



YAPI İNCELEMELERİNDE TAHRİBATSIZ JEOFİZİK YÖNTEMLER

Osman UYANIK
Dr. Jeofizik Yük. Müh.

GİRİŞ

YAPI ÇÖZÜMÜ İÇİN GEREKLİ BAZI PARAMETRELER

Beton Dayanımı, Kırık ve Çatlak Tespiti, Karot Yeri Tespit

Donatı Tespiti, Donatı Korozyon Durumu, Temel Tipi

Yapı Periyodu, Yapı Malzemesi Radyoaktivitesi

ÖNERİLER

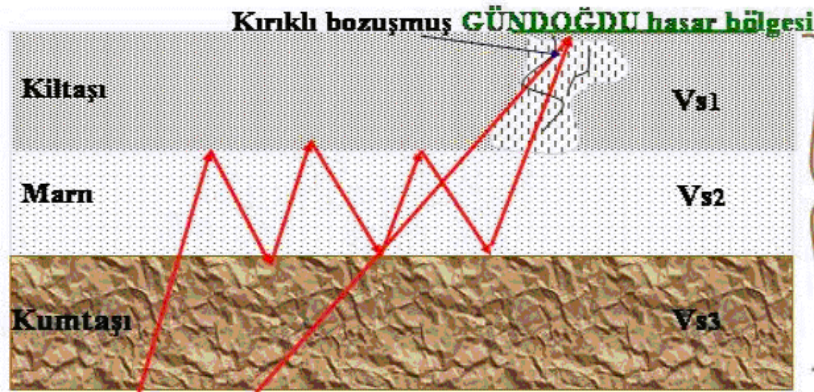
KENTSEL DÖNÜŞÜM

YAPI
İNCELEMELERİ

PARSEL BAZINDA ZEMİN
ARAŞTIRMALARI

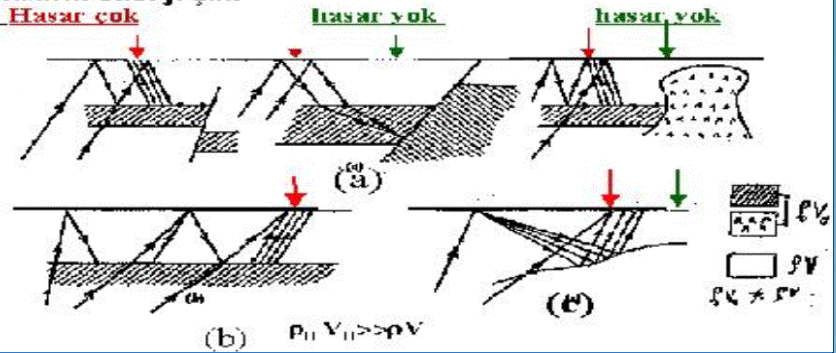
MİKRO-BÖLGELEME ÇALIŞMALARI

MAKRO-BÖLGELEME ÇALIŞMALARI



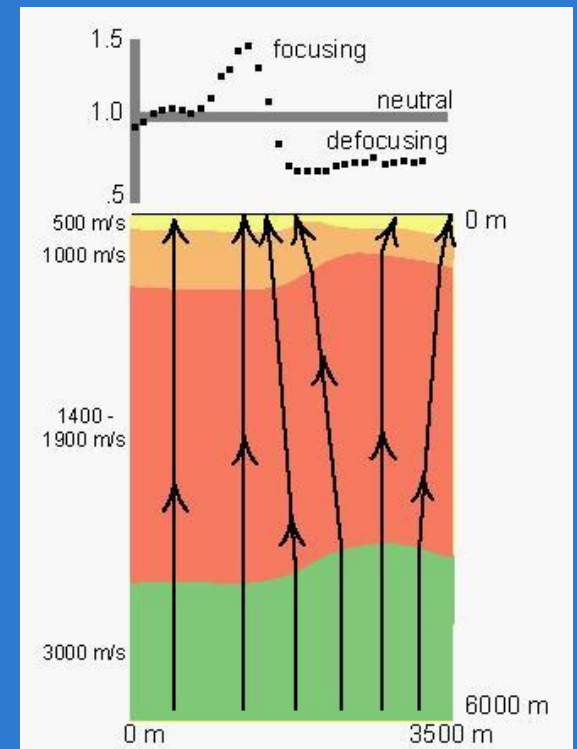
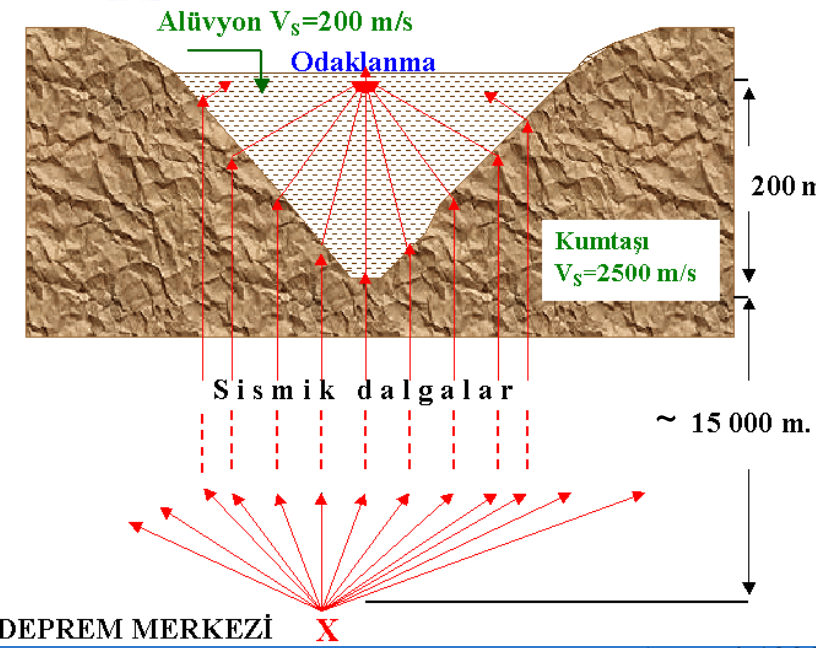
K
O
R
U
C
U
F
O
R
M
A
S
Y
O
N
U

Sismik enerji çok
Hasar çok

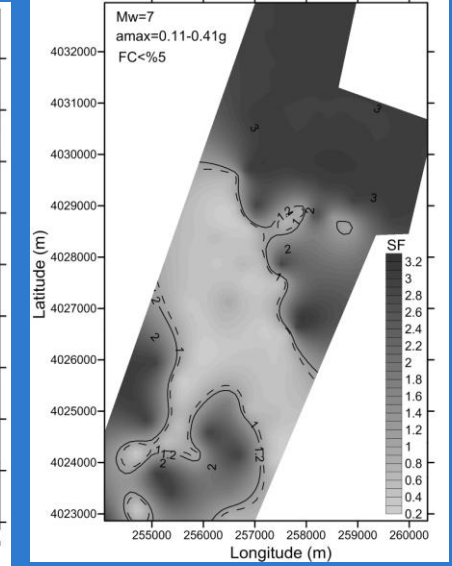
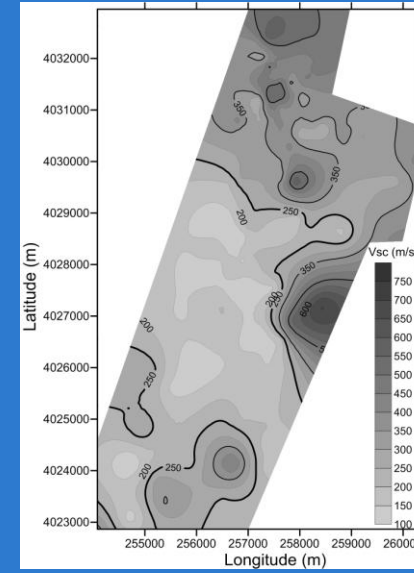
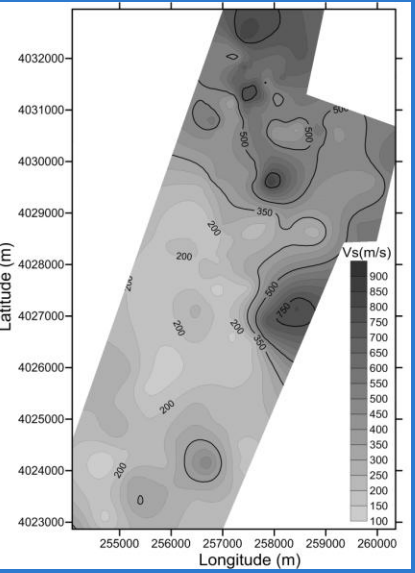
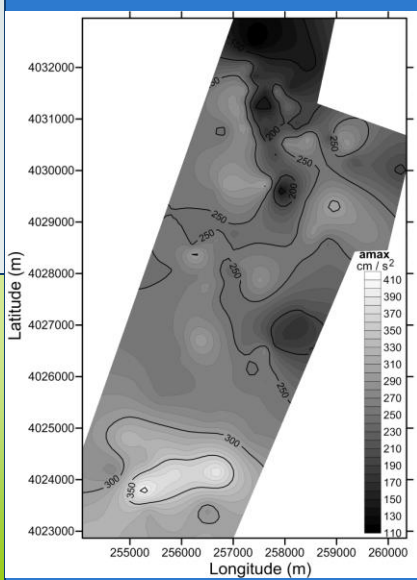
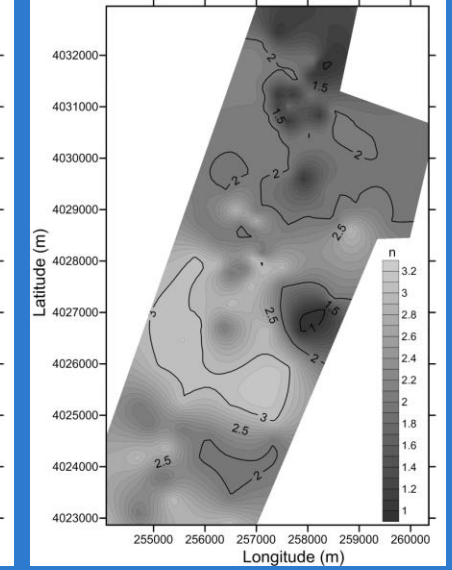
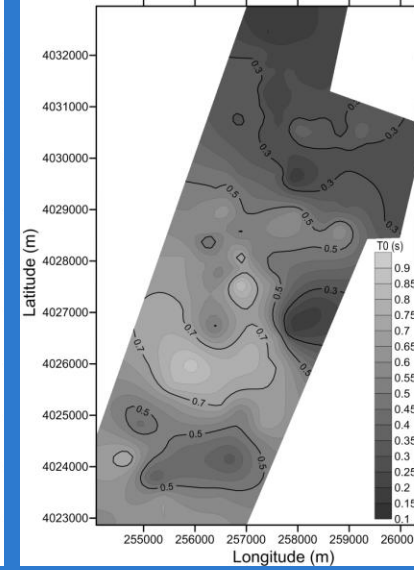
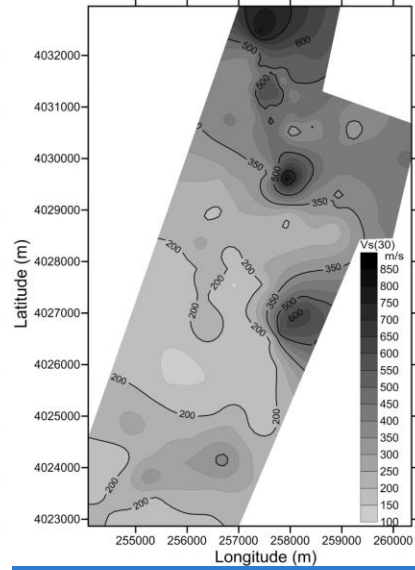
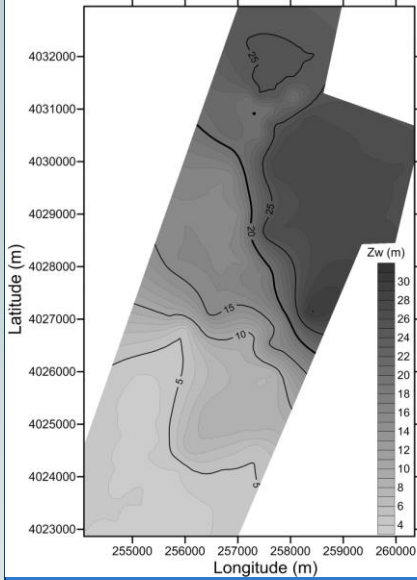


X, Hypocenter

$V_{s1} > V_{s2} < V_{s3}$



Giriş: MİKROBÖLGELEME (Kumluca)



Yapı Çözümü için Gerekli Parametreler:

- 1- Beton Dayanımı
- 2- Kırık ve Çatlak Tespiti
- 3- Karot Yeri Tespiti
- 4- Donatı Tespiti
- 5- Donatı Korozyon Durumu
- 6- Temel Tipi
- 7- Yapı Periyodu
- 8- Yapı Malzemesi Radyoaktivitesi

1- Beton Dayanımı:

Beton; su, çimento, iri ve ince agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinde kullanılması ile elde edilen bir yapı malzemesidir.

Dayanım ise betonun taşıyabileceği en yüksek gerilme olarak tanımlanır.

Beton Dayanımı Tahribatlı ya da Tahribatsız olarak belirlenebilir.

Tahribatlı Yöntem



Tahribatsız Yöntem

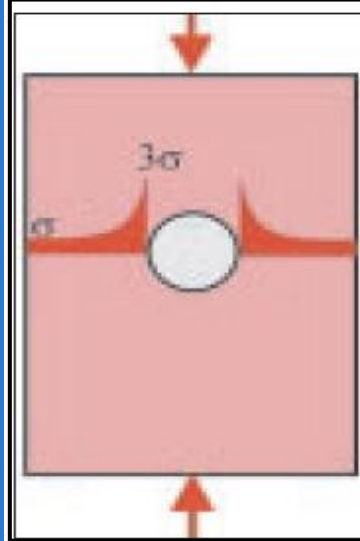


Klasik Tahribatlı Yöntemler

1-Numune Alımı

Karot boyu:

Numunenin Boy/Çap (L/d) oranı yaklaşık 2 olmalıdır



Kolondaki homojenliğin bozulması, süreksizlik oluşumu

Kullanılacak karot bıçağı çapı:

Numune alınacak betonun en büyük dane çapının üç katına eşit veya büyük olmalıdır.

Klasik Tahribatlı Yöntemler

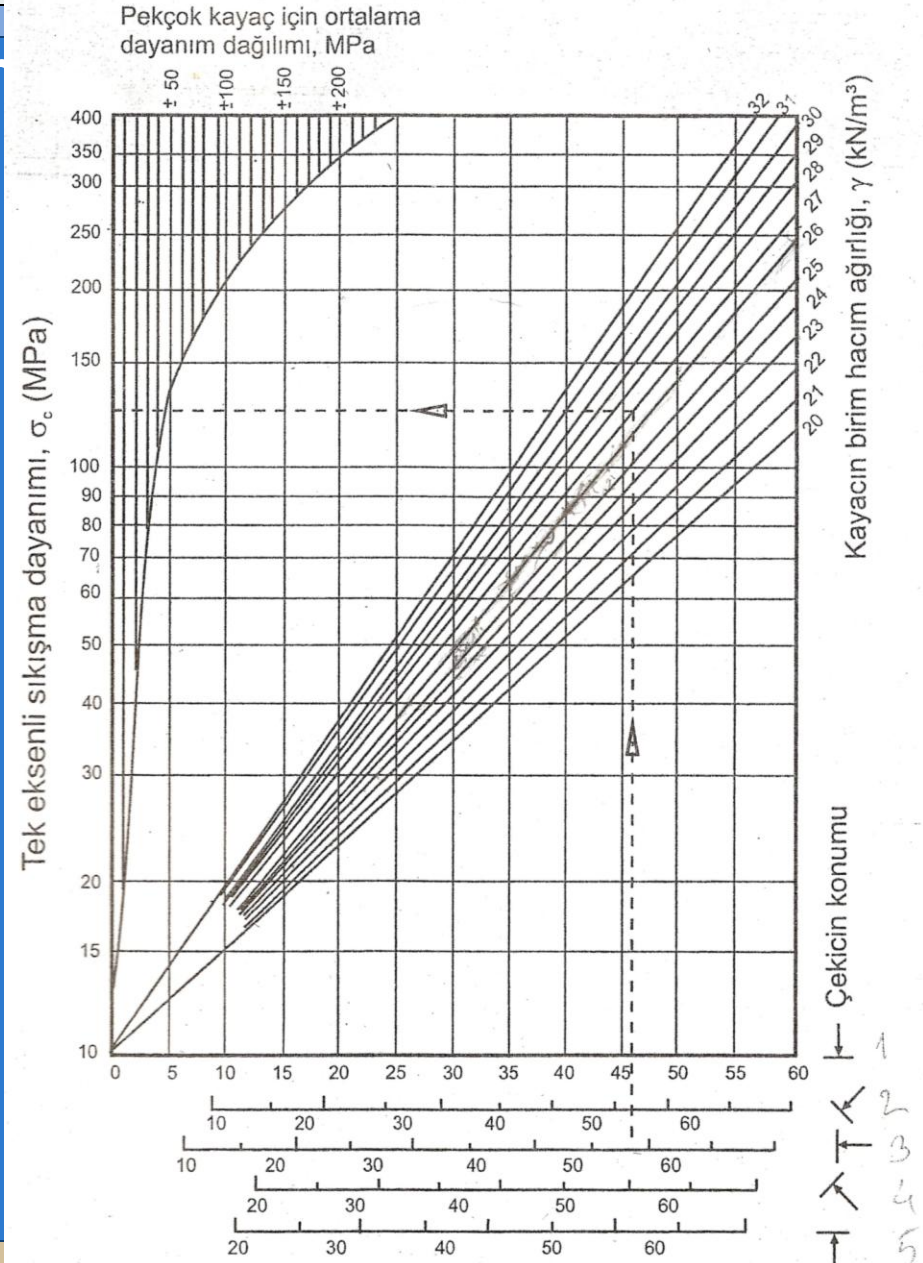
Tek Eksenli Basınç Deneyi

Yöntem silindir veya küp şeklinde hazırlanan numunelerin üzerinden düşey eksen boyunca basınç uygulanması ile gerçekleşir



Klasik Tahribatlı Yöntemler

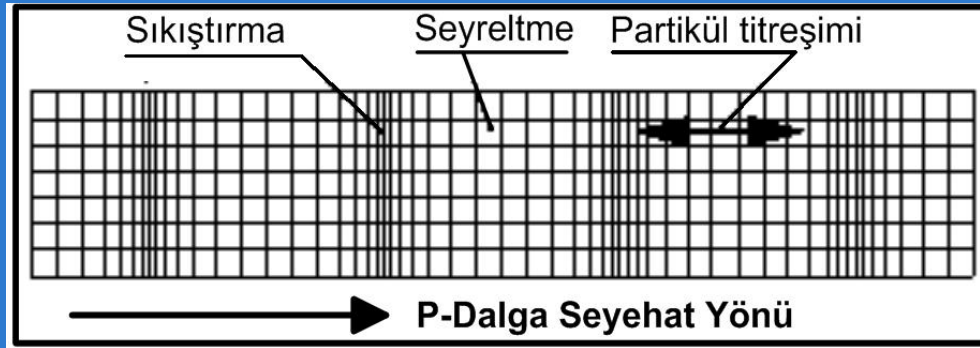
Schmidt Çekici : Schmidt çekici yöntemi, yüzey sertlik değerini ölçerek betonun basınç dayanımına yaklaşım yapmakta kullanılır.



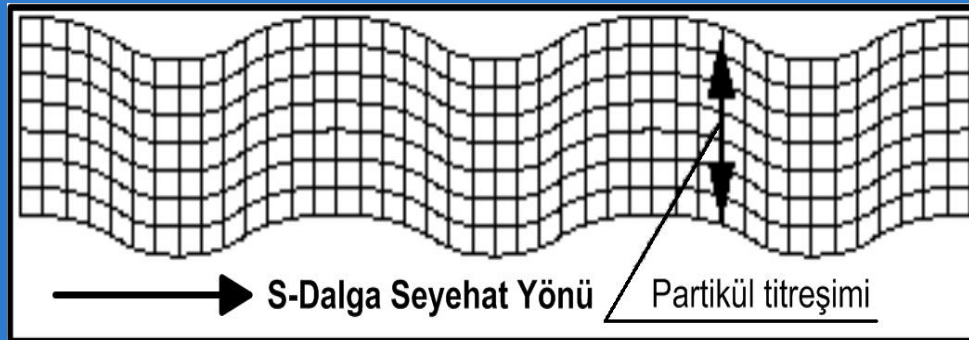
Tahribatsız Jeofizik Yöntemler

Sismik Dalgalar

P (Basınç ya da Boyuna) Dalga Yayılımı



S (Kayma, Kesme ya da Enine) Dalga Yayılımı



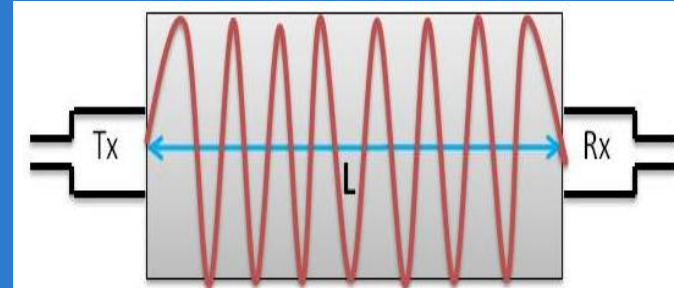
Beton Dayanımı için Tahribatsız Yöntem:

Tahribatsız Jeofizik Yöntemler

Sismik Ultrasonik Yöntem

Sismik ultrasonik yöntem ile beton dayanımı, sismik hızlarının ölçülmesiyle belirlenebilir.

Sismik ultrasonik cihazı bir verici (Tx) ve bir alıcı (Rx) problemlere sahiptir



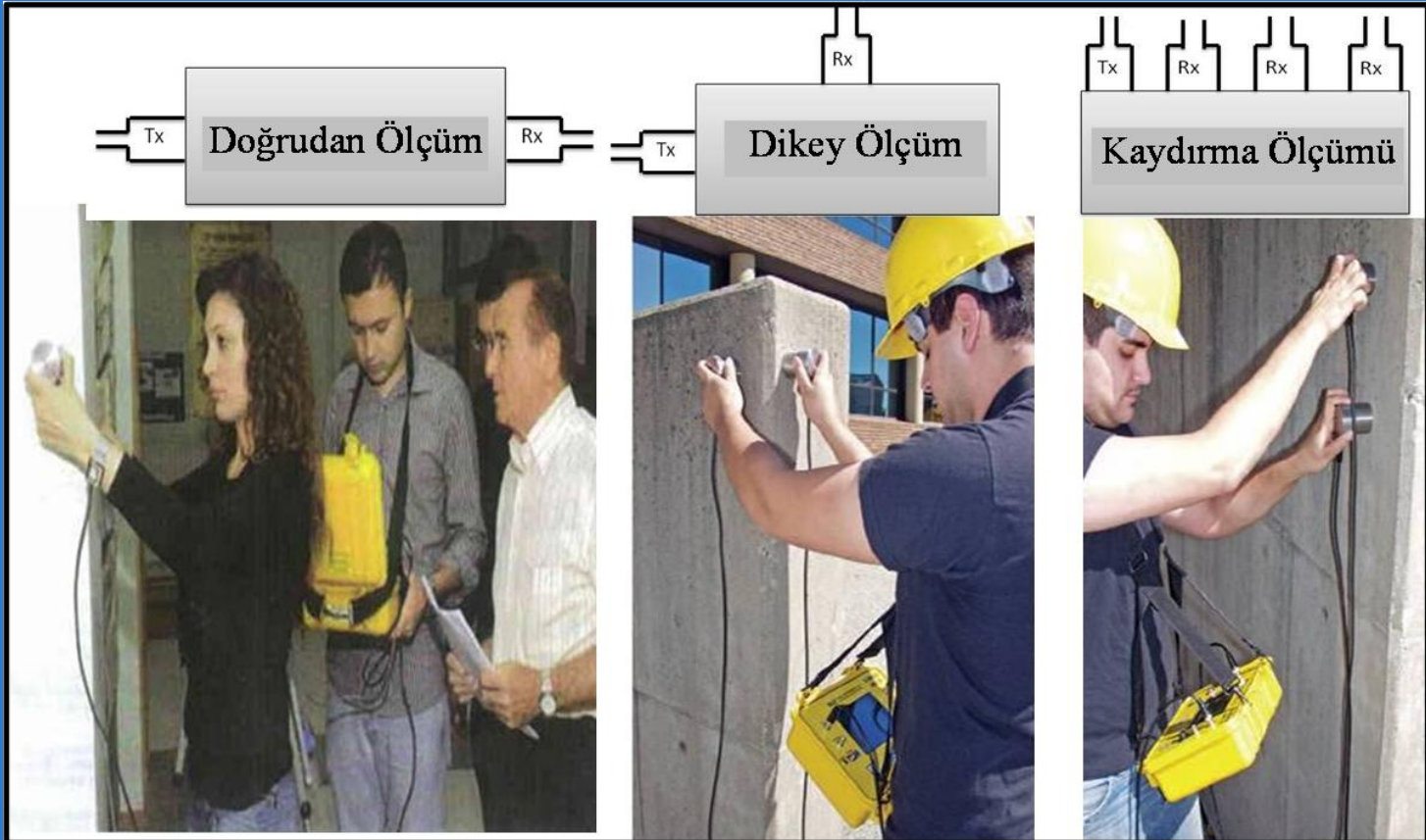
Sismik dalga hızı Tx ve Rx arasındaki uzaklığın zamana oranıdır.

$$\text{Sismik Pulsun Hızı (V)} = [\text{dalga yolu (L) / süre(t)}]$$

Tahribatsız Jeofizik Yöntemler

Sismik Ultrasonik Yöntem

Ölçüm Teknikleri

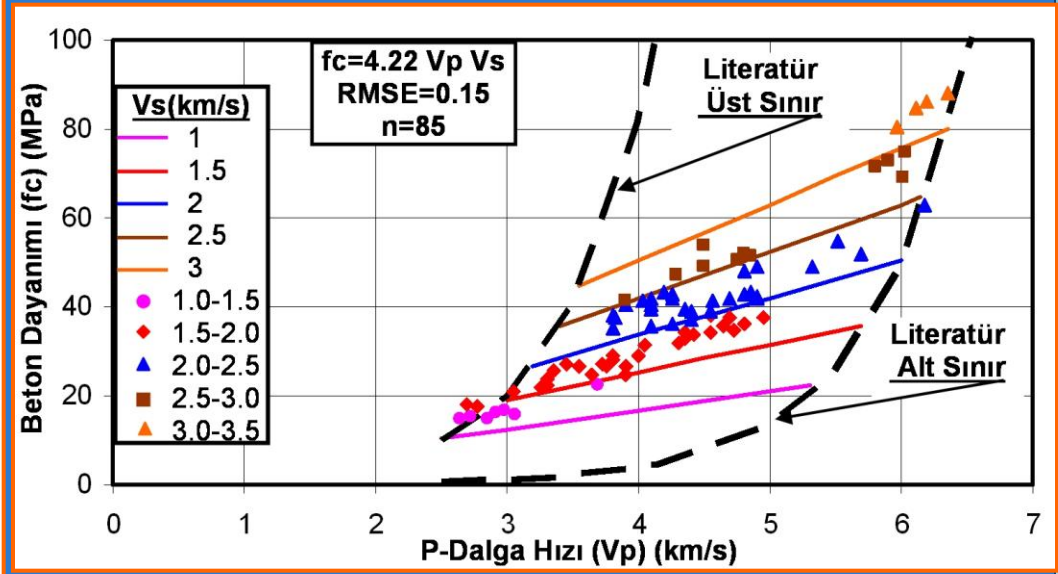
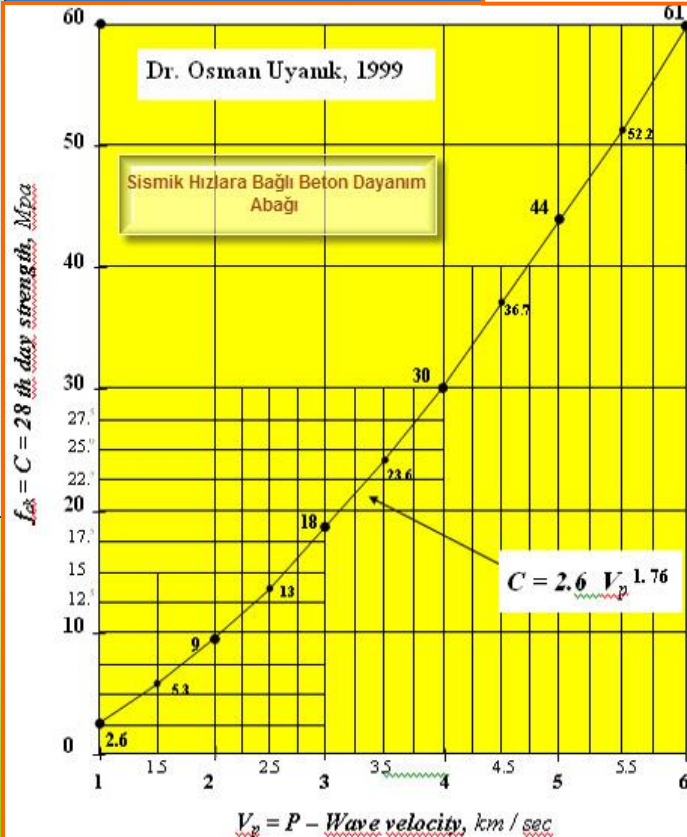


Beton Dayanımı için Tahribatsız Yöntem:

Dayanım

P dalga hızından dayanım abağı

	Whitehurst, 1951	Uyanık vd. 2011	Uyanık vd., 2012	
Beton Kalitesi	V_p (m/s)	V_p (m/s)	V_p (m/s)	V_s (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 P ve S dalga hızlarından Dayanım Abağı (Çok Parametrelî)

Beton Dayanımı için Karşılaştırma:

PROBLEM : BETON DAYANIMININ BELİRLENMESİ

TAHRİBATLI ← ÇÖZÜM → TAHRİBATSIZ

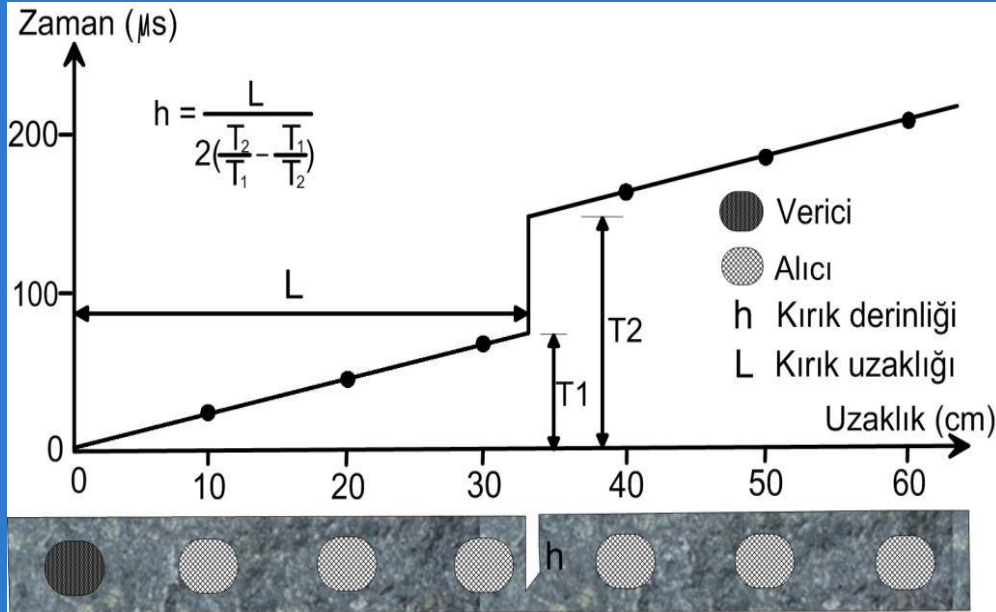
Tek Eksenli Basınç Deneyi

- Betonun basınç dayanımı belirlenir.
- Binadan karotiyer ile numune alınması gerekir. Yapıya hasar verir.
- Deney laboratuarda yapılır.
- Karot alınan bölgenin kapatılması gerekir, kolonun homojenliği bozulur.
- Sadece Karot alınan bölge hakkında bilgi elde edilir.
- Maliyeti yüksektir ve zaman gerektirir.

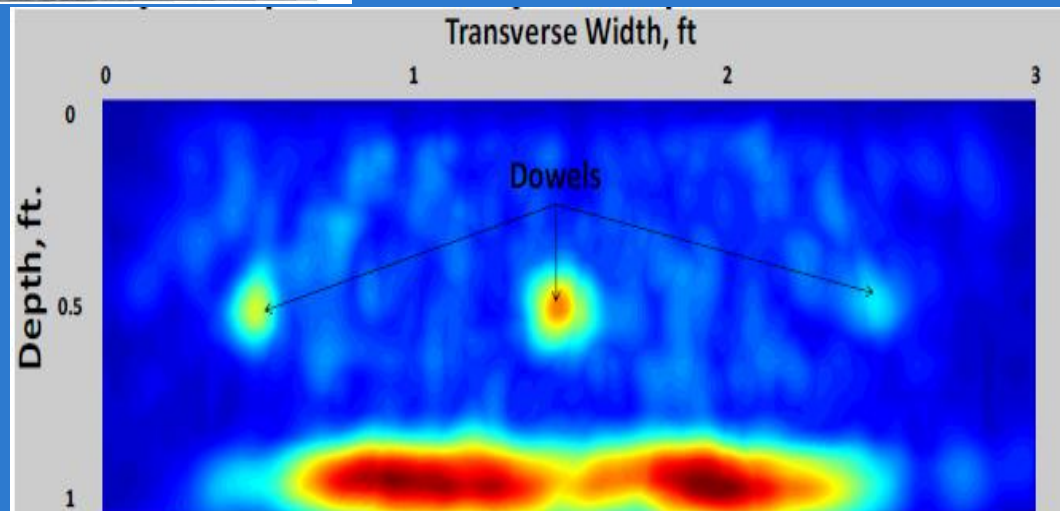
Sismik Ultrasonik Yöntem

- Betonun basınç dayanımı, fiziksel ve elastik parametreleri, betonun kırık ve çatlak yerleri belirlenir.
- Direk kolon ve kirişlerde uygulanabilir. Karot almayı gerektirmez, tamamen hasarsız bir yöntemdir.
- Uygulanan bölgenin 2 ve 3 boyutlu tomografik görüntüsü elde edilir.
- Bütün ölçüm noktalarından bilgi elde edilir.
- Maliyeti düşürür, hızlı sonuçlar verir.

Sismik Ultrasonik Yöntemle Kırık-Çatlak Belirlenmesi

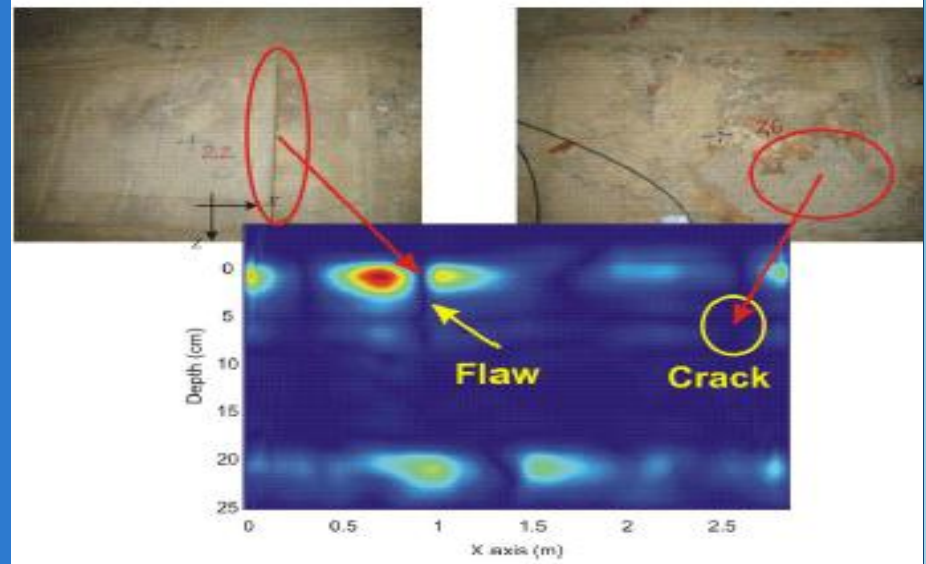


Hoegh vd., (2011)

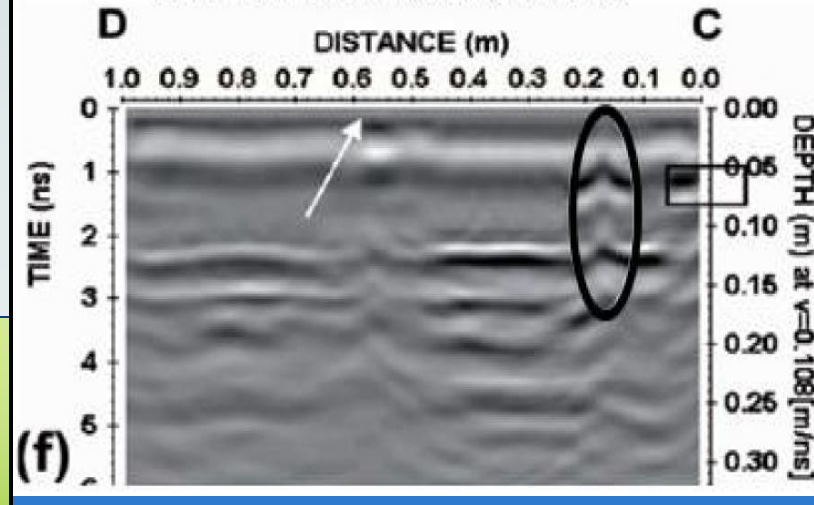


Yapı Radarı ile Kırık-Çatlak Belirlenmesi

Yapı radarı, yüksek frekanslı elektromanyetik dalga gönderip beton içerisindeki kırık ve boşluklardan yansıyor gelen dalgaları kaydeder

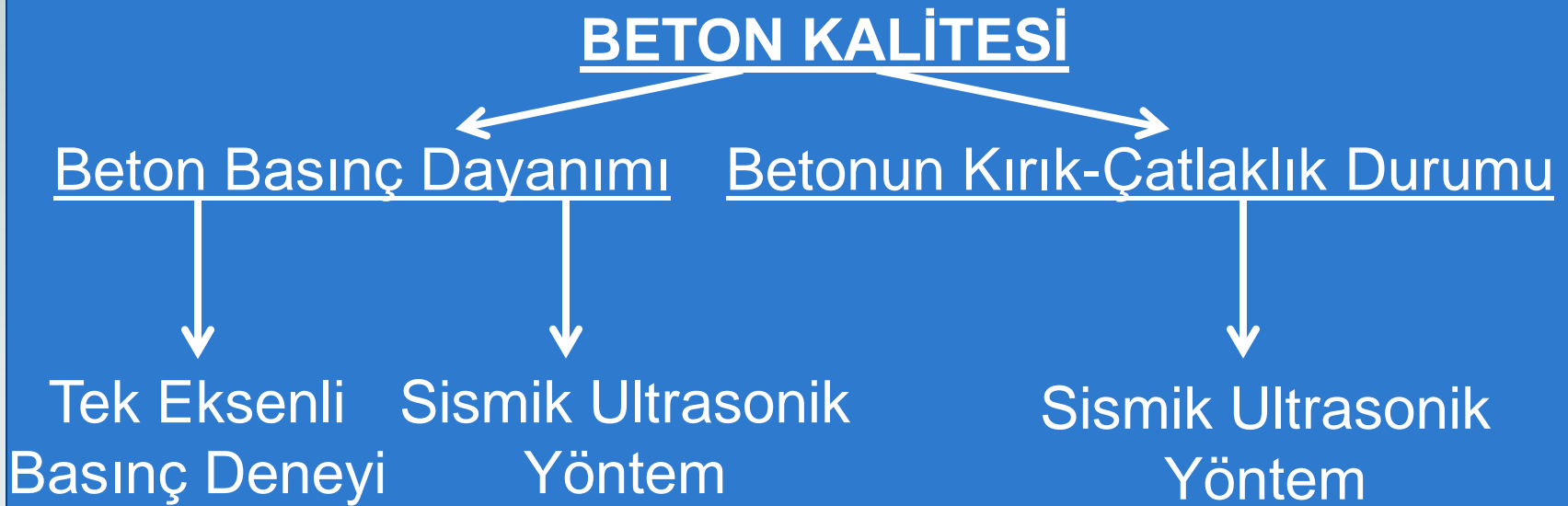


Yapı radarı kullanılarak kırık konumunun tespit edilmesi (Gosalves vd, 2011)



Şekil. Çatlağın bulunduğu bölgede yapı radarının verdiği yansımalar (Nuzzo, vd 2010)

- Bina incelemelerindeki en önemli husus **beton kalitesinin** belirlenmesidir.

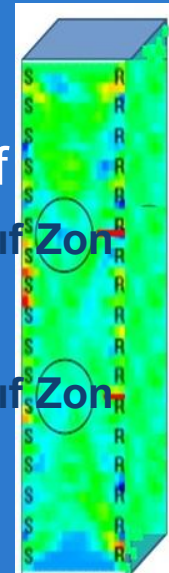


3- Karot Yeri Tespiti

Jeofizik yöntemlerle tahribatsız ve betona zarar vermeden karotun alınacağı en zayıf yer kolaylıkla belirlenir. Bu yüzden karot sismik ultrasonik çalışmaların yönlendirmesi sonucunda alınmalıdır.

- Kolondan alınan karot numuneleri sadece alındıkları nokta hakkında bilgi verirler.
- Kolonun tamamı hakkında bilgi almak için çok sık aralıklarla karot alınması gerekir ki bu çok sakıncalı bir durumdur.

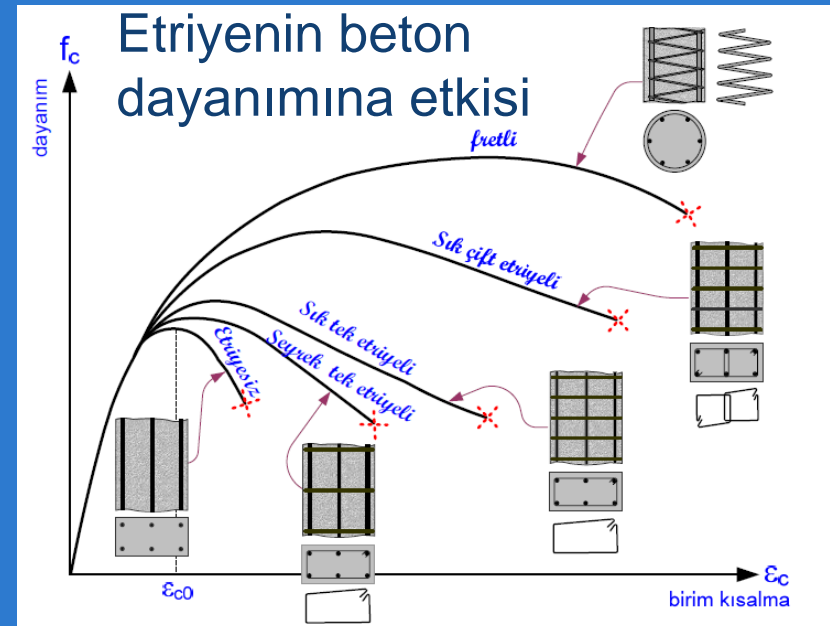
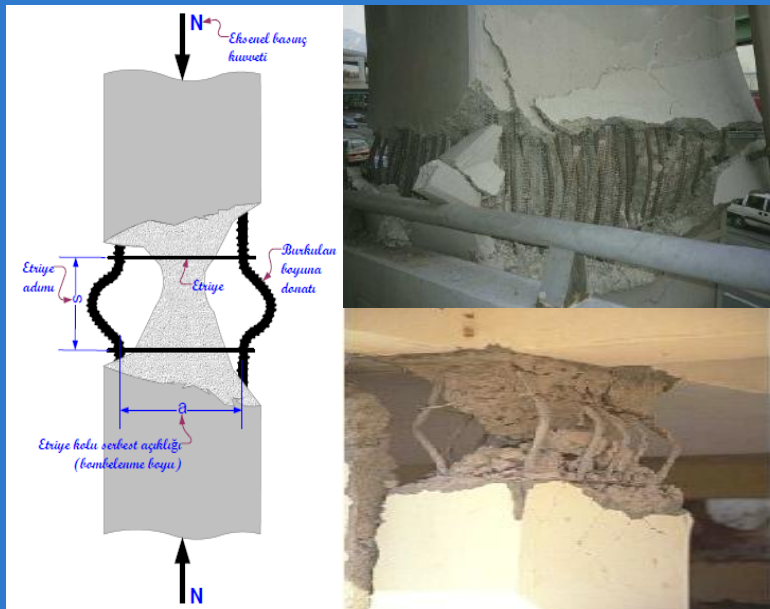
- Karot alınan bölgenin dayanımı yüksekken farklı bölgelerde zayıf zonlar bulunabilir.
- Kolon ya da kirişlerin noktasal değil de bütünüyle dayanımını belirlemek için tomografik görüntüleme yapılabilir.
- Sismik ultrasonik yöntem sıvaya dahi zarar vermeden taşıyıcı elemanın durumunu ortaya koyar.



Donatı ve Etriye Özellikleri

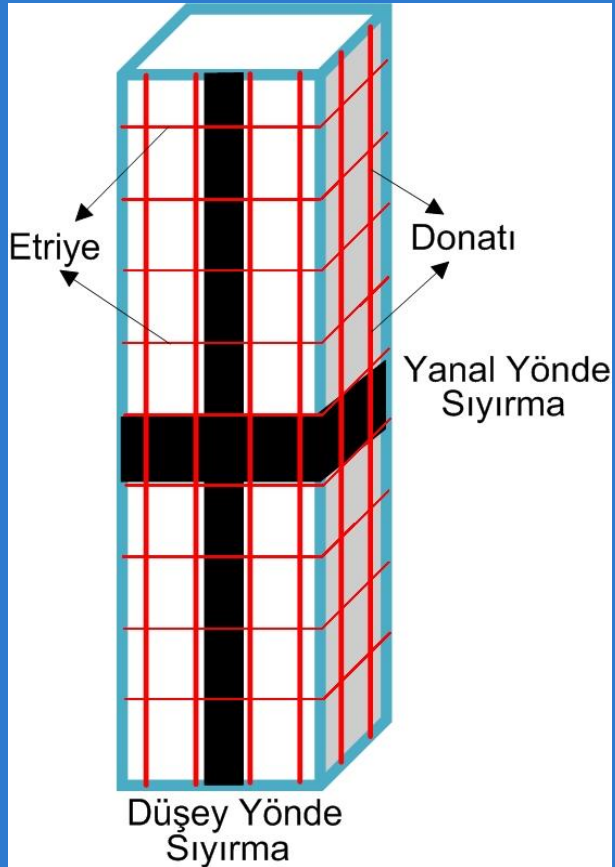
Betonla birlikte çalışmak üzere yapı elemanları sıyrılmayacak şekilde, betonun içine yerleştirilmiş demir çubuklardır.

Betonun çekme dayanımını arttırmak için yerleştirilir. Kolon kiriş, perde duvar gibi betonarme yapı elemanlarının kayma dayanımlarını veya şekil değiştirme kapasitelerini arttırmak amacıyla uygun mesafelerde yerleştirilen yatay donatıya da **etriye** denir.



Klasik Tahribatlı Yöntemler

Sıyırma Tekniği



Tahribatsız Jeofizik Yöntemler

Mikro Covermeter

Mikro Covermeter elektromanyetik cihazdır.

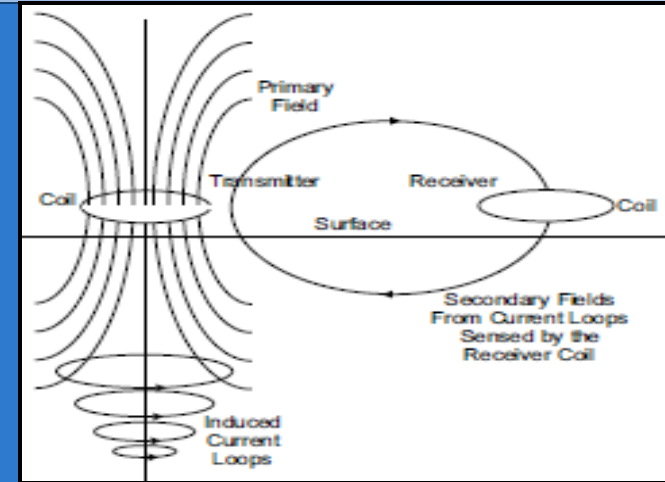
Elektromanyetik dalga indüksiyon tekniğine göre çalışır.

Cihazın içerisinde bir alıcı birde verici bobin bulunmaktadır.

Verici bobin ile elektromanyetik bir alan oluşturulur.

Bu alan donatıyı indükleyerek ikinci bir indüksiyon manyetik alan oluşturur.

Bu ikinci alan da alıcı bobin aracılığıyla kaydedilir. İndüksiyon sinyalinin şiddeti donatının yoğunluğuna ve derinliğine bağlıdır.



4- Donatı Tespiti:

Tahribatsız Jeofizik Yöntemler Mikro Covermeter



Betondaki donatı kontrol edilir. Donatıların boyutları ve derinliği belirlenir.

Alınan sinyal arttıkça demirin çapı artar ve beton kaplama kalınlığı artmasıyla da alınan sinyal azalır.

Tahribatsız Jeofizik Yöntemler

Mikro Covermeter

Covermeter sadece demir donatıyı bulur ve malzemenin bozulma durumu ve deformasyonları hakkında herhangi bir gerçek bilgi sağlamaz.

Eğer birden fazla demir bir yerde mevcut ise bu durumda sinyalin şiddeti yanlış yorumlanabilir

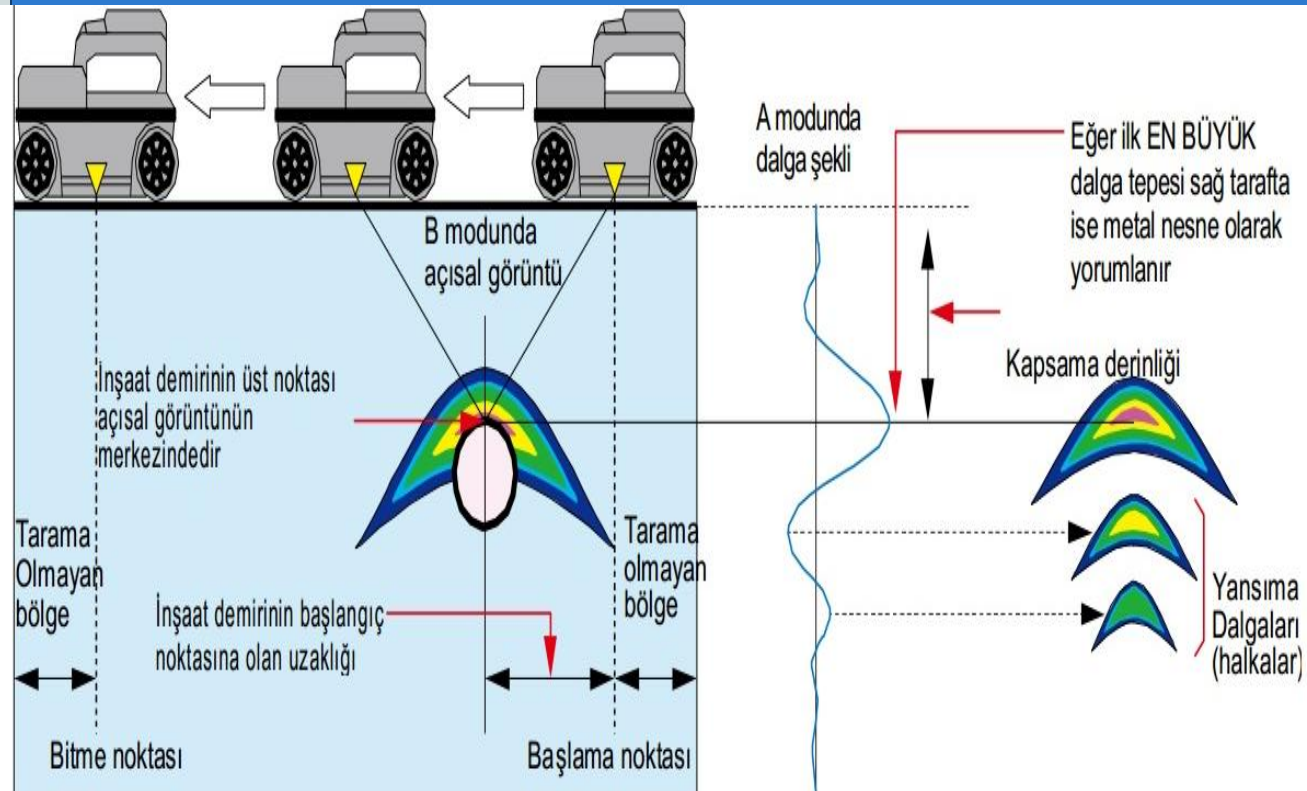
Sonuç olarak yapılarda donatı yerinin tespit edilmesi oldukça önemlidir. Covermeter ile beton içerisindeki donatı çubuklarının yerleri, sayıları belirlenir ve donatı çubuklarını saran etriye sayıları, etriye aralıkları ya da etriyenin olup olmadığı ve donatı çubukları ile etriyenin projeye uygunluğu araştırılır.

4- Donatı Tespiti:

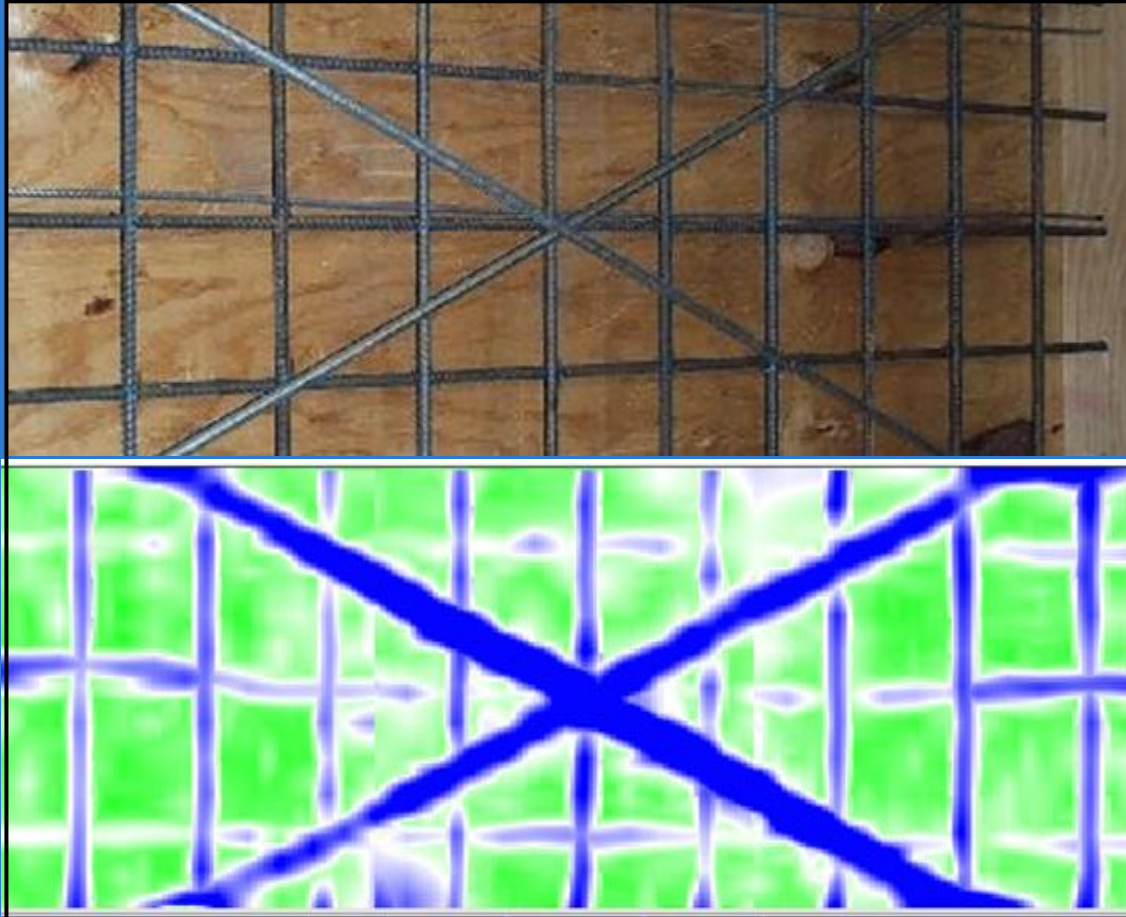
Tahribatsız Jeofizik Yöntemler

Yapı Radarı :GPR sığ derinliklerin araştırılması için kullanılan yüksek frekanslı elektromanyetik bir yöntemdir.

GPR verici anten, alıcı anten, kontrol ünitesi ve kayıtçıdan oluşmaktadır.



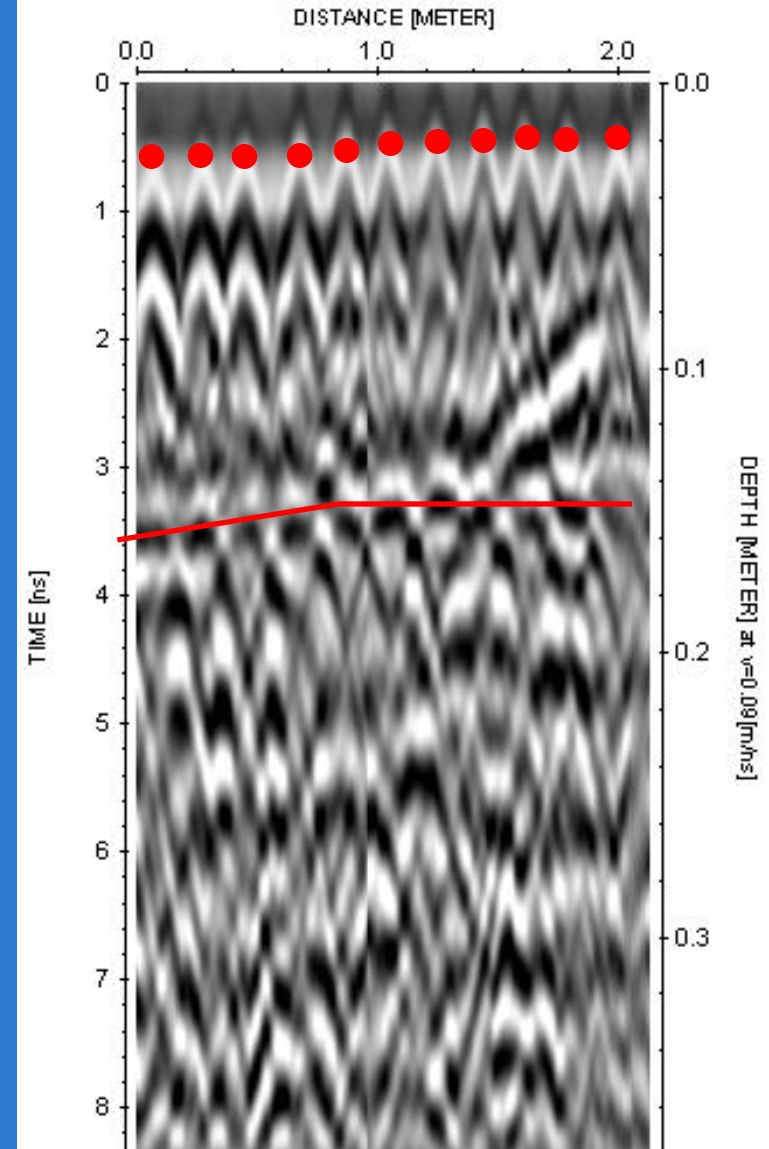
Donatı ve Etriye Tespiti



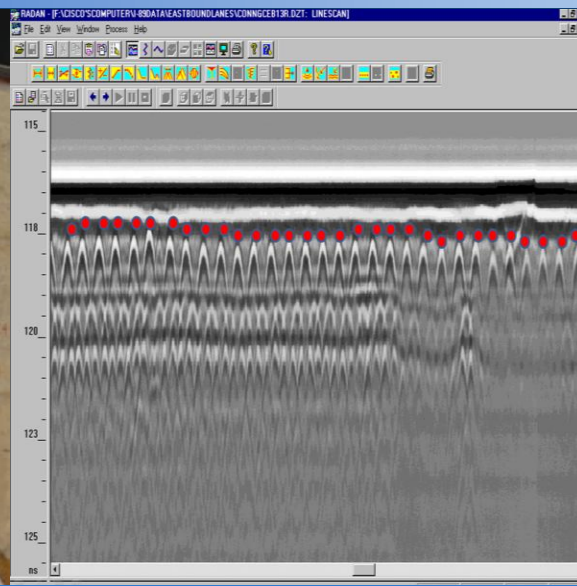
SSI, 2000

Donatı ve Etriye Tespiti

Bir kolon boyunca alınan yaklaşık 2m civarındaki yapı radarı ölçümü Şekil de sunulmuştur. Bu çalışmadaki amaç etriyeleri görüntüleme olduğu için etriyelere dik ölçüm yapılmıştır. Kolonun alt döşemeye yakın kısmından üst döşemeye doğru yapı radar ölçüsünde kırmızı nokta ile belirtilen yansıma sinyalleri elde edilmiştir. Buradan etriye aralığı ortalama 20cm civarındadır. Ayrıca Şekil de 2-3cm civarında sıva ve pas payı belirlenmiştir. Yani kolonun dış yüzeyinden 2-3cm derinde etriye demirleri donatıyı sarmaktadır. Buradan da pas payı belirlenebilmektedir.



4- Donatı Tespiti: Tahribatsız



http://www.ispartayapilab.com/uploads/pages_photo/181-1323987043-1.jpg



<http://www.infrastructures.com/0209/rebar.htm>



<http://www.surveyequipment.com/accessories/concrete-cover-meters/elcometer-3312-model-b-concrete-covermeter>

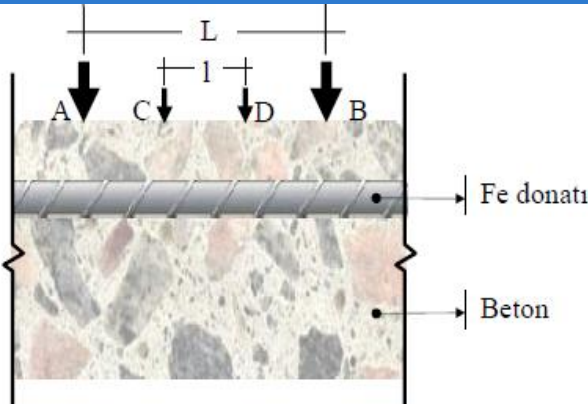
4- Donatı Tespiti: Tahribatlı



Yapı Jeofiziği (Tahribatsız Jeofizik Yöntemler)

Elektrik Özdirenç Yöntemi

Beton içerisindeki donatının korozyon durumunu belirlemek için tahribatsız jeofizik yöntemlerden elektrik özdirenç yöntemi kullanılır. Yapılarda kullanılan elektrik özdirenç cihazı, elektrot aralığı 5cm olan wenner dizilimine göre ölçüm alan cihazlardır



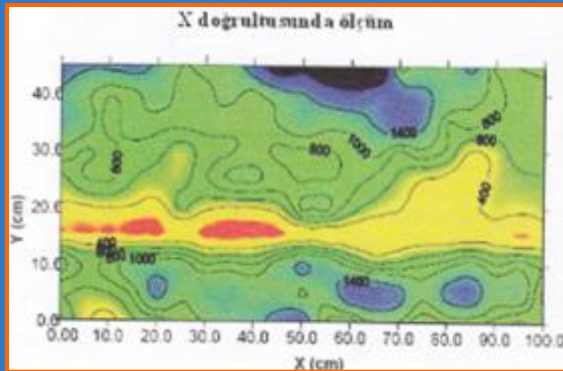
Çil, 2006; <http://www.proceq.com/>

5- Donatı Korozyon Durumu

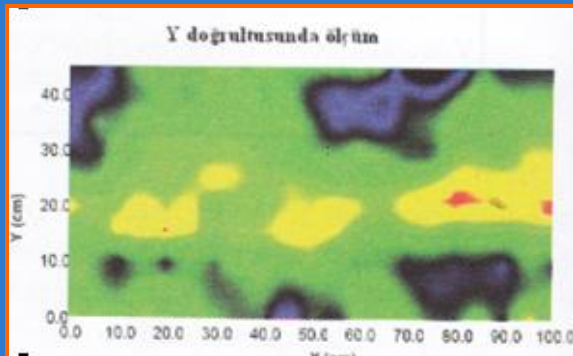
Ölçüm noktalarının elektrik özdirenç değerleri 2 boyutlu haritalandığında korozyona uğrayan bölgeler rahatlıkla tespit edilir.

Elektrik özdirenç değerine bağlı olarak korozyon durumunun belirlenmesi (Broomfield, 2012; Keçeli, 2009)

Rezistivite ($k\Omega$ cm)	Korozyon Durumu
>20	Çok Düşük
10 - 20	Düşük
5 - 10	Yüksek
<5	Çok Yüksek



50x100cm ebatlarında bir beton alanın X yönünde alınan özdirenç ölçümlerin sonucunda yapılan özdirenç haritasında korozyonlu alanlar kırmızı alanlar olarak sunulmuş (Keçeli, 2009).



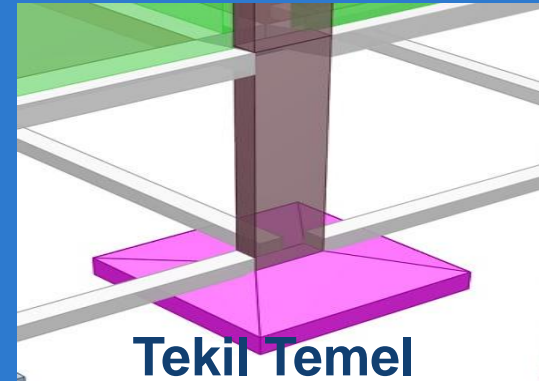
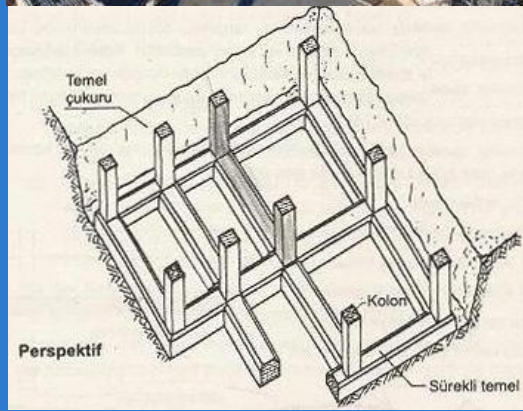
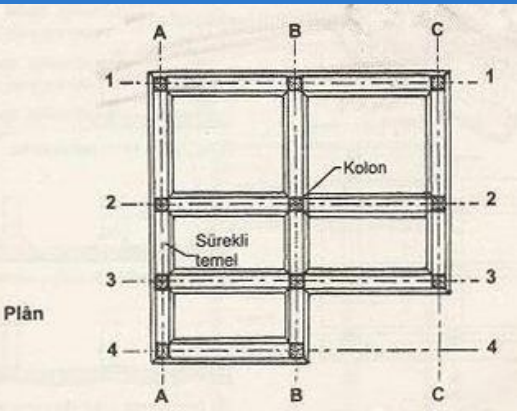
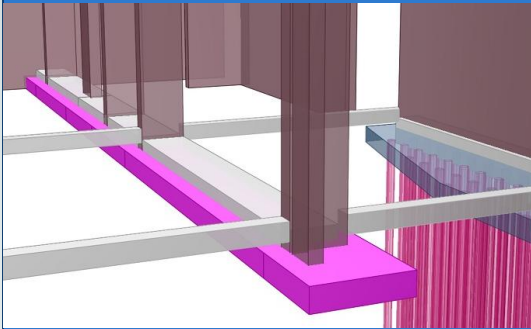
Aynı beton alanın Y yönünde alınan özdirenç ölçümünün haritalanması sonucunda yandaki şekil elde edilmiş ve korozyon bölgeleri kırmızı alanlar olarak sunulmuş (Keçeli 2009).

6- Temel Tipi Belirlemesi:

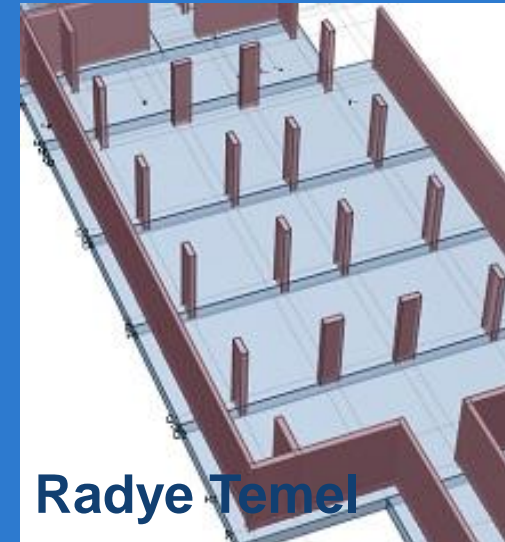
Yapı ile zemin arasında yük alışverişini sağlayan birim temeldir.

Temel Türleri

Sürekli Temel



Tekil Temel



Radye Temel

6- Temel Tipi Belirlemesi:

Özellikle projesi olmayan yapıların temellerinin bilinmesi ve projesi olan ancak projeye uygunluğunun denetlenmesi için tahribatlı ya da tahribatsız deneyler mevcuttur. Tahribatlı deney olarak bina içerisinden ya da dışından açma yaparak incelemeler sonucunda temel tipi belirlenir.

Klasik Tahribatlı Yöntem



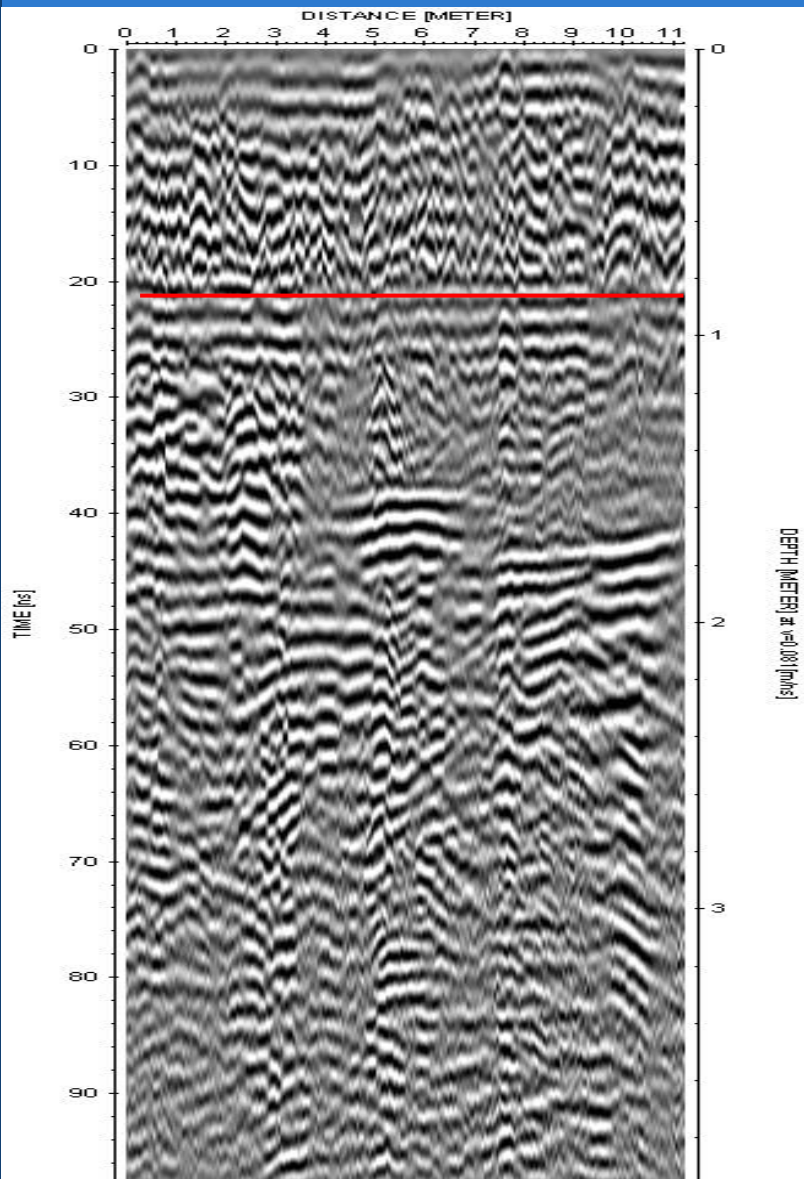
6- Temel Tipi Belirlemesi:

Tahribatsız Yöntemler

Tahribatsız olarak bina bodrum katında Jeofizik tekniklerden GPR ölçümü 0.5-1GHz arasındaki bir anten ile temel tipi çok kısa zamanda belirlenir.



6- Temel Tipi Belirlemesi:



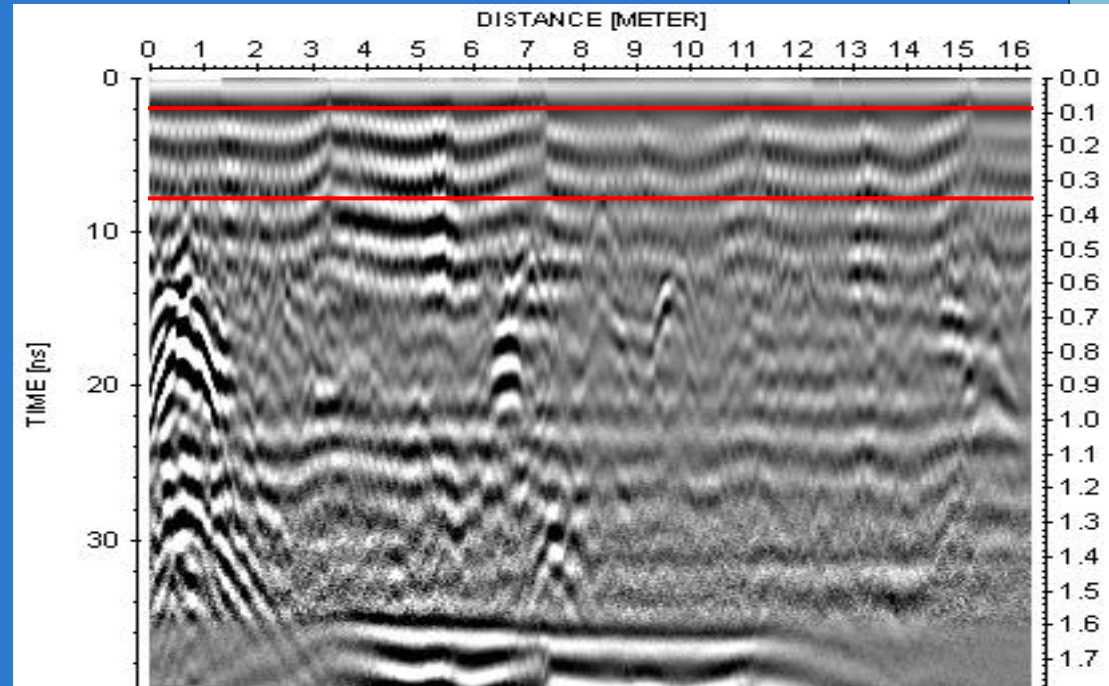
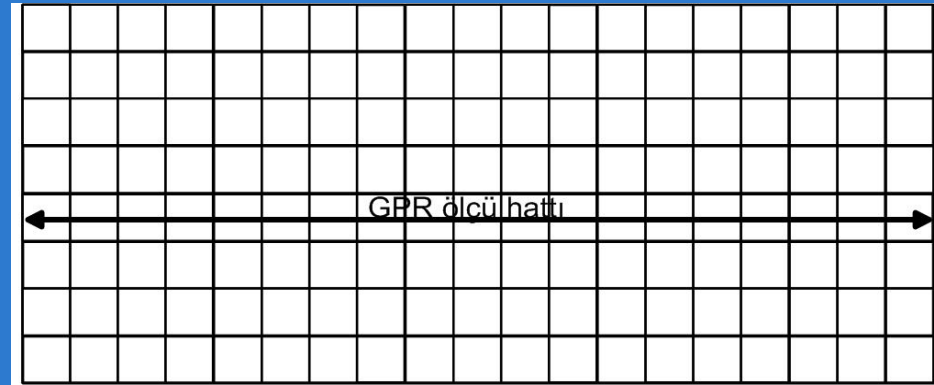
Tahribatsız deney olarak Jeofizik yöntemlerden 500MHz antenli GPR kullanılarak temel türüne karar verilebilir. Bu amaçla topuk temel ile yapılmış olan 2 katlı bir yapının içerisinde ölçü alınmıştır. Bu ölçü hattı ve radagram yanda gösterilmiştir. Radagram incelendiğinde donatıdan kaynaklı bir yansıma gözükmemekte yaklaşık 90cm kalınlığında donatısız beton bulunmuştur.

Topuk Temel örneği
ve Radagram sonucu



6- Temel Tipi Belirlemesi:

Şekil de sunulan model demir kafeslerin yere döşenerek üzerine dökülen beton sonucunda oluşan bir yapıdır. Bu yapı bir petrol istasyonuna yapılmıştır. Bu istasyon üzerinde 16m uzunluğunda yapılan GPR ölçümü neticesinde bir radagram elde edilmiştir. Bu görüntü sonucunda 10cm betonun altında çok sık (yaklaşık 15cm de bir) yansıma elde edilmiştir. Buraya dökülen betonun kalınlığı toplamda yaklaşık 35cm civarındadır.



Mikrotremör Yöntemi



Yerküre içerisinde de yapay ve doğal etkiler nedeniyle oluşan periyotları birkaç dakikayı aşmayan yeryüzünün titreşim hareketlerine mikro sismik dalgacıklar denir. 0.5–2 sn aralıklı periyotlar için mikrotremör kullanılır.

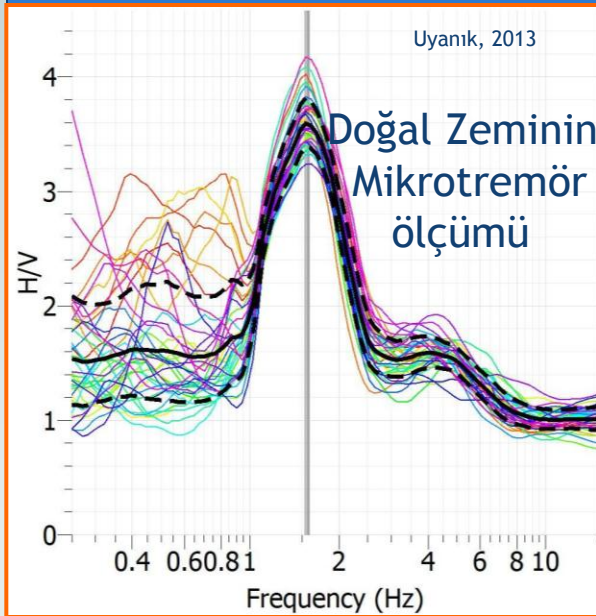


Uyank, 2013

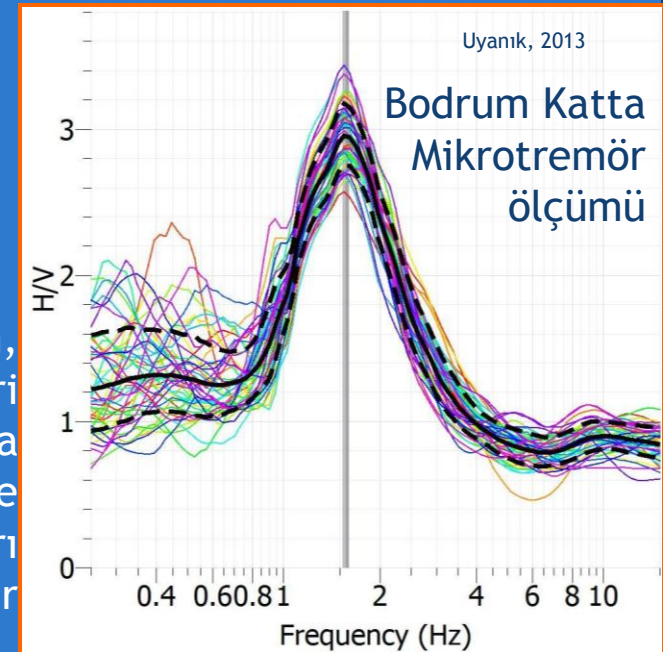
Yapı içerisinde mikrotremör ölçümü kolaylıkla alınabilir. Mikrotremör kaydı için yüksek duyarlılıklı üç bileşenli sismometre, kayıtçı, batarya, GPS ve bilgisayar gereklidir Yapı içerisinde ölçüm yapılırken GPS uyduyu göreceğ konumda olmalı yani yapı dışında olmalıdır.

7- Yapı Periyodu

Yapı periyodu belirlemek amacı ile yapı içerisinde yapılan mikrotremör ölçümleri sonucunda elde edilen sinyallerin H/V oranlarından yapının frekansı yani yapı periyodu belirlenir ve projede var olan periyoda uygunluğu denetlenebilir.

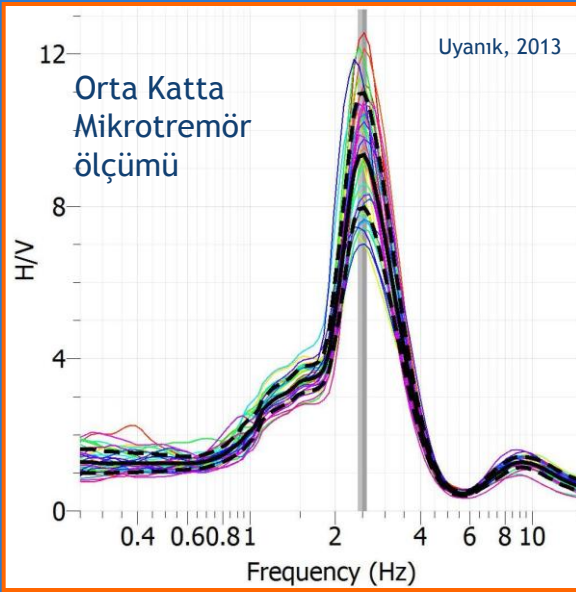


Doğal zeminde alınan ölçümün değerlendirilmesi (yanda) sonucunda frekansı yaklaşık 1.55Hz civarındadır. Bu durumda zemin hakim titreşim periyodu 0.65s dir. Yapı periyodu 1Hz ile 2.3Hz arasında yani 0.95s ile 0.43s arasında olması istenmez.



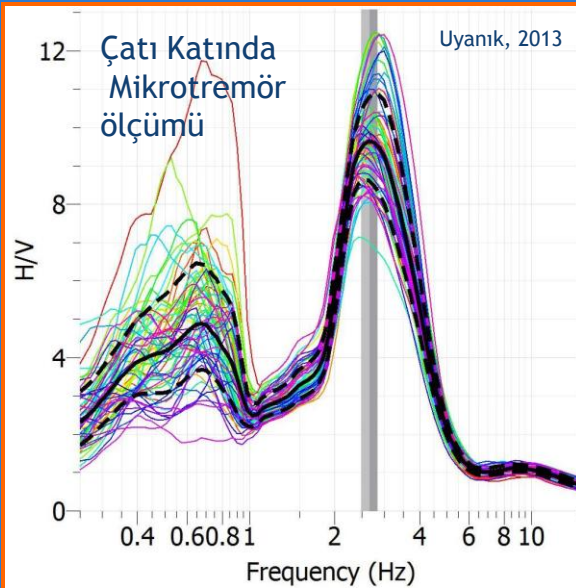
Yapının periyodunu belirlemek amacı ile yapının bodrum, orta ve çatı katlarında mikrotremör ölçümleri yapılmıştır. Bodrum katında alınan ölçüm yanda sunulmuştur. Değerlendirme sonucunda zeminde ve bodrumda alınan ölçümlerin değerlendirme sonuçları aynıdır. Bu durum temelin radye olmadığına bir göstergesidir.

7- Yapı Periyodu



Yapının orta ve çatı katında alınan mikrotremör ölçümünün değerlendirilmesi sonucunda yapının frekansı 2.5Hz ve periyodu 0.4s olarak belirlenmiştir.

Bu koşullarda 4 katlı olan bu yapı rezonansa girer mi?



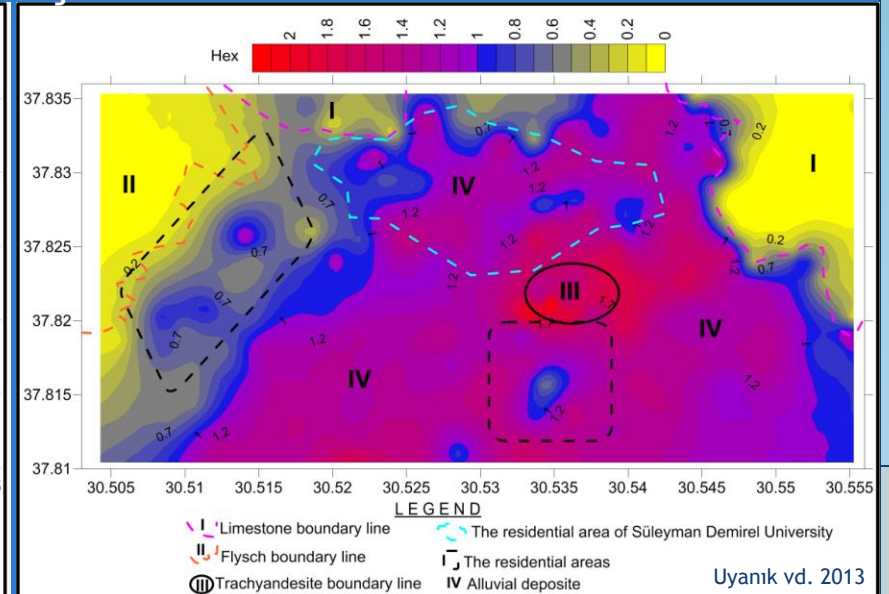
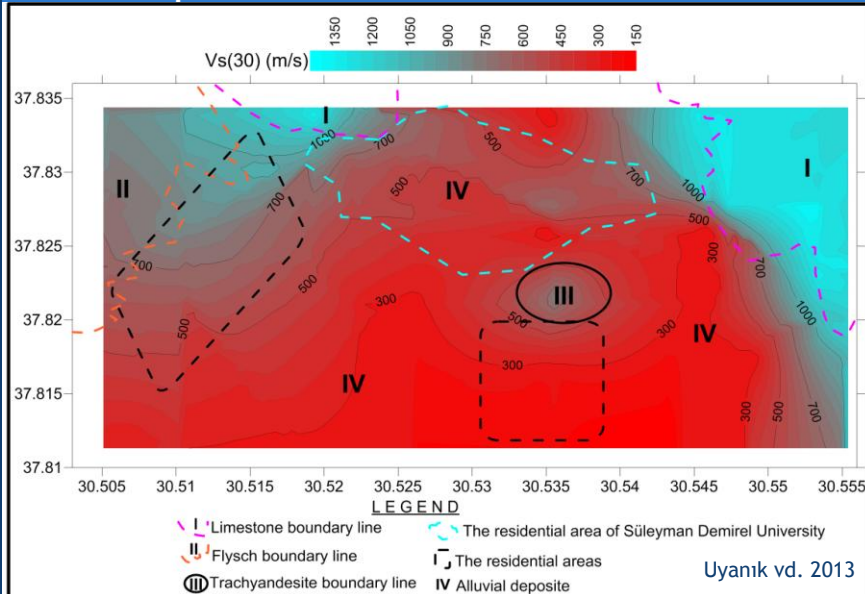
Yapının yapıldığı zeminin hakim titreşim periyot sınırları 0.43-0.95 s arasındadır. Yapının periyodu ise 0.4s bulunmuştur. Bu durumda yapı rezonansa girmez.

Yapı periyodu doğal zeminin hakim titreşim periyot aralığı içerisinde olması durumunda yapının rezonansa girmesi söz konusudur. Bu yüzden yapıyı yapan İnşaat Mühendisleri yapı periyodunu zeminin periyot aralığının dışında bir periyot ile dizayn eder.

Jeofizik yöntemler ile deprem hasar riskinin en az olacağı lokasyonları belirlemeye ek doğal radyoaktif özellikleri de belirlenir. Dolayısıyla Jeofizik yöntemler ile yerleşim lokasyonlarının sadece deprem hasar riski değil aynı zamanda radyolojik riskin de en az olabilecek alanlar belirlenir. Aşağıda örnekler de görüleceği üzere I ve II no lu alanlar deprem ve radyoaktif riskleri açısından yerleşime uygun alandır.

Doğal Zeminin Deprem Hasar Riski Açısından Sınıflandırılması

Doğal Zeminin Radyoaktif Tehlike Açısından Sınıflandırılması



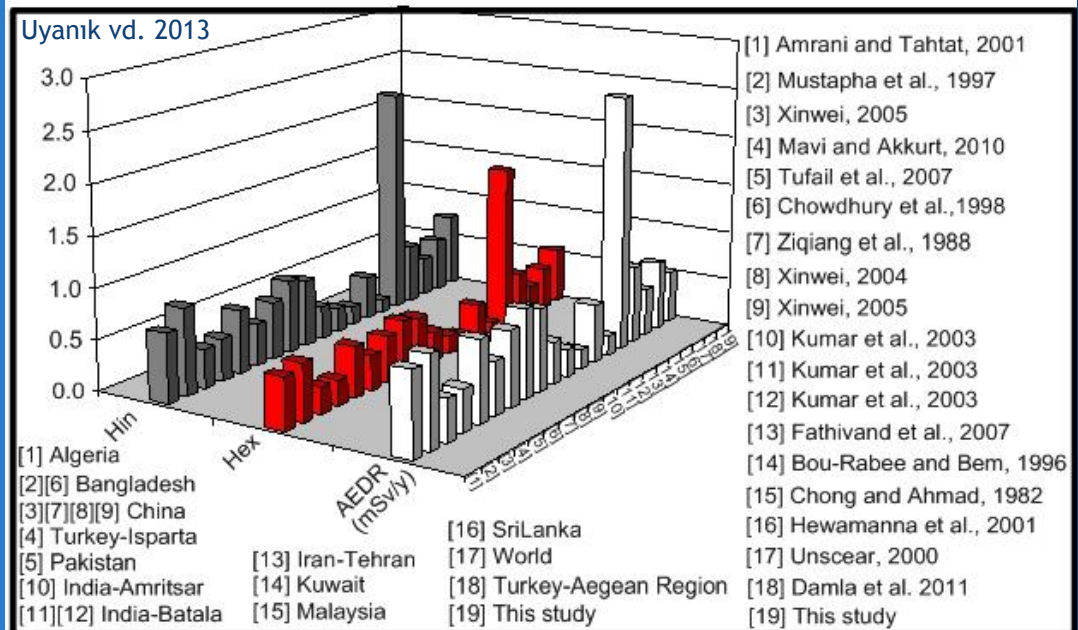
Yapının temel maddesi olan beton malzemesini oluşturan elemanların (kum, çakıl, çimento vb.) ve tuğla gibi hammaddesi doğal olan malzemelerin radyoaktif özelliklerine bağlı yapı içerisinde radyasyona maruz kalınabilir.

Özellikle volkanik sahalarda yapılacak yapılarda kullanılan beton, tuğla vb. malzemelerin radyoaktif özelliklerinden kaynaklı yapı içi radyasyon düzeyi ölçülmelidir.



Radyasyon saçan mutfak tezgahları

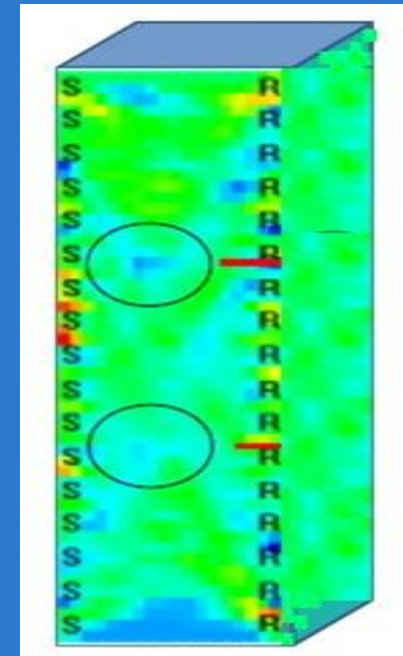
Farklı ülkelerdeki kullanılan tuğlaların radyasyon riski



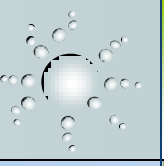
Tahribatlı Yöntem



Tahribatsız Yöntem



Ya da her ikisi
bir arada



Teşekkürler

