

Yapıların Tahribatsız Yöntemlerle İncelenmesi

Türkiye aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu yüzden yapıların sağlamlığı oldukça önemlidir. Taşıyıcı elemanların içerisindeki donatı sayısı, çap ve konumlarının tespiti, yapı elemanları içerisinde kırık ve çatlakların belirlenmesi, yapı elemanlarında korozyon tespiti gibi birçok faktör de yapının sağlamlığında önemli parametrelerdir.

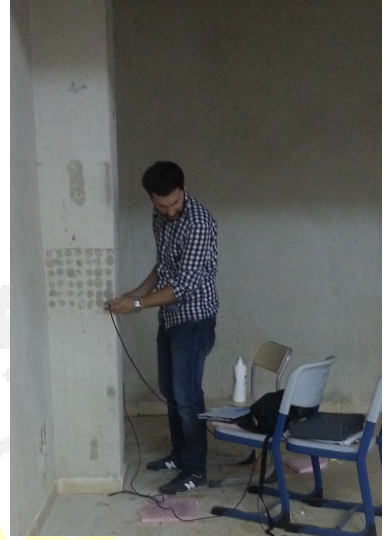


Bina, köprü, fabrika vb. mühendislik yapılarının sağlamlığı veya projeye uygun imal edilip edilmediği, bu yapılara zarar vermeden jeofizik yöntemlerle araştırılabilir. Bu araştırmalar çok hızlıdır. Sonuç hemen verilir. İncelenen betonarme yapıdan bir örnek almaya gerek yoktur. Dolayısıyla yapıya zarar vermeden sağlamlığı incelenebilir. Bu araştırmalarda yapının tamamı “cm” hassasiyetinde incelenebilir. Yani yapının bir tomografi görüntüsü elde edilmiş olur.

Tahribatsız yapı incelemeleri kapsamında beton ve betonarme yapılarda jeofizik yöntemlerle yapılan başlıca tespitler:

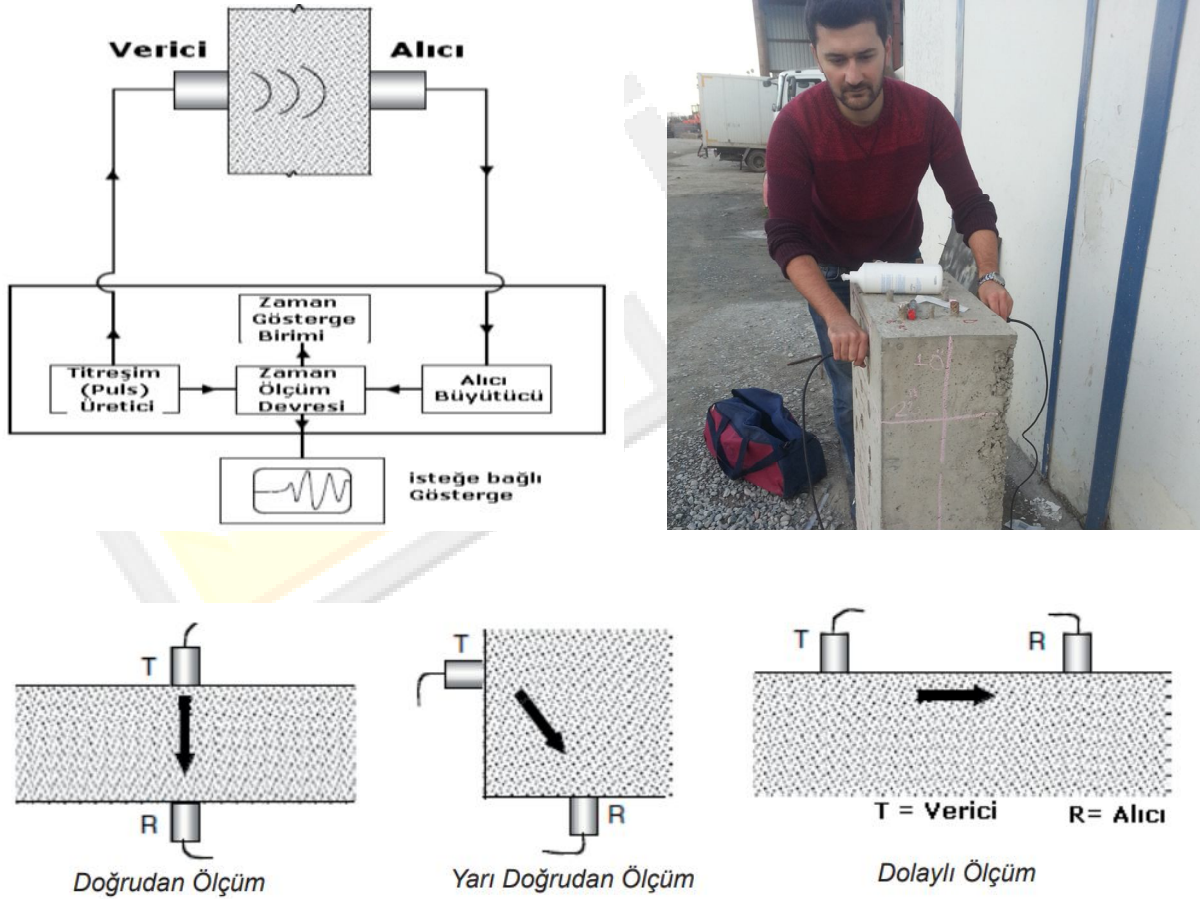
- ✓ Beton Kalite ve Dayanım Tespiti
- ✓ Karot Yeri Tespiti
- ✓ Beton Dinamik ve Elastik Parametrelerinin Belirlenmesi
- ✓ Donatı Tespiti (Donatı Sayısı, Çapı ve Paspayı Tespiti)

- ✓ Kırık-Çatlak Tespiti
- ✓ Beton Kalınlık Tespiti
- ✓ Yapılarda Boşluk Tespiti
- ✓ Yapı İçerisindeki Kablo ve Boru Tespitleri
- ✓ Donatı Korozyon Tespiti




Beton Kalite ve Dayanım Tespiti, Karot Yeri Tespiti

Jeofizik yöntemlerden Sismik Ultrasonik Yöntem ile beton kalite tespiti yapılabilir. Ultrasonik yöntem, numuneden ultrason dalgaları geçirerek kaydedilen yayılma sürelerinden dalga hızlarının elde edilmesi prensibine dayanır. Ultrasonik hız ölçüm ekipmanları; ultrasonik hız ölçüm cihazı, verici (Tx) ve alıcı (Rx) probaları ile yüksek voltaj puls üreticiden oluşur. Vericiden çıkan dalgalar numune içerisinde hareket edip alıcıya ulaşır. Sismik dalga hızı Tx ve Rx arasındaki uzaklığın geçiş zamanı oranıdır. Elde edilen hız değerleri ile beton çatlaklığı, gözenekliliği, nemliliği, homojenliği, elastik parametreleri ve poisson oranı belirlenerek betonun kalitesi ortaya konulur. Şematik ölçü diyagramı aşağıda gösterilmiştir.



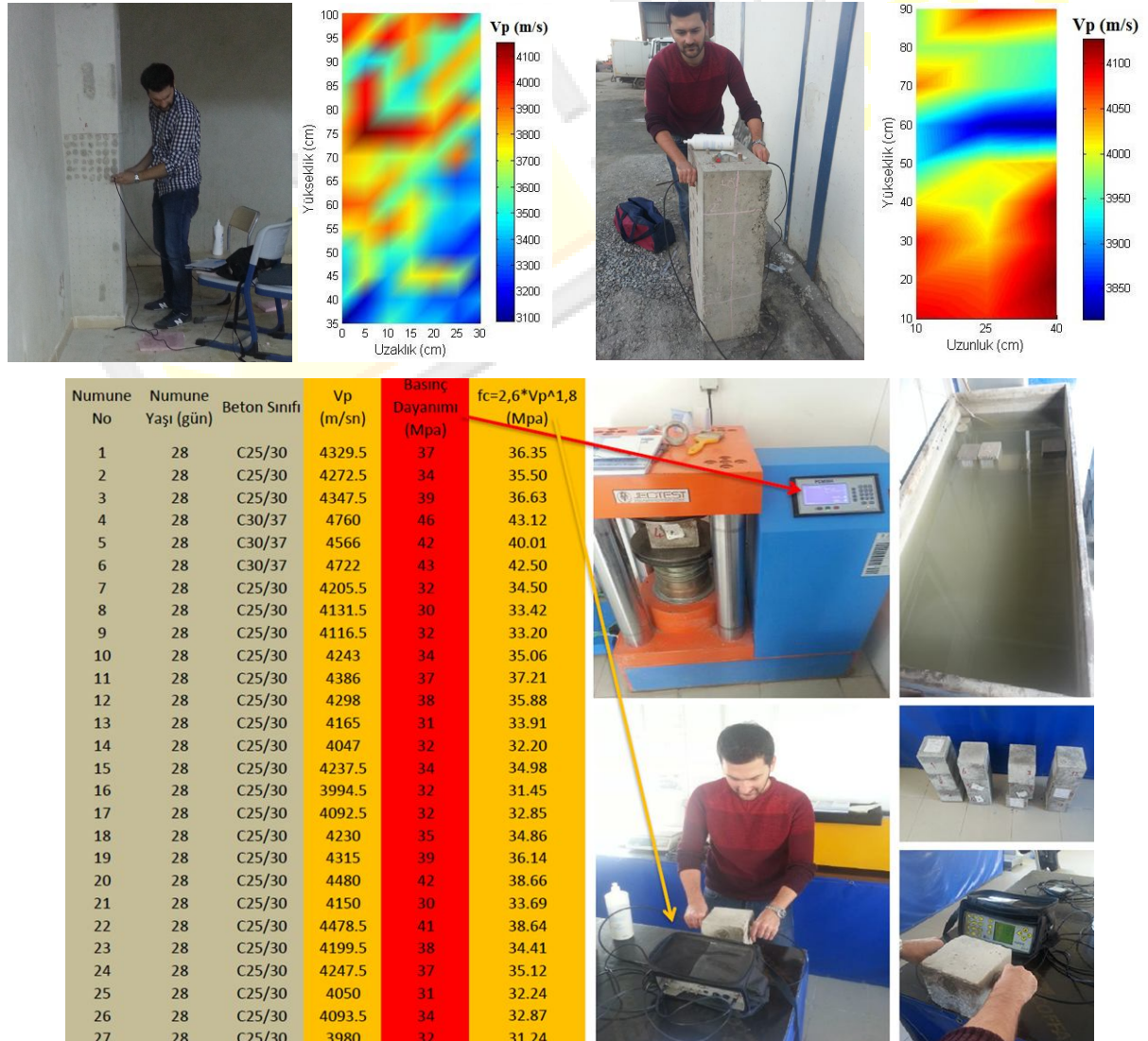
Şekil 1 - Titreşim hızı test devresinin şematik diyagramı (Tarun ve diğ., 2004)

Sismik Ultrasonik Yöntem ile elde edilen betonun hız değerlerinden kalite tespitleri yapılmakta, yapının tomografik görüntüsü elde edilmektedir. Ayrıca karot yerine karar verilirken zayıf bölgeler seçilerek öneride bulunulabilir. Örnek çalışma aşağıda görülmektedir.

		Whitehurst (1951)	Uyanık vd. (2011)	Uyanık vd. (2013)	
	Beton Kalitesi	Vp (m/s)	Vp (m/s)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
	Çok iyi	> 4500	> 4565	> 4400	> 2200
	İyi	3650 – 4500	3515 – 4565	3450 – 4400	1750 – 2200
	Orta	3050 – 3650	2930 – 3515	2900 – 3450	1500 – 1750
	Zayıf	2000 – 3050	2110 – 2930	2150 – 2900	1150 – 1500
Çok Zayıf	< 2000	< 2110	< 2150	< 1150	

Şekil 2 - Basınç ve kayma dalga hızlarına bağlı beton kalite sınıflaması (Uyanık ve diğ., 2013).

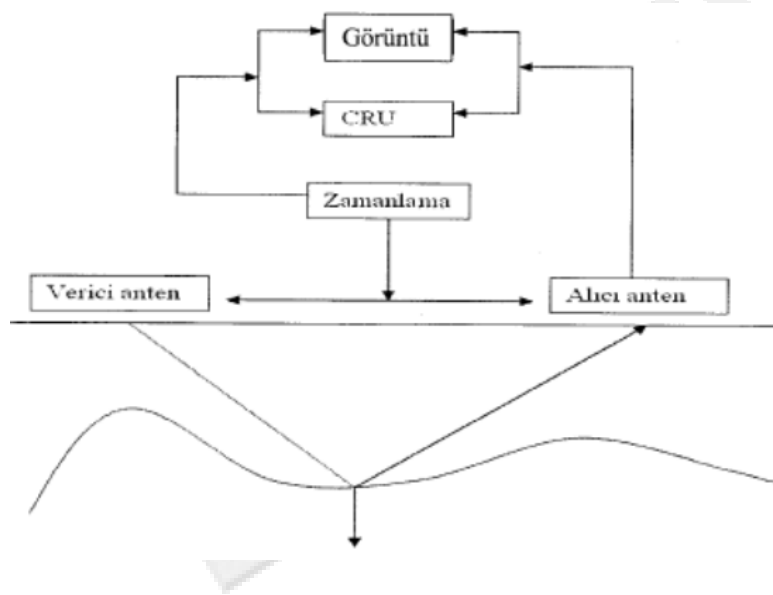
Sismik Ultrasonik Yöntem ile elde edilen hız değerlerinden formül kullanılarak beton dayanımına çıkarım yapılabilmektedir. Aşağıdaki örnekte önce Ultrasonik Yöntem ile hız değerleri ölçülmüş ve $f_c = 2.6V_p^{1.8}$ (Uyanık ve diğ., 2011) formülü kullanılarak dayanım değerleri elde edilmiş, daha sonra basınç dayanım testi uygulanmış ve değerler karşılaştırılmıştır (hız: km/sn f_c :MPa). Değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.



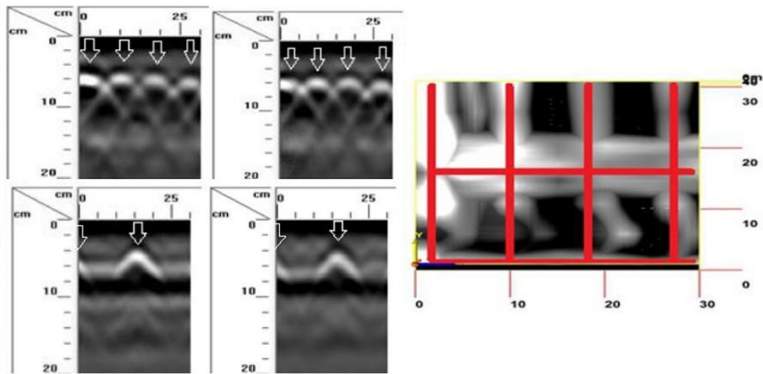
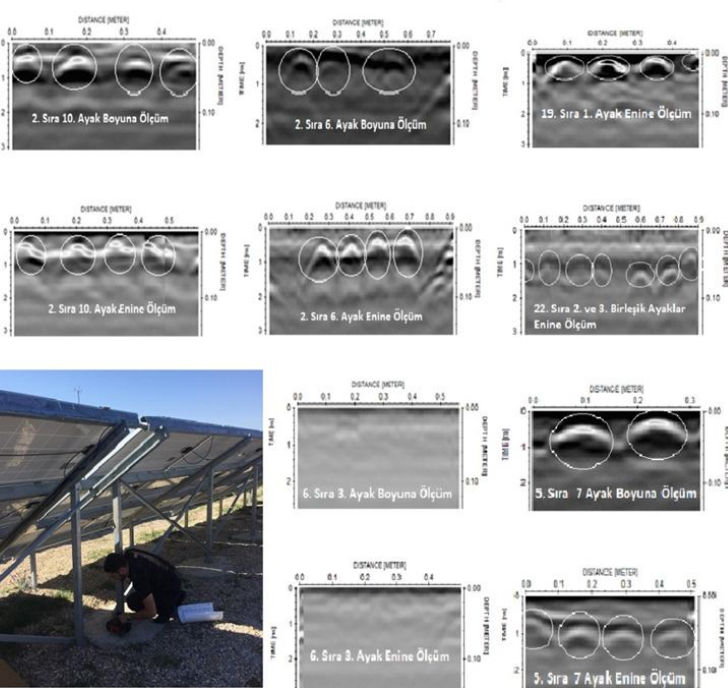
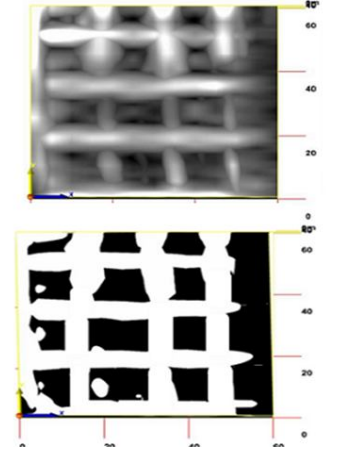
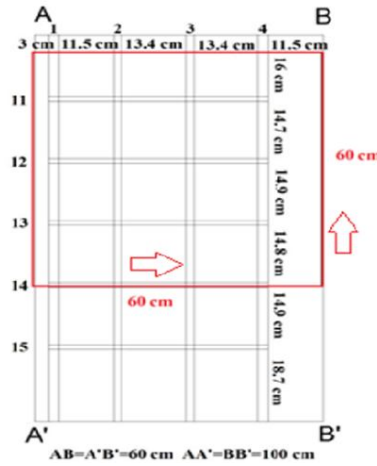
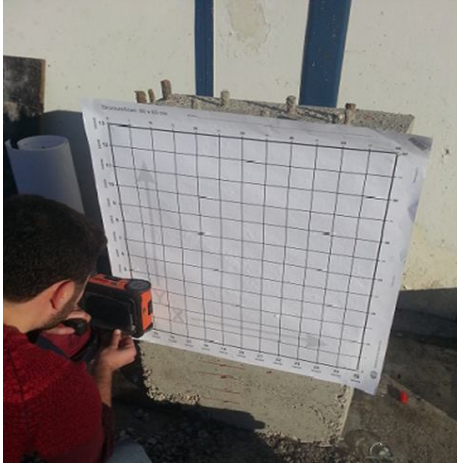
Betonarme Yapılarda Donatı Tespiti (Donatı Sayısı, Çapı ve Paspayı Tespiti)

Betonarme yapıların donatı ve paspayı tespitleri Yer Radarı Yöntemi ile yapılabilmektedir. Yer radarı yöntemi (Ground Penetrating Radar - GPR), yüzeyin sığ derinliklerini araştırmak için kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik, jeofizik yöntemdir.

Bir yer radarı sistemi verici anten, alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtcıdan oluşmaktadır. Verici anten aracılığıyla yeraltına çok yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar gönderilir. Yeraltında ilerleyen dalgaların bir kısmı karşılaştıkları cisimlerden veya farklı yapıdaki jeolojik birimlerin ara yüzeylerinden yansırarak alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtcı yardımıyla zamanın fonksiyonu olarak kayıt edilirler.

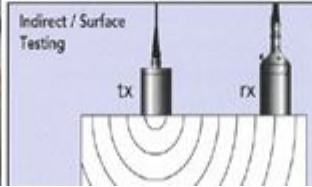
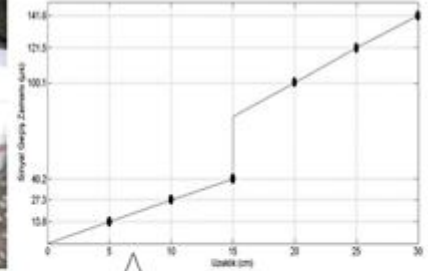
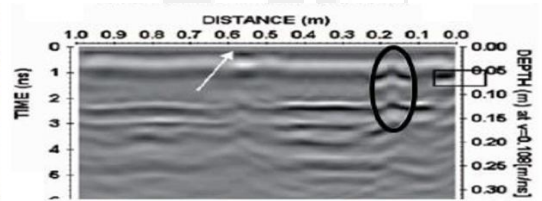


Yapı araştırmalarında yüksek frekanslı yer radarı cihazları kullanılır. Aşağıda gösterilen çalışmalarda merkez frekansı 2.7 GHz olan cihazla yapılan ölçümler görülmektedir. Bu çalışmalarda yatay yönde ve düşey yönde ölçümler alınarak donatı - etriye sayısı, yeri ve paspayı tespit edilmiş, profiller birleştirilerek 3 boyutlu görüntü elde edilmiştir. Bu şekilde hem mevcut yapıların incelenmesi hem de yapılmakta olan yapıların projeye uygunluğu inceleyebilir.



Beton ve Betonarme Yapılarda Kırık-Çatlak, Beton Kalınlık ve Boşluk Tespitleri

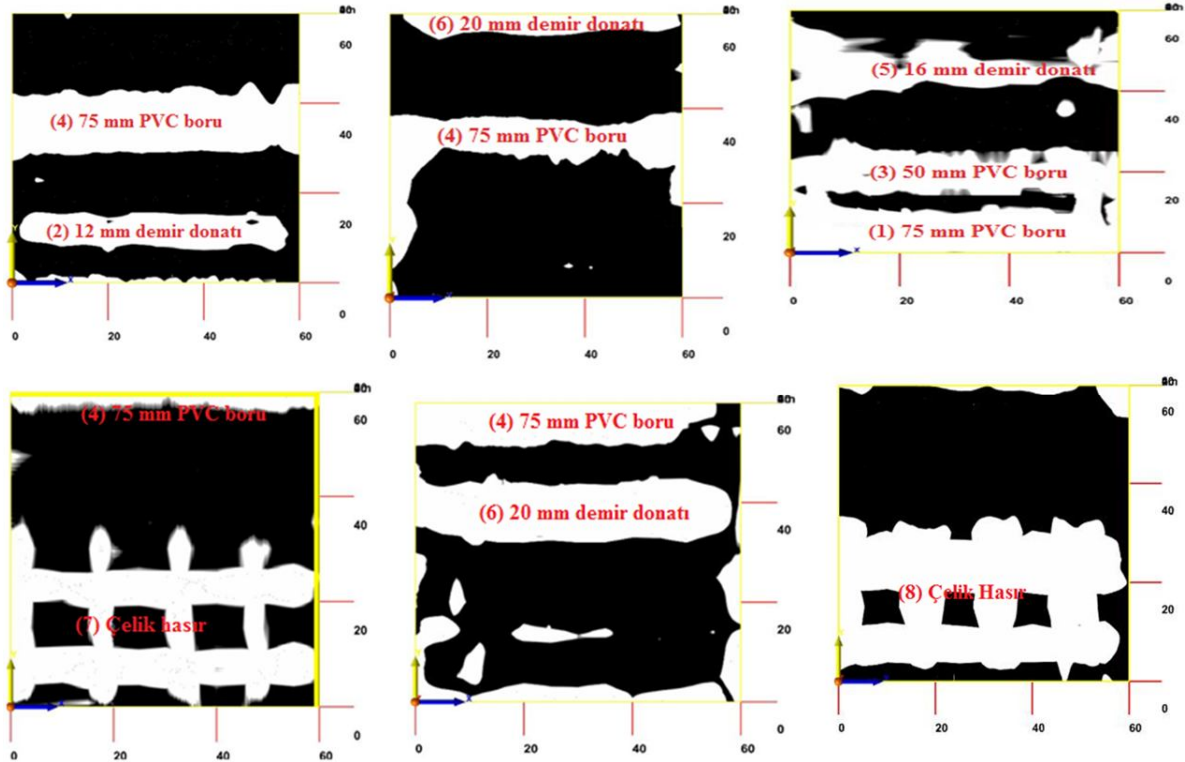
Yapılarda kırık-çatlak ve boşluk tespitleri Yer Radarı Yöntemi (GPR) ve Sismik Ultrasonik Yöntem ile yapılabilmektedir. Aşağıda gösterilen birinci çalışmada Yer Radarı Yöntemi ile kırık-çatlak tespiti, ikinci çalışmada ise Sismik Ultrasonik Yöntem ile kırık-çatlak ve kırık derinliği tespiti görülmektedir. Yapılarda beton kalınlık tespitleri ayrıca tünellerde enjeksiyon yapılacak yerin ve enjeksiyon miktarının hesaplanması için boşlukların tespiti oldukça önemlidir. Bu çalışmalarda Yer Radarı Yöntem ile yapılabilmektedir. Bu çalışmalardan da görüntüler aşağıda gösterilmiştir.



Alıcı Verici Arası Mesafe (cm)	Dalga Geçiş Süresi (µs)		Kırık-çatlak derinliği tespiti için çizilen zaman-uzaklık grafiğinden kırık derinliği olan h değeri 3.29 cm olarak tespit edilmiştir.
	1.Profil	2.Profil	
5	13.8	18	
10	27.3	28.4	
15	40.2	41.2	
20	100.1	96	
25	121.9	116	
30	141.6	127	

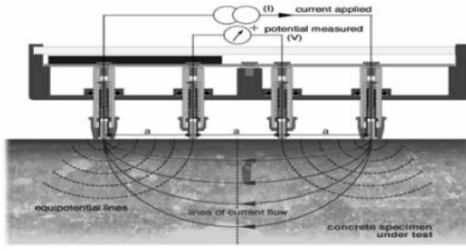
Yapı İçerisindeki Kablo ve Boru Tespitleri

Yer Radarı yöntemi ile yapı içerisindeki kablo ve boru tespitleri yapılabilmektedir. Örnek çalışmalarımız aşağıda gösterilmiştir. Bu çalışmalarda yatay ve düşey profillerde alınan ölçümler sonucunda oluşturulan farklı derinlikteki 3 boyutlu görüntülerle numune içerisinde yer alan boru, donatı ve hasırlar tespit edilmiştir.



Betonarme Yapılarda Donatı Korozyon Tespiti

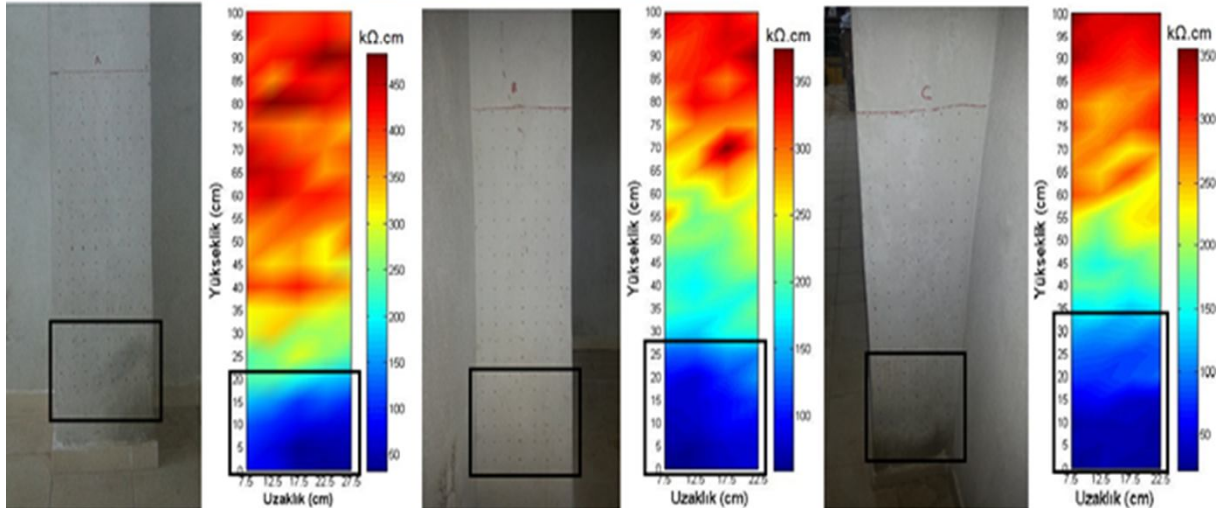
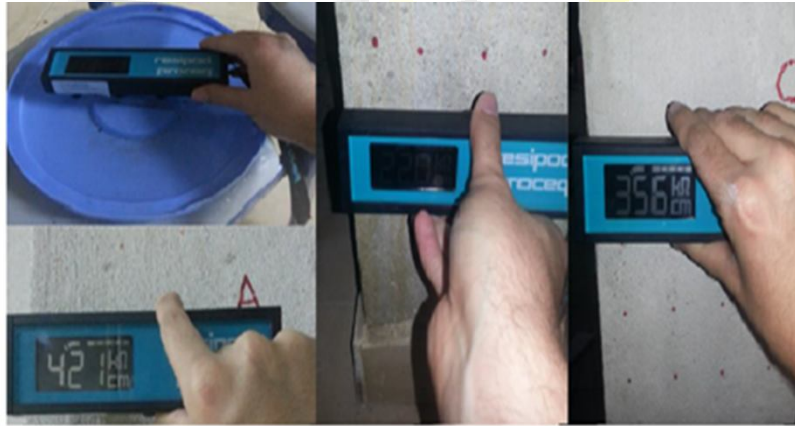
Betonarme yapılarda donatı korozyon tespitleri Elektrik Özdirenç Yöntemi ile yapılabilmektedir. Özdirenç yönteminde, iki elektrot ile zemine akım uygulanır ve diğer iki noktadaki elektrotlar arasında oluşan gerilim farkı ölçülür. Ölçülen gerilim farkı, tüm elektrotlar arasındaki uzaklığa ve ortamın jeolojik yapısına bağlıdır.



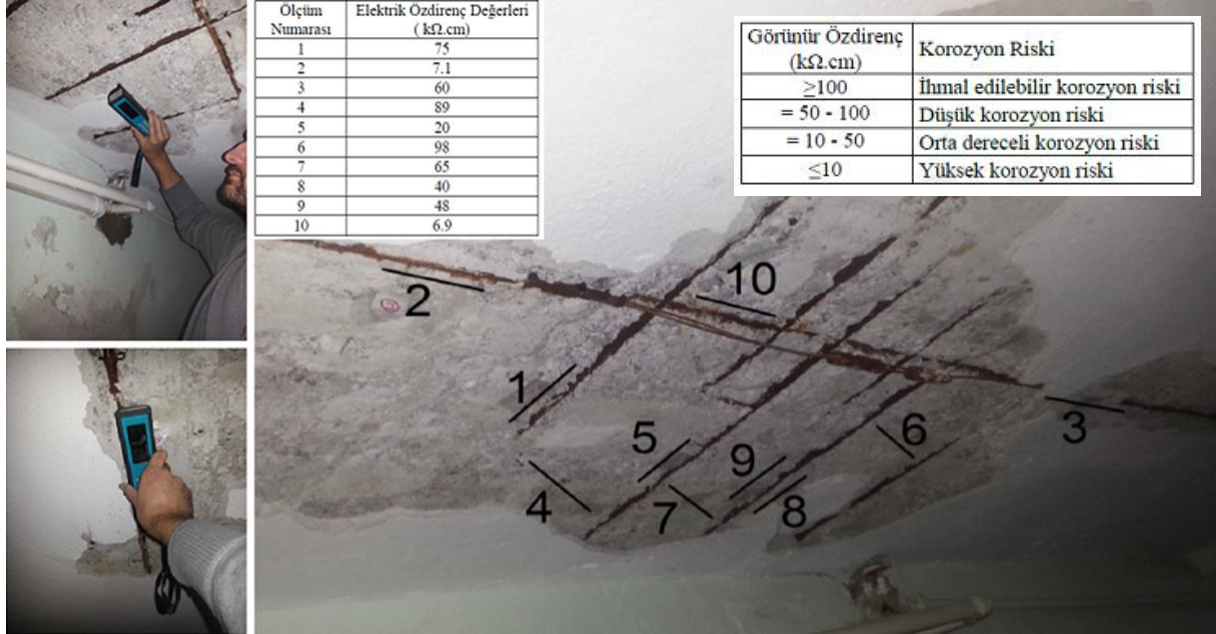
Görünür Özdirenç (kΩ.cm)	Korozyon Riski
≥100	İhmal edilebilir korozyon riski
= 50 - 100	Düşük korozyon riski
= 10 - 50	Orta dereceli korozyon riski
≤10	Yüksek korozyon riski

Görünür Özdirenç (kΩ.cm)	Korozyon Oranı
>20	Düşük
10 - 20	Düşük ile orta arası
5 - 10	Yüksek
<5	Çok yüksek

Aşağıdaki çalışmada kolonun 3 farklı kesitinde yapılan ölçümler sonucunda elde edilen özdirenç değerlerinden oluşturulan özdirenç haritaları görülmektedir. Kesitlerin alt kısımlarında düşük özdirençli bölgelerde korozyon riski bulunmaktadır.



Bir diğerk örnekte yapının tavan kısmında özdirenç ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yerleri ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir. Özdirenç değerlerinin düşük çıktığı kısımlarda donatılarda paslanmalar görülmüştür.



Yapıların tahribatsız yöntemlerle incelenmesi genel olarak bu şekildedir. Katkı sağlamak isteyen meslektaşlarımla yuksel@insaport.com veya yksl.kayaa@gmail.com adreslerine mail atmalarını rica ederim. Ayrıca sormak istediğiniz soruları mail atabileceğiniz gibi yorum kısmında da sorabilirsiniz.

Sabırla okuduğunuz için teşekkür ederim. Sağlıcakla kalınız.

Yüksel KAYA

İnş. Yük. Mühendisi
yuksel@insaport.com
www.insaport.com