekildeki toplam dirençten çok daha büyük olacaktır. Çünkü, bütün metaloksitler iyi birer yalıtıcıdır. Bu yüzden birinci şekilde sıfıra yakın olan  $R_2$  donatı direnci, ikinci şekilde, hatırı sayılır derecede büyük çıkacaktır. Bu direnç farklılığının değerlendirilmesi ile donatıdaki korozyon miktarının belirlenmesi mümkün olabilir.

Ölçümü yapabilecek hassaslıkta bir direnç ölçer (ohmmetre) olmaması nedeniyle ölçüm, A ve B noktaları arasına, insan can güvenliğini tehdit etmeyecek sınır olan en çok 40 voltluk

bir gerilim uygulanıp, betonarme direncini bir gerilim bölücü gibi değerlendirilerek yapmak olanaklıdır (Şekil 3). Bunun için 0-40 volt izole bir akım kaynağı gerilim ölçmek için 100 MHz bir osilaskop cihazına sahip olmak ve bir ölçüm probu oluşturmak yeterlidir.



Şekil 3. Betonarme elemana elektriksel gerilim uygulanarak ölçüm alınması

### 3. SONUÇLAR

Teorik olarak açıklanan bu yöntemle, betonarme elemanlar içindeki donatının korozyona uğrayıp uğramadığını, korozyona uğramış ise derecesini ölçmenin mümkün olduğu düşünülmektedir. Bunun için, çok sayıda deney örnekleri hazırlanmalı, diğer değişkenler sabit tutularak, değişik paslanma kalınlığına sahip donatılar yerleştirilmeli ve çok sayıda ölçüm yapılarak bir sonuca varılmaya çalışılmalıdır.

Bu düzeneğe sahip olan her şahsın da bu ölçümü yapıp değerlendirebilmesi olanaklı değildir. Laboratuvar koşullarıyla dış koşullar farklıdır. Bu ölçümü değerlendirirken diğer akla gelebilecek tüm faktörler (örneğin, iklim, ıslaklık, beton örtü tabakası kalınlığı vb.) göz önüne alınmalı ve ölçümü ne yönde etkileyeceği de yorumlanmalıdır.

### KAYNAKLAR

- Baradan B. (1998): “Yapı Malzemesi II”, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, N:207, 222 s.
- Baradan B., Yazıcı H., Ün H. (2002) “Betonarme yapılarda Kalıcılık (Durabilite)”, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, No. 298, 282 s.
- Onaran K. (1986): “Malzeme Bilimi”, İstanbul, Çağlayan Basımevi, 302 s.