

YÖNETİM KURULU

Şevket DEMİRBAŞ
Zafer Sal
Serdar Kart
M. Tankut Kılıncı
Deniz Yıldırım
Şenay Güneş
Serdar Tosuner

YAYIN KURULU

Cem DEMİREL
Uğur AKIN
Betül Işıkdenez ŞERİFOĞLU
Büşra Bihter DEMİRCİ
İsmail DEMİRCİ
Gülay YÜCER

İletişim: bulten@jeofizik.org.tr

YAYIM KOŞULLARI

Yayın kurulu, gönderilen yazılarda gerekli gördüğü değişiklikleri yapabilir. Bülten'e gönderilen yazılar yayınlanınsın ya da yayınlanmasın geri verilmez. Yazı ve ilanlardaki görüş ve düşünceler yazarların kendilerine aittir. Odayı ve bülteni sorumlu kılmaz. Bülte'de yayınlanan yazılar kaynak gösterilerek aktarılabilir.



TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI

Adına Sahibi ve Yazı İşleri Müdürü
Şevket DEMİRBAŞ
Milli Müdafaa Caddesi No:10/7 06650
Kızılay - ANKARA
Tel: 0.312 418 42 20 • 418 82 69
Faks: 0.312 418 83 64
e-posta: jfmo@jeofizik.org.tr
www.jeofizik.org.tr

TASARIM - BASKI :

Fersa Ofset Baskı Tesisleri
Ostim 36. Sk No: 5/C-D ANKARA
Tel: 0 312 386 17 00 Fax: 0 312 386 17 04
www.fersaofset.com

İÇİNDEKİLER

ÖZEL BÖLÜM: JEOFİZİK-GEOTEKNİK

1. Deprem-Zemin-İnşaat Etkileşimi Araştırılmasında "Zemin Yapısı/ Arama" İle "Fizik Özellik/Analiz" Karşılaştırması: Jeofiziksel Bir Yaklaşım
2. Jeofizik-Jeoteknik İşbirliği Sürecinde Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analiz (ÇKYDA) Yöntemi
3. Sismik Hızlardan Taşıma Gücü Bağıntısının Gelişimi ve İki Boyutlu Taşıma Gücü Görüntüsü
4. Jeoteknik Çalışmalarda Yerin Doğal Radioaktivitesinin Önemi
5. Zemin Hakim Periyodu ve Bina Yüksekliği Rezonans İlişkisi
6. Kohezyonlu Zeminlerin Jeofizik Yöntemlerle Saptanması

ETKİNLİK KÖŞESİ

1. 7. Yer Elektrik Çalıştayı
2. Diğer Etkinlikler

NOTLAR

1. Özel Bölüm ile ilgili Kitaplar

JFMO KÖŞESİ

1. Kaybettiklerimiz, Emekliler ve Atamalar
2. Haberler

ÜNİVERSİTELERİMİZDEN

1. Üniversitelerimizde Bu Dönem Tamamlanan Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri
2. Üniversitelerimizde Geoteknik Konulu Lisans ve Doktora Tezleri

ULUSLARARASI JEOFİZİK TOPLULUKLAR

1. Balkan Jeofizikçileri Derneği

BULMACA

ÖZEL DOSYA : TARIM JEOFİZİĞİ

1. Tarım Jeofiziği
2. Toprak, Tarım, Gıda, Jeofizik



Değerli Meslektaşlarımız,

Jeoteknik farklı meslek disiplinlerinin bir araya gelerek problemlerin çözüldüğü uygulamalı yerbilim alanıdır. Jeotekniğin en önemli meslek gruplarından biri de JEOFİZİK'dir. O nedenle bu sayımızı Jeoteknik olarak belirledik. Jeoteknik, konuları içerisinde birçok uygulama vardır. Bunlardan bazıları, doğal afetler sonucunda meydana gelebilecek zararların önlenmesi veya en aza indirilebilmesi, büyük mühendislik yapıları olan barajlar, yeraltı geçitleri, binalar, köprü gibi yapıların sığ yada derin temellerini ilgilendiren çalışmalar, tehlikeli atıklar ve bunların düzenli depolanma alanları, madencilik sektörü vb, faaliyetlerdir.

Dünyada ve ülkemizde her geçen gün enerjiye olan gereksinim, artan nüfusun meydana getirdiği yeni iskanlar, yeni havaalanları ve yeni ulaşım yapıları, kentsel dönüşümler Jeoteknik konusunda gereksinimleri her geçen gün daha arttırmaktadır. Farklı çalışmalarda olduğu gibi Jeoteknik'de de deneyimli ve uzman jeofizik mühendislerine ihtiyaç duyulacaktır.

ATATÜRK İlke ve Devrimlerine bağlı, hukukun üstünlüğüne inanan, katılımcı, bilim ve teknolojiye yana multidisipliner çalışmayı benimseyen, jeofizik mühendislerine ülkemizde güzel ve yararlı işler yapmak adına, bizlere çok büyük görevler düşmektedir.

Saygılarımızla,

Bülten Yayın Kurulu

DEPREM-ZEMİN-İNŞAAT ETKİLEŞİMİ ARAŞTIRILMASINDA “ZEMİN YAPISI/ARAMA” İLE “FİZİK ÖZELLİK/ANALİZ” KARŞILAŞTIRMASI: JEOFİZİKSEL BİR YAKLAŞIM

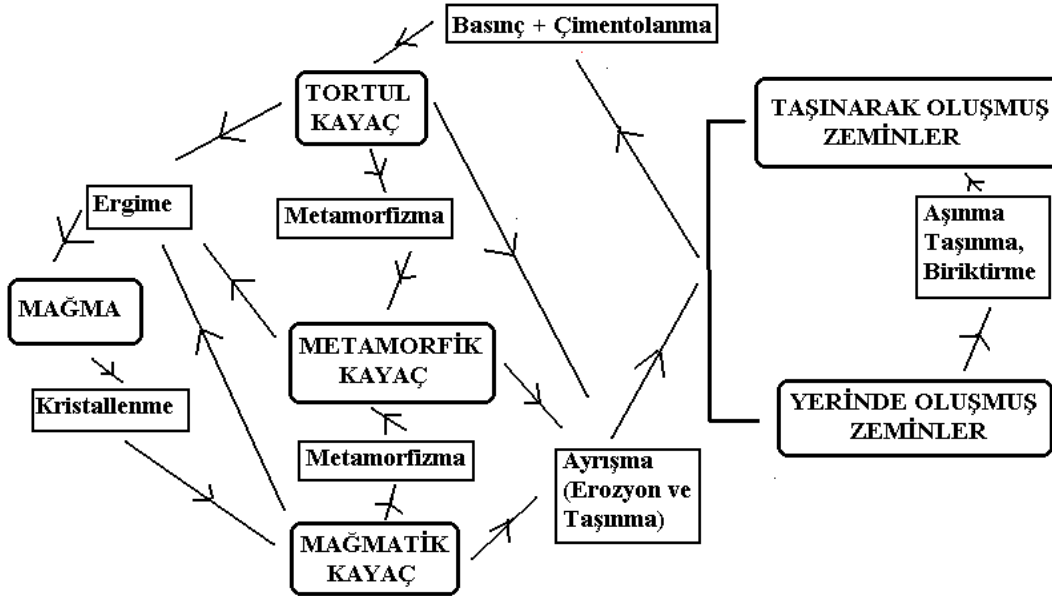
Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP*

*İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, E-Mail: ferozcep@istanbul.edu.tr

1. GİRİŞ: ZEMİNLER, DEPREMLER VE İNŞAATLAR

Zeminler yerkabuğundaki kaya(ç)ların fiziksel ve kimyasal ayrışmaları/bozunmalarının ürünlerini içerirler (Şekil 1). Mühendislik tasarımının bir parçası olarak bir zemin yada yapıyeri incelemesi, önerilen inşaat ile doğal çevrenin etkileşiminin değerlendirilmesi

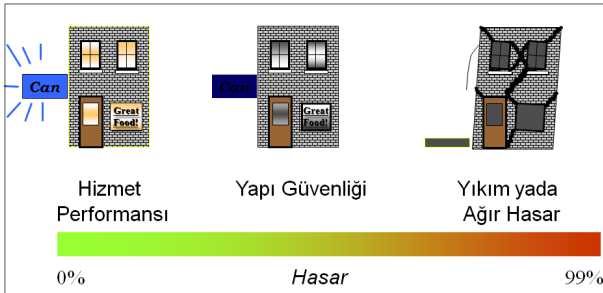
amacıyla temel veriyi sağlamak için yapılmaktadır. Zeminler bilimsel açıdan sonsuz merak duygusunun yönlendirdiği bir araştırma alanı olmasına rağmen, mühendislik açısından bakıldığında zeminler “sağlık ve güvenlik” sınırları içinde kriterler oluşturarak ve bu kriterlere göre doğurduğu sorunları çözme yönünde sınırlandırılırlar.



Şekil 1. Zeminlerin Oluşumu

Mühendislikte zemin araştırmaları inşaatlar bağla-
mında yürütüldüğünden hiçbir zemin araştırması (yada zemin etüdü) yapı performansından bağımsız değildir. Günümüzde inşaatlardan beklediğimiz per-
formans ya da yapı güvenliği üç kategoride değerlen-
dirilir; bunlar “Yıkım / Ağır hasar”, “Yapı Güvenliği”
(Taşıyıcı sistem Güvenliği ve Tüm Yapı Güvenliği) ve
“Hizmet Güvenliği”. Her bir performans düzeyi yapıla-
cak zemin araştırmasının ekonomik ve mühendislik
boyutunu da etkiler. Yapı performansı hasar ilişkisi
Şekil 2’de verilmiştir.

Bilindiği gibi inşaatlar deprem kayıplar da zemin
araştırmalarının boyutunu etkileyen en önemli fak-
törlerden biridir. Ekonomik olarak deprem kayıpları
ve depremler ilişkisi Şekil 3’de verilmiştir.

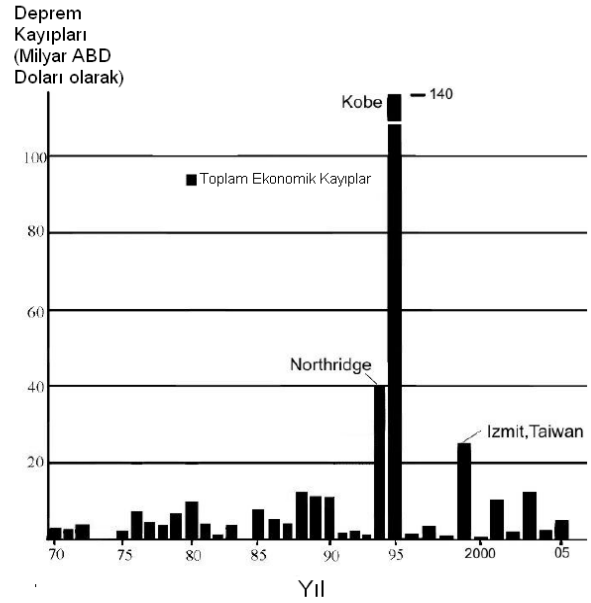


Şekil 1. Yapı performansı ve hasar ilişkisi

Statik ve dinamik yükler altında zeminlerin davranı-
şının incelenmesi, yapı (bina, köprü, viyadük, baraj,
nükleer santral vb) üretimi sürecinde oldukça önemli
bir yere sahiptir. Özellikle deprem gibi dinamik yük-
ler altında bu davranışın ortaya konması, mühendis-
lerinin önemli ödevlerinden birini oluşturmaktadır.
17 Ağustos 1999 Gölcük depreminden sonra jeo-
fizik/jeoloji ve geoteknik konusunda uzman inşaat
mühendisleri yapılaşma sürecinin önemli öznelerini
oluşturmaktadırlar. Bilindiği gibi, “Zeminler”, geze-
nimiz Yerküre ile kıyaslandığında oldukça küçük
bir bölüm oluşturmaya karşın, **sağlıklı ve güvenli
yapılaşma** açısından yaşamımıza etkileriyle bakıldı-
ğında çok büyük bir öneme sahiptir.

Bir yapıyeri (site) yada zemin incelemesi sürekli bir
araştırma ve yorumlama sürecidir. Bu incelemenin
genişliği öncelikle düşünölen mühendislik yapısının
büyüklüğü ve karakteri ile yapıyerinin doğasına bağlı
olmaktadır (BS-5930, 1999).

Zemin tabakaları, içinden geçen deprem dalgaları-



Şekil 3. Depremlerin ekonomik kayıpları (Gioncu ve Maz-zolani (2011))

nın özelliklerini etkilediği kadar, deprem dalgaları da,
örneğin sıvılaşma ve şev kaymalarında gözleendiği
gibi, zemin tabakalarının mukavemet ve şekil değiş-
tirme özelliklerini etkiler.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı/projelendirilmesi için

- Deprem Özelliği
- Zemin Özelliği
- Yapı özelliği

bilinmek zorundadır. Bu özelliklerden herhangi biri-
nin ihmali deprem sırasında zayıf halka oluşturan ve
yapının yıkılması ya da ağır hasar almasına neden
olacaktır.

2. ZEMİNLER VE JEOFİZİK

Geçmişte jeofizik ölçümler sadece zemin yapısının
açığa çıkarılması ve/veya sondaj sayısını azaltmak
yönünde bir “**arama**” (exploration) yöntemi olarak
kullanılırken, **günümüzde** jeofizik ölçümlerin bu-
nun yanısıra zeminin mukavemet ve permeabilite
karakteristiklerini açığa çıkarma yönünde bir “**de-
ney**” (test) yöntemi olarak kullanımı daha da önem
kazanmıştır. Jeofiziksel **arama**, zeminlerin yapısının
açığa çıkarılması yönünde önemli yöntemlerden biri

olurken, zeminlerin jeofiziksel özelliklerinin yerinde **test edilmesine dayalı analizi** günümüzde daha yaşamsal önem kazanmaya başlamıştır. Analiz "**parametre belirleme**" odaklı bir yaklaşım olurken, *Arama* ortamın **geometrik** özelliklerini **kestirme** (yani yapısını kestirme) odaklı bir yaklaşımdır.

Parametre belirlemeye yönelik bu yaklaşım özellikle inşaat mühendisliği ile ilgili çeşitli kitaplarına (örneğin, Kramer, 1996; Bowles, 1988; Das, 1993; Richard ve diğ., 1970, Wu, 1971) ve çağdaş depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerine/standartlarına (Eurocode; BS 5930; Uniform Building Code vb) yansımıştır.

Saha ya da yapıyeri araştırmalarında kullanılan çeşitli jeofizik ölçümler ve değerlendirmeler vardır. Bu bağlamda jeofizik ölçümler; arama jeofiziği yöntemleri ve mühendislik sismolojisi yöntemleri olarak iki guruba ayrılabilir. Arama jeofiziği yöntemleri, sismik yöntem, elektrik ve elektromanyetik yöntemler (Georadar dahil), gravite yöntemi, manyetik yöntemler, radyoaktif vb. yöntemler olarak sınıflandırılabilirler. Mühendislik Sismolojisi çalışmaları ise, mikrotremor ölçümlerini ve kuvvetli yer hareketi kaydının (ivme ölçümünün) değerlendirilmesi ile deprenselliğin probalistik ve deterministik olarak incelenmesi vb. konuları kapsamaktadır.

Jeofizik çalışmalar sıvılaşma ve büyütme gibi dinamik yüklerle gelişen iki önemli problemin çözümünde doğrudan ve taşıma gücü, oturma ve şev/yamaç stabilitesi problemlerinin çözümüne de dolaylı olarak önemli katkılar sağlamaktadır. Jeofizik çalışmalar gerek zemin yapısı ve gerekse zeminin mukavemet/permeabilite karakteristiklerini açığa çıkarması açısından önem kazanmaktadır.

Bu süreçte, Amerika İnşaat Mühendisleri Odası (American Society of Civil Engineering)'nin kurduğu "**Jeofizik Mühendisliği**" (Geophysical Engineering) komitesi, Uluslararası Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Birliği (ISSMGE) "**Jeofiziksel Zemin Araştırmaları (Geophysical Site Characterization)**" Komitesi de inşaat mühendisliği sürecinde jeofiziğin, Amerika Arama Jeofizikçileri Birliği'nin "**Shığ Jeofizik Araştırmalar Komitesi (Shallow Surface Geophysics)**"'nin ve Çevre ve Mühendislik Jeofiziği Birliği (Environmental and Engineering

Geophysical Society)'nin çalışmaları da jeofizik sürecinde konunun önemi ortaya koyması bakımından dikkate değer gelişmelerden olmuştur.

Son yıllarda deprem- zemin- yapı etkisi konusunda jeofizik/geoteknik analiz konusunda kaynak kitap/ders kitabı konusunda literatürde nitelik ve nicelik olarak önemli oranda artış gözlenmektedir. Bu çabanın sonuçları olarak, Ward (1990)'in editörlüğü'nü yaptığı Amerika Arama Jeofizikçileri Birliği (SEG) tarafından üç cilt olarak yayınlanan "**Geotechnical and Environmental Geophysics**" isimli kitap, Cambridge Üniversitesi yayınlarından çıkan Sharma (1997)'nin "**Engineering and Environmental Geophysics**" isimli kitap ve Amerika İnşaat Mühendisleri Odası'nın (ASCE) yayınladığı "Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations" kitabı örnek olarak verilebilir. Hiç kuşkusuz geoteknik, deprem ve jeofizik mühendislikleri arasında anahtar kitap Kramer (1997)'in "**Geotechnical Earthquake Engineering**" kitabıdır. Bu kitap depremi merkez olarak geoteknik ve jeofizik konularını kaynaştırıcı, buluşturucu öncü bir rol oynamıştır. Yakın zamanlarda Nazarian ve Diehl (2000)'in editörlüğünü yaptığı "**Use of Geophysical Methods in Construction**", Ansal (2004)'in editörlüğünü yaptığı "**Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation**" ve McDowel ve diğ. (2002)'nin yazdığı "**Geophysics in Engineering Investigations**" isimli kitaplar bu yönde olumlu örnekler olarak göze çarpmaktadır.

İngiliz Zemin Araştırma Standartlarında (Site Investigation Code: BS-5930) inşaat mühendisliği amaçları için jeofizik çalışmaları dört temel uygulama alanına ayırmıştır:

1. Jeoloji (Zemin Yapısı) Araştırmaları
2. Malzeme ve Su Kaynaklarının Değerlendirilmesi
3. Mühendislik Parametrelerinin Belirlenmesi
4. Boşlukların ve Gömülü Materyallerin Bulunması

Zeminlerin dinamik etkilerle, özellikle deprem ile ilişkisinde öne çıkan olgulardan biri suya doygun kumlu zeminlerin sıvılaşmasıdır. 1964'deki iki büyük deprem (Alaska (Mw=9.2) ve Niigata (Ms=7.5)) sıvılaşma etkilerinin yeryüzünde ve yapılarda devasa izler bıraktığı iki önemli deprem olmuş, bu tarihten

sonra bu olgunun fiziğinin anlaşılmasına ve analizi- ne yönelik saha ve laboratuvar deneyleri yoğun bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. Castro (1969); Seed (1976), Seed ve Idriss (1971) Stokoe ve diğ. (1988) gibi bir çok araştırmacı gerek laboratuvar çalışmaları ve gerekse sıvılaşma analizi yönünde saha ölçüm verileri (SPT, CTP ve **jeofizik kayma dalgası hızı**) üzerinde çalışmışlardır.

Zeminlerin tekrarlı (cyclic) yükler altında davranışının (kayma modülü ve sönüm oranının artan birim de- formalarla ilişkisi) laboratuvar ve saha veriyle koşullarında incelenmesine yönelik ilk çalışmalar konusun- da Hardin ve Drenevich (1972); Seed ve Idris (1970) örnek olarak anılabilir. Zeminlerin dinamik özellikleri ve bunun sonuçlarının geoteknik analizde kullanılması (sıvılaşma, dinamik yamaç stabilitesi, taşıma gücü kaybı vb) konusunda, Finn (1991); Krinitzsky ve diğ. (1993), Richard ve diğ. (1993); Ishihara ve Yoshimine (1992); Tokimatsu ve Seed (1984), Siyahi ve Ansal (1993); Majumdar (1971), Siyahi (1992) ve Tokimatsu ve Seed (1984) 'in çalışmaları örnek ola- rak verilebilir. Dinamik yükler altında zemin davranışını belirleyen en önemli parametre –sönüm oranının

yanında- maksimum kayma modülüdür ve bunu **je- ofizik ölçüler olmadan** amprik yaklaşımlarla belirle- mek doğru değildir.

Zemin koşullarının deprem yer hareketi üzerindeki etkisi büyütme olarak adlandırılmaktadır ve deprem- lerde oluşan hasar ve zararların temel nedenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Yerel zemin koşulları aynı zamanda depreme dayanıklı yapı tasarımında da önemli bir rol oynamaktadır. Tarihte ve günümüz- de oluşmuş bir çok depremde bu etki açık biçimde görülmektedir. Örneğin, 1857 Neopolitan depremlerindeki zemin koşullarının etkisini Mallet (1862) rapor etmiş, 1906 San Fransisco depreminin yersarsıntıla- rı üzerinde zemin koşullarının etkisini Wood (1908) ve Reid (1910) göstermiştir. Gutenberg (1927) farklı zemin koşullarına sahip mikro-seizm kayıtlarından zemin-bağımlı büyütme faktörlerini geliştirmiştir. Ya- kın zamanlarda 1985 Michoachan depremi (Ms=8.1) episantr yakınlarında orta düzeyde hasar yapma- sına rağmen, Mexico City'de 350 km uzaklıkta çok büyük çaplı hasarlara yol açmıştır.

Çizelge 1.0. İngiliz BS 5930 Standardında tanımlanan Jeofizik yöntemlerin çeşitli geoteknik uygulamalar için uygunluk derecesi.

Geoteknik Uygulamalar / Jeofizik Yöntemler	Ana kaya derinliği	Stratigrafi	Litoloji	Kırık Zonlar	Fay yer değişirmesi	Dinamik elastik modüller	Yoğunluk	Sökülebilirlik	Boşluk bulma	Yer altı suyu araştırması	Su kalitesi	Porozite	Permeabilite
Sismik Kırılma	4	4	3	3	4	3	2	4	1	2	0	0	0
Kuyuda Sismik	2	2	3	3	1	4	2	2	3	0	0	0	0
Elektrik Rezistivite	4	3	3	2	2	0	0	1	2	4	4	3	1
IP	2	2	3	1	0	0	0	0	0	3	1	3	2
EM	3	2	2	4	1	0	0	0	3	4	4	1	0
Jeoradar	2	3	1	2	3	0	0	0	3	2	2	1	0
Gravite	1	0	0	0	2	0	2	0	2	1	0	0	0
Magnetik	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0
SP	2	4	4	1	1	0	0	0	1	4	2	0	0

0: Belirlenemez, 1: Limitli kullanım, 2: Kullanılır, veya kullanılabilir fakat en iyi yaklaşım değil, 3: En iyi potansiyele sahip ama geliştirilmesi gerekir, 4: Genelde en mükemmel yaklaşım kabul edilir, teknikleri iyi geliştirilmiştir

Mexico City (1985) ve Loma Prieta (1989) depremlerinde farklı yerlerde kaydedilen yer hareketlerinin incelenmesi yerel zemin koşulları ile hasarın ilişkisini oluşturmada öncülük ve daha sonra yapılacak bilimsel ve mühendislik çalışmalarına da kılavuzluk etmiştir.

Zeminlerin göreceli büyütmesinin yerinde birleşmesine yönelik bir çok yöntem son yıllarda geliştirilmiştir. Bu yönde ilk ciddi çalışmalar konusunda Nakamura (1985) ve Bard (1988) anılabilir. Deprem-zemin ilişkisinin yada büyütmesinin/tepkisini denetleyen en önemli jeofizik parametre zeminin kayma dalgası hızı (Borcherdt ve diğ., 1991) olduğu için kayma dalgası hızını belirlemeye yönelik klasik jeofizik teknikler (sismik kırılma ve yansıma) yanında modern ölçüm teknikleri geliştirilmiş (cross-hole, down-hole, sismik-CPT gibi kuyu jeofiziği teknikleri, SASW ve MASW gibi yüzey dalgası analiz yöntemleri) ve yoğun olarak bu bağlamda gerek jeofizik camiasının (Park ve diğ., 1999; Xia, ve diğ. 1998; Okada, 2002; vb) ve gerekse geoteknik camiasının (Stokoe ve Hoar, 1978; Stokoe ve diğ., 1988; Nazarian, 1984; Nazarian ve Stokoe, 1984 vb) ilgisine konu olmuştur. Bu bilgi birikiminin ve teknolojik gelişimin olumlu bir sonucu olarak jeofizik kayma dalgası hızı artık tüm modern depreme dayanıklı yapı yönetmeliklerinin (Eurocode-8, UBC, IBC ve kısmen Türk Deprem Yönetmeliği gibi) vazgeçilmezi olmuştur. Bu paralelde bir diğer önemli konu jeofizik ölçümlerin standartlarının oluşmasıdır. Bu yönde en önemli gelişme ASTM (American Society of Test and Materials) sismik kırılma, kuyu jeofiziği, cross-hole sismik, georadar, zeminlerin özdirenç ölçümleri konularında standartlar oluşturmuştur.

1990'lı yıllar mikrobölgeleme çalışmaları bağlamında zemin davranışının yoğun olarak araştırıldığı ve ilkelerinin oluşturulduğu yıllardır. 1993 yılında, Uluslararası Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Birliği (ISSMFE)'nin Deprem Geoteknik Mühendisliği Komitesi üyeleri tarafından deprem etkisi altında gelişen üç temel zemin problemi ("büyütme", "yamaç duraylılığı" ve "sıvılaşma") için mikrobölgeleme ilkelerinin anlatıldığı bir rehber çalışma yapılmıştır (ISSMFE, 1993). Finn (1991) mikrobölgelemeyi, yerel zemin koşullarını dikkate alarak yapı tasarımı için sismik tehlikelere karşı hesapların geliştirmesini içeren prosedürler olarak tanımlamaktadır.

Sismik mikrobölgeleme çalışmalarının büyük bir çoğunluğu dünyada deprem beklenen bölgelerde (İtalya, Yunanistan, İspanya, Japonya, Türkiye vb.) yapılmıştır. Bu çalışmalar, zemin davranışının araştırılmasında için doğal laboratuvar görevi yapmıştır. İzleyen Çizelgelerde (1,2,3,4,5, ve 6) zemin araştırmalarında jeofizik ölçümler ile belirlenen fiziksel/meکانik parametreler verilmiştir.

Ayrıca son zamanlarda zeminlerin su içeriğinin jeofizik ölçümlerle kestirilmesine yönelik benim de içinde olduğum çok sayıda çalışma vardır. Bunun için <http://www.sciencedirect.com/> isimli bilimsel makale veri tabanına yada <https://scholar.google.com/> sitesinde "water content geophysics yada georadar" yazıp aramak yeterlidir.

Çizelge 1. Kohezyonlu Zeminlerin Jeofizik vs Hızlarına Göre Sınıflandırılması (Özaydın, 1982)

S Dalga Hızı (m/sn)	Zemin Durumu
<200	Yumuşak-Orta Katı
200-300	Katı
300-500	Çok Katı
500-750	Sert

Çizelge 2. Kohezyonsuz Zeminlerin vs Hızlarına Göre Sınıflandırılması (Özaydın, 1982)

S Dalga Hızı (m/sn)	Zemin Durumu
<300	Gevşek
300-600	Orta Sıkı
600-800	Sıkı
800-1000	Çok Sıkı

Çizelge 3. Eurocode 8'de Vs30'a göre Zemin Sınıflaması

Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Kaya yada diğer kaya benzeri formasyonlar	$V_s > 800$
B	Çok Sıkı Kum, Çakıl yada Çok Sert Killer	$360 < V_s \leq 800$
C	Sıkı yada Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil	$180 < V_s \leq 360$
D	Gevşek'den Orta Sıkı'ya kadar Kohezyonsuz Zemin veya Yumuşak'dan Sert'e kadar Kohezyonlu Zemin	$180 < V_s$

Çizelge 4. NEHRP Hükümlerinde ve Uniform Building Code'da Vs30'a göre Zemin Sınıflaması

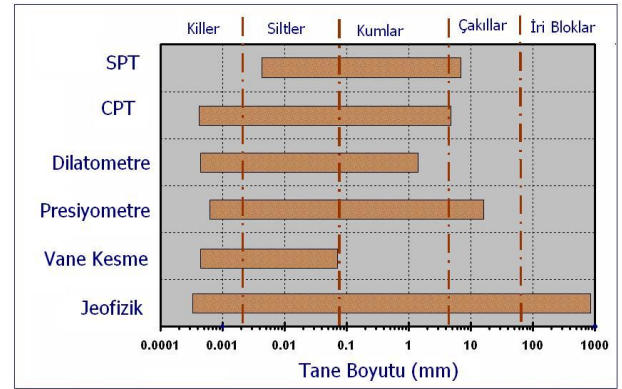
Zemin Sınıfı	Tanım	Özellikler
A	Sert Kaya	$V_s > 1500$
B	Kaya	$760 < V_s \leq 1500$
C	Çok Sıkı/Sert Zemin yada Yumuşak Kaya	$360 < V_s \leq 760$
D	Sert/Sıkı Zemin	$180 < V_s \leq 360$
E	Zayıf Zemin	$V_s < 180$

Bugün inşaat mühendisliği ve çevre sorunları bağlamında jeofizik düzinelerce uygulama alanı olmasına rağmen, böyle ölçümler çoğunlukla aşağıdaki nedenler için uygulanmaktadır (Steeple, 2001):

- 1) Deprem tehlike analizini içerecek biçimde varolan inşaat mühendisliği ve çevre problemlerinin etkilerini en aza indirmek. Jeofizik yöntemler varolan problemlerin büyüklüğünün ortaya konulmasında, çevre problemi olan yeraltı kirlenmelerinin hareketinin önceden belirlenmesinde ve keşif amaçlı sondaj programlarının yönlendirilmesinde kullanılabilir.
- 2) Varolan inşaat mühendisliği ve çevre problemlerini

azaltmak için kullanılan tasarım parametrelerinin belirlenmesinde bir giriş (input) verisi olarak jeofizik yöntemler artan oranda, yapılar, nükleer güç santralleri, kimyasal santraller, rafineriler ve atık depolama alanları gibi kritik yerlerde yeraltının integrasyonu (araştırma) test etmeye yardımcı olmak amacıyla inşaa süreci için bir ön çalışma olarak kullanılmaktadır.

- 3) Özellikle su, kömür ve mineraller gibi kaynakların üretiminin optimize edilmesi ve aranması amacıyla.
- 4) Temel jeolojik ve hidrolojik bilgiyi ve araştırmayı geliştirmek amacıyla.



Şekil 4. Yerinde (in situ) deneylerin uygulanabilirliği (Mayne ve diğ., 2001)

3. SONUÇLAR

Her deney yönteminin sınır koşulları olduğu gibi –örneğin SPT yada CPT deneyini her tür zeminde uygulayamazsınız- jeofizik deneylerin de vardır. Bu sınır koşullarının getirdiği zorluklar gelişen teknoloji ile birlikte zamanla aşılmaktadır. Örneğin, bazı durumlarda yüzey sismiği ile elde edilemeyen veriler, modern kuyu sismiği yöntemleri (cross-hole ölçümler) yada çeşitli ölçüm/veri işlem teknikleri ile (yüzey dalgalarının spektral analizi vb) ile aşılmaktadır. Bununla birlikte yapıyerinde (site) ve labotaruarda alınan jeofizik, jeolojik ve geoteknik verileri birlikte kullanma becerisi ile zemin problemlerini çözmek gerçek anlamda mühendislik yaklaşımını sağlayacaktır. Bundan 30 yıl önce sadece röntgen ile insan hastalıklarına tanı konulurken, bugün tomografisinden MR'ına çeşitli ölçüm yöntemleriyle tanı koymaktayız.

Çizelge 5. Çeşitli Depreme Dayanıklı Yapı Yönetmeliklerindeki Kayma Dalgası Hızına ($V_{s,30}$) Bağlı Yapılan Zemin Sınıflamaları (Pitilakis, 2004).

$V_{s, 30}$ (m/sn)	180 360 760 1500				
UBC/97 (A.B.D) IBC/2000	S_E	S_D	S_C	S_B	S_A
YUNANİSTAN EAK2000	D-C	C B A		A	
EC8 (ENV1998)	C	C B A		A	
EC8 (prEN1998) (Draft4,2001)	D	C	B	A	
YENİ ZELENDA 2000(Draft)	D($T>60s$ $\Rightarrow V_{s,30}<200$)	C($T>60s$ $\Rightarrow V_{s,30}<200$)	B	A	
JAPONYA (Highway Bridges)	III ($T>60s$ $\Rightarrow V_{s,30}<200$)	II (I) ($T=0.2-0.6 s$ $\Rightarrow V_{s,30}=200-600$)		I ($T<0.2 s$ $\Rightarrow V_{s,30}>600$)	
TÜRKİYE	$Z_4 - Z_3$	$Z_3 - Z_2$	$Z_3 - Z_3 - Z_2 - Z_1$	Z_1	
AFPS/90	$S_3 - S_2$	$S_3 - S_2 - S_1$	$S_1 - S_0$	S_0	

Çizelge 6. İngiliz Standartlarına göre Zemin Özdirenci ve Korozyon Derecesi

Korozyon Derecesi	Özdirenç Değeri
$r < 10$ ohm.m	Çok Korozif
$30 < r < 100$ ohm.m	Korosif
100 ohm.m $< r$	Korosif Değil

Aynı şeyi neden jeofizik olunca küçümsüyoruz. Anlaşılır değildir. Jeofizik ölçümleri küçümseyip ayrıntılı literatür araştırması yapmadan sadece **geçmişin** bilgisiyle problem çözmek **bugün** bilimde ve mühendislikte doğru yaklaşım ve yöntem olmamalıdır. Bilimsel olan hiçbir yaklaşıma -nereden gelirse gelsinler (ister geoteknik mühendisliğinden gelsin isterse jeofizik mühendisliğinden)- karşı olmamak gerekmektedir.

Sonuç olarak, jeofizik **deneyler** zemin araştırmalarının sadece yardımcı unsurları değil aynı zamanda **asli unsurlarıdır!**

Çizelge 8. Zemin araştırmalarında bir deney yöntemi olarak jeofizik diğer saha deneyleri ile karşılaştırılması (Bowles, 1988)

A (En iyi Uygulma)	B (Uygulanabilir)	C (En az uygulanabilir)	-- (Uygulanmaz)	Zemin Tanımlama	Düşey Profili Oluşturma	Bağıl Sıklık,	Dr İçsel Sürtünme Açısı, ϕ	Drenajsız Kayma Mukavemeti, cu	Boşluk Basıncı, u	Gerilem Tarihiçesi, OCR ve Ko	Modüller, E ve G	Sıkışabilirlik Mv ve Cc	Konsolidasyon Ch ve Cv	Permeabilite, k	Gerilme Deformasyon Eğrisi	Sıvılaşma Direnci
				C	B	B	C	C	--	C	C	--	--	--	--	C
				C	--	--	--	--	A	--	--	--	B	A	--	--
				C	A	B	C	C	--	C	--	--	--	--	--	C
				B	A	B	C	B	--	C	B	C	--	--	--	B
				A	A	B	B	B	A	A	B	B	A	B	B	A
				A	A	A	B	B	A	A	B	B	A	B	B	A
				C	B	C	C	C	--	C	C	C	--	--	--	C
				B	A	B	C	B	--	C	B	C	--	--	--	B
				C	C	C	--	--	--	--	A	--	--	--	B	B
				B	A	B	C	B	-	B	B	C	-	-	C	B
				--	--	--	--	--	B	B	--	--	C	C	--	--
				--	--	A	B	--	--	--	C	--	--	--	--	C
				C	C	B	B	C	--	B	A	B	C	C	B	B
				B	B	C	B	B	--	C	B	B	--	--	C	C
				B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
				C	C	B	C	B	--	B	A	B	C	C	B	B
				C	C	B	--	--	--	--	A	--	--	--	B	B
				C	C	--	--	--	--	--	B	--	--	--	--	C
				C	C	--	B	B	--	C	C	--	--	--	C	--
				B	C	--	--	A	--	B	--	--	--	--	--	--
				B	B	B	C	C	--	--	--	C	--	--	--	A

DEĞİNİLEN KAYNAKLAR

- Ansal, A., 2004, (Ed.); Recent Advances in Earthquake Geotechnical Engineering and Microzonation, Kluwer Academic Publishers, netherlands.
- Bard, P. Y., 1998 Microtremor Measurements: A Tool For Site Effect Estimation?, Second International Symposium on the Effects of Surface Geology on Seismic Motion – ESG98- held in Yokohama, Japan, December 1-3)
- Borchardt, R.D., Wentworth, C.M., Janssen, A., Fumal, T., Gibbs, J., 1991, "Methodology for Predictive GIS Mapping of Special Study Zones for Strong Ground Shaking in the San Francisco Bay Region", Proc. 4th Inter. Conf. On Seismic Zonation, (3):545-552.
- Castro, G., 1975, Liquefaction and Cyclic mobility of saturated sands, Harvard Soil Mechanic Series, No:81, Cambridge, Massachusetts.
- Finn, W.D.L., 1991. Geotechnical Engineering Aspect of Microzonation, Proc. Fourth Intern'l. Conf. On Seismic Zonation, Vol.1, pp. 199-259.
- Hardin, B.O., Drnevich, V.P., 1972, Shear modulus and damping in soils, II design equations and curves, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, 98, SM7, 667-692.
- Geophysical Exploration for Engineering and Environmental Investigations, 1998, Technical Engineering and Design Guides as Adapted from the US Army Corps of Engineers, No: 23, American Society of Civil Engineers Press.
- ISSMFE, 1993, Manual for zonation on seismic geotechnical hazards, published by Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- Ishihara, K., Yoshimine, M., 1992, Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes, Soils and Foundations, Vol., 32, No:1, pp. 173-188.
- Jumkins, A.R., 1967, Soil Mechanics, D. Van Nostrand Company, Inc., USA.
- Gutenberg, B., 1927, Grundlagen der Erdbebenkunde, Berlin.
- Kramer, S.L., 1996, Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Krinitzsky, E.L., Gold, J.P., Edinger, P.H., 1993, Fundamentals of Earthquake Resistant Construction, John Wiley and Sons, 299p.
- McDowel, P.W., Barker, R.D., Butcher, A.P., Culshaw, M.G., Jackson, P.D., MacConon, M., Skip, B.O., Mathiews, S.L., Arthur, J.C.R., 2002, Geophysics in Engineering Investigations, CIRIA Pub., England.
- Majumdar, D. K., 1971, Stability of Soil Slopes Under Horizontal Earthquake Force, Technical Note, Geotechnique, Great Britain, Vol. 21, No. 1, pp. 84-89
- Mallet, R., 1862, Great Neapolitan earthquake of 1857, London, 2 Vols.
- Nakamura, Y., 1989. A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface, Quarterly Reports of the Railway Technical Research Institute Tokyo, 30. pp. 25-33
- Nazarian S., 1984, "In situ determination of elastic moduli of soil deposits and pavement systems by Spectral-Analysis-of-Surface waves method", PhD Diss., Un. of Texas at Austin
- Nazarian S., Stokoe II K.H., 1984, "In situ shear wave velocities from spectral analysis of surface waves", Proc. 8th Conf. on Earthquake Eng. - S.Francisco, vol. 3, Prentice-Hall, pp. 31-38
- Nazarian; S., Diehl, J., 2000, Use of Geophysical Methods in Construction, ASCE Publications, USA.
- Önalp, A., 1982, İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi, Cilt 1-2, KTÜ, Trabzon.
- Özçep, F., 2001, Jeoteknik: Tarihsel Gelişim, Jeofizik Bülteni, Mayıs 2001, Sayı: 39, Sayfa: 11-16.
- Özçep, F., Orbay, N., 2002, Jeofizik ve Tarihsel Gelişimi, İstanbul Üniversitesi Yay., İstanbul.
- Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999, Multichannel analysis of surface waves (MASW); Geophysics, 64, 800-808
- Richards, R., Elms, D.G., Budhu, M., 1993, Seismic bearing capacity and settlements of foundations, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 119, no: 4, pp.662-674.

- Reid, H.F., 1910, The California earthquake of April 18, 1906, Publication 87, Carnegie Institute of Washington, D.C.
- Okada, H., 2003, Microtremor Survey Method; Society of Exploration Geophysics, USA.
- Seed, H. B., Idriss, I.M., 1971, Simplified procedure for evaluating soil Liquefaction potential, Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol.97, pp.1249-1273.
- Sharma, P.V., 1997, Engineering and Environmental Geophysics, Cambridge Univ. Pres.
- Siyahi, B. ve Ansal, A., 1993, in Manual For Zonation On Seismic Geotechnical Hazards, Published By Japanese Society Of Soil Mechanics And Foundation Engineering.
- Stokoe, K.H. Hoar, R.J., 1978; Generation and measurement of shear waves in situ dynamic geotechnical testing, ASTM STP 654, ASTM, 3-39.
- Stokoe, K.H., Roeset, J.M., Bierschwalle, J.G., Aouad, M., 1988, Liquefaction potential of sands from shear wave velocity, Proceedings, 9nd World Conference on Earthquake, Vol.13 pp213-218.
- Tokimatsu, K., Seed, H.B., 1984, Simplified procedures for the evaluation of settlements in sands due earthquake shaking, report no. UBB/EERC-84/16, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- Xia J., Miller, R.D., and Park, C.B., 1999, Estimation of near- surface velocity by inversion of Rayleigh waves: Geophysics, v. 64, p. 691-700.
- Ward, S.H.; 1990, Geotechnical and Environmental Geophysics, Vol I-II-III, SEG Pub., USA.
- Wood, H.O., 1908, Distrubution of apparent intensity in San Fransisco, in the California earthquake of April 18, 1906, "Report of State Earthquake Investigations Commison, Carnegie Institute of Washington, D.C., Vol.1 pp.220-245.
- Zhu, Yuanda, et al. "Characterizing surface soil water with field portable diffuse reflectance spectroscopy." Journal of hydrology 391.1 (2010): 133-140.
- Huisman, J. A., et al. "Measuring soil water content with ground penetrating radar." Vadose zone journal 2.4 (2003): 476-491.
- Hagrey, Al. "GPR study of pore water content and salinity in sand."Geophysical Prospecting 48.1 (2000): 63-85.
- Fallah-Safari, Mehdi, Mohammad-Kazem Hafizi, and Abbas Ghalandarzadeh. "Correlation between electrical resistivity data and geotechnical data on a clay soil." 19th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey, ID. Vol. 162. 2010.
- Ball, Richard J., et al. "The application of electrical resistance measurements to water transport in lime-masonry systems." Applied Physics A 106.3 (2012): 669-677.
- Greaves, Robert J., et al. "Velocity variations and water content estimated from multi-offset, ground-penetrating radar." Geophysics 61.3 (1996): 683-695.
- Van Overmeeren, R. A., S. V. Sariowan, and J. C. Gehrels. "Ground penetrating radar for determining volumetric soil water content; results of comparative measurements at two test sites." Journal of Hydrology 197.1 (1997): 316-338.
- Siddiqui, Fahad Irfan, and Syed Baharom Azahar Bin Syed Osman. "Simple and multiple regression models for relationship between electrical resistivity and various soil properties for soil characterization." Environmental earth sciences 70.1 (2013): 259-267.
- Calamita, G., et al. "Electrical resistivity and TDR methods for soil moisture estimation in central Italy test-sites." Journal of Hydrology 454 (2012): 101-112.
- Metwaly, Mohamed, et al. "Groundwater exploration using geoelectrical resistivity technique at Al-Quwy'ya area central Saudi Arabia." International Journal of Physical Sciences 7.2 (2012): 317-326.

JEOFİZİK-JEOTEKNİK İŞBİRLİĞİ SÜRECİNDE ÇOK KANALLI YÜZEY DALGASI ANALİZ (ÇKYDA) YÖNTEMİ

Hakan KARSLI*

*Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 61080, Trabzon

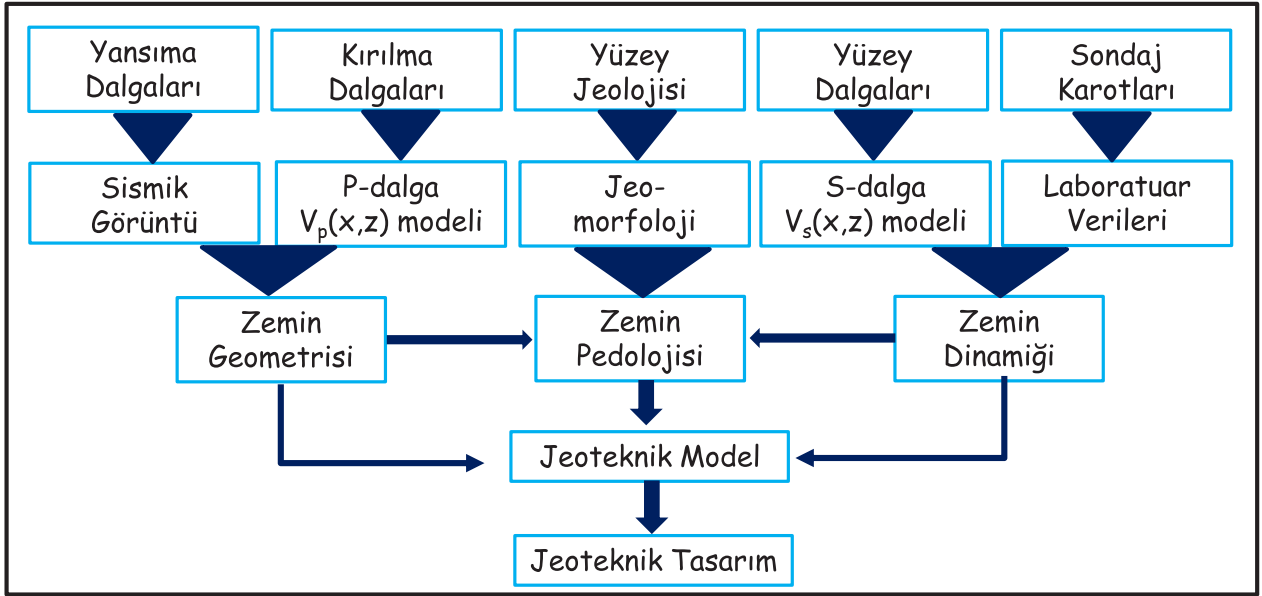
1. GİRİŞ

Yer ile ilgilenen mühendislik disiplinlerinin ortak amacı yerin içi yapısını, fiziksel ve dinamik özelliklerini hem uzayın hem de zamanın fonksiyonu olarak en derinden en sığ derinliklere kadar ayrıntılı açıklamasını yapabilmektir. Bu nedenle, her mühendislik alanı kendi ölçüm ve araştırma tekniklerini belirlemişler ve günümüze değin de sürekli geliştirmektedirler. Bu kapsamda geliştirilen sismik yöntemler, yerin yüzeyinde veya belirli derinliklerde oluşturulan suni deformasyonlar sayesinde oluşturulan sismik dalgaları kullanarak yer içini küçük ve geniş ölçeklerde inceleme imkanı sunar. Böylece, sismik dalgaların yayıldıkları ortamların elastiklik ve soğurma karakteristikleri dinamik olarak elde edilebilmektedir. Sismik yöntemler Jeofizik Mühendislerinin yer içinin yapısal, stratigrafik ve fiziksel özelliklerini detaylı incelenmesinde yaygın olarak kullanıldığı en güçlü araştırma teknikleridir ve yaklaşık 1996 yılından bugüne jeoteknik ve çevresel problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Kullanım sıklıklarına paralel olarak her geçen gün sismik yöntemlerin teknolojileri ve uygulama ilkeleri önemli gelişmeler göstermiştir. Bununla birlikte, bu yöntemlerin kullanılması ile, yerin yüzeye yakın ($\leq 30\text{m}$) kısımlarının (genellikle zemin olarak ifade edilen toprak+ayrışmış (veya yumuşak) kaya malzemelerden oluşan birimler; subsoil veya near surface) incelenmesi ve tanımlanması bir dalga alanının kaydedilmesini, dalga yayılım özelliklerinin ölçülmesini ve yorumlama sayesinde yayılımı etkileyen yer içi özelliklerinin (mesela, çok küçük yamulmadan dolayı şekil bozulmaları ve soğurma özellikleri gibi) dağılımını belirlemeyi gerektirir. Bu süreç, farklı ölçüm teknikleri, veri toplama geometrileri ve farklı türdeki dalgaların (Sıkışma/Genleşme-P, Kesme/Kayma-S, Rayleigh-R,

Love-L ve Sholte, Lamb, Stoloney, vd.) yer içindeki yayılımlarının ve ilişkili davranışlarının (yansıma, kırılma, saçılma, dispersion, vd.) analizleri kullanılarak gerçekleştirilir.

1.1. ZEMİN PROBLEMLERİ VE JEOFİZİK-JEOLOJİ-JEOTEKNİK İŞBİRLİĞİ

Sismik dalga yayılımının analizi sayesinde jeolojik malzemenin elastik özelliklerinin bilgisi inşaat mühendisliğinde, jeoteknik mühendisliğinde ve mühendislik jeolojisinde büyük öneme sahiptir. Özellikle, bir sahada projelendirilen inşaat mühendisliği yapılarının (bina, tünel, baraj, yol, köprü, vd.) tasarımı ve yeri, o sahanın jeolojisi ve jeoteknik arazi-laboratuvar testlerinin yanında, zemin içindeki tabakaların kayma dalgası (S-dalgası) hızlarına (V_s) ve geometrisine ve ayrıca toprak-temel kaya arayüzeyi bilgisine gereksinim duyar. Çünkü, V_s -derinlik profili ve uzaysal dağılımı dalganın yayıldığı ortamdaki zeminin sıklık-katılık-gevşeklik-nemlilik gibi özelliklerle doğrudan ilişkilidir. Bununla birlikte, S-dalga hızı jeoteknik mühendisliği açısından, ilgili zemin parametreleri, yer tepki değerlendirmesi, sıvılaşma potansiyelinin değerlendirilmesi, deprem mühendisliği için zemin büyütme etkisinin ve hakim titreşim sürelerinin belirlenmesi gibi dinamik problemlerin analiz edilmesinde en temel parametredir. Bununla birlikte, herhangi bir sahanının zeminin detaylı incelenmesi jeofizik, jeoloji, jeoteknik ve deprem mühendislerinin yer aldığı çok disiplinli bir çalışmayı gerektirir ve bu mühendislerin birlikte yürüttüğü bir iş akışı Yılmaz ve Eser (2002) ve Yılmaz (2015)'de özetlemiştir (Şekil 1).

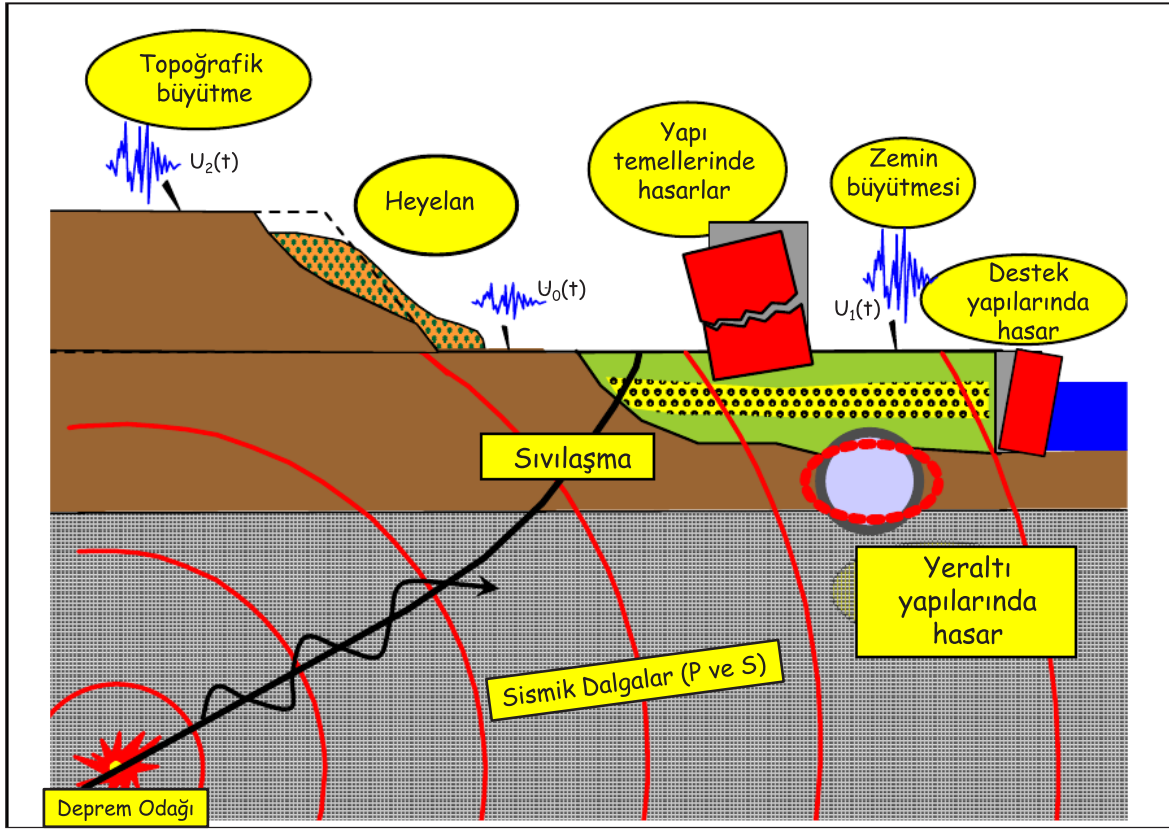


Şekil 1. Yakın yüzey yer incelemeleri için bir jeoteknik projenin iş akışı (Yılmaz ve Eser, 2002'den düzenlenerek)

Şekil 1 üç mühendislik disiplinin (Jeofizik, Jeoloji ve Jeoteknik) zeminle ilgili hangi problemin çözülmesi ve açıklanması gerektiğinin özet bir şemasını göstermektedir. Buna göre, Jeofizik mühendisleri sismik yöntemleri kullanarak ilgili zeminin geometrisini ve sismik hızlarını belirlerken, Jeoloji mühendisleri zeminin şekillenmesinin (soil pedology), zemini oluşturan malzemenin oluşumunun ve depolanmasının tarihini incelerler. Jeoteknik mühendisleri, inşaat mühendisliği yapılarının zeminde yükler oluşturduğu zaman zemin davranışını açıklayan dinamik özellikleri belirler. Bununla birlikte, Şekil 1'deki iş akışının tam olarak güvenilir bir şekilde tamamlanabilmesi için, zemin geometrisi ve zemin dinamik parametrelerinin belirlenebilmesinde etkin olan ve sismik dalga yayılımını temel alan sismik yansıma, kırılma ve yüzey dalgası yöntemleri gibi Jeofizik Mühendisliği yöntemlerinin zorunluluğu dikkat çekicidir. Bu kapsamda jeoteknik mühendisliği problemlerinin çözümü için jeofizik mühendisliği uygulamaları "Jeoteknik Jeofiziği" olarak tanımlanmaktadır (Anderson vd., 2008).

Ülkemizde son 100 yıllık süre içerisinde oluşan birçok yıkıcı büyüklükteki depremler ve heyelanlar çok fazla can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Özellikle deprem odak noktasından kilometrelerce uzak mesafelerdeki yerleşim yerlerinde meydana

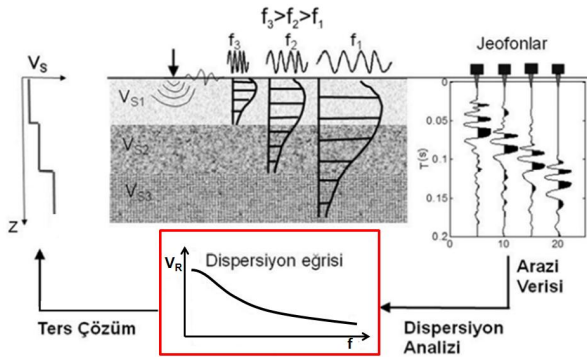
gelen maddi hasar, can ve mal kayıplarının nedenleri üzerine yapılan yer bilimsel incelemeler, bu kayıpların en önemli nedenlerinin yerel zemin koşullarından kaynaklı olduğunu ve yer-yapı davranış ilişkilerinin göz ardı edilerek yetersiz incelendiği göstermiştir. Çok iyi bilinmektedir ki, bir zemini oluşturan jeolojik malzemelerin fiziksel, yapısal ve mekanik özellikleri, içinde yayılan sismik dalgaların genliğini, fazını, süresini ve şeklini değiştirir ve sismik dalgaların zemin üstündeki yapılara etkisi de bu nispette yer yer farklılıklar gösterir. Mesela zayıf karakterli bir zemin (iyi sıkışmamış, katılığı düşük, vb. malzemelerden oluşan) içine giren sismik yüzey dalgalarının genliği birkaç kat artabilir ve aynı zamanda, zeminin kalınlığına bağlı olarak da yayılan bu dalgaların üst yapıya etki süresi de artar. Doğal bir kaynak olarak depremlerin oluşturduğu sismik dalgalar (P ve S) yer içinde geçtikleri ortamı sarsarlar, burkarlar ve yerin düşük hızlı tabakalarının içinde yüzey dalgalarına (R ve L) dönüşerek yıkıcı olurlar. Şekil 2 yüzey dalgalarının zeminde meydana getirdiği hasarların şematik bir özetini sunmaktadır. Bununla birlikte, Şekil 3'de görüldüğü üzere, ana kaya içinde sismik dalgaların karakterinde önemli bir değişiklik gözlenmezken, üstteki zayıf zeminde bu dalgaların genlikleri ve periyotları artarak yüzeye ulaşmaktadırlar. Bununla birlikte, yeraltı suyu ve kum-silt-kil içeren zeminlerde zeminin sıvılaşma



Şekil 2. Deprem kaynaklı sismik dalgalarının neden oldukları zemin davranışları ve oluşan hasarların şematik gösterimi (URL-1'den düzenlenerek).

davranışı nedeniyle zeminin gelen dinamik yüklere karşı direncinin zayıfladığı da karşılaşılan en önemli zemin problemlerinden biridir. Bu nedenle ana kaya üzerindeki zemin profilinin litolojisi ve gelecek yüklere karşı dinamik davranışlarının ne olduğunun önceden tahmin edilmesi son derece önemli bir konudur. Ülkemizde 1970 Gediz (135 km uzakta Bursa Ovası'nda bulunan Tofaş otomobil fabrikalarından), 1999-Kocaeli (140 km uzaklıktaki Avcılar Aliağa Termik Santralında) ve dünyada 1985 Meksika-Michoacan (380 km uzaklıkta Mexico City) depremlerinin, kilometrelerce uzaklıklardaki yerleşim yerlerinde oluşturdukları kayıp ve hasarlarının özellikle belirli alanlarda toplanmasının en önemli nedenlerinin, mevcut inşaatların kalitesinin dışında, zeminin yapısal (temel kaya topoğrafyası, yanal süreksizlikler, vd.) ve dinamik (zemin sivilaşması ve büyütmesi, zemin-yapı rezonansı) davranışları ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte Yalçınkaya (2010) tarafından da ifade edildiği

gibi, meydana gelen bu kayıp ve hasarlar, **kötü (zayıf) zemin** ve **iyi (sağlam) zemin** kavramları ile ilişkilendirilmiştir ve tam doğru olmasa da, iyi zeminlerin sert zeminler olduğu, kötü zeminlerin ise yumuşak zeminler olduğu yönünde kanaatler oluşmuştur. Ancak zemin yapısının ve dinamik karakterinin nasıl olduğu bilimsel olarak zemine ait elde edilen fiziksel parametrelerin değişimi ile (sismik hızlar, yoğunluklar, gözeneklik, geçirgenlik, vb.) açıklanır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, sıkı ve sert zeminlerde sismik dalgaların (P ve S dalgaları) daha hızlı, buna karşılık ayrılmış ve yumuşak zeminlerde ise daha yavaş olduğu bilinen bir gerçektir. Dolayısıyla, zeminle ilgili iki temel bilgi; (1) zeminin sıklığı ve yumuşaklığının dinamik davranışı ve (2) temel kayanın derinliği ve topoğrafyasının detaylı incelenmesi daha da önem kazanmaktadır (Keçeli, 2012).



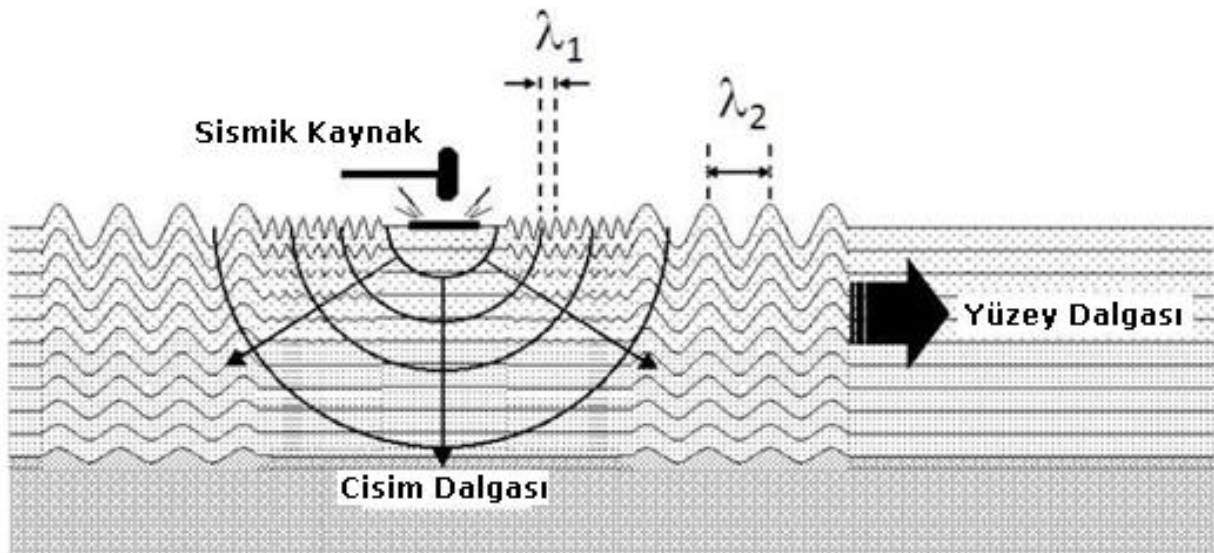
Şekil 4. Yüze dalgaları analizinin üç temel adımının şematik gösterimi (Foti vd., 2011'den düzenlenerek). Kaynaktan uzaklaştıkça yüze dalgası frekansları (f_i) azalmakta ve dalgaboyları uzamaktadır. Böylece nüfuz derinlikleri de artmaktadır.

ilk kullanılmaya başlaması ile sığ yer altı zemin özelliklerinin çalışılmasında önemli bir dönüm noktası olmuştur (Foti vd., 2011). İki istasyon yönteminin zayıflıklarının giderilmesi için çok istasyon yöntemleri geliştirilmiş ve yer altı özelliklerinin daha güçlü ve kararlı kestirimleri gerçekleştirilmiştir. Bunlardan en yaygını aktif kaynaklı bir yöntem olan çok kanallı yüze dalgası (MASW-Multi Channel Analysis of Surface Waves) (Xia vd., 1999; Park vd., 1999; Strobbia, 2002) ve pasif kaynaklı olan ReMi (Refraction-

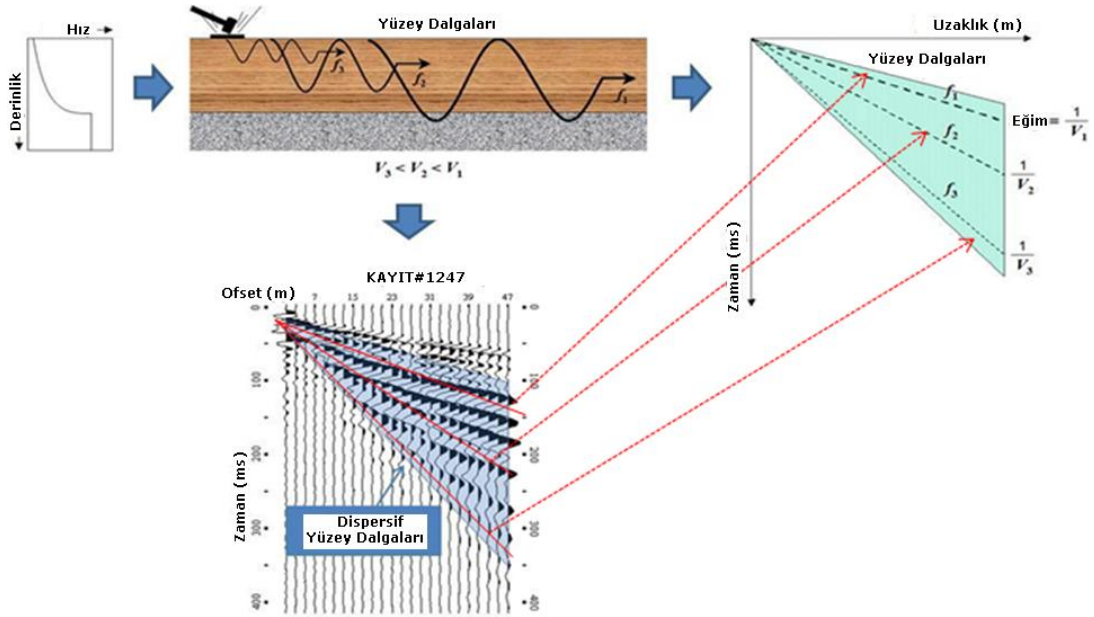
Microtremor) (Zwicky, 1999; Louie, 2001; Suzuki ve Hayashi, 2003) yöntemleridir. Araştırmacıların çoğunluğu bu teknikler için veri toplama, işleme ve ters çözüm tekniklerini geliştirmişlerdir ve bu teknikleri farklı amaçlar için mesela en sert zemin türünden (asfalt, beton, vb.) en yumuşak olanına (bataklık gibi) kadar ortaya çıkan mühendislik problemlerinin çözümünde kullanmışlardır (Park vd., 1999).

1.3. YÜZE DALGALARININ DİSPERSİYF ÖZELLİKLERİ VE S-DALGA HIZI İLİŞKİSİ

Dalga hızının frekansla değişmesinden dolayı dalga şeklindeki değişim olayına dispersiyon (yani dalga grubunun dağılımı) denilir. Dalganın dispersiyonunu sağlayan ortama dispersif ortam denir. Bu nedenle, tabakaların hızlarının değişimine göre dalga dispersiyonu şekillenir. Teorik olarak tabaka hızlarının derinlikte artması ve dalga frekansının azalmasından dolayı $\text{Dalgaboyu} = \text{Hız} / \text{frekans}$ ($\lambda = V/f$) ilişkisinden de teyit edileceği üzere uzun dalga boylu dalgalar oluşur (Şekil 5 ve Şekil 6) ve bu özellik dalgaların daha derinlere ulaşması anlamına gelir. Bununla birlikte, Şekil 5'de görüleceği üzere, yüze dalgaları kaynağın hemen yakın çevresinde değil, daha uzak mesafelerde oluşmaktadır. Bununla birlikte, eğer tabakalı ortamda derinlikle hız azalması-artması



Şekil 5. Kaynak ve civarında dalga yayılımı-yüze dalga oluşumu (URL-3'den düzenlenerek). λ dalga boyunu göstermektedir ($\lambda = V \cdot T = V/f$, V : hız, T : periyot, f frekans).

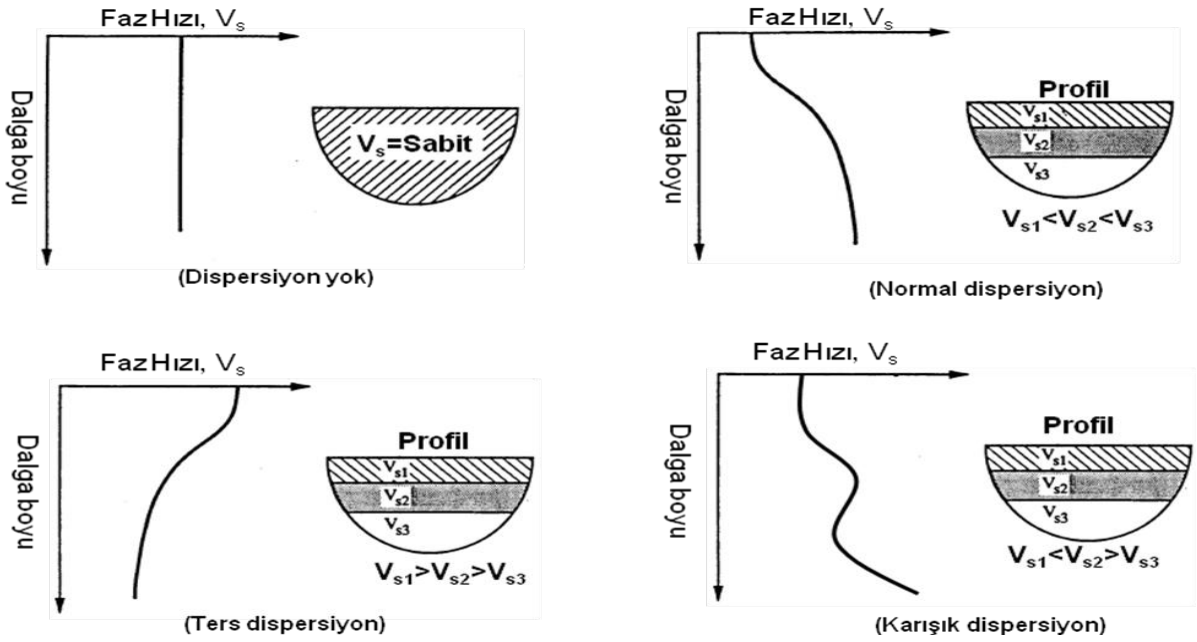


Şekil 6. Aktif bir kaynaktan yayılan dalgalar ve yüzey dalga dispersiyonunun karakterizasyonu. Derinlikle artan sismik hızlarla, yüzey dalgaları daha uzun dalga boyları (daha düşük frekanslar) daha yüksek hızlarla kısa dalga boylarına (daha yüksek frekanslar) göre daha derine nüfuz ederler. Sonuç olarak, farklı frekanslar sismik kayıt üzerine farklı zamanlarda ulaşırlar ve dolayısıyla bu bir sismik olayı dispersif yapar ($I=V.T=V/f$, I :Dalga boyu, V : tabaka hızı, T : periyot) (URL-3'den düzenlenerek).

şeklinde değişimler var ise, bu durumda dalga boyları kısalma-uzama arasında değişkenlik gösterirler. Bu özellikler, yayılan yüzey dalgalarının frekansa karşılık faz hızı eğrilerinin elde edilmesi ile kolaylıkla gözlemlenebilir (Şekil 7). Dispersif özellikler orijinal sismik kayıtlar üzerinden de izlenebilir. Bu durumda dalga alanlarının gruplanmasına bakılarak eğim-hız ilişkisinden kabaca yüzey dalgası faz hızının değişim aralığı belirlenebilir (Şekil 6). Genel kural olarak bir atış kaydındaki sismik olayların eğimleri onların hızları ile doğrudan ilişkilidir ve eğimin tersi sismik olayın hızını verir. Eğim arttıkça hız azalırken, eğim azaldıkça hız artar (eğim, $m=\Delta T/\Delta x$, dolayısıyla, $V=1/m$). Böylece, atış kaydındaki yüzey dalga alanının alt ve üst sınırlar yaklaşık olarak belirlenerek olabilecek hız sınırları tahmin edilebilir.

Yukarıda genel bilgileri verilen ve yaygın olarak kullanılmaya çalışılan yüzey dalgası yöntemlerinin en temel amaçları kayma dalgası hızını (V_s) yerin değişik derinlikleri için doğru ve güvenilir olarak elde etmektir. Çünkü üst yapılar için gerekli olan mühendislik parametrelerinin (elastik modüller, pois-

son oranı, emniyetli taşıma gücü, kayma gerilmesi, salınım periyotları vb.) hesaplanabilmesi kayma dalgası hızına bağlıdır. En yaygın olarak kullanılan SASW, MASW yöntemleri aktif kaynaklıdır ve Re-Mi yöntemi ise pasif kaynaklıdır. Bu yöntemlerin tercih edilmelerinin en önemli nedeni veri toplamalarının çevreye zarar vermeyen (non-destructive or non-invasive) özellikte olmalarıdır. Her ne kadar çözüm olsalar bile, sondajlar çevreye zarar vericidir (invasive) ve maliyetlidir. Bununla birlikte, sondajlar sayesinde derinlik boyutunda yer ile ilgili elde edilen bilgiler (katılık, yumuşaklık, elastik sabitler, büyütme, hakim salınım periyodu ve diğ.) noktasaldır. Aksine yüzey dalgasını kullanan yöntemlerin hepsi alansaldır ve az maliyetlidir. Bu nedenle bugün dünyanın gelişmiş ve gelişmekte olan tüm ülkelerinde zemin sınıflamaları yüzey dalgası yöntemlerine bağlı olarak elde edilen S-dalgası hızına göre yapılmaktadır (Tablo 1). Kayma dalgası hızı yer altı özelliklerinin belirlenmesinde ve özellikle zemine ve üst yapıya gelebilecek yüklerin hesaplanmasında temel teşkil eder. Bu nedenle sığ mühendislikte kayaçları ve/veya zeminleri tanımlamak veya sınıflamak için yaygın olarak kullanılır.



Şekil 7. Kayma dalgası hızı-Dalga boyu ilişkilerine göre dispersiyonun gösterimi. Dispersiyon yok: Faz hızı derinlikle sabittir. Normal dispersiyon: Faz hızı dalga boyu ile dolayısıyla derinlikle artar. Ters dispersiyon: Faz hızı dalga boyu ile dolayısıyla derinlikle azalır. Karışık dispersiyon: Faz hızı dalga boyu ile dolayısıyla derinlikle artan-azalan şekilde değişir.

Tablo 1. S-dalga hızının ilk 30 metre için (V_{s30} hızına göre) NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program), IBC (International Building Code) ve EURO Code8 zemin sınıflamalarında kullanılması ve SPT-N30 değerleri ile karşılaştırmalar.

Zemin Sınıfı	Malzeme Özelliği	NEHRP		IBC		EUROCODE-8	
		(BSSC, 1997)		(IBC, 2009)		(CEN, 2004)*	
		N_{30}	V_{s30}	N_{30}	V_{s30}	N_{30}	V_{s30}
A	Sert kaya (hard rock)	N/A	>1500	N/A	>1524	N/A	N/A
B	Kaya (rock)	N/A	760-1500	N/A	762-1524	N/A	>800
C	Çok yoğun zemin ve yumuşak kaya (Very stiff soil or soft rock)	>50	360-760	>50	366-762	>50	360-800
D	Orta yoğunlukta zemin (Medium stiff soil)	15-50	180-360	15-50	183-366	15-50	180-360
E	Çok yumuşak toprak (very soft soil)	<15	<180	<15	<183	<15	<180

N/A-uygulanmaz, *Tablodaki B, C, D ve E zemin sınıfları Eurocode 8 için A, B, C ve D sınıflamasına karşılık gelmektedir.

2. ÇOK KANALLI YÜZEY DALGALARININ ANALİZİ (ÇKYDA) YÖNTEMİ

ÇKYDA yöntemi bir Jeofizik Mühendisliğinin sismik araştırma yöntemi olup, jeoteknik mühendisliği projelerinin değişik türleri için, zemin katılığını veya yumuşaklığını (soil stiffness or softness) S-dalga hızına göre 1-B, 2-B ve 3-B'da değerlendirir (URL-3). Klasik sismik kırılma yönteminde S- dalgasının hızını belirlemek oldukça zahmetli bir iş olduğundan (kaynak yetersizliği, S-dalgalarının hızlıca soğurulması, v.b. gibi etkenlerden dolayı), Vs değerini daha güvenilir hesaplanması ihtiyacı ÇKYDA yönteminin geliştirilmesi için önemli bir neden olmuştur. 1990'lı yılların başlarında Kansas Jeoloji Araştırmalar (URL-3, Kansas Geological Survey-KGS) tarafından sismik yansıma çalışmaları sırasında geliştirilmiş olup, 1990'nın ortalarından itibaren yüzey dalgalarının çok kanallı analizleri ile jeoteknik mühendislik problemlerine çözüm olabileceği gösterilmiştir.

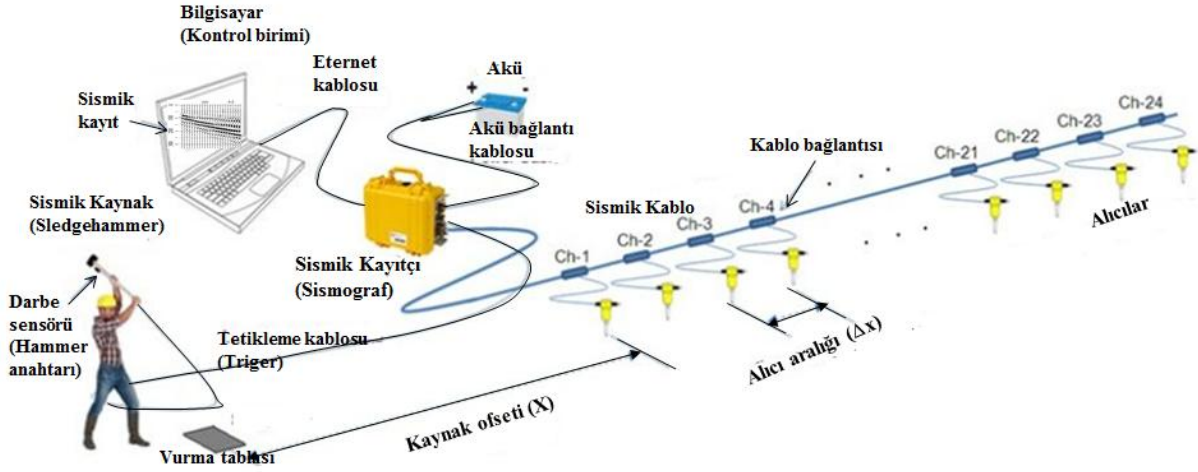
Yöntemin literatüre tanıtımı Park vd. (1999) tarafından Geophysics dergisinde yapılmış ve yöntemine orijinal adının kısaltılması olan "MASW" adı verilmiş ve bundan sonra yaygın olarak bilim çevrelerinde bu ad ile anılır olmuştur. Daha sonraları yöntem birçok ülkede araştırmacılar tarafından kullanılmaya ve etkinliği geliştirilmeye çalışılmıştır (Miller vd., 1999; Ryden vd., 2004; Socco ve Strobria, 2004; Strobria, 2006; Socco vd., 2010; Foti, 2011). ÇKYDA yöntemi aktif kaynaklı bir yüzey dalgası yöntemi olup, bir nokta kaynaktan geçici olarak oluşturulan sismik dalgaların bir profil boyunca dizilmiş belirli sayıda jeofon tarafından kayıt edilmesi ve kayıt içerisinden yüzey dalgalarının seçilerek dispersiyon özelliklerinin belirlenmesi esasına dayanır. Yöntemin uygulanmasında genel olarak düşük frekanslı düşey bileşen algılayıcılar (örn. 1-10 Hz, yaygın olarak 4.5Hz) ve kaynak olarak balyoz, ağırlık düşürme, patlayıcılar (bufalogun, shotgun, vb.) yaygın olarak kullanılır. Ölçü alımı bilinen sismik kırılma çalışmasına benzerdir. Ancak ilgilenilen dalga alanı yüzey dalgaları olduğu için kaynak-alcı (kaynak gücü, alcı frekansı, alcı aralıkları, alcı sayıları) ve kayıt parametreleri (zaman örnekleme, kayıt süresi) açısından bazı farklılıklar vardır. Arazide elde edilen atış kayıtları frekans-dalgasayı (f-k), frekans-yavaşlık (f-p) ve faz kayması gibi yöntemlerle analiz edilir ve yüzey dalgasına ait temel mod dispersiyon eğrisi elde edilir.

Şekil 9 ÇKYDA yöntemi ile veri toplama, işleme ve ters çözüm iş akışı sürecini göstermektedir.

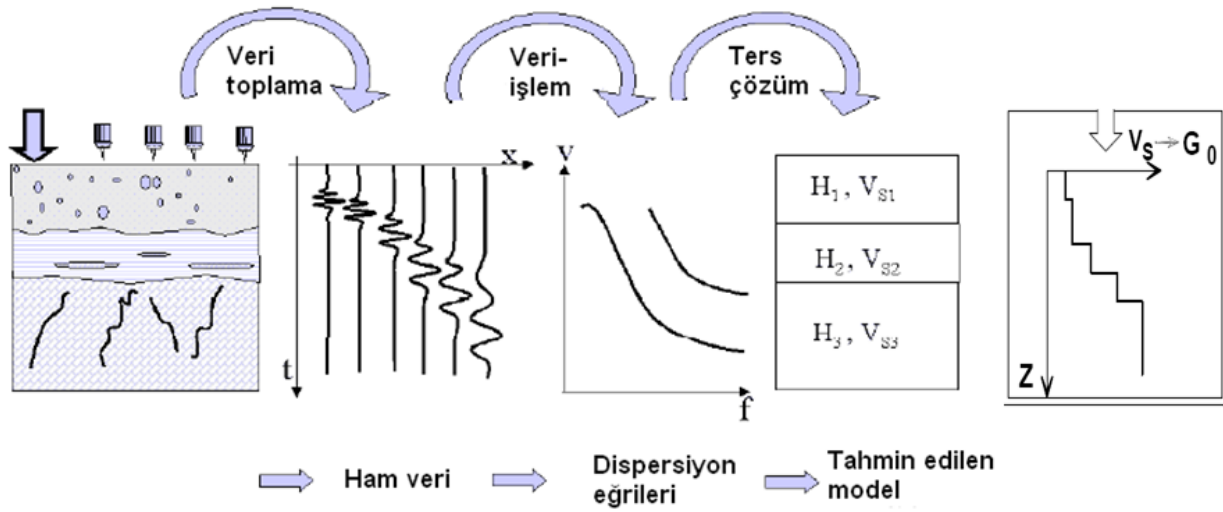
2.1. VERİ TOPLAMA VE TABAKA (FİZİKSEL) PARAMETRELERİNİN DISPERSİYON EĞRİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Aktif kaynaklı ÇKYDA yönteminde kullanılan kaynakların en geniş frekans aralığında kayıt üretmesi arzu edilen durumdur. Ancak hem arazi ve ürettikleri enerji hem de yasal şartlardan dolayı kaynak kullanımlarında genellikle kısıtlar olabilmektedir. Balyoz ve patlayıcı tipi kaynaklar yüksek frekans içerikli sinyaller üretirken, ağırlık düşürme, vibro gibi kaynaklar kısmen düşük frekansları daha iyi karakterize eder. Verilerin toplanması sırasında ve sonraki veri işlem süreçlerini en fazla etkileyecek olan parametreler, ilk alcı uzaklığı ve serim uzunluğu, alcı aralıkları, kayıt süresi ve örnekleme zamanı olarak sıralanabilir. Bunların her biri dispersiyon eğrisinin çözünürlüğünü doğrudan etkiler. Kaynak-alcı parametrelerinin anlamları model bir yer yapısı ile birlikte Şekil 10'da gösterilmiştir. Tabaka (veya fiziksel) parametreleri sismik hızları (Vp ve Vs), yoğunluğu (ρ) ve kalınlığı (h) içermektedir. Bu şekildeki yer modelinde tabakaların yatay, homojen (aynı tür malzemedan oluşmuş) ve izotropik (fiziksel özellik yöne bağlı olarak değişmez) olduğu kabul edilir. Modelleme çalışmalarında tabakaların katılığını tanımlamak açısından P- ve S-dalga hızları arasındaki fiziksel bir ilişki olan poisson oranı ($\sigma = [0.5 * Vp^2 - Vs^2] / [Vp^2 - Vs^2]$) verilebilir. Bu durumda hızlardan sadece Vs değerleri tanımlanır ve böylece Vp hızı poisson oranı formülünden hesaplanabilir.

ÇKYD verisi toplama ve işlemedeki temel hedef dispersiyon eğrisinin yüksek kalitede elde edilebilmesidir. Dispersiyon eğrisinin karakterini (frekansa ve/veya dalga boyuna karşılık hızdaki değişim) tabaka parametreleri (Vs, Vp, ρ , h) belirlerken, çözünürlüğünü kaynak-alcı parametreleri (X_0 , L, dx, N) belirler. Tabaka parametrelerine müdahil olunamayacağı için ver kalitesi sadece kaynak-alcı parametreleri değiştirilerek artırılmaya çalışılır. Buna karşılık tabaka parametrelerinin dispersiyon eğrisi karakterine olan etkileri modelleme çalışması ile açıklanabilir. Şekil 11'de bir modelleme çalışmasında belirlenen yer modelindeki başlangıç değerler %25 ve %50 artırılarak ve azaltılarak elde edilen



Şekil 8. ÇKYDA veri toplama ve kayıt düzeni (URL-4'den düzenlenerek). Sismik kırılma veri toplama düzeni ile benzerdir.



Şekil 9. ÇKYDA yönteminde iş akışı (Stobbia, 2003'den düzenlenerek). Soldan sağa: Temsili yakın yüzey ortam ve üzerindeki kaynak-alıcı dizilimi, kaydedilen veri, veri işleme belirlenen dispersiyon eğrileri (temel mod, yüksek mod), ters çözüm sonucu elde edilen yer modeli, S-dalgası hız-derinlik profili.

dispersiyon eğri sonuçları sunulmuştur. Şekilde mavi renk sürekli çizgi ile verilen dispersiyon eğrisi başlangıç yer modeli için hesaplanmıştır. Görüldüğü üzere V_p ve ρ 'daki artım ve azalım dispersiyon eğrisinde önemli bir değişime neden olmazken, V_s ve h parametrelerindeki değişim dispersiyon eğri karakterini önemli derece etkilemiştir. Burada önemli husus, kalınlığın artmasının hızdaki azalmaya ve kalınlık azalmanın hızdaki artmaya karşılık geldiğidir. Bu durum özellikle dispersiyon eğrisinin

ters çözümünde önemli bir belirsizlik nedenidir. Şekil 12 litolojik olarak sıkı (stiff layer) (mesela, sıkı kumtaşları arasında yumuşak kil malzemenin ve sıkı kireçtaşlarının arasında kumların bulunması gibi, Şekil 12 soldaki kolon) ve yumuşak (soft layer) (mesela, killerin arasında bazaltik lavların ve kumların arasında sert kireç taşlarının bulunması gibi, Şekil 12 sağdaki kolon) ara tabaka yer modellerinin karakteristik eğrilerini göstermektedir. Buna karşılık, kaynak-alıcı parametreleri doğrudan dispersiyon

eğrilerinin (temel mod ve yüksek modlar) ayrımlı ve yüksek çözünürlükte elde edilebilmesi açısından son derece önemlidir. Bu nedenle,

- Faz hızı eğrisinin frekansla değişimi,
- Eğrinin sürekliliği,
- Eğrinin düzgünlüğü,
- Modlardan ayrılabilirliği,
- Düşük ve yüksek frekanslardaki frekanslardaki kararsızlıklar/bozulmalar,
- Dalgasayı katlanması,

gibi problemlerinin en aza indirgenmesi için ölçüm aşamasında kaynak-alıcı parametrelerin seçimine özen gösterilmelidir.

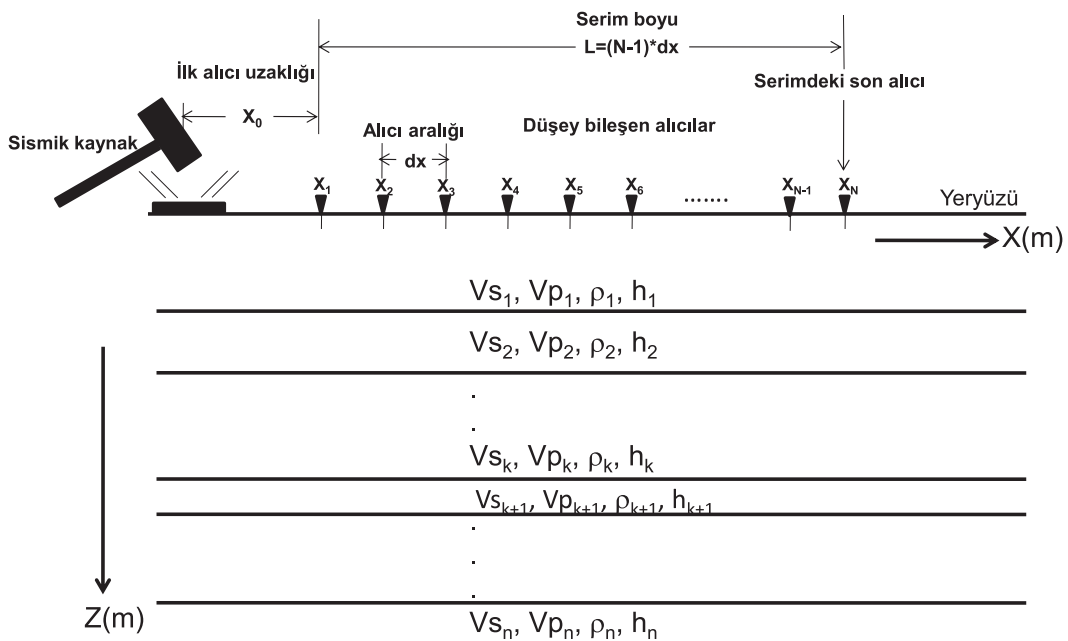
Dalga boyu ile inceleme derinliği ve yüzey dalgalarının dispersif özelliklerini yüksek kalitede elde edebilmek için aşağıdaki temel kabuller yapılmaktadır (Xia vd., 1999).

- Yüzey dalgalarının oluşabilmesi ve dispersif özelliklerinin kaydedilebilmesi için, çoğu durumlarda en azından maksimum dalgaboyunun yarısı kadar mesafeye ihtiyaç vardır ($X_0 \geq \lambda_{\max}/2$). Bu nedenle yakın ofsetin seçimi önemlidir.

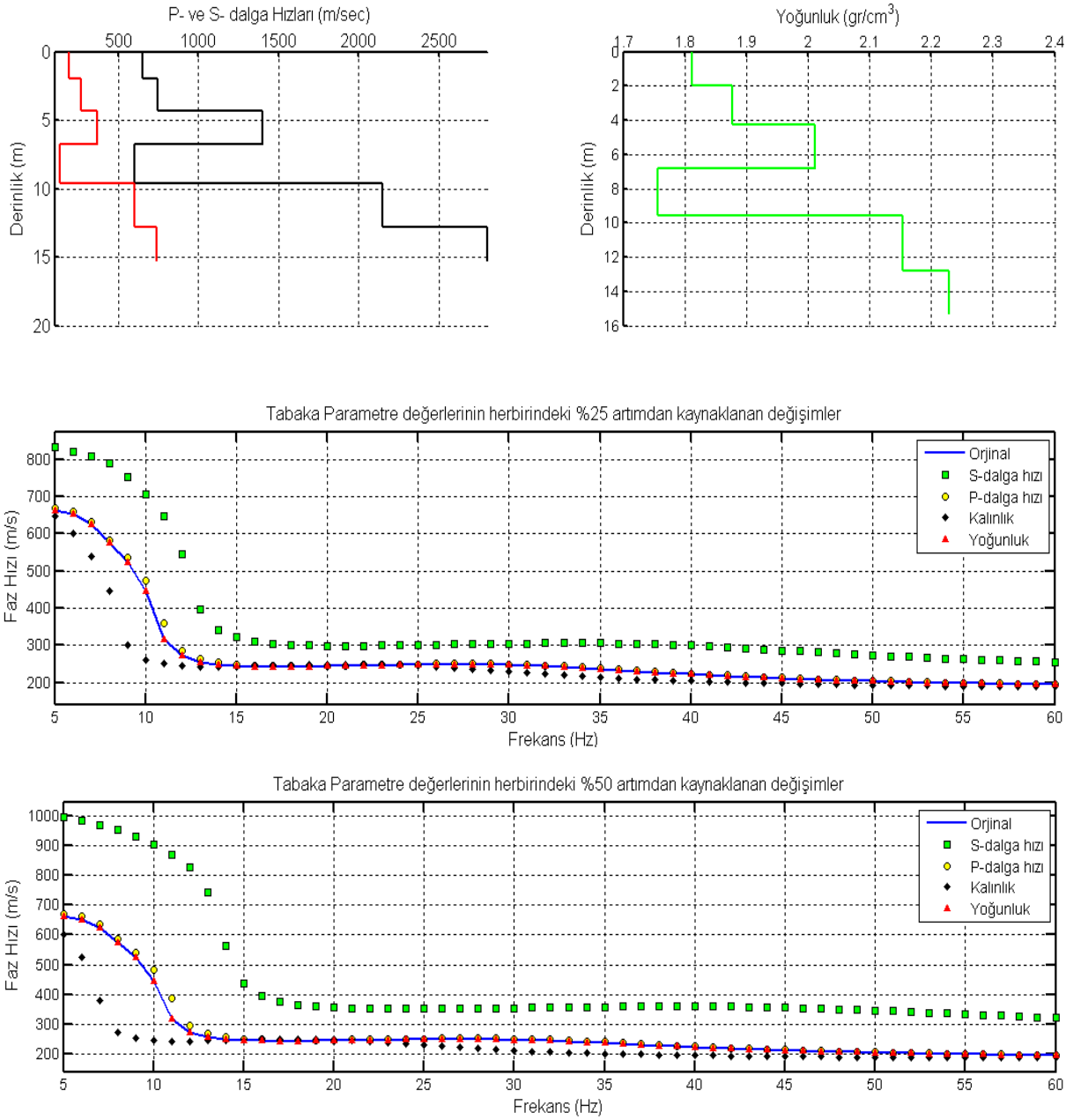
- Genel kabul, homojen bir ortamda maksimum nüfuz derinliği en uzun dalga boyunun yarısı kadar olduğudur. ($Z_{\max} \approx \lambda_{\max}/2$; $\lambda_{\max} = V_{\max}/f_{\min}$)
- Uzak alıcılarda hakim yüksek frekans bileşenlerini kaydetmek için, kaynaktan en uzaktaki alıcı mesafesi (profil boyu, $D=X_0+L$) inceleme derinliğinin iki katı seçilir ($D \approx 2*Z_{\max}$; $P \approx \lambda_{\max}$).
- Uzaysal katlanmadan kaçınmak için, alıcı aralığı en kısa dalga boyunun yarısından daha büyük olmamalıdır ($\Delta x \leq \lambda_{\min}/2$).
- Dispersiyon eğrisinin ayrımlılığı alıcı serim boyu ile kontrol edilir. Daha uzun alıcı serimi daha yüksek ayrımlı dispersiyon görüntüsü sağlar.

Bu kabullerden anlaşıldığı üzere, serim uzunluğu, alıcı aralığı ve ilk alıcı uzaklığı araştırma derinliğini ve dalgasayı katlanmasını kontrol etmektedir. Bu parametrelerin dispersiyon eğrisi üzerine olan etkileri model veriler sayesinde izleyen şekillerde gösterilmiştir.

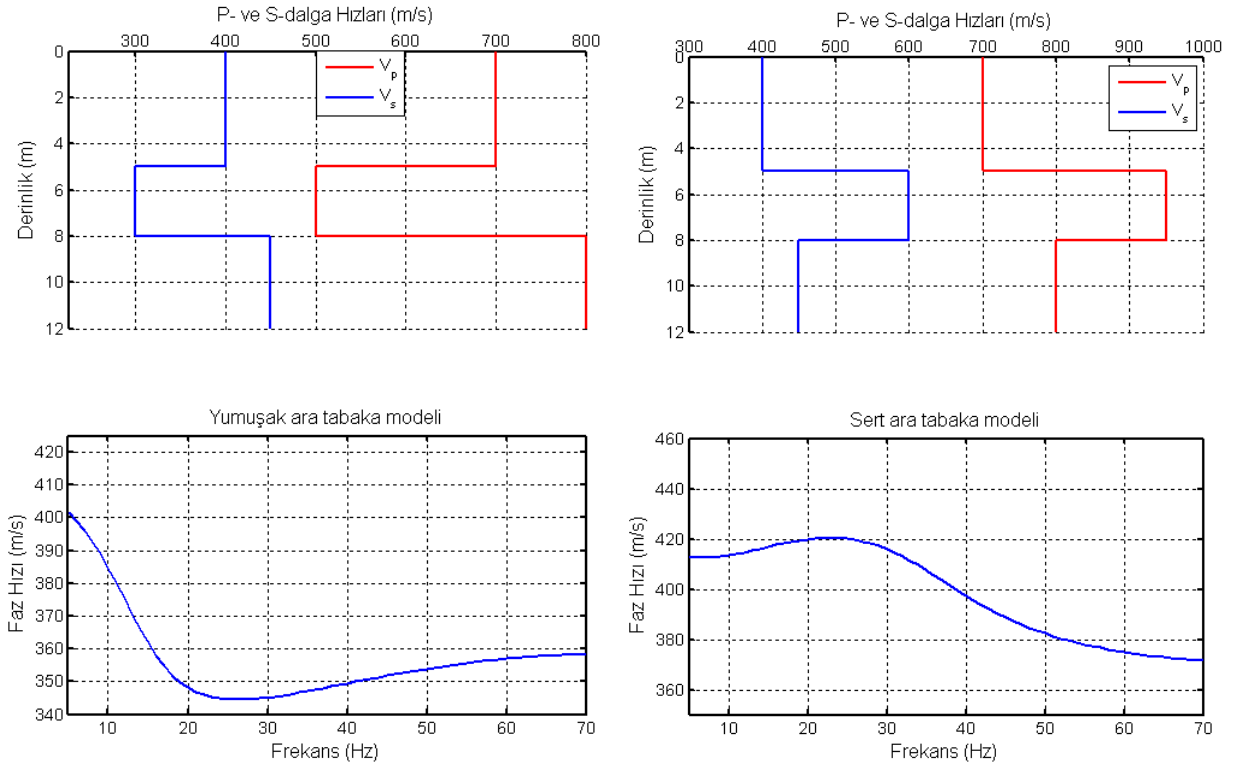
Bu parametrelerin dispersiyon eğrisi üzerine olan etkileri model veriler sayesinde izleyen şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 10. Yer modeli ve kaynak-alıcı parametrelerinin birlikte gösterimi.



Şekil 11. Tabaka parametrelerinde %25 ve %50 oranında artımdan dolayı dispersiyon eğrisinde oluşan değişimler.

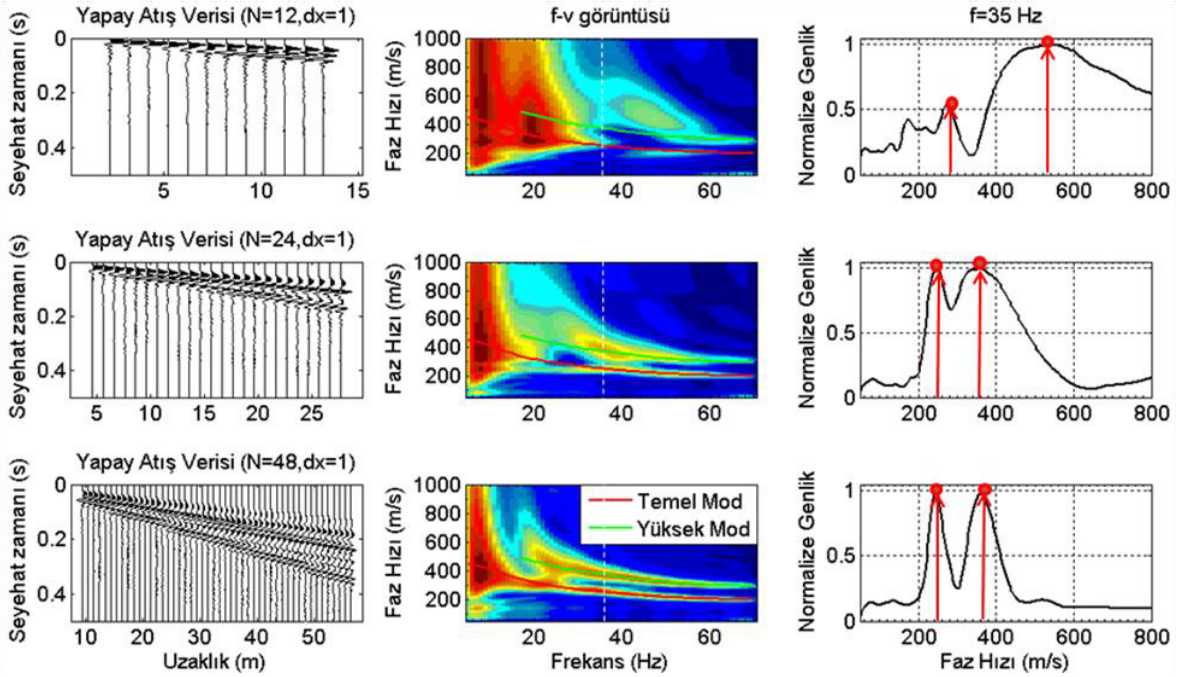


Şekil 12. Hızın derinlikle artma ve azalma durumunda temel mod dispersiyon eğrisinin davranışı.

2.1.1. SERİM BOYU VE ALICI SAYISI

Serim boyu (L) ve alıcı sayısı (N) birbirini kontrol eder. ÇKYD verisinin toplanmasında çok alıcı ile uzun serim boyları tercih edilir. Bunun en önemli nedeni, alıcı aralığının kısa olmasını sağlamaktır. Ancak eğer uygulayıcının alıcı sayısı az ise (mesela 12 adet) bu durumda alıcı (Δx) aralıkları geniş tutularak da serim boyu uzatılabilir. Ancak bu kez dispersiyon eğrisi elde edilmesinde dalgasayısı (Δk) ilişkili ayrımlılık sorunu ile karşılaşılır ve dolayısıyla temel mod ile yüksek mod dispersiyon eğri ayrımı yeterince sağlanamaz. Bu nedenden dolayı çoğunlukla tercih edilen yol daha fazla sayıda alıcı kullanmaktır (mesela 24, 48 adet gibi), ancak bu daha fazla maliyet ve iş gücü gerektirir. Bununla birlikte, mesela 12 kanallı bir kayıt sistemi ile 24 ve daha fazla sayıda alıcı varmış gibi veri toplanabilir. Bunun için uygulamada kaynak noktası sabit kalmak şartıyla, ardışık serimlerden

(kaynak gücüne bağlı olarak 2., 3. ve daha fazla) elde edilen veriler birleştirilir ve sonraki işlemlere bu birleştirilmiş veri ile devam edilir. Alıcı aralıkları değişmez, bir sonraki serimin ilk alıcı ile ilk serimin son alıcısı arasında alıcı aralığı kadar mesafe olmalıdır. Şekil 13 alıcı aralığının sabit ($\Delta x=1m$), alıcı sayılarının farklı olduğu durumlarda ($N=12,24$ ve 48) dispersiyon eğri ayrımlılığının model sonuçlarını göstermektedir. Çok açık olarak, alıcı sayısı arttıkça temel ve bir yüksek mod dispersiyon eğrisinde ayrımlanabilirliği artmıştır. Bu ayrımlılık dispersiyon eğrilerinin frekans-faz hızı görüntüsü üzerinden ayrı ayrı belirlenebilirliğini sağlayacaktır. Diğer yandan, serim boyunun artması daha derin S-dalga hızı profilini elde etmeyi sağlayacaktır. Genellikle, bir balyoz kaynağı ile $50m \leq L \leq 100m$ serim aralığı $20m \leq Z \leq 30m$ derinliğe kadar inceleme yapmak için yeterlidir.



Şekil 13. Alıcı sayısının etkisi. Yapay atış verileri (sol sütun), frekans-faz hızı enerji alanı (orta sütun) ve $f=35$ Hz'e karşılık gelen faz hızı değişimi (sağ sütun).

2.1.2. ALICI ARALIĞI (Δx)

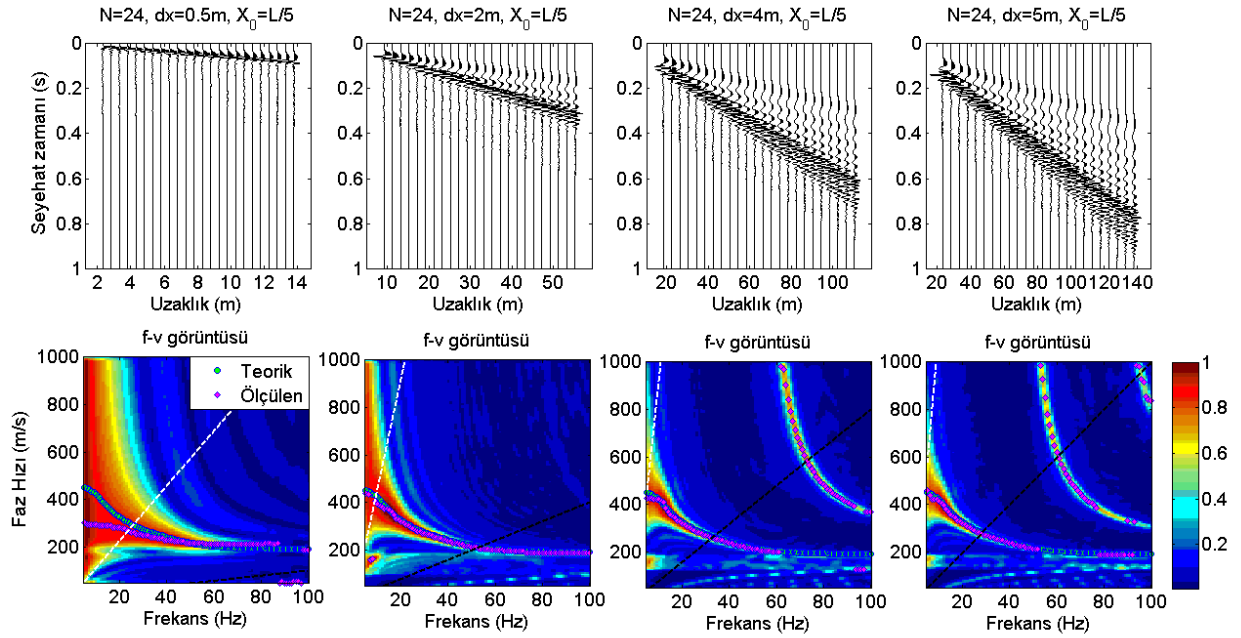
Alıcı aralığı dispersiyon eğrisini en fazla etkileyen parametredir. Genel olarak en küçük dalga boyundan daha büyük olmamalıdır ($\Delta x \leq \lambda$). Alıcı serim boyunu artırılması veya azaltılması ile doğrudan ilişkilidir. Ancak uzaysal katlanma (veya dalga sayısı katlanması) probleminden sakınmak için yeterli uzunlukta seçilmelidir. Bir (t, x) sinyalinin (f, k) dönüşümünde (f : frekans, k : dalgasayısı) genlik spektrumu $A(f, k) = A(-f, -k)$ olacak şekilde simetriktr.

Zamansal Nyquist teoreminde ($F_{Nyq} = 0.5/\Delta t$) olduğu gibi, maksimum dalgasayısı uzaklık örnekleme aralığına (Δx) bağlı olarak tanımlanır, $k_{Nyq} = \pi/\Delta x$. Böylece, $k > k_{Nyq}$ olan tüm enerji $k - 2k_{Nyq}$ ortamına katlanacaktır. Katlanma yüksek dalgasayılarında gerçekleşir ve katlanmış spektrum yanlışlıkla yüksek mod enerjisi olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle genellikle pozitif ve negatif dalgasayısı bölgeleri birleştirilerek katlanmış görüntü giderilmiş olur. Bu durumda minimum aranabilir dalgaboyu, $\lambda_{min} = \Delta x$ olur. Dolayısıyla, en kısa dalgaboyları en üstteki tabaka hızları ve kalınlıkları hakkında mümkün olan bilgiyi sağlayacaktır.

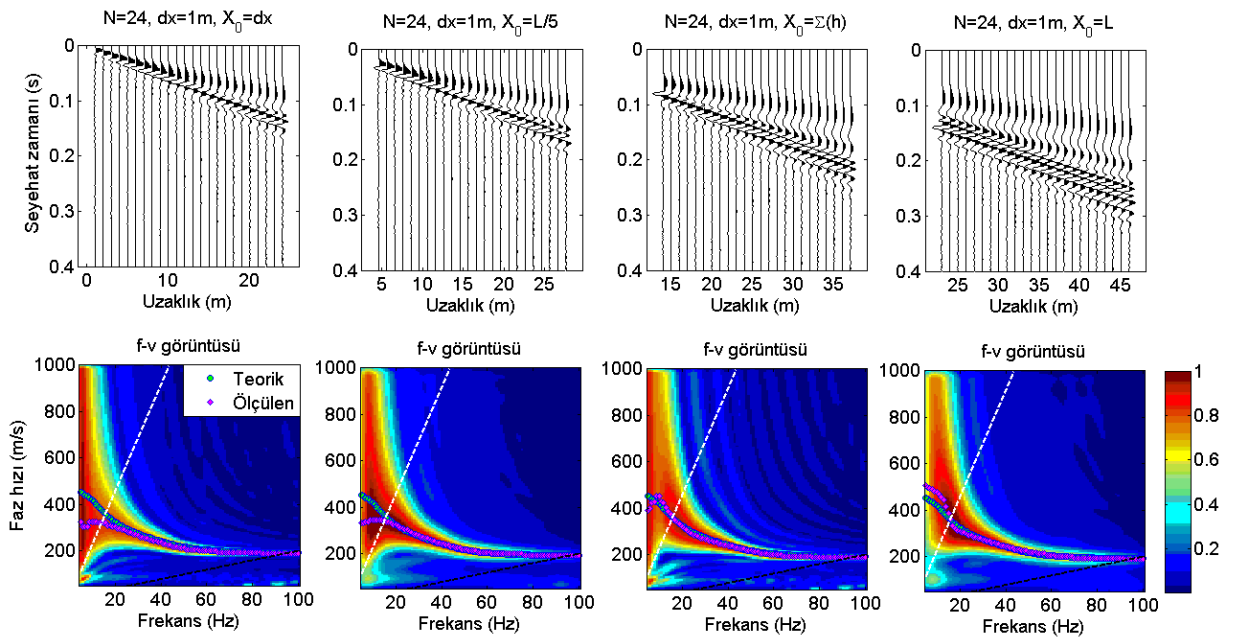
2.1.3. İLK ALICI UZAKLIĞI/KAYNAK OFSETİ (X_0)

Yüzey dalgaları (genellikle Rayleigh dalgası) kaynaktan belirli bir mesafede etkin olabildiklerinden ilk alıcı uzaklığının (X_0) seçimi oldukça önemlidir. En uygun X_0 planlamak için iki temel görüş vardır: (1) kısa X_0 yakın alan etkilerinin düşük frekanslarla girerek onları bozmasına, (2) uzun X_0 soğurmadan dolayı özellikle yüksek frekanslarda Sinyal/Gürültü (S/G) oranının azalmasına neden olur. Bu iki olay zemin koşullarına ve çalışma şartlarına doğrudan bağlıdır ve genelde en iyi X_0 kestirilemeyebilir.

Genel olarak bu mesafe yüzey dalgalarının oluşabilmesi için önemlidir. Teorik olarak X_0 'nın hedef derinlik kadar (yaklaşık olarak maksimum dalga boyunun yarısına eşit, $Z \approx \lambda/2$) olması ($X_0 \approx Z_{max}$) idealdir (Park vd. 1999)^{max}, ancak bu maksimum dalgaboyunun önceden bilinmemesi ve hedef derinlik arttıkça X_0 'ın artması yüksek frekanslarda S/G oranının azalmasına neden olacağından uygulamada pratik değildir. X_0 mesafesi serim uzunluğunun %20'si ($L/5$) veya alıcı aralığının en azından 4 katı ($4 \cdot \Delta x$) seçilmesi (Dikmen vd., 2010) uygundur.



Şekil 14. Alıcı aralığı etkisi.



Şekil 15. İlk alıcı mesafesinin etkisi.

Bu mesafenin artması dispersiyon eğrisinin düşük frekanslardaki kararlılığını artırır ve daha derindeki hızları piklemeyi sağlar. Şekil 15 N=24, $\Delta x=1$ olmak üzere, değişen X_0 değerleri için teorik testler yapılmıştır. Burada, $X_0=\Delta x$, $X_0=L/5$, $X_0=Z_{\max}=\sum h$, $X_0=L$ olması durumların elde edilen dispersiyon eğrisinin başlangıç model dispersiyon eğrisi olan uyumu analiz edilmiştir. Görüldüğü üzere, her iki dispersiyon eğrisi ideal durum olan, $X_0=Z_{\max}=\sum h$ için yüksek derecede uyumludur. Buna karşılık $X_0=\Delta x$, $X_0=L/5$ mesafeleri için dispersiyon eğrisi özellikle düşük frekanslarda yüksek hızlara ulaşamamıştır. Çünkü yüksek hızları temsil edecek düşük frekanslar (yani daha derin tabakalar) kısa X_0 için tam olarak oluşamamıştır. Bununla birlikte, $X_0=L$ için doğal olarak düşük frekanslardaki maksimum enerji daha yüksek hızlara kaymıştır.

2.1.4. ZAMAN ÖRNEKLEME ARALIĞI (ΔT) VE KAYIT SÜRESİ (T)

ÇKYDA yönteminde uzaklık örnekleme göre örnekleme aralığı ve kayıt süresi parametreleri daha az etkiye sahiptir. Zaman örnekleme Nyquist örnekleme teoremine uygun olarak kaydedilecek en yüksek frekansa bağlı olarak seçilir. Kayıt süresi yüzey dalgalarının bütün alıcılarda tam olarak kaydedilebilecek yeterlilikte olması zorunludur. Düşük hızlı ortamlarda uzun profiller için (>100m) kayıt süresi $T \geq 1$.

0saniye alınmalıdır. Uzun kayıt süreli verilerde yüzey dalgalarının olmadığı kısımlar veri işlem aşamasında veriden atılabilir, böylece gürültü etkisi de zayıflatılmış olur. Bu iki parametrenin seçimi için aşağıdaki açıklamalar uygulayıcıya yardımcı olabilir.

- Zaman örnekleme aralığı, $\Delta t=1\text{ms}$,
- Toplam kayıt uzunluğu $T=1\text{s}$ (en yaygın kullanım)
- Son derece düşük hızlar durumunda ($V_s < 100$ m/s), daha uzun T (mesela, ≥ 2 saniye).
- Eğer uzun bir alıcı açılımı ($L > 100\text{m}$) kullanılırsa, yine uzun bir kayıt uzunluğu ($T=2$ s) önerilir.
- Herhangi bir durumda, aşırı uzun kayıt uzunluğu ($T > 5\text{s}$) aktif bir ölçüm için uygun değildir. Çünkü çevresel gürültünün (mesela trafik) kaydedilme riskini artırır.
- Genellikle, 24-kanallı veri toplama uygundur. Eğer 48 kanal kullanışlı ise, artan L mesafesine göre kısa Δx önerilir. Veya her ikisinin birleştirilmesi de önerilir.
- Kanal sayısı fazla olduğunda dx mesafesinin kısalması sığ derinliklerde ayrımlılığı artırma imkanı gibi fazlalıktan dolayı veri analizi sırasında S/G oranı artırılmış olacaktır.
- Artan L'nin etkisi artan Z_{\max} demektir.
- Farklı durumlardaki en uygun kayıt parametreleri için Tablo 2'ye bakınız.

Tablo 2. Farklı malzeme türü ve hız aralıkları için kayıt parametrelerinin seçimi için referans bilgiler.

Materyal Türü* V_s (m/s)	İlk alıcı uzaklığı, X_0 (m)	Alıcı aralığı, Dx (m)	Profil boyu, X_0+L (m)	Optimum Alıcı Frekans, f_0 (Hz)	Optimum Kaynak Ağırlığı (kg)	Kayıt süresi, T(s)	Örnekleme aralığı, Dt (ms)
Çok yumuşak ($V_s < 100$)	1-5	0.25-0.5	£20	4.5	≈ 5.0	>2.0	1.0
Yumuşak ($100 < V_s < 300$)	5-10	0.5-1.0	£30	4.5	≈ 5.0	1.0	1.0
Sıkı ($200 < V_s < 500$)	10-20	1.0-2.0	£50	4.5-10.0	≈ 5.0	0.5	0.5
Çok sıkı ($500 < V_s$)	20-40	2.0-5.0	£100	4.5-40.0	≈ 5.0	0.5	0.5

2.1.5. ALICILAR (JEOFON)

Aktif kaynaklı ÇKYDA yönteminde yüzey dalgasının dispersiyonunu ve düşük frekans bilgisini (uzun dalga boyu, daha derinden bilgi) kaliteli kaydedebilmek için, genel olarak düşük frekanslı alıcılar tercih edilir. Uygulamada yaygın olarak doğal frekansı 4.5Hz olan alıcılar kullanılmaktadır. Ayrıca aktif ÇKYDA yönteminde değerlendirilen frekans bandı 2-70 Hz arasındadır. Bu bandı yüksek çözünürlükte kaydedebilmek için düşük frekanslı alıcılar daha etkindir. Ancak 100Hz'e kadar doğal frekansa sahip alıcılar farklı amaçlar için kullanılabilir. Yüksek doğal frekanslı alıcılar daha sığ ortamları daha detay incelemeye faydalı olabilir. Arazi uygulamalarında çoğunlukla ucu çivili olan alıcılar (Şekil 16'da sağda) kullanılmakla beraber, deniz sismğinde olduğu gibi arazi streamerleri kullanılmaktadır. Streamer tipi alıcılar asfalt, yol ve benzeri yüzeylerde çalışmak için daha kullanışlıdır (Şekil 16'da solda). Şekil 17 farklı kaynak ve alıcı türleri için elde edilen örnek ÇKYD kayıtlarını göstermektedir. Görüldüğü üzere streamer kullanıldığında (Şekil 17'de solda) çevre-

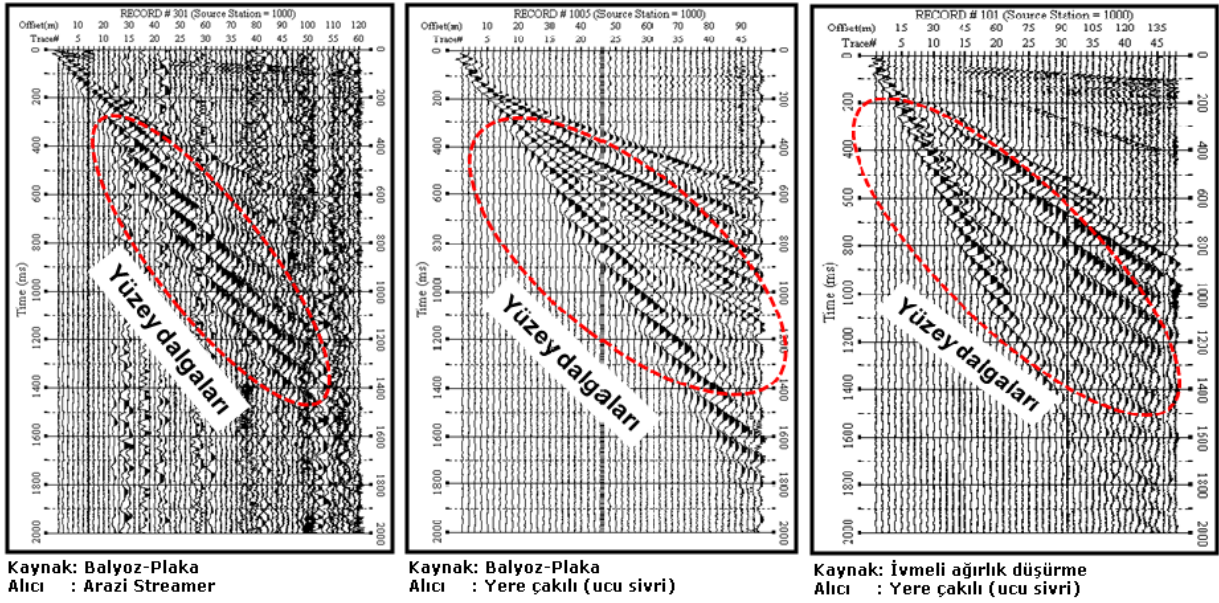
sel gürültü etkileri kayıt üzerinde egemendir. Buna karşılık alıcıların yere çakılı olduğu diğer iki durumda (Şekil 17'de ortada ve sağda) gürültüler zayıflamıştır ve kayıt kaliteleri artmıştır. Bununla birlikte ağırlık düşürme kaynağı kullanıldığında (Şekil 17'de sağda) düşük frekans enerjileri daha güçlendiğinden yüzey dalgaları daha yüksek genlikte kaydedilmiştir. Şekil 18'de alıcı frekanslarının artmasıyla ilişkili olarak temel ve yüksek mod enerjilerinin nasıl etkilendiği gösterilmiştir. Buna göre genel olarak, alıcı doğal frekansının artması yüksek mod hakimiyetini de artırmaktadır. Benzer şekilde Şekil 19'da alıcı doğal frekansının artmasıyla düşük frekansların karakterizasyonun zayıflamakta olduğu açıkça görülmektedir.

2.2. ÇKYDA YÖNTEMİNDE VERİ İŞLEM

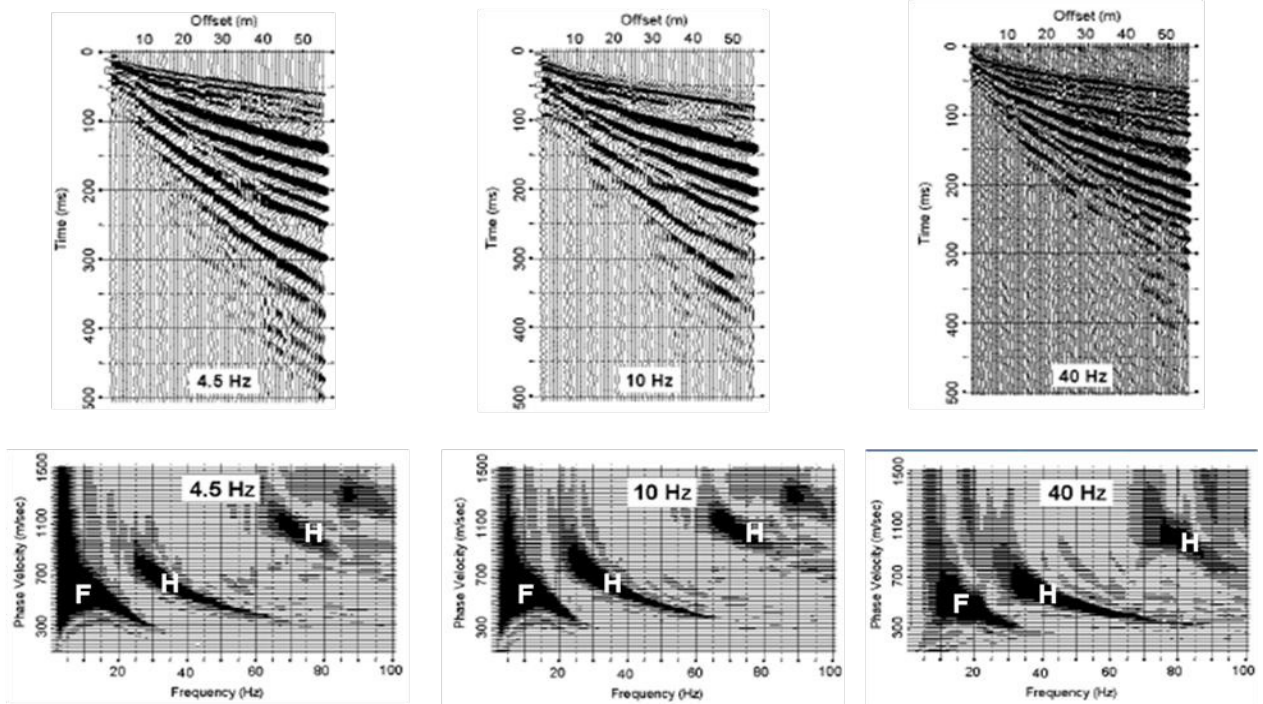
ÇKYD verilerinden dispersiyon eğrisinin elde edilmesi için yaygın olarak üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar Frekans-Dalgasayısı (f-k), Frekans-Yavaşlık (f-p) ve Faz Kayma tekniği olarak bilinmektedir. 2B'li Fourier dönüşümü sayesinde (x,t) ortamı verisi (f-k)



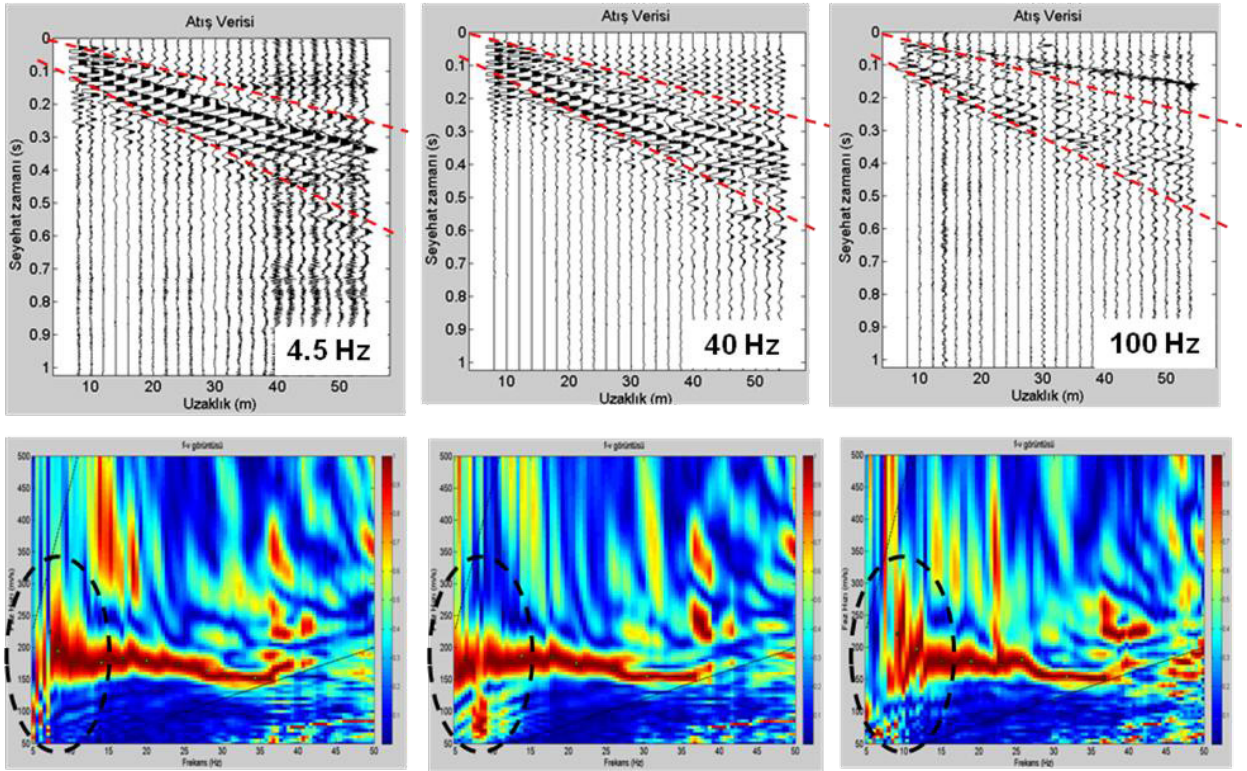
Şekil 16. Kaynak ve alıcı türleri



Şekil 17. Farklı kaynak ve alıcı türleri için elde edilen örnek kayıtlar. Kayıt kalitesi alıcılar yere çakılı olduğunda daha iyidir.



Şekil 18. Farklı doğal frekanslı alıcılar için elde edilen ÇKYD verileri ve dispersiyon enerji görüntüleri. F: temel modu, H: yüksek modu gösterir. Alıcı doğal frekansı arttıkça düşük frekans enerji alanı daralmakta ve dolayısıyla yüksek mod etkinliği artmaktadır (Park vd., 2004).



Şekil 19. Farklı doğal frekanslı alıcılar için elde edilen ÇKYD verileri ve dispersiyon enerji görüntüleri. Siyah kesikli çizgi ile sınırlanan alanda alıcı doğal frekans arttıkça karasızlıklarının olduğu açıkça görülmektedir.

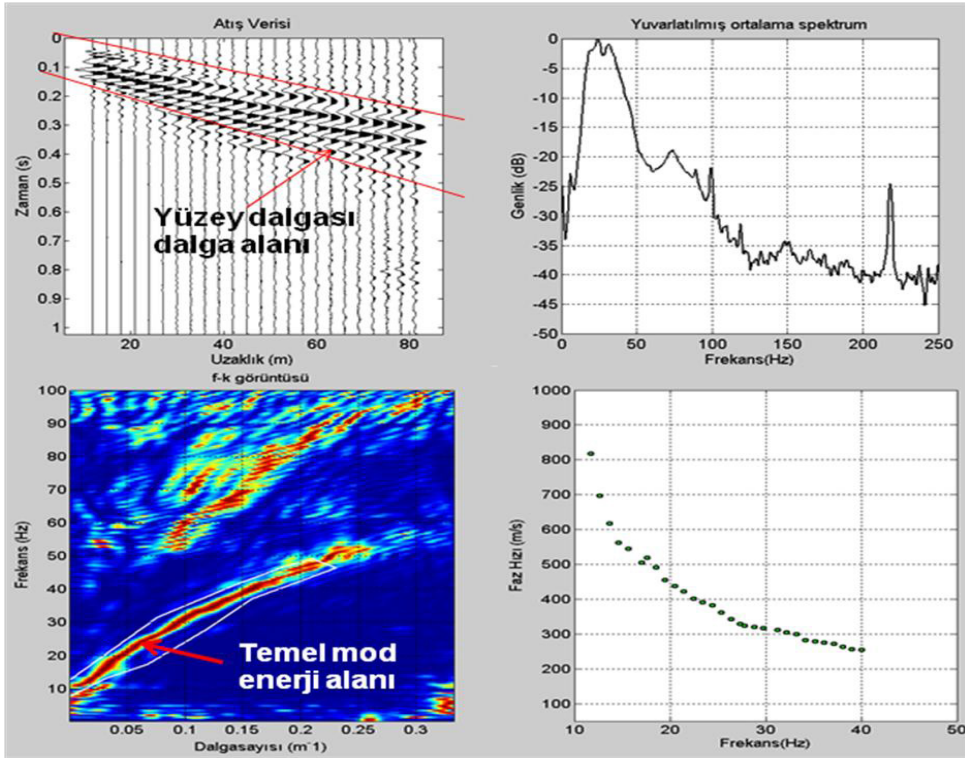
ortamına aktarılır. Bu ortamda yüzey dalgası enerji alanı içinde maksimum genliklere karşılık gelen frekans ve dalgasayısı değerleri otomatik veya manuel olarak işaretlenir. $V_R = 2\pi f/k$ ilişkisi ile yüzey dalgasına karşılık gelen faz hızı değerleri hesaplanır ve frekans-karşılık çizilerek dispersiyon eğrisi görüntülenmiş olur (Şekil 20). Yüzey dalgalarının ana enerji alanı (x,t) verisinin yuvarlatılmış ortalama spektrumundan görüntülenebilir. Şekil 20'de bu aralık 10-50 Hz arasında olduğu açıkça görülmektedir.

Şekil 20'deki veri, temeli Radon dönüşümünün doğrusal uygulaması olan eğimli yağma (slant stack) veya kısaca (τ,p) dönüşümü sayesinde $(\tau=t-px; t$ kayıt zamanları, p yavaşlık $(1/V)$, x alıcı uzaklığı) frekans-yavaşlık (f,p) ortamına aktarılır. Bu işlem (x,t) verisinin doğrudan frekans-faz hızı (f,V_R) ortamına dönüşümünü sağlar (Şekil 21) ve bu nedenle $(f-k)$ dönüşümüne göre daha hızlı ve güvenilirdir. Bununla birlikte, dönüşümde seçilen hız sınırları ve artımı $(V_{min}, V_{max}$ ve $\Delta V)$ temel mod ve yüksek mod enerjilerinin ayrışması ve dolayısıyla dispersion

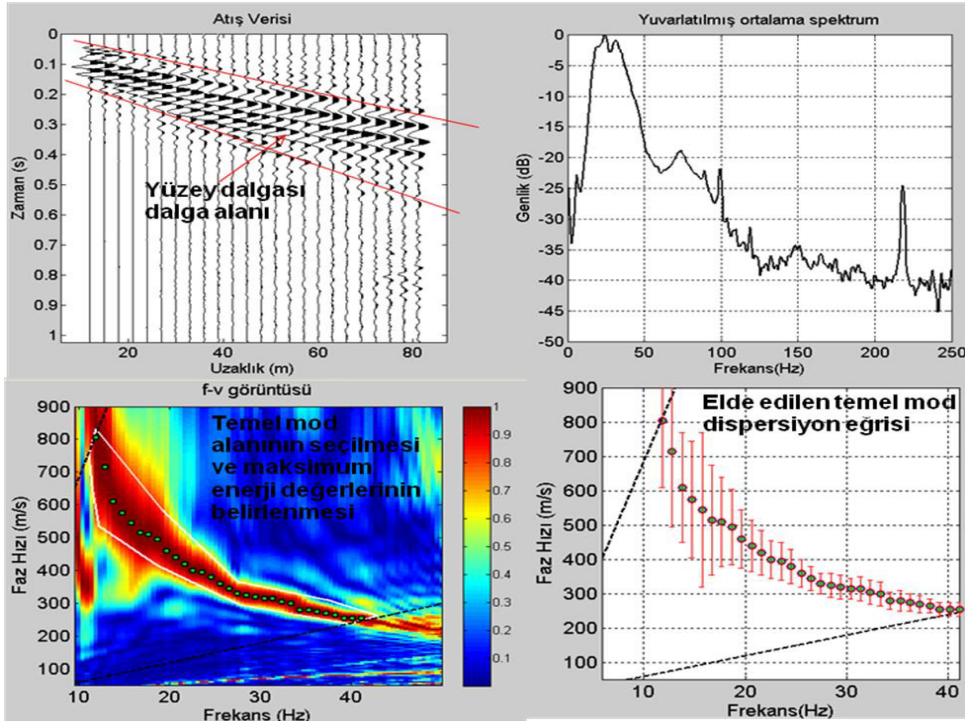
belirlenmesini etkiler, bu nedenle dikkatli olunmalıdır. Pratikte V_{min} ve V_{max} , atış verisi üzerinde yüzey dalgası alanının yaklaşık alt ve üst sınırlarını belirleyen doğruların eğiminden belirlenebilir (Şekil 21, üst solda).

Alıcı aralıklarının eşit olmadığı durumlarda $(f-k)$ ve $(f-p)$ yöntemleri yetersiz kalır. Bu durumda yayılan düzlem dalganın bir dizilimdeki alıcılara belirli bir faz kayması ile ulaşma ilkesine göre geliştirilmiş olan faz kayma tekniği kullanılarak da dispersiyon eğrisi yüksek doğruluk ve güvenilirlikle elde edilebilir (Dikmen vd., 2010). Şekil 22 faz kayması tekniği kullanılarak dispersiyon eğrisinin elde edilmesini gösterir.

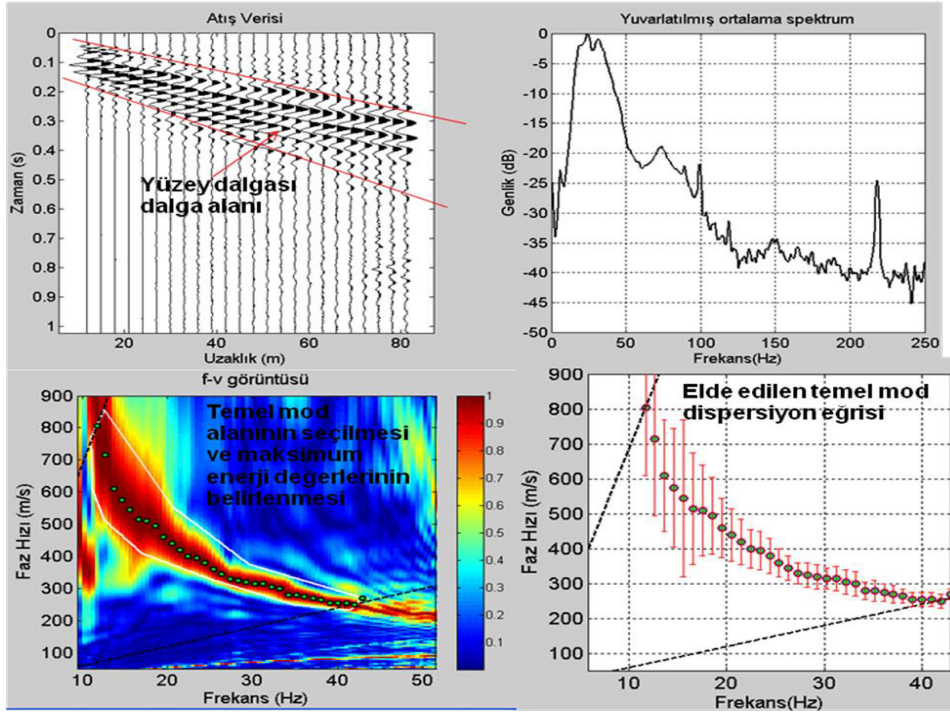
ÇKYD verileri bazen çevresel gürültülerden etkilenir. Çevresel gürültüler rastgele davranışta olup genellikle verinin yüksek frekans bileşenlerini maskeleyerek enerji odaklanmasını engelleyerek saçılmalara neden olurlar (Şekil 23). Bu durumda gürültü süzgeçleme veya pencereleme gibi iyileştirme veya sinyal/gürültü (S/G) oranı artırıcı işlemler yapılabilir.



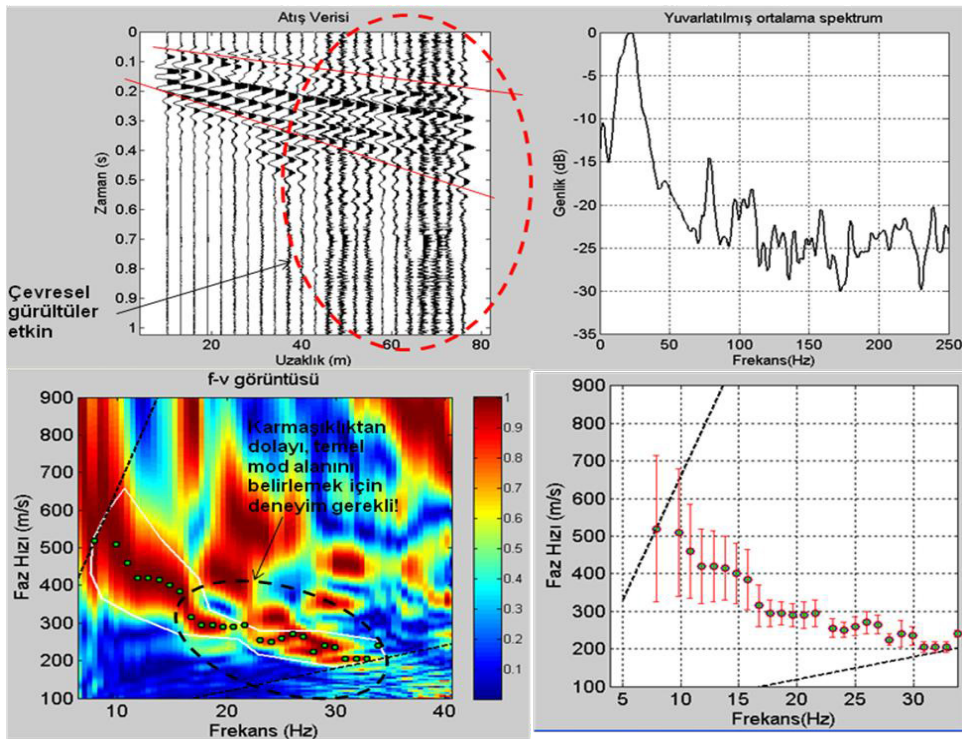
Şekil 20. F-k dönüşümü ile dispersiyon eğrisinin elde edilme aşamaları.



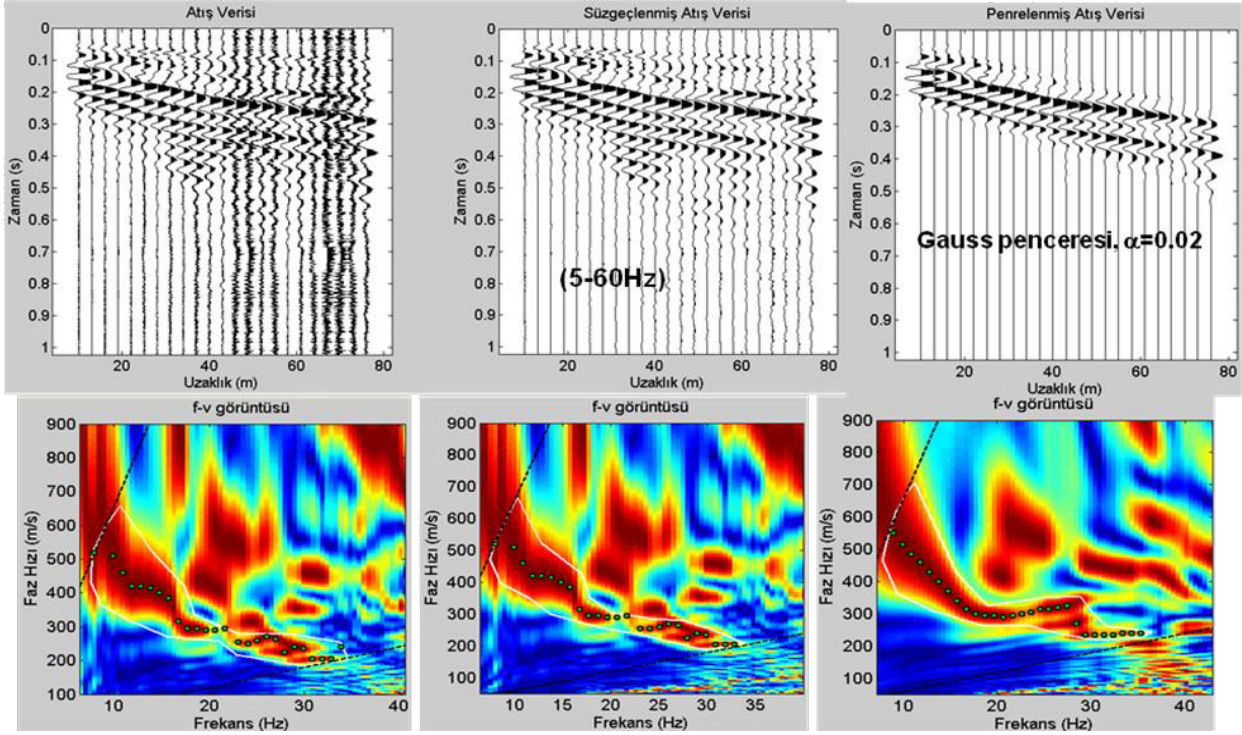
Şekil 21. Eğimli yağma dönüşümü ile Frekans-faz hız eğrisinin elde edilmesi.



Şekil 22. Faz kayma tekniği ile dispersiyon eğrisinin elde edilmesi.



Şekil 23. Çevresel gürültü içeren ÇKYD verisi ve etkileri.



Şekil 24. S/G oranını iyileştirmek için band geçişli süzgeçleme ve gauss penrecesi kullanılarak pencreleme işlemlerinin uygulanması.

Bu işlemler temel mod enerji alanının odaklanması ve dispersiyon eğrisinin kararlılığını artırabilir. Bu durumu teyit etmek için, giriş verisine 5-60Hz frekans aralığında band geçişli bir süzgeç ve pencere genişliği $\alpha=0.02$ olan bir Gauss penceresi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 24’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere band geçişli süzgeçleme yüksek frekans gürültülerini (özellikle uzak alıcılardaki) zayıflatarak kısmen de olsa dispersiyon eğrisini daha sürekli hale getirmiştir. Bununla birlikte, özellikle pencere uygulaması dispersiyon eğrisinin sürekliliğini ve ayrımlılığını gözle görülür şekilde artırmıştır.

2.3. ÇKYDA YÖNTEMİNDE MODELLEME VE TERS ÇÖZÜM

Ters çözüm ÇKYDA yönteminin son ve yorum aşamasıdır. Bu aşamada elde edilen dispersiyon eğrisini verecek en uygun yer modeli elde edilmeye çalışılır. Ters çözüm için birçok sayısal teknikler geliştiril-

miştir. Bu aşamadaki gelişmeler halen daha devam etmekte olup genellikle ters çözüm doğruluğunu ve güvenilirliğini artırıcı yönde yoğunlaşmaktadır. En basit anlamda ters çözüm işlemi, dispersiyon eğrisini (frekans-faz hızı değerleri) derinlik-kayma dalgası (V_s) hızı elde edilmesini içermektedir (Şekil 25). Kaba bir yaklaşımla herbir frekans-faz hızı değeri bir dalga boyuna karşılık gelir (Şekil 25, altta) ve bu dalga boyunun 2, 2.5 veya 3’de biri o hızın ait olduğu derinliği temsil eder. Ayrıca, yine kaba bir yaklaşımla kayma dalga hızı V_s ile Rayleigh tipi yüzey dalgası faz hızı V_R arasında poisson oranına bağlı olarak,

$$0.87 \cdot V_s < V_R < 0.96 \cdot V_s$$

İlişki aşağıdaki karakteristik dispersiyon denkleminin yaklaşık çözümü göz önüne alınarak yazılabilir.

$$V_R/V_s = (0.87 + 1.12\sigma) / (1 + \sigma)$$

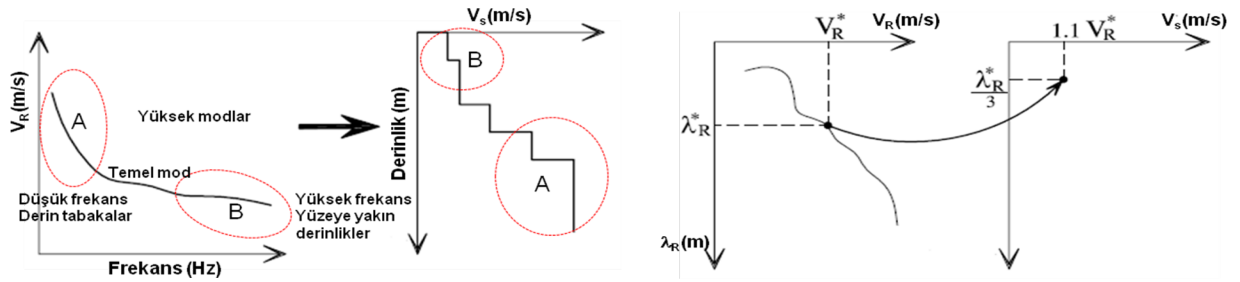
Mesela, çok zayıf ($\sigma_1=0.45$) ve sağlam dayanımlı ($\sigma_2=0.25$) zemin için $V_{s1}=1.06 \cdot V_R$ ve $V_{s2}=1.09 \cdot V_R$

elde edilir. Görüldüğü üzere Poisson değeri arttıkça V_s değeri azalır. Bununla birlikte bir profil boyunca elde edilen S-dalgası hız-derinlik profili, alıcı serimin orta noktasına atanır ve bu S-dalgası derinlik sondajı (SDS) olarak değerlendirilebilir.

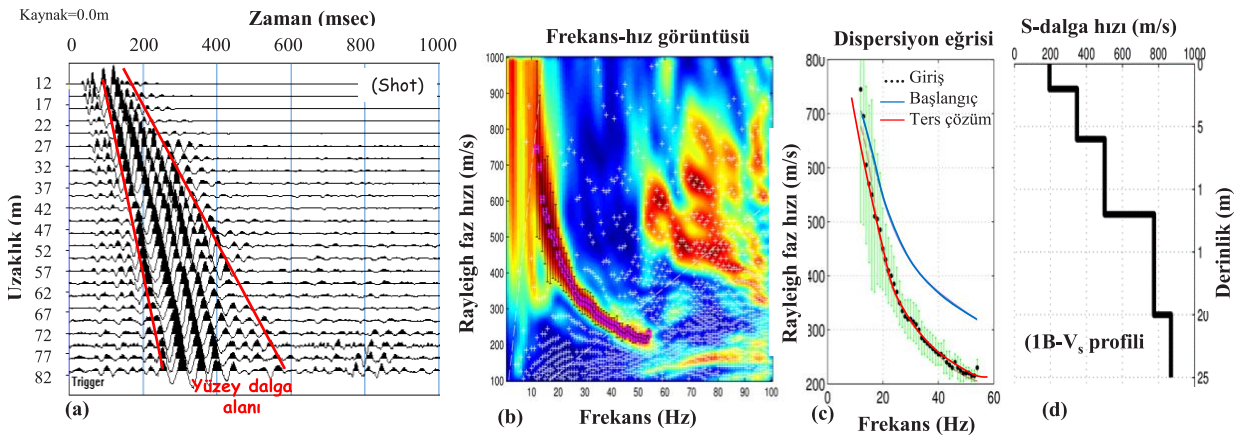
İleri seviyedeki ters çözüm yöntemleri ileri modellemeyi kullanır. Yani parametreleri tanımlanmış bir tabakalı ortam için dispersiyon eğrisinin hesaplanması anlamına gelir ve ters çözümün çekirdeğini oluşturur (Xia vd., 1999). Ters çözüm işleminde araziden elde edilen dispersiyon eğrisi modellenen veri ile yeterli bir uyumu sağlanıncaya kadar yinelemeli olarak karşılaştırılır. Bu nedenden dolayı ÇKYDA yönteminde kullanılan ters çözüm algoritmaları doğrusal olmayan yapıdadır ve ölçülen ile hesaplanan dispersiyon eğrileri arasındaki en küçük kareler hatasının en küçüklenme analizi üzerine geliştirilir. Şekil 26 bir arazi verisinden elde edilen dispersiyon eğrisinin ters çözüm sonucunu göstermektedir. Bunun için ölçülen

dispersiyon eğrisini (Şekil 26c, noktalı çizgi) temsil ettiği öngörülen bir başlangıç yer modeli için model eğri hesaplanır (Şekil 26c, mavi renkli çizgi) ve ölçülen dispersiyon eğrisi karşılaştırılır. Bu çakışma belirlenen bir durdurma kriterine (en büyük yineleme sayısı, bir hata değeri, ardışık hataların karşılaştırması, vb.) ulaştığında çözüm durdurulur (Şekil 26c, mavi renkli) ve çözüm kümesi olan parametreler (V_s , h) elde edilmiş olur (Şekil 26d).

Ters çözüm sonuçlarının güvenilirliği kullanılan çözüm algoritmaları ile doğrudan ilişkili olmakla birlikte, elde edilen hız-derinlik profilinin çalışmanın yapıldığı yerdeki litoloji ile uyumlu olması beklenir. Bunun ötesinde, hangi tür yer modellerinin nasıl tepkiler verdiği model sonuçlardan bilinir ise, bu durumda dispersiyon eğrisinin karakteri ile ters çözüm sonucunda elde edilen yer modeli arasındaki karşılaştırma ve yapılacak yorumların tutarlılığında daha nitelik kazanacaktır. Bu kapsamda uygulamada en sık kar-



Şekil 25. Kaba bir yaklaşımla ters çözüm işlemi.



Şekil 26. Dispersiyon eğrisinin ters çözümü. (a) Araziden kaydedilen ÇKYD verisi, (b) frekans-hız görüntüsü, (c) dispersiyon eğrileri: giriş (noktalı), başlangıç (mavi çizgi), ters çözüm sonucu (kırmızı çizgi), (d) ters çözüm sonucu elde edilen S-dalgası hız derinlik profili.

şlaşılabilir ve özel problemler olarak bilinen üç farklı durum için modelleme sonuçları aşağıda verilmiştir. Dispersiyon eğrilerinin modellenmesi Rix ve Lai (1998) tarafından geliştirilen ve temeli yansım/iletim katsayısı (Reflection/Transmission-R/T) tekniğine bağlı olan etkin ve yüksek frekanslarda kararlı bir çözüm sunan (Hisada, 1995) algoritması kullanılarak hesaplanmıştır. Dispersiyon eğrisi kullanılarak dalga denklemi çözümünü gerektiren sayısal yöntemler yerine, her bir alıcı için farklı hız ve frekanslı harmoniklerin üst üste toplamı (mod toplamı) ile sadece yüzey dalgalarını içeren yapay sismogramlar aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir (Aki ve Richards, 1980).

$$S(t, x) = \sum_{i=1}^n a_0 e^{-\alpha \left(t + \frac{x}{V_R(f_i)} \right)} \sin \left(2\pi f_i \left(t + \frac{x}{V_R(f_i)} \right) \right)$$

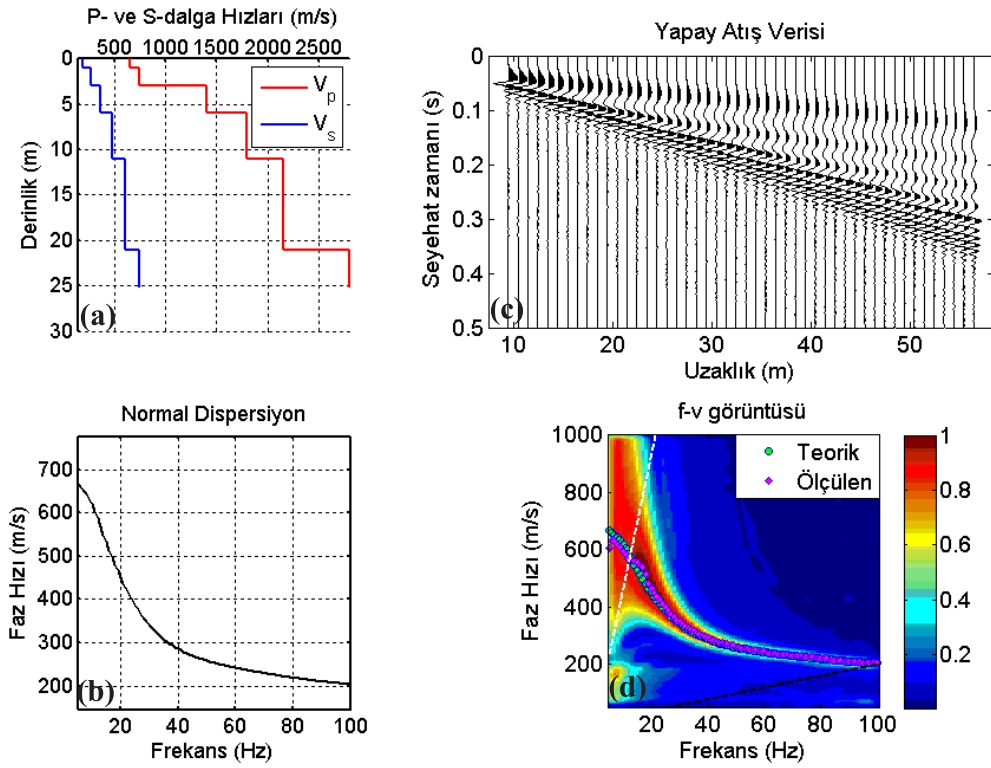
Burada, V_R Rayleigh dalgası faz hızını, f_i frekans vektörünü, x alıcı uzaklıklarını, α sönüm, a_0 başlangıç genliğini göstermektedir.

Şekil 27a'da hızın derinlikle arttığı bir yer modeli için hesaplanan dispersiyon eğrisi Şekil 27b'de gösterilmektedir. Dispersiyon eğrisinin karakterine göre Rayleigh dalgası faz hızı frekansla azalmaktadır. Modellemede ihtiyaç olan yoğunluk bilgisi Uyanık ve Çatlıoğlu (2010) tarafından geliştirilen $\rho = 0.76 \cdot (V_p \cdot V_s)^{0.074}$ ilişkisi kullanılmıştır. Hızlar m/s biriminde kullanılması durumunda yoğunluk değeri gr/cm^3 olarak hesaplanır. Bu dispersiyon eğrisi kullanılarak mod toplama tekniği ile 48 izli yapay atış verisi hesaplanmıştır (Şekil 27c). Bu veriden faz kayması tekniği ile f-v görüntüsü elde edilmiş (Şekil 27d) ve bu görüntü üzerinde teorik (yeşil noktalı)-yeniden (mor noktalı) piklenen dispersiyon eğriler gösterilmiştir. Teorik ve yeniden piklenen dispersion eğrileri yüksek uyumludur. Bu modelden anlaşıldığı üzere, tam olarak normal dispersiyon gösteren bir dispersiyon eğrisinin ters çözümünden elde edilecek S-dalgası hız-derinlik profilinde hızın kademeli olarak derinlikle artması beklenir. Burada dikkat edilmesi gereken husus, dispersiyon eğrisinin kaç tabakalı bir başlangıç modeli ile temsil edileceğidir. Genel olarak dispersiyon eğrisinin her bir frekans-hız ikilisi bir dalga boyuna ve dolayısıyla bir derinliğe karşılık gelir. Dolayısıyla veri sayısı kadar tabaka içeren bir

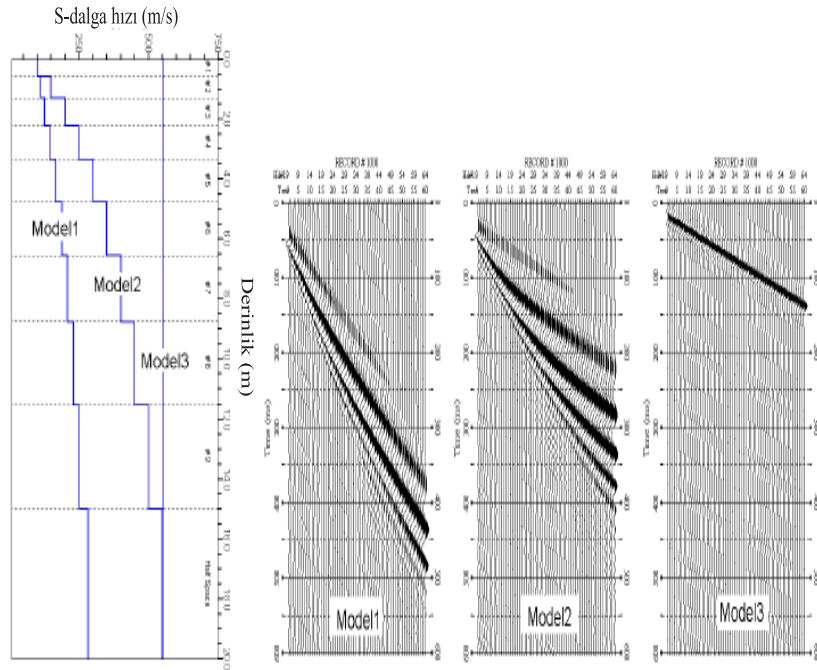
yer modeli oluşturulabilir. Ancak bu çok gerçekçi olmayacağı gibi, ters çözüm işleminin işlem hacmini ve zamanını gereksiz yere artırır. Bu nedenle eğrisinin genel karakterinden yararlanarak birbirine yakın eğimler tek bir ortalama hız ile temsil edilebilir.

Şekil 28 üç farklı S-dalga hızı-derinlik modeli için yüzey dalga alanı modellenmesinin sonuçları verilmiştir. Model 1 ve Model 2' deki hız-derinlik modellerinin her ikisi de normal dispersif bir yer modelini göstermektedir. Ancak Model 1'deki hız artım miktarı Model 2'ye göre daha yavaş olduğundan 100m/s'den başlayıp 250m/s'ye ulaşırken, Model 2'deki artım daha hızlı olup 500 m/s'ye ulaşmıştır. Buna karşılık Model 3'de herhangi bir hız değişimi yoktur (sabit hız), yani ortam dispersif değildir. Elde edilen sentetik yüzey dalga alanlarına bakıldığında, Model 1 için yüzey dalga alanının oluşturduğu yelpaze genişliği hızın derinlikle değişimi ile doğru orantılı olarak, Model 2'dekine göre daha dardır ve beklenen bir durumdur. Model 3'de hız sabit olduğundan dalga alanı dispersiyona maruz kalmaz ve dolayısıyla hesaplanan yüzey dalga alanında bütün frekanslı bileşenler aynı hızda yayılır.

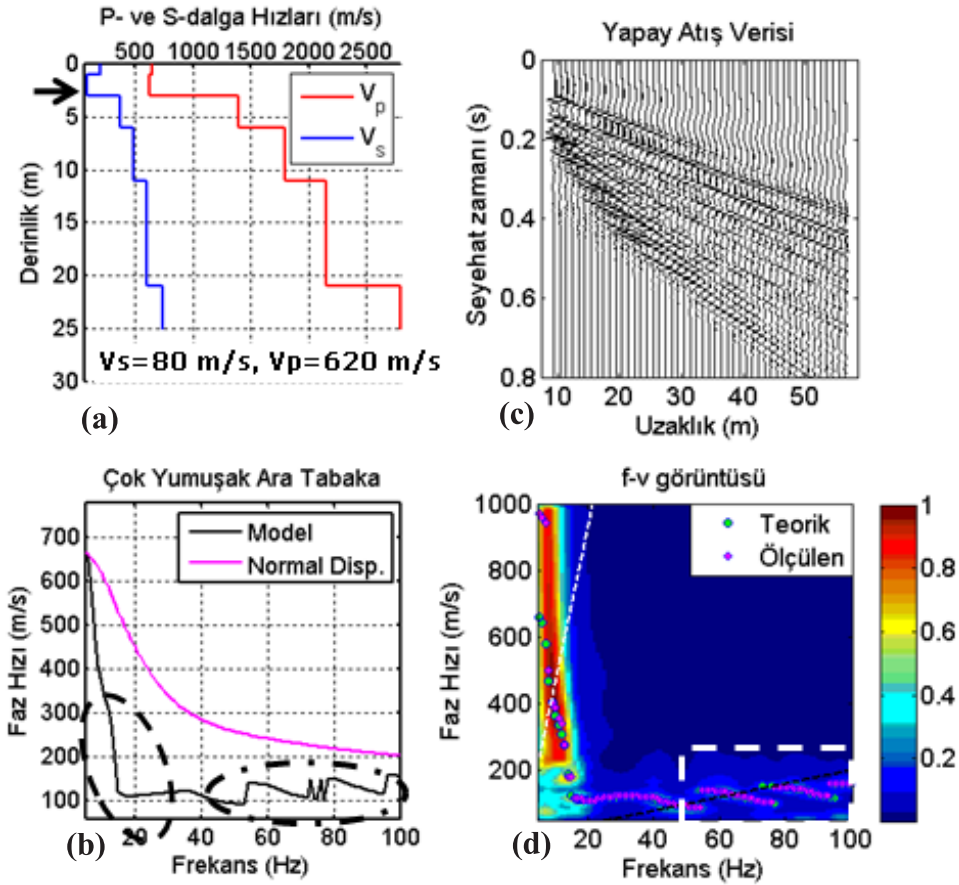
Şekil 29 genellikle yüksek hızlı tabaka arasında düşük hızlı tabakaların olması durumunda karşılaşılan yumuşak ara tabaka (soft layer) modelini göstermektedir. Şekil 27a'daki model Şekil 27a'daki modelindeki yüzey tabakasının altına bir düşük hızlı tabaka koyulması ile elde edilmiştir ve bu tabakanın hızı altındaki tabakanın hızından da düşüktür (Şekil 27a, ok ile gösterilen). Bu model için hesaplanan dispersiyon eğrisinin (Şekil 27b, siyah çizgi) yüksek frekanslara doğru sürekliliği bozulmuş ve hatta normal dispersiyon eğrisinden (Şekil 27b, pembe çizgi) oldukça uzaklaşmıştır. Faz hızı düşük frekans bölgesinde hızlı bir şekilde düşük hızlara düşer. Aynı zamanda dispersiyon eğrisinin sürekliliği bozulur. Bu dispersiyon eğrisi için hesaplanan dalga alanının da oldukça karmaşık olduğu açıkça görülmektedir (Şekil 29c) ve hız çok düşük olduğundan yüzey dalga alanının tüm bileşenleri belirlenen kayıt süresinde tam olarak kaydedilememiştir. Bu yapay veri için faz kayması tekniği ile hesaplanan frekans-hız görüntüsü üzerinde temel mod enerji alanı yüksek frekanslara doğru parçalı sürekli (zig-zag) şeklinde görülür (Şekil 29d).



Şekil 27. Hızın derinlikle arttığı bir yer modeli dispersiyon ve ÇKYD atış verisi modellenmesi.



Şekil 28. Farklı yer modelleri için elde edilen ÇKYD modellenmesi. Model 1'de derinlikle hız değişimi az, Model 2'de daha fazla ve Model 3'de hız değişimi yoktur (URL-3'den düzenlenerek).

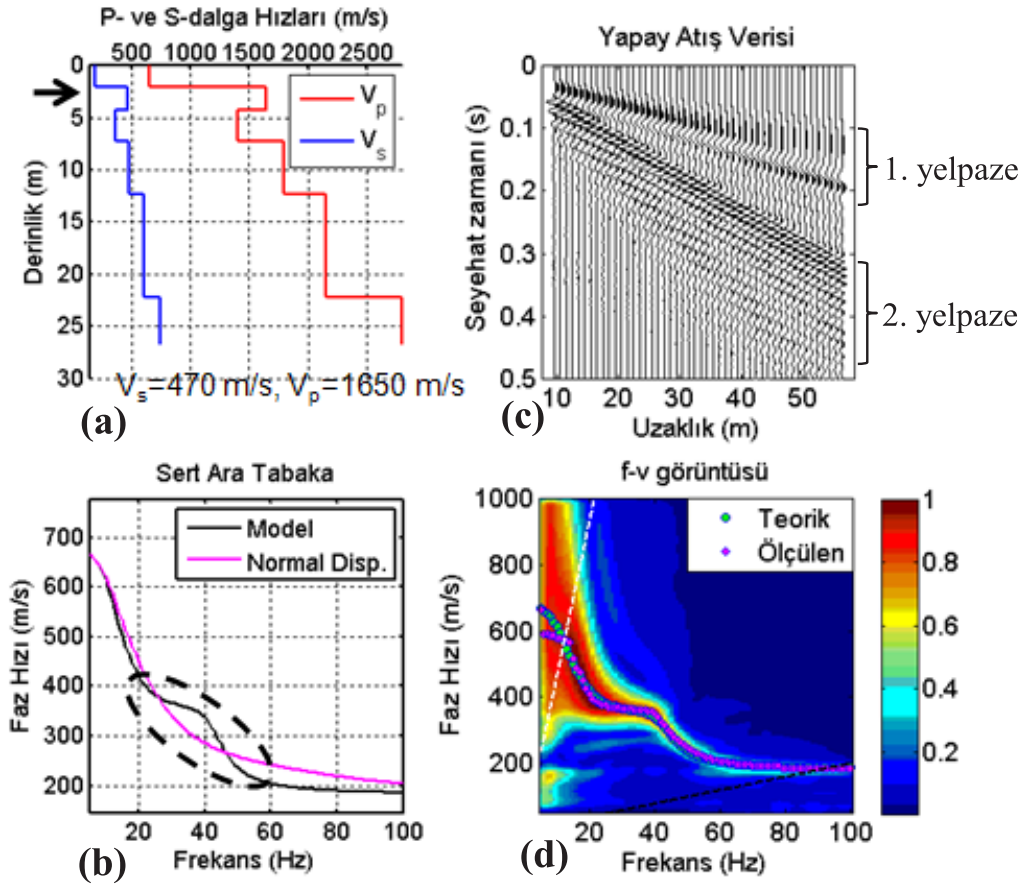


Şekil 29. Yumuşak ara tabaka olma durumunda dispersiyon eğri modellemesi.

Hızın ani olarak derinlikle artması ve sonra tekrar azalması, sert ara tabaka (stiff layer) modelidir (Şekil 30a, ok ile gösterilen). Bu model için dispersiyon eğrisi frekansla azalan ve artan şekilde ondülasyonlu bir davranış gösterir (Şekil 30b, siyah çizgi). Bununla birlikte, yüksek frekanslarda tekrar temel moda dönüş olmaksızın yüksek modlara bir geçiş olabilir. Bu durum mod tanımlamada hatalara neden olabilir. Yüzey dalgalarının dispersiyonu atış kayıtları üzerindeki ayırık yelpaze şeklinde görülmeleri (Şekil 30c) bu tür tabakalara işaret edebilir. Çünkü ani hız artması yüzey dalga bileşenlerinin bazılarını daha hızla yayılmasına ve daha erken zamanlarda kaydedilmesini sağlar. Bu tür verilerde dispersiyon eğrisi genellikle sürekli olur (Şekil 30d), ancak temel mod ve yüksek mod enerji karışımından dolayı dispersiyon eğri ayrırlılığı yeterli olmayabilir.

2.4. ÇKYDA YÖNTEMİNDE 2B'LU Vs-DERİNLİK KESİTİNİN ELDE EDİLMESİ

ÇKYDA yönteminde çoğunlukla 1B'lu S-dalga hızı-derinlik profili elde edilerek ilgili zemin hakkında jeoteknik değerlendirme yapılmaktadır. Bu değerlendirme yapılırken, verinin toplandığı profil boyunca (uzaklık veya yanal olarak) araştırılan zeminin yapısında, litolojisinde ve fiziksel özelliklerinde bir değişim olmadığı, yani zemini oluşturan her bir tabakanın kendi içinde homojen ve izotrop olduğu kabul edilir. Ancak iyi bilinmektedir ki, profilden profile değişimler olabileceği gibi, profiller içinde de yanal yönde yapısal, litolojik ve fiziksel değişimler gözlenmektedir. Bu nedenle, aynı yüzey profilinde ardı sıra serimlerden elde edilen 1B'lu S-dalgası-hız derinlik profilleri birleştirilerek 2B'lu S-dalgası-derinlik kesitleri hazırlanır ve böylece sadece derinlik boyutunda

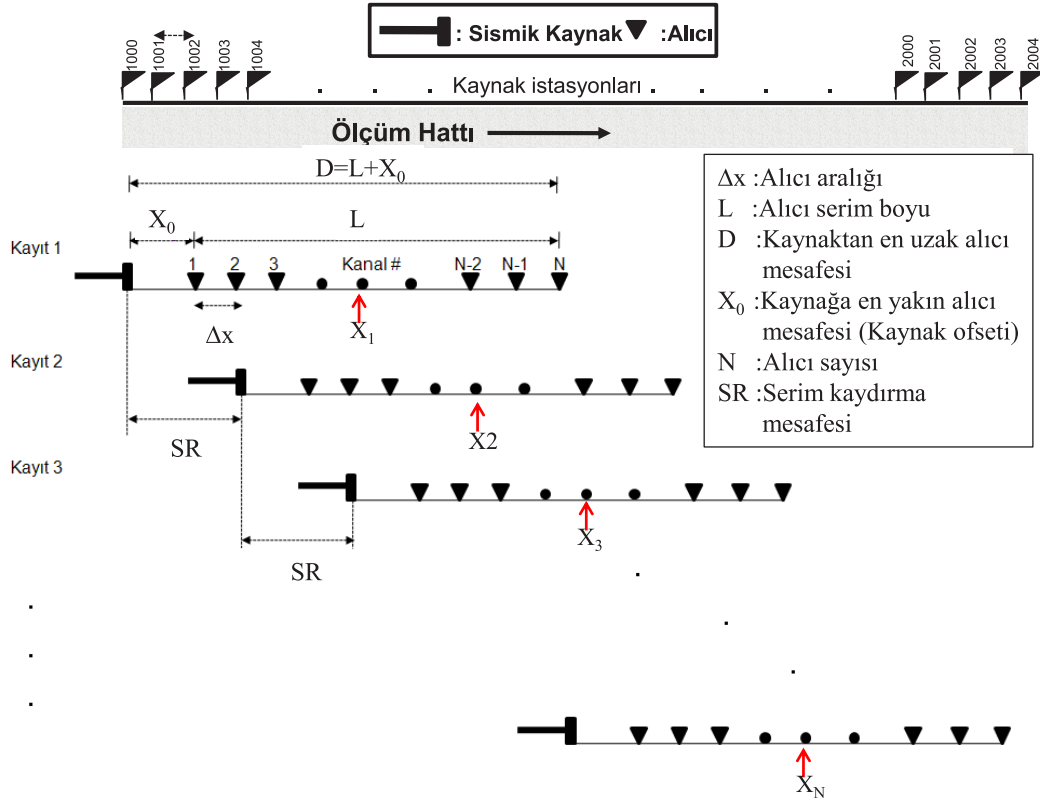


Şekil 30. Sert ara tabaka olma durumunda dispersiyon eğri modellemesi.

değil uzaklık boyutunda da zeminin jeoteknik değerlendirilmesi yapılabilir. 2B'lu kesitler yeraltı boşluklarının, yanal süreksizliklerin, litolojik değişim, sızıntı su seviyelerinin belirlenmesi gibi sığ yeraltı problemlerinin çözümünde de çok yararlı olmaktadır. 2B'lu kesitin elde edilebilmesi için profil boyunca ardı sıra atışlar yapılır (Şekil 31) ve her bir atış kaydının ters çözümü her bir serimin orta noktasına yerleştirilir (Şekil 32). Böylece uzaklık boyunca elde edilen S-dalga hızı-derinlik değişimi haritalanarak 2B'lu yer altı görüntüsü elde edilir.

Profil boyunca serimleri kaydırma aralığı (SR) problemin şartlarına (incelenecek profil uzunluğu ve incelemenin detayı, yüzey jeolojisine göre yanal yönde litolojik değişkenliğin derecesi, süreksizliklerin durumu, yüzey topoğrafyası, vb. gibi) göre değişebilir. Kesin bir kural olmamakla birlikte, SR mesafesi

bir profil boyunca birbiri ile örtüşmeyen bağımsız serimler şeklinde veya bir sonraki atış noktası bir önceki serimin herhangi bir noktasına koyulacak şekilde olabilir. Mesela, atış düzeninde $X_0 = 4 \cdot \Delta x$ olarak belirlenmiş ise, bir sonraki kaynak noktası $SR = X_0/2$, $SR = X_0$ veya $SR = L/2$ olacak şekilde ilerletilebilir. Bu uzaklık uygulayıcının tecrübesine, iş gücü ve zamanına bağlıdır, ancak atış düzeninin bir sistematik içinde olmasına özen gösterilmelidir. Bununla birlikte, elde edilen kayıtların ters çözüm sonuçları genel kabul olarak tüm serimi (ilk alıcı ile son alıcı arası mesafe, L) temsil edeceği düşüncesiyle serimin orta noktasına (L/2) atanır (X_1, X_2, \dots, X_N noktaları). Şekil 32 bir profil boyunca birbiriyle örtüşmeyen SR mesafelerinde alınmış kayıtların ters çözümlerinin birleştirilmesi ile iki boyutlu S-dalga hızı-derinlik haritasının elde edilmesini göstermektedir. Şekil 31 ve Şekil 32'ye göre X_1, X_2, \dots, X_N orta noktaları arasındaki boş-

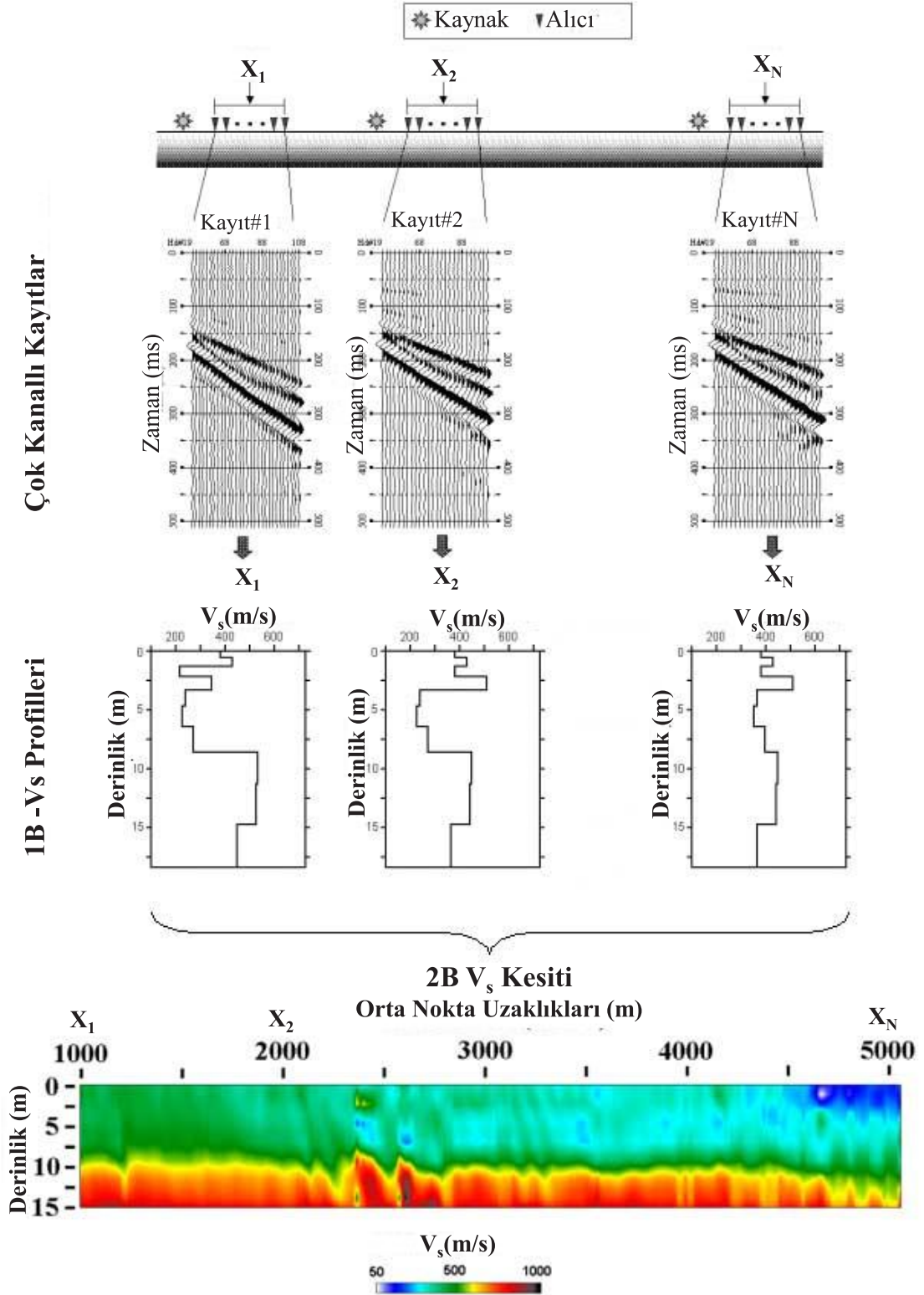


Şekil 31. ÇKYDA yönteminde 2B'ly yer kesiti için atış düzenleri. X_0 =yakın alan etkisi, fakat daha iyi sığ görüntüleme, Uzun X_0 =Uzak alan etkisi, fakat daha iyi derin görüntüleme. X_1, X_2, \dots, X_N serimin orta noktalarını göstermektedir (URL-3'den düzenlenerek).

luklar aradeğer bulma teknikleri ile (iki boyutlu interpolasyon) doldurulur. Bu işlemin güvenilirliği orta noktaların birbirine ne kadar yakın olduğu ile doğrudan ilişkilidir. 2B'ly Vs kesitinden hız değişimlerine göre hem yanal hem de düşey yöndeki jeoteknik değerlendirme (sıklık, katılık, vd.) yapılabilir. Bununla birlikte temel kaya topoğrafyasının yanal yöndeki değişimi de açık olarak görülmektedir (~10m derinlikte yeşil-sarı renklerin ayrım sınırı).

Şekil 31'deki atış düzenine göre yapılmış bir zemin incelemesi çalışması sonucu elde edilen 2B'ly Vs-derinlik kesiti Şekil 33'de sunulmuştur. Bu örnek kesit, Trabzon-Uzungöl Beldesi'nde tarihsel bir heyelandan sonra oluşmuş bir alanda biriken heyelan malzemesinin jeoteknik özelliklerinin ve heyelan malzemesinin üzerine biriktiği temelin topoğrafyasının belirlenmesi amacıyla yapılmış olan çalışmadan

bir profil verisinin sonucudur. Bu kesit profil boyunca sismik yansıma amaçlı toplanan verinin yüzey dalgasının analizi sonucunda üretilmiştir. Veri toplamada 24 adet 40Hz'li alıcılar, alıcı aralığı, ilk alıcı uzaklığı $X_0=2m$, $\Delta x=2m$, atış aralığı, SR=1m, örnekleme zamanı, $\Delta t=0.5ms$ ve kayıt süresi T=1s olarak kullanılmıştır. Verinin S/G oranını artırmak için her atış noktasında 3 vuruş yapılmış ve toplam 25 atış verisi kaydedilmiştir. Kaydedilen her bir veri ÇKYDA yöntemi esaslarına göre değerlendirilerek 1B'ly Vs-derinlik profilleri hesaplanmış ve Şekil 32'de belirtildiği üzere her bir serimin orta noktasına atanmıştır. Yansıma ölçümleri belirlenen profilin 11. metresinden başlatılmış ve serim 1m aralıklı kaydırılmıştır. Dolayısıyla, elde edilen ilk 1B'ly Vs-derinlik profili 35m'de olmak üzere son 1B'ly Vs-derinlik profili 59m'ye yerleştirilmiştir. 24m'lik bir genişlik için 2B'ly Vs-derinlik kesiti oluşturulmuştur.

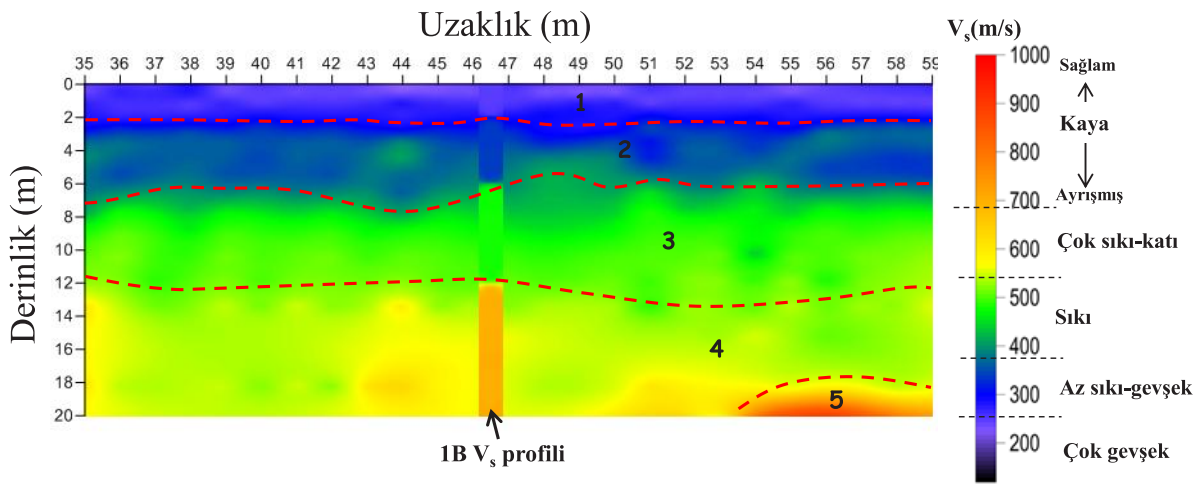


Şekil 32. 2B'lu S-dalga hız haritasının elde edilmesi (URL-3'den düzenlenerek).

Bununla birlikte, karşılaştırma ve 2B'li kesitin güvenilirliğini teyit etmek amacıyla, aynı profilde 4.5Hz'li alıcılar, ilk alıcı, $X_0=12\text{m}$, $\Delta x=3\text{m}$, $\Delta t=1\text{ms}$ ve $T=1\text{s}$ olacak şekilde ÇKYD verisi toplanmış ve bu verinin ters çözümü yapılmıştır. Elde edilen 1B'li V_s -derinlik profili kaynak-alıcı geometrisine göre 46.5m'ye yerleştirilmiş ve Şekil 33'de düşey kolon olarak gösterilmiştir. Açıkça görüldüğü üzere, 2B'li kesit ve 1B'li profil tam olarak uyumludur. Ayrıca, aynı profil üzerinde 7 atış ile toplanan sismik kırılma verilerinin ilk varış zamanlarının tomografik ters çözümleri ile P-dalgası hız-derinlik dağılımı elde edilmiştir. Elde edilen bu hız-derinlik değerlerinin dağılımına göre yapılan jeoteknik değerlendirme Şekil 33'deki renk kolonu üzerinde belirtilmiş ve Tablo 3'de özetlenmiştir.

2.5. NEDEN ÇKYDA YÖNTEMİ?

Bu sorunun cevapları aşağıda özetle sıralanmıştır. Ayrıca Şekil 34 bir mekanik sondaj ile ÇKYDA yöntemi arasındaki farklılığı açıklamaktadır. Şekle göre, iki noktadan sondaj verilerine göre belirlenen taban kaya topoğrafyası eğimli düzgün bir yüzey olarak belirlenirken, 2B'li ÇKYDA sonuçlarından bu taban kaya topoğrafyasının aslında topoğrafik olduğu açıkça görülmektedir. Bununla birlikte, mekanik sondajın çoğunlukla kesin çözüm olarak değerlendirilmesi ile birlikte, zemini ve taban kaya topoğrafyasını tam olarak tanımlayabilmek için çok noktadan sondaj yapılması gerekliliği, maliyetli, zaman alıcı ve çevreye zarar verici olduğu da göz önüne alınmalıdır.



Şekil 33. 2B'li S-dalgası hız-derinlik haritası ve jeoteknik değerlendirme (Şenkaya vd., 2016).

Tablo 3. Çalışma alanına ait bir profilden elde edilen P- ve S-dalgası hızlarına göre litolojik ve jeoteknik değerlendirme. Litolojik bilgi, çalışma sahasında DSİ (1982) tarafından açılmış olan bir sondaj kuyusundan elde edilmiştir.

Birim No	Ana Birimler	Litoloji-Jeoteknik	h(m)	Vp (m/s)	Vs(m/s)
1	Tarımsal toprak	Çok gevşek çakıllı - siltli kil	0-2.5	300-480	180-250
2	Heyelan Malzemeleri	Az sıkı çakıllı - kil	2.5-7	480-1100	250-380
3		Sıkı siltli - çakıllı kil	7-15	1100-2000	380-550
4		Çok sıkı ve katı çakıllı - kil veya ayrılmış kaya (veya yumuşak kaya)	15-20	2000-3200	550-700
5	Ana kaya	Sert - çok sert bazalt	>~20	>3200	>700

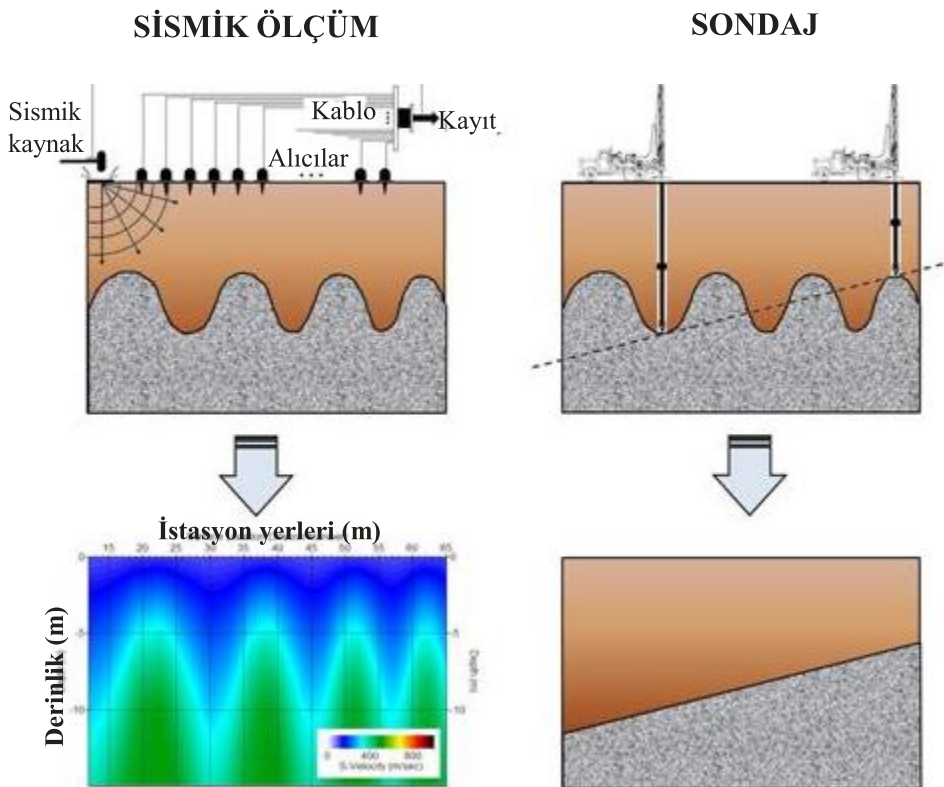
Ancak bunun yerine ÇKYDA yöntemi ile yüzeyden yapılacak taramalarla yer altı yapısı ayrıntılı olarak görüntülenebilir ve hem mekanik sondajların sayısı azaltılır hem de hangi yerlere ve kaç metre olması gerektiği yönünde sınırlamalar yapılabilir. Sonuç olarak neden ÇKYDA yöntemi? Çünkü,

- Yüzey dalgalarını oluşturmak kolay,
- Gürültü alanlarında kullanılabilir,
- Yüksek ayrımlı görüntüleme sağlanabilir,
- Zarar vermez ve kuyu açmayı gerektirmez,
- Hız terslenmesi durumlarına duyarlı,
- Yanal hız değişimlerine duyarlı,
- Asfalt ve sanayi alanlarında kullanılabilir,
- Kuyu içi S-dalga hızı ölçümlerine altlık oluşturur,
- Diğer jeofizik tekniklere altlık oluşturur.

Burada anlatılmak istenen, salt olarak iki noktadan sondaj bilgisi ile bir sahayı tam olarak açıklamanın

yetersiz olduğudur. Sondajlardan alınan karotlar sayesinde litolojik kolon tanımlanır, ancak bunun yanal yödeki devamlılığının ne olduğu halen daha açıklanması gereken bir soru olarak kalır. Bunun ötesinde, özellikle heyelan çalışmalarında kayma düzeleminin topoğrafyasının, ana kayanın düzensizlik gösterdiği alanlarda ana kaya topoğrafyasının belirlenmesi çalışmalarında alanın büyüklüğüne göre onlarca sondaj gerekebilir. Yani birkaç sondaj yeterli değildir. Dolayısıyla, sismik ölçümlerle yüzeyden alan taraması yapılarak yeraltının geometrisinin detaylı belirlenmesi hem maliyeti azaltacaktır, hem de sondaj çalışmalarını daha nitelikli olarak yönlendirecektir.

Bir sondaj kuyusunun hemen başında yapılan bir sismik ölçüm (P-dalgası ilk varış tomografisi ve ÇKYDA) çalışmasından elde edilen bilgilerle ve sondaj sonuçlarının karşılaştırıldığı Yılmaz vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen örnek çalışmadan bir profille ait sonuç Şekil 35'da sunulmuştur.

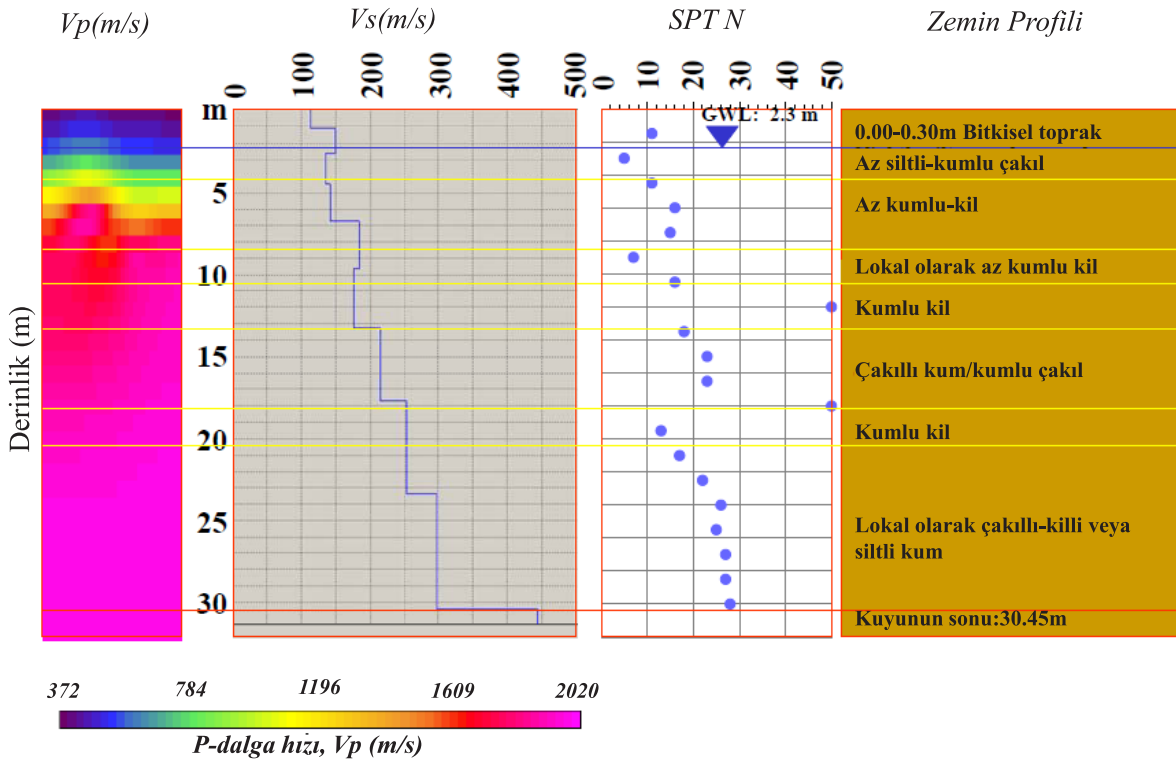


Şekil 34. ÇKYDA yöntemi ve sondaj arasındaki farklılık (URL-3'den düzenlenerek).

Çalışmada 30m derinliğe kadar zemin profilinin jeofizik ve jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için 48 adet 4.5Hz'li alıcılar 2m aralıklı olarak kullanılmış. 50kg'lık elektromekanik ivmeli ağırlık düşürme kaynağı kullanılmıştır ve her bir atış noktasında 3 düşey yığma yapılmıştır. Kayıtlar, 1ms örnekleme aralıklı olarak 2saniye süre ile kaydedilmiştir. Atış kaydından temel mode dispersiyon eğrisi elde edilerek ters çözümü yapılmıştır. Bununla birlikte, aynı profilde toplanan sismik kırılma verilerinden belirlenen ilk varış zamanlarının tomografik ters çözümünden P-dalgası hız-derinlik kesiti de elde edilmiştir. Ayrıca, sondaj kuyusu boyunca 1.5m aralıklı SPT (Standart Penetration Testing) verisi toplanmıştır. Şekil 35 jeoteknik sondaj verileri ile sismik hızların korelasyonu göstermektedir. S-dalgası hızları ile SPT N değerleri arasında görülen bazı farklılıkların önemli bir nedeni, S-dalgası hız-derinlik

profilinin alıcı serimi boyunca yanal ortalamayı temsil ederken, SPT N değerlerinin sondaj kuyusunun kendisinde ölçülmüş olmasıdır. Dolayısıyla, S-dalgası hızları ile SPT N değerleri karşılaştırılırken veya sonuçların yorumu yapılırken yanal heterojenite (kaba alıcı serim boyunca P-dalgası hızı-derinlik modeli ile belirlenen) ve sondaj kuyusu şartlarının dikkate alınması gerekir.

Bu tür çalışma örnekleri artırılabilir. Buradan anlaşıldığı üzere, sismik ölçüm yöntemleri ve özelde ÇKYDA yöntemi, uygulama ilkelerine dikkat edilerek kullanıldığı sürece mühendislik problemlerinin çözümüne yönelik jeoteknik çalışmalar için son derece yararlıdır. Her şeyden önce proje maliyetlerini azaltır, çevreye zarar vermeden zemin kolonu hakkında yüksek güvenilirlikte bilgi edinilir ve projede süresince zeminle ilgili problemlerin çözümlerinde yol gösterici olacaktır.



Şekil 35. Sismik ve jeoteknik sondaj kuyusu sonuçlarının karşılaştırmalı sunumu. Soldan sağa: P-dalgası hız-derinlik modeli, S-dalgası hız-derinlik profili, 1.5m aralıklarda ölçülen düzeltilmemiş SPT N değerleri ve jeoteknik sondaj kuyusundan zemin profilinin basitleştirilmiş şekli. Sarı, mavi ve kırmızı yatay çizgiler sırasıyla, jeoteknik sondaj kuyusu bilgilerine bağlı olarak zemin kolonu içindeki tabaka sınırlarını, yeraltı su seviyesini (GWL, bu seviye uzunca bir sürede ölçülmemiştir) ve sondaj kuyusunun sonunu göstermektedir.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Aki K., Richards, P.G., 1980. Quantitative Seismology. Theory and Methods. W.H. Freeman & Co.
- Anderson, N., Croxton, N., Hoover, R., Sirles, P., 2008, Geophysical methods commonly employed for geotechnical site characterization, Transportation Research Board, Exploration and Classification of Earth Materials Committee, Washington.
- CEN, 2004. Eurocode 8-design of structures for earthquake resistance. Part 1: general rules. (December 2004) Seismic Actions and Rules for Buildings. European Standard EN 1998-1. European Committee for Standardization, Brussels.
- Dikmen, Ü., Arısoy, M.Ö., Akkaya, İ., 2010. Offset and linear spread geometry in the MASW method, Journal of Geophysics and Engineering, 7, 211-222.
- Dorman J., Ewing, M., Olivier J., 1960. Study of the shear-velocity distribution in the upper mantle by mantle Rayleigh waves. Bulletin of the Seismological Society of America 50, 87-115.
- Dorman, J., Ewing, M. 1962. Numerical inversion of seismic surface waves dispersion data and crust-mantle structure in the New York-Pennsylvania area. Journal of Geophysical Research 67, 5227-5241.
- DSİ, 1982. Of Solaklı projesi Uzungöl 1 ünitesi mühendislik jeolojisi raporu (planlama aşaması), Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Turkey
- Foti, S., Parolai, S., Albarello, D., Picozzi, M., 2011. Application of Surface-Wave Methods for Seismic Site Characterization, Survey Geophysics, 32, P. 777-825.
- Hisada, Y., 1995. An efficient method for computing Green's Functions for a layered half space with sources and receivers at close depths (Part2): BSSA, 84, 1456-1472.
- IBC, 2009. International Building Code (IBC) Council, INC.
- Lai, C.G., ve Rix, G.J., 1998. Simultaneous Inversion of Rayleigh Phase Velocity and Attenuation for Near-Surface Site Characterization: Georgia Institute of Technology, School of Civil and Environmental Engineering, Report No. GIT-CEE/GEO-98-2, 258 pp.
- Keçeli, A., 2012. Neden Jeofizik Mühendisliği etütleri zemin etütlerinde zorunlu olmalı, Jeofizik, 17, 13-24.
- Louie, J.N., 2001. Faster, better, shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays: Bulletin Seismological Society of America, 85, 900-922.
- Miller, R.D., Xia, J., C. Park, Ivanov, J., Geier, N., Lafren, D. 1999. Using MASW to map bedrock in Olathe, Kansas: Kansas Geological Survey Open-file Report 99-9.
- Nazarian S. ve Stokoe II K.H., 1984. In situ shear wave velocity from spectral analysis of surface waves. Proceedings of the 8th Conference on Earthquake Engineering- San Francisco, Vol. 3, pp. 31-38. Prentice-Hall, Inc.
- Nazarian S. ve Stokoe II K.H., 1986. Use of surface waves in pavement evaluation. Transp. Res. Rec. 1070, 132-144.
- NEHRP, 1997. National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP) Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings and Other Structures, Part 1: Provisions, Building Seismic Safety Council, Washington, D. C., p.337.
- Okada, H., 2003. The microtremor survey method. In: Fitterman DV (ed) Geophysical Monograph Series. Society of exploration geophysicist, p 135.
- Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J., 1999. Multichannel Analysis of Surface Waves: Geophysics, 64, 800-808.
- Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J., Ivanov, J., 2004. Imaging dispersion curves of passive surface waves: SEG Expanded Abstracts: Soc. Explor. Geophys., (NSG 1.6), Proceedings in CD ROM.
- Park, C.B., Miller, R.D., Xia, J., Ivanov, J., 2007. Multichannel Analysis of Surface Waves (MASW)-active and passive methods, The Leading Edge.

- Ryden, N., Park, C.B., Ulriksen, P., Miller, R.D., 2004. Multimodal approach to seismic pavement testing. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 130 (6), 636–645.
- Strobbia, C., 2002. Surface wave method: acquisition, processing and inversion. PhD dissertation, Politecnico di Torino.
- Socco, L.V., Strobbia, C., 2004. Surface wave methods for near-surface characterisation: a tutorial. *Near Surface Geophysics* 2(4), 165–185.
- Socco, V.L., Foti, S., Boiero, D., 2010. Surface-wave analysis for building near-surface velocity models-Established approaches and new perspectives, *Geophysics*, 75, 75A83-75A102.
- Strobbia, C., 2003. Surface wave methods: acquisition, processing and inversion, Politecnico di Torino, Italy.
- Strobbia, C., Foti, S., 2006. Multi-offset phase analysis of surface wave data (MOPA). *J Appl Geophys* 59:300–313
- Suzuki, H., Hayashi, K., 2003. Shallow S-wave velocity sounding using the microtremors array measurements and the surface wave method, *Proceedings of the Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems (SAGEEP)*, Environmental and Engineering Geophysical Society, Denver, CD-ROM, 1371-1376.
- Şenkaya, G., Karşlı, H., Şenkaya M., Güney, R., 2016. Investigation of Structural and Geotechnical Characters of Materials Deposited By a Historical Landslide: Trabzon-Uzungöl Example, *International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management*, Extended Abstract Book, P. 550-555, 2-4 March 2016 Karabük, Turkey.
- Uyanık O., Çatlıoğlu, B. 2010. Determination of density from seismic velocities, the 19th International Geophysical Congress and Exhibition of Turkey 23 – 26 November Ankara / Turkey
- Yalçınkaya E., 2010. Zemin neden bu kadar önemli?, *Jeofizik Bülteni*, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- Yılmaz, Ö. ve Eser, M., 2002. A unified workflow for engineering seismology: 72nd Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1496-1499, <http://dx.doi.org/10.1190/segam2012-0020.1>.
- Yılmaz, O., Savaskan, E., Bakir, S., Yılmaz, T., Eser, M., Akkar, S., Tuzel, B., İravul, Y., Özmen, O., Denizlioglu, Z., Alkan, A., Gurbuz, M., 2011. Shallow Seismic and Geotechnical Site Surveys at the Turkish National Grid For Strong-Motion Seismograph Stations, 1. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, 11-14 Ekim 2011, ODTÜ, Ankara.
- Yılmaz, Ö., 2015. Engineering Seismology with Applications to Geotechnical engineering, SEG.
- Xia, J., Miller, R.D., Park, C.B., 1999. Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh wave. *Geophysics*, 64(3), 691-700.
- Zywicki, D.J., 1999. Advanced signal processing methods applied to engineering analysis of seismic surface waves. PhD thesis at Georgia Institute of Technology.
- URL-1:http://users.ntua.gr/gbouck/downfiles/geot_earthquake_eng_Ch1-INTRO-ADERS-13.pdf
- URL-2: http://tasaclips.com/animations/amplification_of_seismic_waves.html
- URL-3:<http://www.kgs.ku.edu/software/surfseis/active.html>
- URL-4:<http://www.parkseismic.com/WindTurbine.html>

SİSMİK HIZLARDAN TAŞIMA GÜCÜ BAĞINTISININ GELİŞİMİ VE İKİ BOYUTLU TAŞIMA GÜCÜ GÖRÜNTÜSÜ

Osman UYANIK

Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fak. Jeofizik Mühendisliği Bölümü Isparta
osmanuyanik@sdu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada 1988 yılından günümüze değin sismik hızlardan taşıma gücü bağıntılarının gelişimi irdelenmiş ve araştırmacıların en son ürettiği bağıntılar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma işlemi kil türü zeminlerden elde edilen veriler üzerinden yapılmıştır. Ayrıca klasik yöntemin uygulanamadığı ponza türü zeminler de ise sadece sismik hızlardan elde edilen taşıma gücü sonuçları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar araştırmacıların tavsiye ettiği yoğunluk, güvenlik katsayısı ve temel faktörü gibi parametreler dikkate alınarak yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmada sismik kırılma çalışmasından elde edilen yeraltı 2 boyut görüntüsünden yerin 2 boyutlu taşıma gücü görüntüsü elde edilebileceği gösterilmiştir.

GİRİŞ

Her malzemenin bir taşıma kapasitesi vardır. Barınma ihtiyacı duyan insanoğlu toprak ya da kaya malzemeler üzerine barınaklar yapmışlardır. Zamanla bu barınaklar kompleks hale gelmiş ve mühendislik parametrelerine ihtiyaç duyulmaya başlanılmıştır. Bunlardan biri yapının temelidir. Temel yapıdan gelen tüm yükleri zemine doğrudan aktaran birimdir. Tüm yükler zemine aktarıldığı için zeminin bu yükleri taşıyıp taşıyamayacağı önemli hale gelmektedir. Bu yüzden bir yapının temelinin sağlıklı oluşturulabilmesi için yapıdan gelen yüklere karşı zeminde meydana gelebilecek oturma değerlerinin güvenlik

sınırları içerisinde olması ve zeminin kaymaya karşı mukavemeti oluşturulmalıdır. Bu durum statik haldeki yapı için geçerli olduğu kadar deprem anında yapıya eklenen yükler ve zemindeki deformasyonlar dikkate alınarak da geçerliliği sağlanmalıdır. Aksi halde yapı depremde hasar görecektir. Bu durumda zemin statik ve dinamik halde iken zeminin taşıyacağı en büyük yüke taşıma gücü ve belirli bir güvenlik katsayısına bölünmesi sonucunda elde edilen parametreye güvenli taşıma gücü denir.

Statik anlamda taşıma gücü çalışmaları Rankine (1857) ile başlamıştır. Terzaghi (1925) çalışması Prandtl (1921) ve Reissner (1924)'in plastik denge kavramı üzerinden oluşturmuş ve yüzey temeller için zemin özelliklerine bağlı taşıma gücü belirlemiştir. Daha sonra birçok araştırmacı Terzaghinin deneysel bağıntısına farklı eklemeler yaparak geliştirmiştir. Terzaghi bağıntısı zeminin kayma direnç (kohezyon ve içsel sürtünme) parametrelerine bağlıdır. Bu yüzden zemin özelliklerini etkileyebilecek parametreler (Örneğin yapıdan gelen yükleme şartları, yeraltı suyunun varlığı ve su seviyesinin yüzeye yakınlığı, yapı temelinin boyutları vb.) dikkate alınmalı ve buna bağlı düzeltmeler yapılmalıdır.

Klasik yöntemin yanı sıra sismik hızlardan teorik ve deneysel taşıma gücü ve güvenli taşıma gücü formülleri geliştirilmiştir. Ülkemizde sismik hızlardan taşıma gücünü belirleme çalışmaları Ali Keçeli tarafından yaptırılan Türker (1988) doktora çalışması ile başlamıştır.

Bu çalışmada taşıma gücü belirlenirken P dalga hızı, zeminin yoğunluğu ve zeminin hakim titreşim periyodu, güvenli taşıma gücü ise güvenlik katsayısı olarak önerdiği V_p/V_s oranına bölerek elde edilmiştir. Keçeli (1990)'da Türker (1988) çalışmasındaki zemin hakim titreşim periyodu yerine 0.33 ya da 0.4s sabit bir değer kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Keçeli (2000)'de sismik hızlardan taşıma gücünü teorik olarak belirlemiş ve zeminin mukavemetini veren S dalga hızı kullanılarak hesaplanması ve zemin hakim titreşim periyodu yerine sabit ve eşit zaman aralığında incelenmesi gerektiğinden sabit olması gereken zaman değeri olarak 0.1s değerini belirleyerek kullanılması gerektiğini belirtmiş ve taşıma gücünü güvenlik parametresi olarak (V_p/V_s) bölerek güvenli taşıma gücünü belirlemiştir. Daha sonraki birçok çalışma Keçeli (2000) çalışmasına ekler yaparak sismik hızlardan taşıma gücü bağıntıları elde edilmiştir (Bkz Tablo 1) (Kurtuluş (2000); Türker (2004); Tezcan vd. (2006; 2007;2008); Keçeli (2010;2012)).

Klasik yöntemle göre sismik hızlardan taşıma gücü uygulama olarak hem pratik hem de ekonomiktir ve en kısa zamanda en çok veri üretimi sağlayabilmesi açısından da daha üstün olduğu açıktır. Sismik kırılma çalışması ile elde edilen yeraltı 2 ya da 3 boyutlu hız görüntüleri kullanılarak taşıma gücü ya da emniyetli taşıma gücü görüntüsü oluşturmak yani yeraltı hakkında hem yanal hem düşey yönde taşıma gücü değişimini sunmak ekonomik olarak sadece sismik çalışmalar ile mümkündür. Ayrıca sismik kırılma çalışması ile zeminin fiziksel, mekanik, elastik ve dinamik özelliklerini belirlenmesi açısından da diğer klasik yöntemlere nazaran üstünlüğü açıktır. Ek olarak klasik yöntemde yapılması gereken düzeltmeler sismik hızlardan belirlenen taşıma gücünde gerek yoktur. Çünkü sismik hızlar zeminin özelliklerine (kohezyon, içsel sürtünme, yeraltı suyu, sıklık-katılık vb. gibi) bağlı değişir.

Bu çalışmada ülkemizde öne çıkan sismik hızlardan taşıma gücü çalışmaları irdelenmiş ve saha verilerine bu çalışmalar uygulanarak hem klasik hem de sismik hızlardan taşıma gücü eşitliklerinin sayısal sonuçları bir grafik üzerinde karşılaştırılmıştır. Ayrıca sismik kırılma çalışmasından elde edilen 2 boyutlu hız görüntülerinden 2 boyutlu taşıma gücü ve güvenli taşıma gücü görüntüleri elde edilerek yeraltı hakkında detaylı taşıma kapasitesi sunulmuştur.

ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİLER VE TAŞIMA GÜCÜ BAĞINTILARI

Bu çalışmada kullanılan veriler arazi ve laboratuardan elde edilmiştir. Kil zeminine ait veriler Tezcan vd. (2006) ve Uyanık ve Çekmen (2009)'den ponza zeminine ait veriler de Uyanık ve Çekmen (2009)'den derlenmiştir. Kil zemine ait verilerden hem klasik yöntem hem de sismik hızlardan taşıma gücü hesaplamaları yapılarak karşılaştırılmıştır. Ponza zemin için klasik yöntem ile hesap yapılamamıştır. Çünkü yerinden numune almak ya da yerinde klasik yöntem ile deneyler (veyn, proktor vb. gibi) yapmak kısacası kayma direnç parametreleri elde edilemediği için klasik yöntem ile taşıma gücü hesaplanamamıştır.

$$q_f = cN_s S_c + \gamma DN_s S_q + 0.5\gamma BN_s S_\gamma \quad (1)$$
$$N_s = \exp(\pi \tan \varphi) \tan^2(45^\circ + \varphi/2), \quad N_q = (N_s - 1) \cot \varphi, \quad N_\gamma = 1.8(N_s - 1) \tan \varphi$$

Klasik taşıma gücü hesaplaması Eşitlik 1 de verilen Terzaghi ve Peck (1967)'den yapılmıştır.

Burada ; S_c , S_q , S_γ : şekil faktörleri, N_q , N_c , N_γ : Taşıma gücü faktörleri, B : Şerit temel genişliği, D : Temel derinliği, c : Zeminin kohezyon direnci, φ : Zeminin içsel sürtünme açısı ve γ : Zeminin birim hacim ağırlığıdır. Eşitlik 1 den elde edilen taşıma gücü güvenlik sayısına bölüldüğünde güvenli taşıma gücü elde edilir ve güvenlik sayısı genel olarak 3 kabul edilir.

Klasik yöntemin dışında sismik hızlardan taşıma gücü ve güvenli taşıma gücü bağıntıları 1988 den itibaren araştırmacılar tarafından yapılan değişiklikler Tablo 1 de sunulmuştur.

Tablo 1. Sismik Hızlardan Taşıma Gücü (q_f) ve Güvenli Taşıma Gücü (q_a) Eşitlikleri (*Suya doymun zeminler için) (Uyanık ve Gördesli, 2013).

Kaynak	Eşitlikler			
	Yoğunluk (γ) ya da (ρ)	Taşıma Gücü (q_f)	Güvenli Taşıma Gücü (q_a)	Güvenlik Faktörü (GF)
Türker (1988)	$\rho = 0,31(Vp^{0,25} / s)$ (gr/cm ³) $\rho = 0,2Vp + 1,6$ (gr/cm ³)	$q_f = \gamma VpT_0 / 4$ *%50 azaltılır	$q_a = \gamma VsT_0 / 4$ *%50 azaltılır	Vp/Vs
Keçeli (1990)		$q_f = \rho Vp / 100$ (kg/cm ²) * $q_f = \rho Vp / 200$ (kg/cm ²)	$q_a = \rho Vs / 100$ (kg/cm ²) * $q_a = \rho Vs / 200$ (kg/cm ²)	Vp/Vs
Keçeli (2000)	$\rho = 0,31(Vp^{0,25} / s)$ (gr/cm ³)	$q_f = \frac{\rho Vs}{100}$ (kg/cm ²)	$q_a = \frac{(\rho Vs^2 / Vp)}{100}$ (kg/cm ²)	Vp/Vs
Kurtuluş (2000)		$P = 1 + 0,33D / B$ $q_f = PVs / 200$ (kg/cm ²)	$q_a = q_f / GF$	Vp/Vs
Türker (2004)	$\rho = 0,31(Vp^{0,25} / s)$ (gr/cm ³)	$q_f = Vs\gamma 0,33(s) / 40 + \gamma Df / 10$ (kg/cm ²)	$q_a = q_f / 3$ (kg/cm ²)	3
Tezcan vd. (2006)	$\gamma_p = \gamma_0 + 0,002Vp$ (kN/m ³)		$q_a = 0,024\gamma Vs Sv$ $Sv \leq 30,6\gamma$ $Sv = 1 - 3 \times 10^{-6}(Vs - 500)^{1,6}$	
Tezcan ve Özdemir (2006)	$\gamma_p = \gamma_0 + 0,002Vp$ (kN/m ³)		$q_a = 0,024\gamma Vs\alpha$ kPa	
Tezcan vd. (2007)	$\gamma_p = \gamma_0 + 0,002Vp$ (kN/m ³)	⁽¹⁾ $q_f = 0,1\gamma Vs\alpha$ (kN/m ²)	$Vs \leq 700$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,025\gamma Vs\alpha$ n=4	
			$700 \leq Vs \leq 3500$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,1\gamma Vs\alpha / n$ n = 4,62 - 8,90(10 ⁻⁴)Vs	
			$3500 \leq Vs$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,067\gamma Vs\alpha$ n=1,5	
Tezcan vd. (2008)	$\gamma_p = \gamma_0 + 0,002Vp$ (kN/m ³)	⁽¹⁾ $q_f = 0,1\gamma Vs\alpha$ (kN/m ²)	$Vs \leq 750$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,025\gamma Vs\alpha$ n=4	
			$750 \leq Vs \leq 4000$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,1\gamma Vs\alpha / n$ n = 4,6 - 0,0008Vs	
			$4000 \leq Vs$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,071\gamma Vs\alpha$ n=1,4	
Keçeli (2010)	$\rho = 0,44Vs^{0,25}$ (gr/cm ³)	$q_f = \frac{\rho Vs}{100}$ (kg/cm ²)	$q_a = \frac{(\rho Vs^2 / Vp)}{100}$ (kg/cm ²)	Vp/Vs
Tezcan ve Özdemir (2011, 2012)	$\gamma_p = \gamma_0 + 0,002Vp$ (kN/m ³) ⁽²⁾ $\gamma = 4,3Vs^{0,25}$ (kN/m ³)	⁽¹⁾ $q_f = 0,1\gamma Vs\alpha$ (kN/m ²)	$Vs \leq 750$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,025\gamma Vs\alpha$ n=4	
			$750 \leq Vs \leq 4000$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,1\gamma Vs\alpha / n$ n = 4,6 - 0,0008Vs	
			$4000 \leq Vs$ ⁽¹⁾ $q_a = 0,071\gamma Vs\alpha$ n=1,4	
Keçeli (2012)	$\rho = 0,44Vs^{0,25}$ (gr/cm ³)	$q_f = \rho Vs / 100$ (kg/cm ²)	$q_a = (\rho Vs^2 / Vp) / 100$ (kg/cm ²) ⁽³⁾ $q_a = q_{as} K$ B ≤ 1,22m $q_a = q_{as} \left(\frac{B + 0,305}{B} \right)^2 K$ B > 1,22m	Vp/Vs

⁽¹⁾ α : temel bağı katsayı $\alpha = 1$; $0,0 \leq B \leq 1,20m$, $\alpha = 1,13 - 0,11B$; $1,20 \leq B \leq 3,00m$, $\alpha = 0,83 - 0,01B$; $3,00 \leq B \leq 12,0m$.

⁽²⁾ Keçeli (2010) yoğunluk bağıntısı Tezcan ve Özdemir (2011, 2012) tarafından kN/m³ olarak kullanılmıştır.

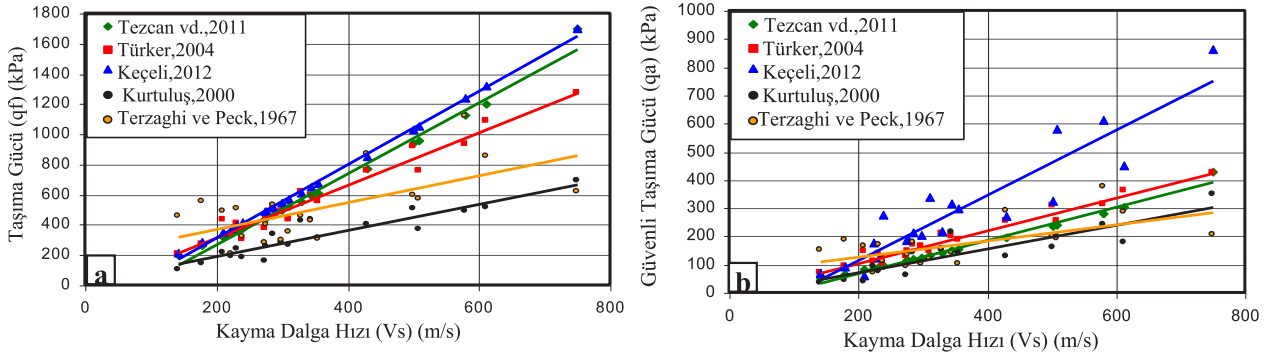
⁽³⁾ q_{as} : temel ebatlarına bağlı müsaade edilebilir taşıma gücü, $K = 1 + 0,33(Df/B) \leq 1,33$.

TAŞIMA GÜCÜ SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

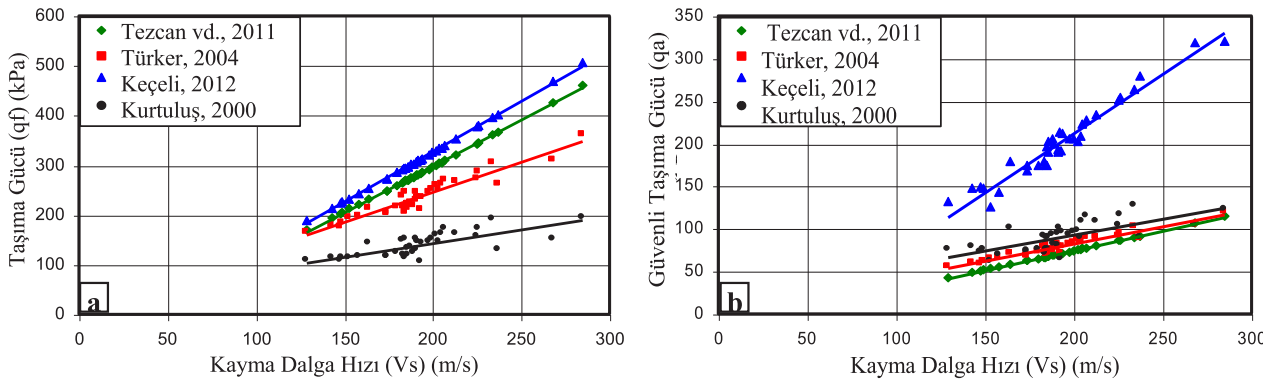
Kil ve ponza zemine ait klasik ve sismik hızlardan taşıma gücü ve güvenli taşıma gücü sonuçları Şekil 1a, b ve Şekil 2a, b de sırasıyla sunulmuştur. İlişkiler kayma dalga hızı ile taşıma gücü ya da güvenli taşıma gücü arasında düzenlenmiştir. Bu şekiller oluşturulurken Terzaghi ve Peck (1967), Kurtuluş (2000), Türker (2004), Tezcan vd. (2011) ve Keçeli (2012) eşitlikleri kullanılmıştır. Şekil 1a incelendiğinde Türker, Tezcan ve Keçeli eşitliklerinin yaklaşık aynı doğrultuda olması bu eşitliklerin temelde Türker (1988) ve Keçeli (2000) çalışmalarına dayanmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere Türker (1988) düşey gerilme teorisine dayalı taşıma gücünü P dalga hızından emniyetli taşıma gücünü ise S dalga hızından hesaplanmasını önermiştir. Buna karşın Keçeli (2000)'de zeminin mukavemetini en iyi yansıtan dalganın S dalga hızı olduğunu vurgulayarak taşıma gücü hesabının S dalga hızından yapılması gerekliliğini vurgulamıştır. Ayrıca düşey gerilmedeki tabaka kalınlığını hakim titreşim periyodundan değil hız-zaman ilişkisinden hesaplanması gerektiğini vurgulayarak sismik hızlardan taşıma gücü hesabını doğru bir zemine oturtmuştur. Araştırmacıların elde ettiği taşıma gücü değerleri arasındaki farklar yoğunluk ve temel şekil faktör değerlerinin farklı ilişkilerden hesaplanmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Türker (2004)'deki bağıntısında hakim titreşim periyodu yerine sabit 0.33s değeri kullanması sonucunda farklar oluşmaktadır. Kurtuluş (2000) bağıntısının çok düşük değerler vermesi zeminin yoğunluk değerinin kullanılmaması ve suya doygun zeminler için Türker (1988) ve Keçeli (1990) tarafından önerilen %50 azaltma yapılmasından kaynaklandığı ve aşırı güvenli olduğu düşünülmektedir. Çünkü en zayıf kaya ortamın yaklaşık kayma dalga hızı 700m/s civarında ya da büyük olur ve taşıma gücü değeri yaklaşık 1000kPa civarındadır. Dolayısıyla Şekil 1a da gösterilen Keçeli, Tezcan vd. ve Türker bağıntıları daha doğruya yakındır. Klasik taşıma gücü bağıntısı da sağlam zeminlerde düşük taşıma gücü değeri sunmaktadır. Zayıf zeminlerde ise ($V_s < 300\text{m/s}$) klasik taşıma gücüne nazaran daha düşük taşıma gücü değerleri veren sismik hızların zemin direncine daha bağlı olduğunu göstermektedir. Klasik taşıma gücü zeminin sağlamlığına bağlı doğrusal olarak artmayıp dağınık sonuçlar üretmektedir. Buna karşın sismik

hızlardan elde edilen taşıma gücü zeminin sağlamlığına bağlı olarak doğrusal bir biçimde artmaktadır. Şekil 1b de ise kayma dalga hızına bağlı emniyetli zemin taşıma gücü ilişkileri görülmektedir. Güvenli zemin taşıma gücü araştırmacıların önerdiği güvenlik sayılarına bağlı değişmektedir. Türker güvenlik sayısı olarak 3, Tezcan vd. 4, Keçeli ile Kurtuluş zeminin V_p/V_s oran değerini kullanmışlardır. Sismik hızlardan elde edilen sonuçlar özellikle 200m/s civarında aynı emniyetli taşıma gücü sonuçları üretirken zemin sağlamlaştıkça Keçeli bağıntısının sonuçları diğerlerine nazaran daha yüksek elde edilmiştir. Bunun sebebi Keçeli bağıntısının sabit bir güvenlik sayısı değil zemine bağlı değişen V_p/V_s oran değerini kullanmasından kaynaklanmaktadır. Bilindiği üzere zayıf ve suya doygun zeminlerde V_p/V_s oran değeri büyük değerler (3.5, 4, 5 gibi) elde edilirken zemin sağlamlaştıkça ve su olmadığında V_p/V_s oran değerleri daha düşük (1.5, 2, 2.5 gibi) elde edilir. Dolayısıyla zayıf zeminlerde Keçeli bağıntısı yüksek güvenlik sayısı kullanırken sağlam zeminlerde düşük değerler kullanır. Bu durum güvenlik sayısının sadece yapıya bağlı değil zemine de bağlı olduğunu göstermektedir.

Ponza türü ortamlar maden açısından yoğun kullanılan ve aynı zamanda deprem dalgalarını büyütme özelliğinden dolayı yerleşim açısından uygun olmayan alanlardır. Fakat Isparta'da ponza yoğunluklu bir bölge yerleşime açık ve üzerinde 2-8 kat arasında betonarme yapılar görmek mümkündür. Ponza türü zeminler çok hafif ve yoğunlukları genelde 1gr/cm^3 civarında bol gözenekli ve gözenekler genelde hava dolguludur. Bu yüzden ponza türü zeminlerde V_p/V_s oran değeri 1.5 civarında elde edilir. Dolayısıyla bu tür zeminlerde güvenlik sayısı olarak V_p/V_s kullanılması yanıltıcı sonuçlar doğurabilir. Şekil 2'de yine aynı araştırmacıların kayma dalga hızı ile taşıma gücü ve güvenli taşıma gücü arasındaki ilişkileri görülmektedir. Şekil 1a ya benzer şekilde Şekil 2a elde edilmiştir. Şekil 2b'de ise güvenlik sayısı etkin rol oynamış ve Keçeli bağıntısı diğerlerine nazaran daha yüksek bir seviyede kalmıştır. Türker güvenlik sayısı olarak 3, Tezcan vd. 4 değerini kullandığı için ve Kurtuluş bağıntısının zaten taşıma gücü değerinin çok düşük elde edilmesi nedeni ile güvenlik sayısı olarak V_p/V_s değeri çok etkilememekte ve Keçeli hariç diğer araştırmacılarla benzer sonuçlar elde etmektedir.



Şekil 1. Kil zeminler için farklı araştırmacılara ait bağıntıların önerilen uygun olarak hesaplanan a) taşıma gücü b) güvenli taşıma gücü sonuçları (Uyanık ve Gördesli, 2013a).

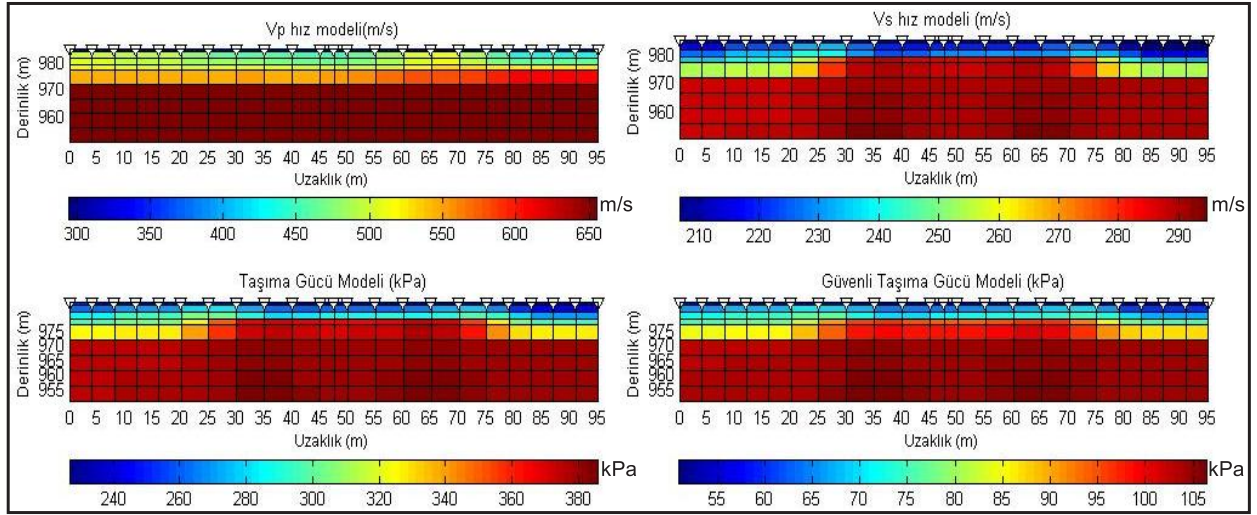


Şekil 2. Ponza zeminler için farklı araştırmacılara ait bağıntıların önerilen tanımlarına uygun olarak a) taşıma gücü b) güvenli taşıma gücü sonuçları (Uyanık ve Gördesli, 2013a).

Yeraltının detaylı taşıma kapasitesi ihtiyacı durumunda sismik kırılma çalışmaları çözüm üretebilmektedir. Bilindiği üzere sismik profil tomografisi ya da çok atışlı sismik çalışmalar yeraltı hakkında detaylı bilgi vermektedir. Bunlardan biri yeraltı modelindeki hız yapısıdır. Hızlar özellikle zeminin sıklığına ya da katılığına bağlı yanal ya da düşey yönde değişim gösterir. Bu durumda zeminin taşıma kapasitesi de yanal ve düşey yönde değişim gösterecektir. Yapının oturduğu zemin yanal yönde farklı taşıma güçlerine sahip olması durumunda yapı davranışı zemine uygun ya da mühendisliğe uygun kurgulanmamış olur.

İki boyutlu çalışmaya örnek olması açısından Isparta'nın Halikent mahallesinde yapılan çok atışlı sismik kırılma çalışması sonucunda P ve S dalga hız

modelleri ve S dalga hız modeline bağlı taşıma gücü modeli ile güvenlik sayısı olarak kullanılan V_p/V_s değerine bağlı güvenli taşıma gücü modeli Şekil 3 de sunulmuştur. Şekil 3'de taşıma gücü ya da emniyetli taşıma gücü modelleri incelendiğinde profil boyunca taşıma gücü değerlerinin yanal yönde değişimi görülmektedir. Sonuç olarak bir yapının oturacağı zeminin yanal ve düşey yönde birçok özelliği sismik kırılma çalışmaları sonucunda 2 ya da 3 boyutlu modeller ile verilebilir.



Şekil 3. Sismik kırılma ölçümlerinden elde edilen P ve S dalga hızları, taşıma gücü ve güvenli taşıma gücü değerlerinin iki boyutlu modelleri (Uyanık ve Gördesli, 2013b)'den düzenlenmiştir.

SONUÇLAR

S dalga hızından taşıma gücü bağıntılarının son hal-lerinin temeli Keçeli (2000) dayanmaktadır. Farklı sonuçlar araştırmacıların seçtikleri yoğunluk bağıntıları, güvenlik sayıları ve farklı temel ebat ilişkilerinin kullanımından kaynaklanmaktadır.

Güvenlik sayısı olarak kullanılan V_p/V_s oran değeri zeminin özelliklerini yansıtmakta ve özellikle suya

doğru gevşek zeminlerde güvenlik sayısı olarak kullanmanın doğru olduğu düşünülmektedir. Fakat gaza doymuş gevşek ortamlarda V_p/V_s oran değerinin direkt güvenlik sayısı olarak kullanmak hatalı olacaktır.

Klasik yöntemden taşıma gücü hesabı noktasal sonuçlar üretirken sismik hızlardan taşıma gücü hesabı daha kısa zamanda ve daha ekonomik olacak şekilde alan için üretebilir.

KAYNAKLAR

- Geometrics inc., OYO inc. (2003). SeisImager manual, version 3.
- Keçeli, A. (1990). Sismik Yöntemlerle Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması. Jeofizik, 4(2), 83-92.
- Keçeli, A. (2000). Sismik Yöntemle Kabul edilebilir veya Güvenli Taşıma Kapasitesi Saptanması. Jeofizik, 14(1-2), 61-72.
- Keçeli, A. (2009). Uygulamalı Jeofizik, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları No:9, s.479. Ankara.
- Keçeli, A. (2010). Sismik Yöntem ile Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik Bülteni, 22(63), 65-76.
- Keçeli A. (2012). Soil parameters which can be determined with seismic velocities. Jeofizik 16(1), 17-29.
- Kurtuluş, C. (2000). Sismik Yöntemle Belirlenen Ampirik Taşıma Gücü Bağıntısı ve Uygulaması. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 6, 51-59.
- Sarman,R., Palmer,D.F. (1990) Engineering Geophysics The need for its development and application, 6. International IAEG Congress, Rotterdam, 1017-1023.

- Terzaghi, K. (1925). Structure and volume of voids of soils, Pages 10, 11, 12, and part of 13 of *Erdbaumechanik auf Bodenphysikalischer Grundlage*, translated by A. Casagrande in *from theory to practice in soil mechanics*, New York, John Wiley and Sons, 1960, 146-148.
- Terzaghi, K. (1943). *Theoretical Soil Mechanics*. Wiley Publishing, New York, USA.
- Terzaghi, K., Peck, R.B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Second Edition, John Wiley and Sons, London.
- Tezcan, S., Keçeli, A., Özdemir, Z. (2006). Kayma Dalgası Hızı Yardımı ile Zemin Emniyet Gerilmesi Tayini. *Şantiye (İnşaat, Makine ve Mimarlık Dergisi)*, 214, 102-105.
- Tezcan, S., Özdemir, Z. (2006). Sismik Yöntem ile Zemin Emniyet Gerilmesi Tayininde Temel Boyutları. *Şantiye (İnşaat, Makine ve Mimarlık Dergisi)*, 217, 106-108.
- Tezcan, S., Keçeli, A., Özdemir, Z. (2007). Zemin ve Kayaçlarda Emniyet Gerilmesinin Sismik Yöntem ile Tayini. *Dünya İnşaat*, 01, 90-95.
- Tezcan, S., Keçeli, A., Özdemir, Z. (2008). Zemin ve Kayaçlarda Emniyet Gerilmesinin Sismik Yöntem ile Belirlenmesi. *Şantiye (İnşaat, Makine ve Mimarlık Dergisi)*, 244, 122-125.
- Tezcan, S., Özdemir, Z. (2011). A Refined Formula for the Allowable Soil Pressure Using Shear Wave Velocities, *The Open Civil Engineering Journal*, 5, 1-8.
- Türker, E. (1988). Zemin Taşıma Gücünün Sismik Yöntemlerle Saptanması. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, s:205. Isparta.
- Türker, E. (2004). Computation of Ground Bearing Capacity from Shear Wave Velocity. *Continuum Models and Discrete Systems*, 173-180. Kluwer Academic Publisher. Netherland.
- Uyanık, O. (2006). Sıvılaşır yada Sıvılaşmaz Zeminlerin Yinelemeli Gerilme Oranına Bir Seçenek, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 8(2),79-91, İzmir.
- Uyanık, O., Çekmen, V. (2009). Kayma Direnç Parametrelerinin Sismik Hızlar ile Belirlenmesi, SDÜ Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 1625-yl-08 Isparta.
- Uyanık, O. (2011). The Porosity of Saturated Shallow Sediments from Seismic Compressional and Shear Wave Velocities, *Journal of Applied Geophysics* 73(1),16-24.
- Uyanık O., Yeşil Y. (2012). Zemin Büyütmesinin Sismik Hızlardan Belirlenmesi, SDÜ Bilimsel Araştırma Projesi, Proje No: 1808-yl-09 Isparta.
- Uyanık O., Gördesli F., (2013a). Sismik Hızlardan Taşıma Gücünün İncelenmesi. *SDU Uluslararası Teknoloji Bilimler Dergisi*, 5(2), 78-86.
- Uyanık O., Gördesli F. G., (2013b). Deprem ve Zemin Parametrelerinden Dinamik Taşıma Gücünün Belirlenmesi. SDÜ Bilimsel Araştırma Projesi Proje No:2961-YL-11, Isparta.
- Wadhwa, R.S., Ghosh, N., Chaudhari, M.S., Rao, CH.S., Mukhopadhyay, R. (2005). Pre- and post-excavation cross-hole seismic and geotomographic studies for a nuclear power project, *Journal India Geophysics Union*, 9 (2), 137-146.

JEOTEKNİK ÇALIŞMALARDA YERİN DOĞAL RADİOAKTİVİTESİNİN ÖNEMİ

N. Ayten UYANIK*

**Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu
aytenuyanik@sdu.edu.tr*

ÖZET

Yerleşim amaçlı yer seçiminde jeoteknik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların amacı deprem anında zeminin ve yapının en az hasar ile kurtularak insan sağlığına zarar gelmemesini sağlamaktır. Deprem ya da diğer doğal afetlere yönelik yer seçimi yapmak yeterli midir? Bazı kayaç ya da topraklar, içerisinde doğal olarak barındırdığı radyoaktif elementlerin yayınladığı radyoaktif ışınlar sonucunda radyolojik açıdan risk oluşturabilirler. Bu amaçla Isparta Merkez’de seçilen bir bölgede zeminin dinamik özelliklerini belirlemek için sismik kırılma çalışmalarının yanında, aynı bölgede zemindeki radyoaktif element konsantrasyon dağılımını belirlemek için de gama-ışın spektrometri çalışmaları yapıldı. Çalışmalar sonucunda deprem açısından sağlam olan zeminlerin radyolojik açıdan riskli olduğu görüldü. Bu gibi radyolojik riski yüksek olan bölgelerde sürekli yaşayan insanların diğer insanlara göre daha fazla radyasyona maruz kalmaları kaçınılmaz olacaktır. Sonuç olarak özellikle volkanik bölgelerde yerleşim amaçlı yer seçimi çalışmalarında öncelikle gama-ışın spektrometri çalışmaları yapılmalı, radyolojik risk belirlenmeli ve daha sonra jeoteknik çalışmalara geçilmelidir.

GİRİŞ

Jeoteknik çalışmanın amacı yapı ve zemin arasındaki uyumun deprem esnasında da korunmasını sağlamaktır. Bu amaçla yerin belirli derinliklerine incek şekilde (genellikle 30m) araştırmalar yapılır ve deprem esnasında yapının mümkünse hiçbir hasar almaması için zeminin dinamik parametreleri belir-

lenir. Ancak jeoteknik açıdan bakıldığında ülkemizde depremden en fazla zararı yapılar ve yapı içinde yaşayan insanlar görür. Bunun sebebi yerleşim için doğru zeminleri seçmemek ya da seçtiğimiz zemin ve o zeminde deprem dalgalarının davranışına uygun yapılaşma yapmamaktır. Bu açıdan bakıldığında jeoteknik mühendisliği yapıların hem zemine, hem de depreme uygun yapılması için gerekli tüm parametreleri tespit edip kullanıma sunmaktadır. Jeoteknik açıdan yerleşim alanları seçilirken sadece deprem ya da zemine uygun yapılaşma yeterlidir. Özellikle volkanik bölgelerde kesinlikle yetersiz cevabı hatalı olmaz. Bilindiği üzere volkanizmaya bağlı kayaç ya da bu kayaçların oluşturduğu topraklar bol miktarda doğal radyoaktif elementler içermektedir. Radyoaktif element içeriklerine bağlı olarak zeminin sağlık açısından radyolojik parametreleri belirlenmeli ve bu parametrelerin sınır değerleri aştığı bölgeler yerleşime açılmamalıdır. Ancak ülkemizde henüz yerleşim yeri seçiminde radyometrik çalışmalar dikkate alınmamaktadır. Bu nedenle de radyoaktif ışınların yoğun olduğu bölgelerde yaşayan insanların sağlığının zaman içerisinde olumsuz yönde etkileneceği göz ardı edilmektedir. Böylece jeoteknik amaçlı çalışmaların içerisinde, zeminin radyolojik özelliklerini belirleme çalışmalarına da yer verilmesi gerçekten büyük bir önem arz etmektedir.

Yerleşim alanı seçimlerinde sismik kırılma yöntemi zemin üzerinde depreme uygun yapılaşma için önemli bir yöntemdir. Bu yöntemde kullanılan sismik dalgalar geçtiği ortamın litholojik, fiziksel ve elastik özellikleri tarafından etkilenir (Othman, 2005; Uyanık, (2010;2011), Uyanık vd., 2013). Örneğin düşük yoğunluğa sahip bir zemin daha az sıkışabilir (Uluggerli ve Uyanık, 2007; Uyanık ve Ulugger-

li, 2008) ya da düşük kayma dalga hızına sahip bir zemin düşük dayanıma sahiptir (Uyanık vd., 2006; Uyanık, 2015). Sismik hızların düşük olduğu ve suya doygun kalın sedimanlarda, yüksek zemin büyütme değerleri elde edilir (Medvedev, 1965; Uyanık ve Yeşil, 2012).

Yerküre üzerinde yaşayan insanlar sürekli olarak yerkürede var olan doğal radyoaktif elementlerden (K, U ve Th) salınan radyoaktif ışımaya maruz kalırken aynı zamanda uzaydan gelen yüksek enerjili kozmik ışımalara da maruz kalırlar. Karasal ve kozmik (doğal) radyasyona ek olarak teknolojik gelişmelerin sonucu olarak yapay radyasyona da maruz kalırız. Çevremizdeki doğal (karsal-kozmetik) ve yapay kaynaklı radyasyonun birleşimi doğal fon radyasyonu olarak bilinir ve bu radyasyonun seviyesi bölgenin coğrafik ve jeolojik şartları ile ilişkilidir. Yeryüzünde her zaman, her yerde belli bir düzeyde bulunan doğal fon radyasyonu yeryüzünde yaşayan insanları sürekli etkilemektedir. Örneğin volkanik bölgelerde yaşayan insanlar, daha farklı jeolojik yapıya sahip bölgelerde yaşayanlara nazaran daha fazla radyasyona maruz kalırlar. Aynı zamanda deniz seviyesinden yükseldikçe insanlar daha fazla kozmik radyasyona maruz kalırlar. Bu nedenle özellikle Isparta gibi hem deniz seviyesinden yüksekte (1100 m) hem de volkanik bir bölge olması nedeni ile yeryüzü kaynaklı doğal radyasyon seviyesini belirlemek önemlidir (Uyanık vd. 2013). Dış ortamlar için karasal gama radyasyonu kaynaklı kabul edilebilir gama-doza hızı değişim aralığı 18-93nGy/h olarak ve kabul edilebilir karasal gama doza hızı ortalaması 57nGy/h olarak verilmektedir (UNSCEAR 2000).

İnsan sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı yerleşim alanlarında doğal radyasyon seviyesi yerinde ölçümlerle belirlenmelidir. Özellikle bu tür çalışmalar yerleşim bölgelerinin belirlenmesi aşamasında yapılmalı ve doğal fon radyasyon seviyesinin yüksek olduğu bölgeler yerleşime açılmamalıdır. Bunun için de yerleşim alanı olarak düşünülen bölgelerin öncelikle radyoaktif risklerini belirlemek amacı ile radyometrik mikro bölgeleme haritaları oluşturulmalıdır. Zeminin doğal radyasyon seviyesi, o zemini meydana getiren toprak ve kayaç içerisindeki Potasyum (^{40}K), Uranyum (U^{238}) ve Toryum (Th^{232}) radyoelementlerinin konsantrasyonlarına bağlıdır. Gama-ışın spektrometrisi yöntemi ile herhangi bir alanın

radyoelement konsantrasyon dağılımını belirlemek için oldukça pratik ve hızlı bir yöntemdir (Uyanık vd. 2011). Daha önceki araştırmacılar jeolojik, jeoteknik ve jeokimya haritaları ile radyolojik tehlikeyi gösterdiler (Akkurt vd., 2009, 2010; Aydın vd., 2006; Çetin, 2016; Durrance, 1986; Faheem vd., 2008; Ruffell vd., 2006; Uyanık ve Akkurt, 2010; Uyanık vd., 2009; 2011; 2012; 2015a; 2015b). Bochiolo vd., (2012) de bir maden tünelinin hem içerisinde hem de dışında doğal radyoaktiviteyi ve potansiyel tehlike seviyesini değerlendirmek için radyometrik bir araştırma yaptı. Ayres ve Theilen (2001) de deniz tabanı sedimanlarının jeoteknik özelliklerini (yoğunluk, porozite, su içeriği ve kayma direnci) doğal gama-ışını aktivitesini kullanarak araştırdı. Uyanık vd. (2013) de volkanik alanlarda jeoteknik açıdan yerleşim alanı seçimi yapılırken yerin doğal radyolojik riskinin belirlenmesi gerekliliğini göstermiştir.

Ülkemizde yerleşim alanlarının seçiminde, yapılan ön çalışmalar arasında radyometrik çalışmalar yer almamaktadır. Dahası radyoaktif elementleri bünyesinde daha yoğun bir şekilde barındıran volkanik kayaç ve toprakların yaygın olarak gözleendiği bölgelerde dahi bu tür bir çalışma öngörüsü yoktur. Bu çalışmada farkındalığı artırmak ve yerleşim alanı seçiminde radyoaktif çalışmaların öncelikle yapılması gerekliliği vurgulanacak ve bu durum Isparta örneği üzerinde tartışılacaktır. Bu amaç ile yerleşim yeri seçiminde önemli olan jeoteknik yöntemlerin yanı sıra sismik kırılma ve gama-ışın spektrometri yöntemlerinin her ikisi birden aynı alana uygulanarak depreme dayanıklı ve aynı zamanda daha sağlıklı alanlara yerleşmenin mümkün olduğu gösterilecektir.

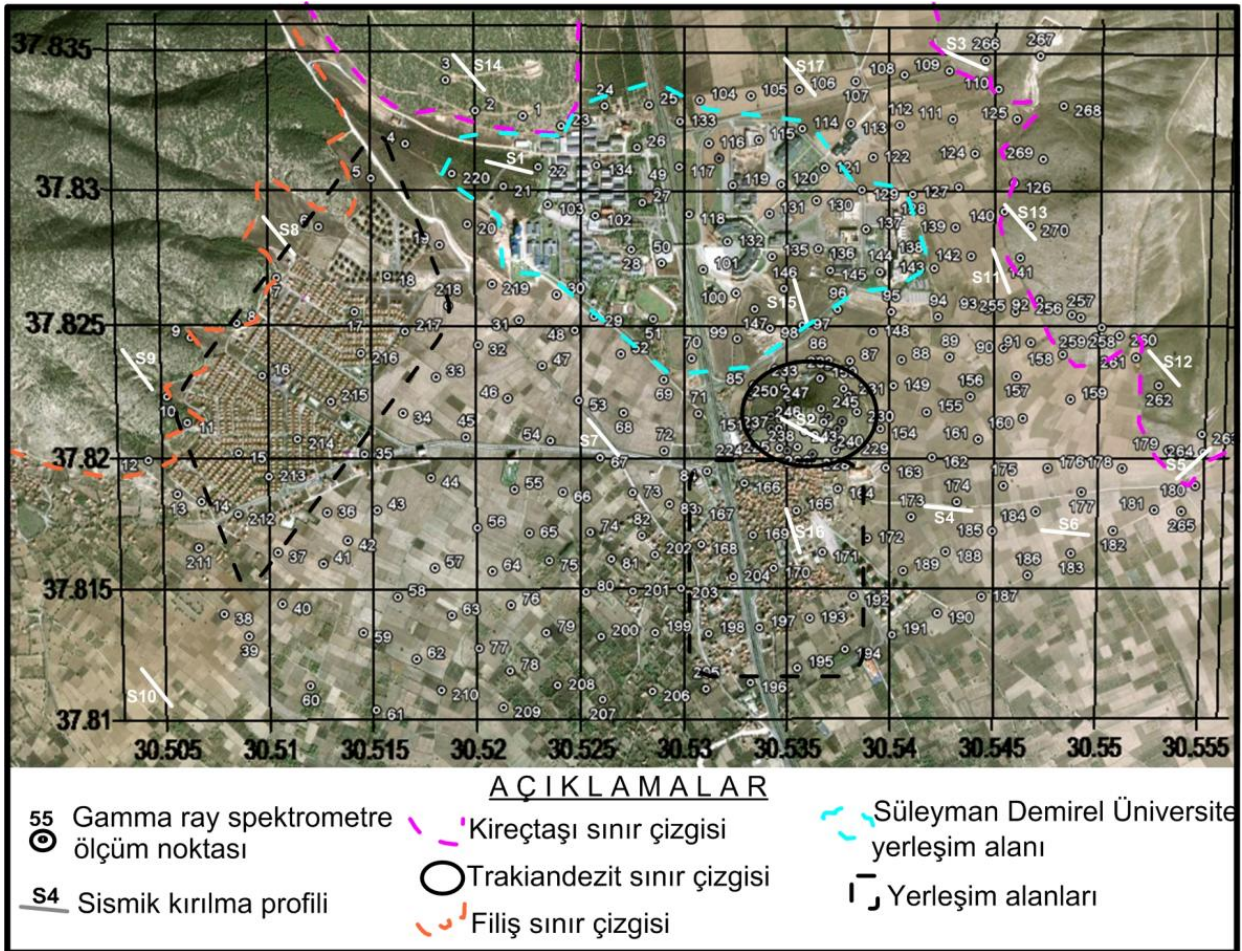
ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı deniz seviyesinden yaklaşık 1090 m yüksekliğindedir ve Isparta'nın Çünür Tepesini merkezleyen ve Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesi ile Çünür, Bağkur Evleri ve Ünikent Mahallelerini içine almaktadır. Çalışma alanında başlıca gözlenen jeolojik birimler kireçtaşı, trakiandezit, filiş ve alüvyonlardır. Şekil 1'de pembe kesik çizgi ile sınırlandırılmış alanlar kireçtaşı, turuncu kesik çizgiler filiş, siyah sürekli çizgiler trakiandezit sınırlarını temsil etmektedir.

Bölgenin diğer bölümleri ise yaşlı ve genç alüvyonlardan oluşmaktadır. Şekil 1'de SDÜ yerleşkesi yeşil kesik çizgi ile Çünür Tepesi güneyindeki Çünür Mahallesi siyah kesik çizgi ile ve Bağkur ile Ünikent Mahalleleri fişişlerin güneydoğusundaki diğer kesik siyah çizgi ile sınırlandırılmıştır. Şekil 1'deki beyaz renkli düz çizgiler çok atışlı sismik kırılma profillerini ve küçük dairesel noktalar ise gama-ışın spektrometrisinin yapıldığı ölçüm noktalarını göstermektedir.

ÇALIŞMA ALANINDA UYGULANAN YÖNTEMLER

Sismik Kırılma: Uyanık ve Yeşil (2012) tarafından 17 farklı lokasyonda çok kaynaklı sismik kırılma çalışması yapıldı. Bu çalışma için 12 kanallı sismograf kullanıldı. Jeofon arası 5 m seçilirken, 5 farklı noktada kaynak, profilin ortasında ofset uzaklığı 5 ve 20 m olacak şekilde profilin her iki tarafında konumlandırılmıştır. P dalgasını oluşturmak için kaynak olarak 7 kg ağırlığında bir balyoz ve 25 kg ağırlığında koni plaka kullanılırken, S dalgası için (1.8 m x 0.2 m x 0.3 m) ebatlarında bir kalas kullanıldı. Bu kalasın zemin ile temasını sağlamak için üzerine bir traktör çıkarıldı. P ve S dalgalarının ölçümü için, sırasıyla 20 ve 14 Hz'lik jeofonlar kullanıldı. Elde edilen uzaklık ve



Şekil 3. Çalışma alanının uydu görüntüsü, jeolojik birim ve yerleşim alan sınırları ve ölçüm noktaları (Uyanık vd. 2013'den düzenlenmiştir).

zamana bağlı sinyaller SeisImager paket programında (Geometrics ve OYO, 2003) yorumlanarak farklı derinliklere ait P ve S dalga hızları belirlendi. Bu hızlar deprem anında zeminin davranışını belirlemek için kullanıldı. Elde edilen tabakaların kalınlıkları (h) ve tabakaya ait S dalga hızları (Vs) ve aşağıdaki 1 numaralı eşitlik (Uyanık, 2015) kullanılarak 30 m derinlik için ortalama Vs(30) değerleri hesaplandı.

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\frac{h_1}{V_{S_1}} + \frac{h_2}{V_{S_2}} + \dots + \frac{30 - (h_1 + h_2 + \dots h_n)}{V_{S_n}}} \quad (1)$$

Dünyada kullanılan birçok Vs(30) sınıflama abaklarına göre zemin sınıflandırılarak zeminin deprem anındaki direnç özellikleri belirlenebilmektedir. BSSC (2000, 2001), CEN (2004), TDY (2007) ve ASCE/SEI (2010) sınıflama sistemine göre 180 m/s altındaki Vs(30) değerleri zayıf zemini, 180-360 m/s arasında yoğun ya da orta yoğun zeminleri, 360-760 ya da 800 m/s arası çok yoğun ve 760 ya da 800 m/s den büyük değerler kaya olarak sınıflandırılmaktadır. Vs(30) değerine bağlı mikro bölgeleme haritaları zemin direncini tahmin etmek ve depremin etkisini azaltmak için önemlidir. Bu çalışmada deprem açısından en dayanıklı alanları belirlemek için Vs(30) değerleri kullanılarak haritalandı ve bu haritadan yerleşim için en iyi alanlar belirlendi.

Gama-Işın Spektrometrisi: Çalışma alanının 270 farklı noktasında gama-ışın ölçümleri yapıldı. Bu ölçümler NaI(Tl) kristalli, 0.35 lt hacimli ve 512 kanallı gama-ışın spektrometrisi ile yapıldı. Her noktada ^{40}K (%), ^{238}U (ppm) ve ^{232}Th (ppm) radyoelement konsantrasyonları ölçüldü. Her bir noktadaki ölçüm süresi 5 dakikadır. Radyolojik riski belirlemek amacı ile radyoaktif element konsantrasyonları gama doz hızını (D) hesaplamak için kullanıldı (UNSCEAR, 2000).

$$D(\text{nGy/h}) = 0.462C_U + 0.604C_{Th} + 0.0417C_K \quad (2)$$

Burada C_U , C_{Th} ve C_K sırasıyla ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K radyoelementlerin Bq/kg olarak ortalama aktivite konsantrasyonlarıdır. Gama doz hızları jeolojik birim içerisindeki radyoaktif element konsantrasyon dağılımlarına bağlı olarak bir noktadan diğerine değişim göstermektedir. 2 numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanan Gama doz hızı değerleri eşitlik 3'te yerine konularak yıllık efektif doz oranı (AEDR) hesaplandı.

$$\text{AEDR}(\text{mSv/y}) = D(\text{nGy/h}) \cdot 8760(\text{h/y}) \cdot 0.2 \cdot 0.7(\text{Sv/Gy}) \cdot 10^{-6} \quad (3)$$

Radyolojik risk iki farklı indis kullanılarak belirlenir. Bunlar radyum eşdeğer aktivite (Ra_{eq}) ve dış radyasyon tehlike (H_{ex}) indisleridir ve eşitlik 4 ile 5 kullanılarak hesaplanır.

$$Ra_{eq} = C_U + (1/0.7) C_{Th} + (1/13) C_K \quad (4)$$

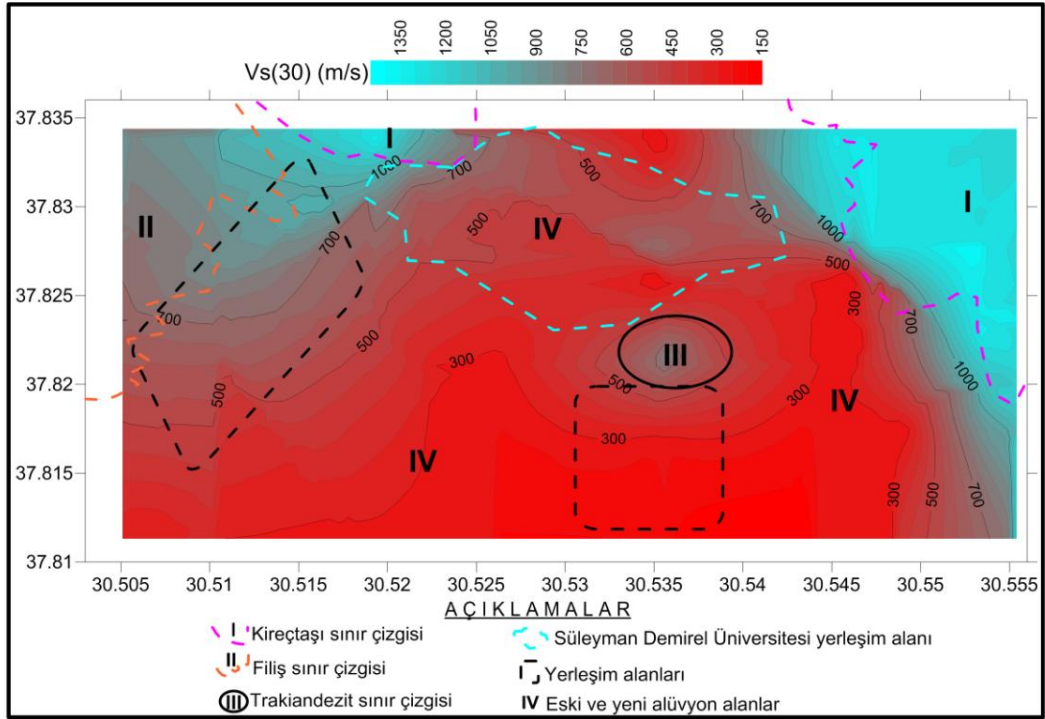
$$H_{ex} = 0.0027C_U + 0.003861C_{Th} + 0.0002079C_K \leq 1 \quad (5)$$

Jeolojik birimlerin radyum eşdeğer aktivitesinin dünya ortalama değeri 109 Bq/kg'dır. Bu değer C_U , C_{Th} ve C_K sırasıyla dünya ortalama değerleri 35, 30 ve 400 Bq/kg (UNSCEAR 2000) kullanılarak hesaplanmıştır. Hex değeri 1 değerinden büyük elde edilir ise bu alanda yaşayan insanlar radyasyon tehlikesi altındadır (Beretka and Mathew 1985).

ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Deprem mühendisliği tasarımlarında, deprem hasar riskini azaltmak ve bölgeyi zemin tipine göre sınıflandırmak için, 30 m derinliğe göre ortalama kayma dalga hızı parametresi önemli bir parametredir. Şekil 2'de Kireçtaşı (I), Filiş (II), Trakiandezit (III) ve alüvyon alanlar, sırasıyla I, II, III ve IV rakamları ile ifade edilmiş ve elde edilen Vs(30) değerlerinden belirtilen jeolojik sınırları ayırt etmek mümkün olmuştur. Şekil 2'de Vs(30) değerine göre zemin sınıflaması yapacak olursak, ortalama 500 m/s den büyük olan Kireçtaşı, Filiş, Trakiandezit ve üniversite yerleşkesi içerisindeki bazı alanların yapılaşma için uygun olduğu görülmektedir. Vs(30) hızına göre Bağkur Evleri ve Üniversite mahallelerinin ve Üniversite yerleşkesinin bazı kesimlerinin yerleşim için uygun olduğu görülürken Çünür mahallesinin çoğu kısmının yerleşime uygun olmadığı görülür. Çalışılan alan genel olarak zemin açısından sağlam ve deprem dalgalarının da daha az zarar vereceği alanlar olarak düşünülebilir (Çünür mahallesi hariç).

Aynı bölgede uygulanan gama-ışın spektrometrisi yöntemi sonucunda elde edilen gama doz hızı (D), yıllık efektif doz hızı (AEDR), Radyum eşdeğer aktivitesi (Ra_{eq}) ve dış radyasyon tehlikesi (H_{ex}) parametre haritaları sırasıyla Şekil 3, 4, 5, 6'da sunulmuştur.



Şekil 2. Çalışma alanının 30m derinlik için ortalama kayma dalga hız (V_{s30}) haritası (Uyanık vd. 2013)'den düzenlenmiştir.

Tablo 1. Zemin tipine bağlı Gamma ray spektrometri ve sismik kırılma sonuçları

Zemin tipi		Gama-Işın Spektrometrisi							Sismik Kırılma		
		Element Konsantrasyonu			Radyolojik risk				Yüzeşte		
		^{238}U (Bq/kg)	^{232}Th (Bq/kg)	^{40}K (Bq/kg)	D (nGy/h)	AEDR (mSv/y)	Ra_{eq} (Bq/kg)	H_{ex}	V_p m/s	V_s m/s	V_{s30} m/s
Alüvyon	Min	26.18	12.83	43.82	26.98	0.03	59.39	0.16	350	127	248
	Max	231.93	279.41	1493.01	299.99	0.37	656.99	1.77	935	648	762
	Ort.	140.45	156.38	941.67	198.61	0.24	436.59	1.18	469	228	363
Trakiandezit	Min	115.5	169.95	619.74	215.79	0.26	483.87	1.31	860	500	681
	Max	275.03	324.56	1771.6	390.01	0.48	860.49	2.32	921	606	900
	Ort.	183.93	230.82	1173.1	273.31	0.34	604.33	1.63	874	518	770
Kireçtaşı	Min	23.7	7.4	6.26	24.27	0.03	52.97	0.14	730	300	1086
	Max	113.3	160.2	885.79	181.12	0.22	399.93	1.08	1763	1068	1342
	Ort.	61.4	46.1	253.66	66.81	0.082	146.9	0.40	1449	743	1268
Filiş	Min	26.43	6.09	112.68	23.80	0.03	49.86	0.13	400	219	654
	Max	55.82	75.64	510.19	84.20	0.10	186.04	0.50	782	448	961
	Ort.	35.40	31.85	281.07	47.31	0.06	102.58	0.28	595	325	779

Radioelement konsantrasyonları açısından en yüksek değerleri Çünür Tepesi trakiandezitlerinde ölçülürken en düşük konsantrasyon değerleri ise kireçtaşları üzerinde kaydedildi (Tablo 1). UNSCEAR (2000) göre ^{238}U , ^{232}Th ve ^{40}K 'in aktivite konsantrasyonlarının dünya ortalaması değerleri sırasıyla 35 Bq/kg, 30 Bq/kg ve 400 Bq/kg'dır. Alüvyon ve trakiandezitlerde ölçülen radioelement konsantrasyon değerleri dünya ortalamasından çok daha yüksek elde edilirken, kireçtaşı ve filişlerde dünya ortalamalarına uygun değerler elde edilmiştir. Gama doz hızı değerlerinin jeolojik birimlere göre dağılımı Tablo 1'de sunulmuştur. Şekil 3 incelendiğinde kireçtaşı ve filişlerin gözlendiği alanlar hariç diğer alanlarda gama doz hızlarının dünya ortalamasından (59nGy/h) yüksek olduğu görülmektedir.

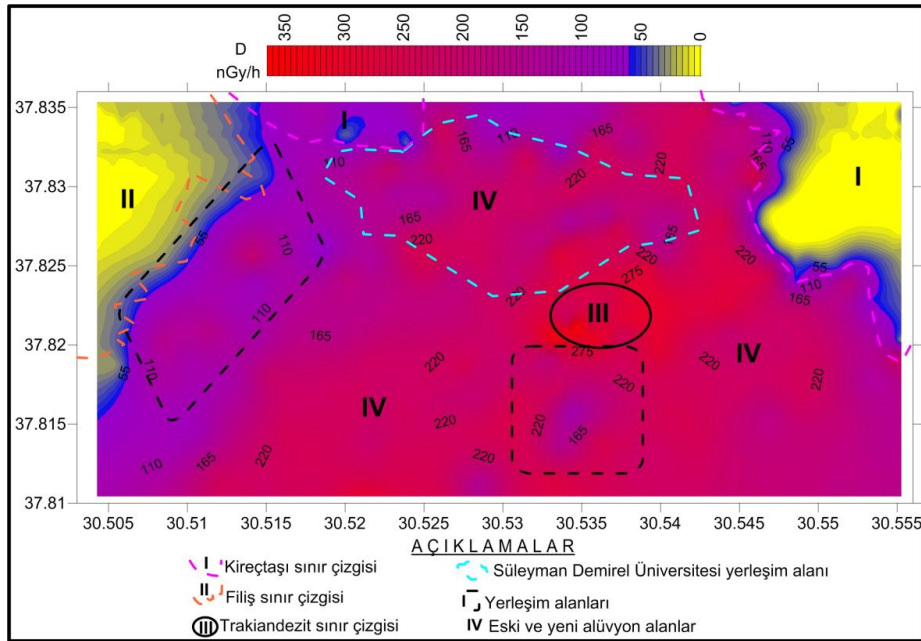
Şekil 4 incelendiğinde yine kireçtaşı ve filişlerin gözlendiği alanlar hariç, diğer alanlarda yıllık efektif doz hızlarının dünya ortalamasından (0.07 mSv/y) daha büyük olduğu görülmektedir. Şekil 5'te sunulan Radium eşdeğer aktivitesi değerlerinin de kireçtaşı ve filişlerin gözlendiği bölgelerin haricindeki bölgelerde dünya ortalamasından (109Bq/kg) daha yüksek olduğu görülmektedir. Spektrometrik çalışmalar sonucunda elde edilen dış radyasyon tehlikesini gösteren harita ise Şekil 6'da verilmiştir. Bilindiği gibi dış tehlike indisi (H_{ex}) 1'den Küçük olmalıdır (Beretka ve

Mathew, 1985). Şekil 6'da incelendiğinde Süleyman Demirel yerleşkesi alanında, Çünür Tepesi ve etrafındaki alüvyon alanlarda ve Çünür mahallesinde dış tehlike indisinin 1'den büyük olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışma bölgesinin bu alanlarında yaşayan insanların, diğer alanlarda yaşayan insanlara nazaran daha yüksek oranlarda doğal radyasyona maruz kaldığı açıktır.

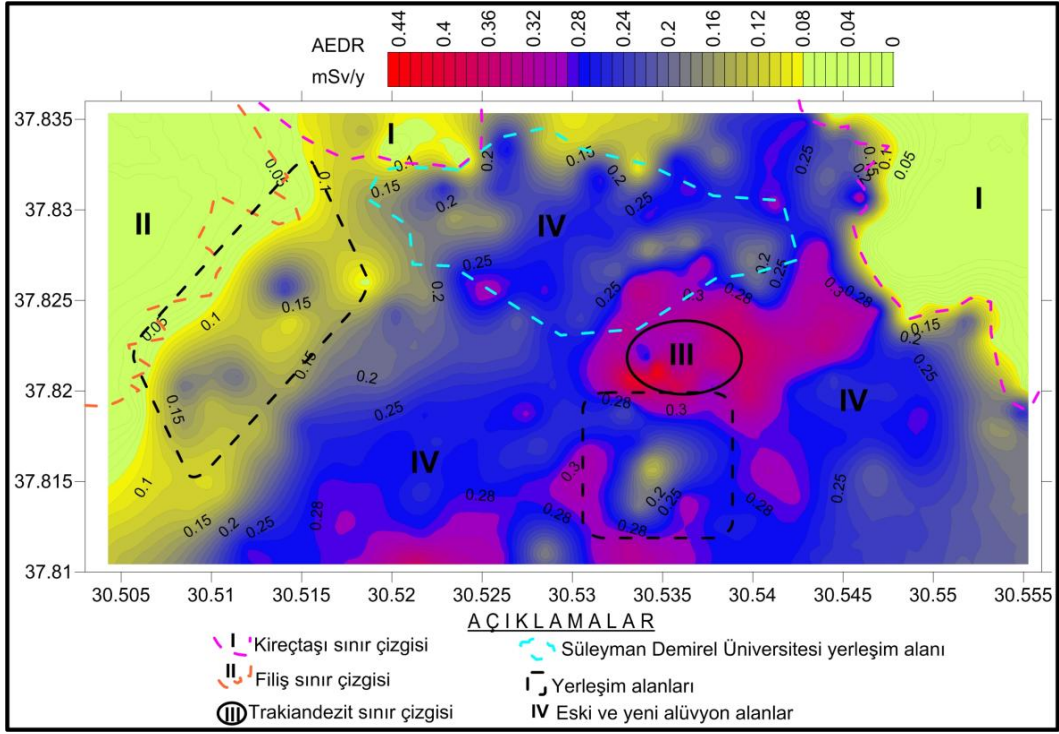
SONUÇLAR

Çalışma alanında sismik kırılma çalışması açısından kireçtaşı, trakiandezit ve filişlerin gözlendiği bölgeler diğer alanlara nazaran depremde daha az hasar görecektir. Fakat trakiandezit ve çevresi doğal radyasyon açısından yüksek radyasyon riski içermektedir. Eğer bu bölgenin doğal radyoaktivite seviyeleri zamanında belirlenmiş olsaydı trakiandezit ve çevresinin yerleşime açılmasının insan sağlığı açısından uygun olmadığı görülür ve bölgenin imara açılması yerel yönetimler tarafından yasaklanırdı.

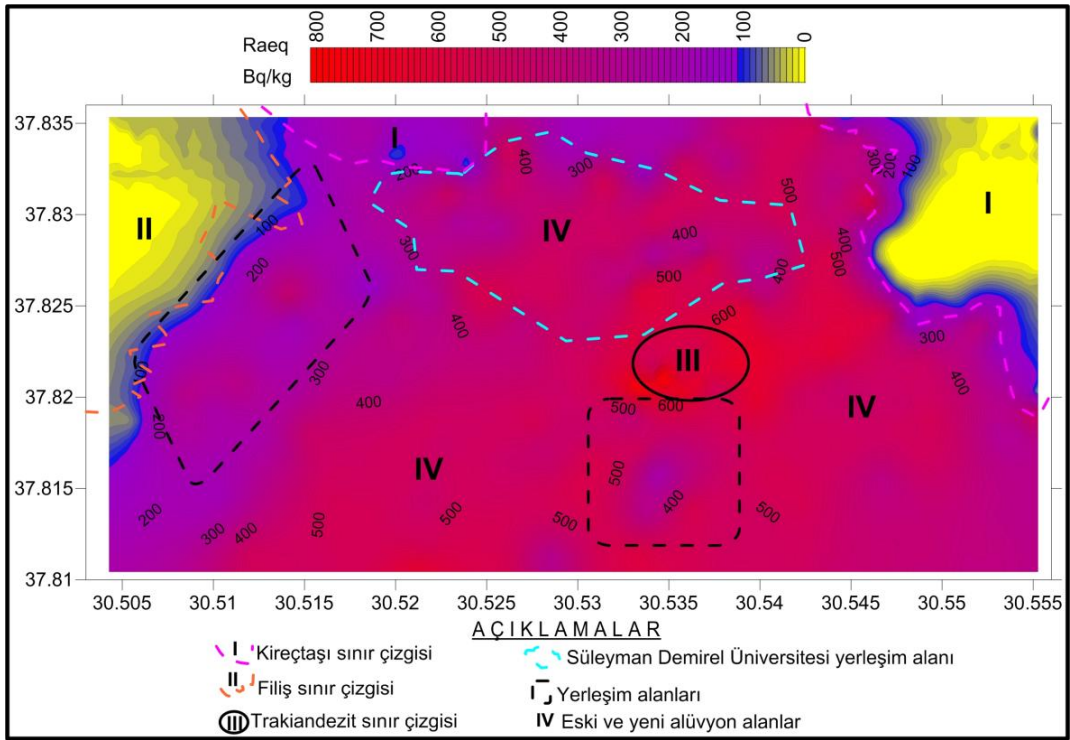
Yerleşime uygun alanlar belirlenmesi amacıyla yapılan jeoteknik çalışmalar arasında gama-ışın spektrometrisi çalışmalarına da yer verilmelidir ve doğal radyasyon riski yeni bir parametre olarak önerilmektedir.



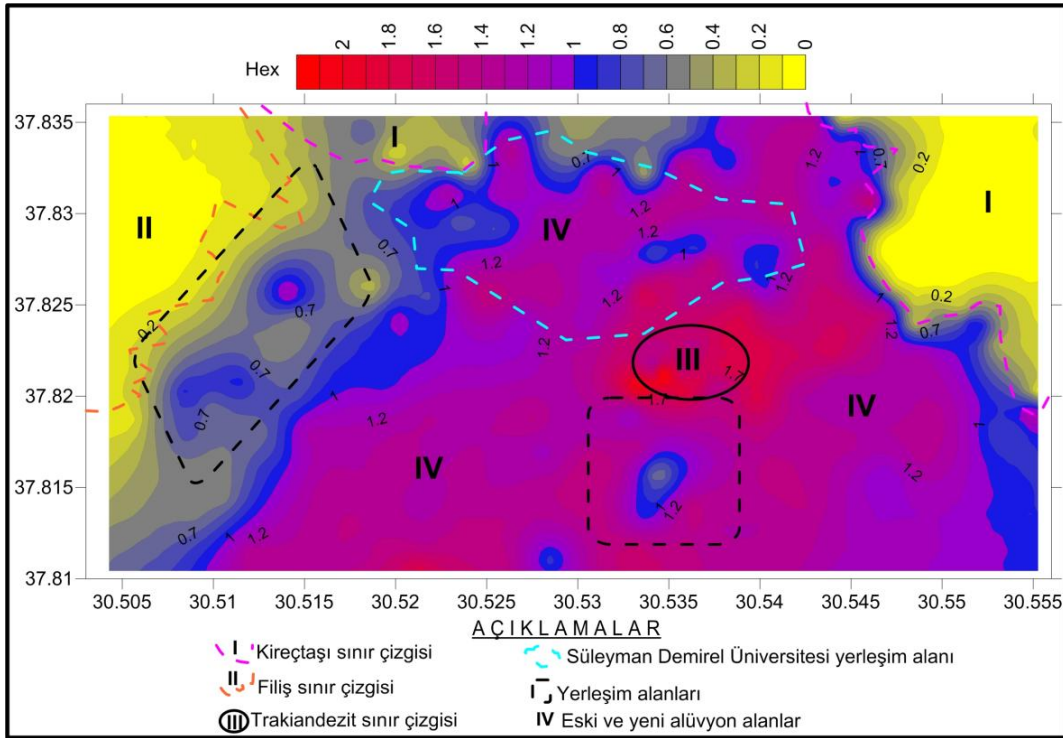
Şekil 3. Çalışma alanının gama doz hızı haritası (Uyanık vd. 2013'den düzenlenmiştir).



Şekil 4. Çalışma alanının yıllık efektif doz hızı haritası (Uyanık vd. 2013'den düzenlenmiştir).



Şekil 5. Çalışma alanının Radyum eşdeğer aktivite haritası (Uyanık vd. 2013'den düzenlenmiştir).



Şekil 6. Çalışma alanının dış radyasyon tehlike indis haritası (Uyanık vd. 2013'den düzenlenmiştir).

KAYNAKLAR

- Akkurt İ., Uyanık N.A., Uyanık O., 2009. Andezitli alanlarda yüzey gamma ölçümleri. Türk Fizik Derneği 26. Uluslararası Kongresi, Bodrum-Türkiye.
- Akkurt İ., Uyanık N.A., Uyanık O., 2010. Natural radioactivity in some geological samples in Isparta (Turkey). X. Radiation Physics and Protection conference 26–30 November 2010 Cairo-Mısır.
- Aydın İ., Aydoğan M.S., Oksum E., Koçak A., 2006. An attempt to use aerial gamma-ray spectrometry results in petrochemical assessments of the volcanic and plutonic associations of Central Anatolia (Turkey). Geophys. J. Int. 167, 1044–1052.
- Ayres A., Theilen F., 2001. Natural gamma-ray activity compared to geotechnical and environmental characteristics of near surface marine sediments. J. Appl. Geophys. 48, 1–10.
- ASCE/SEI, 2010. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures: American Society of Civil Engineers/Structural Engineering Institute, ASCE/SEI 7-10 (608 pp.-Reston, Virginia).
- Beretka J., Mathew P.J., 1985. Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by products. Heal. Phys. 48, 87–95.
- Bochiolo M., Verdoya M., Chiozzi P., Pasquale V., 2012. Radiometric surveying for the assessment of radiation dose and radon specific exhalation in underground environment. J. Appl. Geophys. 83, 100–106.
- Building Seismic Safety Council (BSSC), 2000. NEHRP Recommended Provisions for Seismic Regulations for New Buildings. (<http://www.bssconline.org/provisions>).
- Building Seismic Safety Council (BSSC), 2001. NEHRP recommended provision for seismic regulations for new buildings and other structure. Part 1 Provision, Prepared by the Building Seismic Safety Council for the Federal Emergency Management Agency, Report FEMA 368, Washington, DC.
- CEN, 2004. Eurocode 8—design of structures for earthquake resistance. Part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings. European Standard EN 1998-1, December 2004, European Committee for Standardization, Brussels.

- Çetin B., 2016. Determination of Natural Radioactivity Concentration in Surface Soil in the Yeşilirmak River in Amasya, Turkey. *Acta Physica Polonica A*, 128(2B), 360-362.
- Durrance E.M., 1986. *Radioactivity in Geology: Principles and Applications*. Ellis Horwood Limited, Chichester, UK 441.
- Faheem M., Mujahid S.A., Matiullah, 2008. Assessment of radiological hazards due to the natural radioactivity in soil and building material samples collected from six districts of the Punjab province-Pakistan. *Radiat. Meas.* 43, 1443-1447.
- Geometrics inc., OYO inc., 2003. *Seislmager Manual, Version 3*.
- Ruffell A., McKinley J.M., Lloyd C.D., Graham C., 2006. Th/K and Th/U ratios from spectral gamma-ray surveys improve the mapped definition of subsurface structures. *J. Environ. Eng. Geophys.* 11 (1), 53-61.
- Medvedev S.S., 1965. *Engineering Seismology*, Translated from Russian, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- Othman A.A., 2005. Construed geotechnical characteristics of foundation beds by seismic measurements. *J. Geophys. Eng.* 2, 126-138.
- TDY (Türk Deprem Yönetmeliği), 2007. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar*. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara/Türkiye (s:159).
- Ulugergerli E.U., Uyanık O., 2007. Statistical correlations between seismic wave velocities and SPT blow counts and the relative density of soils. *Journal of Testing and Evaluation*, 35(2): 187-191.
- UNSCEAR United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000. *Sources, effects and risks of ionizing radiation. Report to the General Assembly with Annex B: Exposures from Natural Sources of Radiation*. United Nations, New York.
- Uyanık N.A., Akkurt İ., 2010. Alkali volkanitler yönünden zengin olan Isparta Çünür tepesinde doğal radyoaktivite tayini. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 9(2), pp. 35-42.
- Uyanık N.A., Akkurt İ., Uyanık O., 2009. Gamma spektrometresi ve jeofizikteki uygulamaları, XI Ulusal Spektroskopi Kongresi. Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Ankara.
- Uyanık N.A., Akkurt İ., Uyanık O., 2011. A ground radiometric study of uranium, thorium and potassium in Isparta, Turkey. *Ann. Geophys.* 53 (5-6), 25-30.
- Uyanık N.A., Uyanık O., Akkurt İ., 2013. Micro-Zoning of the Natural Radioactivity Levels and Seismic Velocities of Potential Residential Areas in Volcanic Fields: The Case of Isparta (Turkey). *Journal of Applied Geophysics*, 98, 191-204
- Uyanık N.A., Uyanık O., Gür F., Aydın İ., 2012. Natural radioactivity of bricks and brick material in the Salihli-Turgutlu area of Turkey. *Environ. Earth Sci.* 68 (2), 499-506.
- Uyanık O., 2010. Compressional and shear-wave velocity measurements in unconsolidated the top-soil and comparison of the results. *Int. J. Phys. Sci.* 5 (7), 1034-1039.
- Uyanık O., 2011. The porosity of saturated shallow sediments from seismic compressional and shear wave velocities. *J. Appl. Geophys.* 73 (1), 16-24.
- Uyanık O., 2015. Deprem Ağır Hasar Alanlarının Önceden Belirlenmesi ve Şehir Planlaması için Makro ve Mikro Bölgeleştirmelerin Önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 19(2), 24-38.
- Uyanık; N.A., Öncü Z., Uyanık O., Akkurt İ., 2015a. Determination of Natural Radioactivity from ²³²Th with Gamma-Ray Spectrometer in Dereköy-Yazır (Southwestern Anatolia). *Acta Physica Polonica A* 128 (No 2-B): B441-442.
- Uyanık N.A., Öncü Z., Uyanık O., Bozcu M., Akkurt İ., Günoglu K., Yagmurlu F., 2015b. Distribution of Natural Radioactivity from ⁴⁰K Radioelement in Volcanics of Sandıklı-Suhut (Afyon) Area *Acta Physica Polonica A* 128 (No 2-B): B438-440.
- Uyanık O., Türker E., İsmailov T., 2006. Sığ Sismik Mikro-Bölgeleme ve Burdur/Türkiye Örneği. *Ekoloji ve Su Teserrufatı* 1 (8), 9-15.
- Uyanık O., Ulugergerli E.U., 2008. Quality control of compacted grounds using seismic velocities. *Near Surf. Geophys.* 6 (5), 299-306.
- Uyanık O., Yeşil Y., 2012. Sismik Hızlardan Zemin Büyütmesinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (Proje No: 1808-YL-09)*.

ZEMİN HAKİM PERİYODU VE BİNA YÜKSEKLİĞİ REZONANS İLİŞKİSİ

SOIL DOMINANT PERIOD AND RESONANCE RELATION OF BUILDING HEIGHT

ALİ KEÇELİ*, MUSTAFA CEVHER**

*Salacak Mh., Bestekar Selahattin Pınar Sk., Deniz Apt., No:130/8. Üsküdar, İstanbul
keceliali32@gmail.com

**Jeofizik Mühendisi, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İzmit, Kocaeli
mcevher_@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, binaların rezonans periyot aralıklarını saptamak için zemin yapı arasındaki hakim periyot ilişkisi incelenmiştir. (0.2 ile 2) saniye arasındaki bina, T , ve zemin hakim periyotlarının, T_z , oluşturdukları rezonans bölgelerini saptamak için sinyal analizi uygulanmıştır. Zemin sınıflaması için deprem rezonans bölgesi etkinlik eğrileri elde edilmiştir. Deprem rezonans bölgesi etkinlik eğrilerinin dönüm noktaları karakteristik periyot olarak tanımlanmıştır. Sinyal analizine göre, $T = (0.5-1.5)T_z$ saniyeler arasındaki zemin periyodu aralığı bina kat adedi rezonans risk bölgesi olmaktadır. Bina doğal periyodu ve kat adedi veya bina yüksekliği arasındaki ilişkiler kullanarak zemin hakim periyodu ile değişen rezonans bölgesi kat adetleri eğrileri elde edilmiştir. Aynı özellikler kullanarak bina rijitlik özellikleri ile değişen rezonans bölgesi kat adetleri eğrileri de elde edilmiştir. Bina kat adedi rezonans risk bölgesi saptamasında; 1-Rijitlik kot değerine göre uygulama, 2- Bina kot yüksekliği ve farklı rijitlik değerlerine göre uygulama, 3-Eski binaların zemin-bina rezonans ilişkilerinin denetimleri için uygulama örnekleri verilmiştir. Sonuç

olarak, zemin hakim periyodu bilindiğinde, tasarlanan bina yüksekliği kat adedi rezonans bölgesi eğrilerinden pratik olarak saptanabilmektedir. Bu uygulama depremlerde zemin yapı etkileşimini tahmin etmek için basitleştirilmiş yararlı bir yöntem olmaktadır. Ayrıca, bu çalışmada deprem zemin hakim periyodu hesabında farklı katman kalınlığı kullanımları ve bina deprem rezonansı ilişkisi üzerine farklı yaklaşımlar tartışılmıştır. Bu bağlamda, zemin hakim periyodu hesaplanması için, zemin toplam derinliğinin yönetmelik düzenlemeleri ve yüzey dalgası aktif derinliğine göre 50 metre kullanılması gerektiği gösterilmiştir.

ABSTRACT

In this study, the relationship of dominant period between soil-structure interactions was investigated to determine the resonance period intervals of buildings. The signal analysis were applied to determine the resonance regions between building periods, T , and soil periods, T_z with (0 and 2) seconds. Earthquake resonance effectivity curves werre obtained

Anahtar kelimeler: Deprem rezonans hasarları, zemin yapı ilişkisi, hakim periyot, bina kat adedi, beton sertliği.
Keywords: Earthquake resonance damages, soil-structure interaction, dominant period, store number of building, concrete rigidity.

for soil classification. Turning points of Earthquake resonance effectivity curves were defined characteristic periodes ($T_A - T_B$). According to this signal analysis, soil interval period between $T = (0.5-1.5) T_z$ seconds becomes the building store number resonance risk region. Building store number curves of resonance region which changes as the function of the soil dominant period were obtained by using the relation between the building natural period and the store number or building height. Building store number curves of resonance region which changes as the function of the building rigidity were also obtained by using the same properties. In determination of resonance risk region; 1- application according to rigidity code values, 2- application according to different rigidity code values and building height, 3- Application for the control of soil-building resonance relationship of old buildings were given. In conclusion, if the dominant periods of soils are known, store number and the height of the building designed could be determined as practical from the resonance region curves. This application is useful simple method for the estimation of the soil-structure interaction during the earthquake. Also, in this study, different approaches in the calculations of soils dominant period for different layer thicknesses and the earthquake resonance relationships of buildings were discussed. In this context, for calculation of dominant period, it is shown that total depth of the layer should be used 50 meters according to the disaster regulations and surface wave active depth.

GİRİŞ

Deprem dalgaları zemin ortamında yayılırken zeminler sahip oldukları farklı özelliklere bağlı olarak farklı davranışlar gösterirler. Bu davranışlara bağlı olarak çeşitli hasar türleri oluştururlar. Zeminlerin farklı özellikleri önceden tespit edilerek zeminlerin deprem esnasında nasıl davranabilecekleri belirlenebilmektedir. Deprem dalgaları zeminde yayılırken birçok titreşim frekansları içerirler. Zeminlerin davranışlarını saptamada en önemli faktörlerden biri zeminin deprem sarsıntısında hakim titreşim frekansı veya hakim periyodudur. Deprem hasar türlerinden önemli biri olan rezonans hasar türü zemin hakim periyodu ile bina yükseklik veya kat adetleri arasında oluşan rezonans ilişkisi bilinen bir gerçektir. Zemin hakim periyodu değiştirilemez, fakat

bina yüksekliği veya kat adedi ve diğer özellikleri değiştirilebilir. Bu bakımdan, yapılacak bir binanın tüm özellikleri inşaat mühendisleri tarafından saptanır. İnşaat proje tasarımında deprem zemin hakim periyoduna bağlı bina kat adedinin veya bina yüksekliğinin önceden belirlenmesi rezonans hasarlarının en aza indirgenmesi bakımından hem hayati, hem ekonomik önem arz etmektedir. Binaların rezonans olayı inşaat mühendisliği ve jeofizik mühendisliği bilim alanlarında incelenmiş fakat bu iki farklı bilim alanını birlikte değerlendiren literatürde açık bir yayın bulunmamaktadır. Aytun (2001) bildirisinde bina kat adedi ve zemin etkin periyodu ilişkisini irdelemiş ancak, zemin etkin periyodunu 100 metrelere varan derinlikler için saptanması örneğini vermiştir. Aytun tarafından verilen örnek hakim periyot saptanması, aşağıda açıklandığı üzer, kabul edilemeyecek bir uygulamadır. Pratikte 30 ve 50 metre katman derinliği gibi daha farklı uygulamalar yapılmaktadır. Bu çalışma, (Keçeli ve Cevher 2015) deki yayının genişletilmiş olup zemin hakim periyodunun sağlıklı saptanmasını sağlamak ve zeminlerin hakim periyotları ile bina yükseklikleri arasındaki genel ilişkinin sinyal analizi yöntemiyle inceleyerek imar planlamalarına esas teşkil edecek depremde rezonansa girmeyecek bina yükseklik veya kat adetlerinin önceden belirlenebilmesini ve dolayısıyla depremde rezonans hasar türünü asgariye indirmeyi amaçlamaktadır.

ZEMİN İLE BINA REZONANS İLİŞKİSİ SİNYAL ANALİZİ

İnşaat mühendisleri, rezonans etkisini spektral ivme katsayısı, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyoduna bağlı olarak saptanan spektrum katsayısı ve deprem yükü azaltma katsayısı hesaplamalarıyla azaltabilmektedir (Afet yönetmeliği, 2007). (Arnold, 2013) bu durumu sağlamak her zaman mümkün olmayabileceğini ifade etmektedir. Bununla beraber, Arnold, yapımı tamamlanmış veya tasarımdaki yapının yükseklik, kütle, rijitlik ve diğer çeşitli özellikleri değiştirilerek bina rezonans uzaklaştırılabileceğini belirtmektedir. Bu boşluğu doldurmak ve korelasyon sağlamak amacıyla, bina ön tasarım aşamasında kullanılabilecek alternatif bir yöntem olarak, basit fakat daha gerçekçi ve hızlı bir ön tasarım yöntemi aşağıdaki gibi geliştirilebilir.

Depremlerde zemin-bina etkileşimi ile oluşan bina titreşim genliğinin büyümesi olayına bina rezonansa girmesi olarak adlandırılır. Zemin titreşim frekansı ile bina öz frekansının aynı olması durumunda binayı titreştiren kuvvet aynı doğrultuda olacağından, aynı doğrultudaki iki kuvvetin toplamı büyüyeceğinden bina titreşiminin genliği de büyür, daha büyük salınım yapar, dolayısıyla ivmesi büyür. Deprem esnasında herhangi bir bina rezonansa girerse binanın titreşim genliği büyümesi oranında hasar derecesi de ona göre artar. Örneğin; Şekil 1. 1999 depreminde benzer yapı özelliğine sahip yapılarda farklı hasar meydana gelmiş tipik bir zemin-bina rezonans ilişkisini göstermektedir. Fakat Şekil 2. de Minare devrilmiş ve kırılmış ve cami yan yatarak yıkılmış, farklı yükseklikteki yapıda şekil 1. deki gibi farklı hasar olmadığından deprem hasarı zemin deformasyonu hasarından dolayı meydana geldiği anlaşılmaktadır.



Şekil 1. Deprem rezonans hasar örnekleri(URL-3).
Fig. 1. Earthquake damage resonance samples.

Şekil 3. Kocaeli üniversitesi Aslanbey Kampüsü İdari Bilimler Fakültesi binası 1999 deprem hasarı çeşitli yönlerini göstermektedir. Deprem sarsıntısında 5 katlı binanın yıkılmadığı, fakat çıkmalı ve zayıf kısımların hasara uğradığı fakat bitişik tek ve iki katlı binada hiçbir hasar olmadığı şekil 3. (b) de görülmektedir.

Şekil 1. ve 2. de farklı yükseklikte yapılar farklı hakim periyotlu zemin üzerine inşa edilmiş farklı hasar oluşmuş, şekil 3. de ise; farklı yükseklikte yapılar aynı hakim periyotlu zemin üzerine inşa edilmiş farklı hasar oluştuğu görülmektedir. Bu nedenle, deprem rezonans hasarlarının iç yüzünü anlamada ve binayı rezonans uzaklaştırmada yararlı olacağından rezonans olayını sinyal analizi basitleştirilmiş örneklerle açıklanabilir.



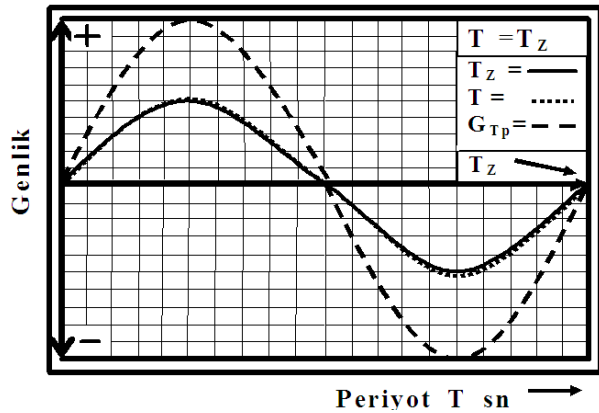
Şekil 2. Minare devrilmiş ve kırılmış ve cami yan yatarak yıkılmış.
Fig.2. The minaret and mosque side lying overturned and broken destroyed.





Şekil 3. Kocaeli üniversitesi Aslanbey Kampüsü İdari Bilimler Fakültesi binası 1999 deprem hasarı
Fig. 3. 1999 earthquake building damage in Arslanbey Campus Faculty of Administrative Sciences

Bunun için, zemin periyodu ile bina periyodu arasında etkileşim konusunu basite indirgeyerek aşağıdaki sinyal dalga boyu prensibi izlenmesi tercih edilmiştir. Zemin ve bina titreşimlerinin en büyük periyodu olan fundamental veya 1. modları ele alınarak zemin ve bina titreşimlerinin etkileşimi basit olarak aşağıdaki gibi değerlendirilebilir: Gerçekte, zemin periyodu (T_z) genliği bina periyodu (T) genliğinden (G) çok çok büyük olmakla beraber rezonans analizi temsili bir gösterimi için 1. mod genliklerinin $G = G_z$ eşit olma durumunda sinyal analizi yapılması uygun olmaktadır. T_z titreşim sinyal genliği G_z ile T bina titreşim genliğinin G absis üzerindeki Şekil 4. de $T = T_z$ olduğunda toplam genlik $G_{\text{Toplam genlik}} = G_z + G$ olarak büyümüş olmaktadır.



Şekil 4. Zemin ve bina hakim periyotları ve rezonans oluşumu.

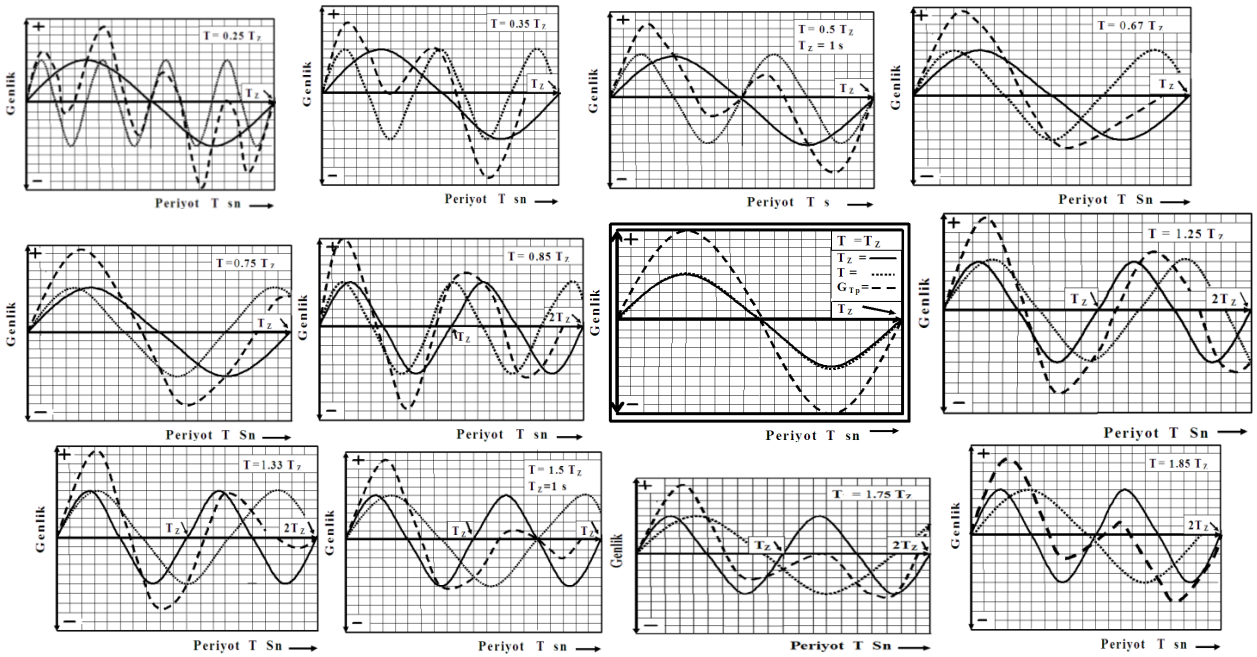
Fig. 4. Soil and building dominant periods and resonance formation.

Zeminin hakim periyodu T_z ile orantılı değişebilecek şekilde bina doğal periyodu T , Şekil 5. deki gibi, $T = XT_z = (0.25, 0.35, 0.5, 0.67, 0.75, 0.85)T_z$, ve $T = (1.25, 1.33, 1.5, 1.75, 1.85)T_z$ olarak zemin ve bina titreşimlerinin birinci modlarının ortak davranışları için rezonans durumu analizi sinyal analiz yöntemiyle aşağıdaki gibi uygulama yapılabilir. Burada $T = XT_z$ eşitliğindeki (X) T ve T_z arasında herhangi bir periyot oranı değeridir.

Deprem rezonans olayında genliği ve periyodu büyük olan titreşimler daha büyük hasarlara sebep oldukları temel ilkedir. Şekil 5. de, bina T hakim titreşim ve zemin hakim titreşim T_z sinyallerin sırasıyla $G_{\text{Toplam genlik}} = G + G_z$ genlik değişimleri bu temel ilkeye göre incelendiğinde;

1- $T = (0.25, 0.35, 0.5)T_z$ periyot değerlerindeki sinyal genliklerinin toplam genliği ($G_T = G + G_z$) zeminin veya deprem periyodundan daha küçük periyotlu genlikler olduğu görülmektedir. G_T değişimi bina zemin periyodu ile birlikte salınmadığını dolayısıyla rezonans etkisinin zayıf olduğunu ifade etmektedir. Sonuç olarak, $T_b < 0.5T_z$ ilişkisinde bina rezonansa girmeyeceğini ifade etmektedir.

2- $T = (1.5, 1.75, 1.85)T_z$ periyot değerlerindeki sinyal genliklerinin toplam genliği zeminin veya deprem periyodundan büyük periyotlu genlikler göstermektedir. G_T toplam genlik ilk yarım periyotta büyürken diğer ikinci yarım periyotta toplam genlik oldukça küçülmüş olarak aynı değerlerde kalmaktadır. Sonuç olarak, $T > 1.5T_z$ ilişkisinde bina zemin periyodu ile birlikte salınmadığını, rezonansa girmeyeceğini ifade etmektedir.



Şekil 5. Depremde zemin ve binaların fundamental periyotlarının sinyal analizi uygulaması.

Fig. 5. Signal analysis application to the fundamental periods of the soil and building in earthquake.v

3- $T = XT_z = (0.5, 0.67, 0.75, 0.85, 1, 1.25, 1.33, 1.5) T_z$ periyot değerlerindeki sinyal genliklerinin toplam genliği $G_{T_{\text{toplam genlik}}} = G_z + G_b$ grafiğinin değişimine göre; bina zemin periyodu ile birlikte veya ona yakın bir periyot ile büyük genliklerde salınabildiğini göstermektedir. Sonuç olarak, $T = (0.5-1.5)T_z$ periyot aralığında bina rezonansa gireceğini göstermektedir.

4- $T < 0.5T_z, T > 1.5T_z$ periyot değerlerindeki sinyal genliklerinin toplam genliği G_T zeminin periyodundan daha küçük periyotlu genlikler $G_1 < G_z$ olduğu görülmektedir. G_T değişimi bina zemin periyodu ile birlikte salınmadığını dolayısıyla rezonans etkisinin zayıf olduğunu veya hiç olmadığını ifade etmektedir.

Şekil 4. ve 5. deki $T = XT_z$ eşitliğinde T bina periyot değeri T_z zemin periyodunun her hangi bir değerinin katları şeklinde alınmıştır.

$$T_A = (1-0.5)T = 0.5T_z \text{ ve } T_B = (1+0.5)T_z = (1.5)T_z$$

olması durumlarında Şekil 5. deki sinyallerin periyot ve genlik değişimleri, seçilen birinci mod sinüs eğrisinin kural gereği simetrik olma zorunluluğu nedeniyle, yukarıdaki 1.,2. ve 3. şıklardaki durumun $T_z = XT$ durumunda da aynı olmaktadır. Bu nedenle, T, T_z periyodu ve genliği ne olursa olsun

$$T = (0.5-1.5)T_z = (T_A - T_B) \quad (1)$$

değerleri arası rezonans bölgesi karakteristik periyot aralığı değerleri olmaktadır. İki sinüzoidal sinyalin şekil 4. deki gibi, birinin artı ve eksi yönde eşit kaydırılması durumunda elde edilecek toplam sinyal şekli simetrik olur. Zemin ve bina titreşim sinyallerinin rezonans etkinliği $(T_z/T) = 1$ oranına göre de simetrik olmak zorundadır. Zemin ve bina rezonans etkinliğinin T_z / T periyot oranına göre değişimi şekil 6. da kabaca değişim şekli ile temsil edilebilir. Şekil 6. $T = T_z$ olduğunda maksimum rezonans, eşitlikten uzaklaştıkça rezonans etkisinin azalarak devam ettiğini göstermektedir.

Şekil 6. daki rezonans bölgesi eğrisinde yavaş değişimden hız artışa geçiş noktaları olan 0 ve 0' dönüm noktaları binanın zemin periyoduna bağlı (2) deki T_A ve T_B rezonans karakteristik periyotlarını ifade etmektedir. (1) deki $T = (0.5-1.5)T_z$ bağıntısı binanın zemin periyoduna bağlı T_A ve T_B rezonans karakteristik periyotlarını ifade etmektedir. Aşağıda Tablo 1. de gösterildiği gibi Afet Yönetmeliği 2007'nde zemin sınıflarına göre spektrum karakteristik periyot değerleri $(T_A - T_B)$ katman kalınlığına ve zemin türüne göre tahminsel olarak tanımlanmıştır. Bu bağlamda, sis-

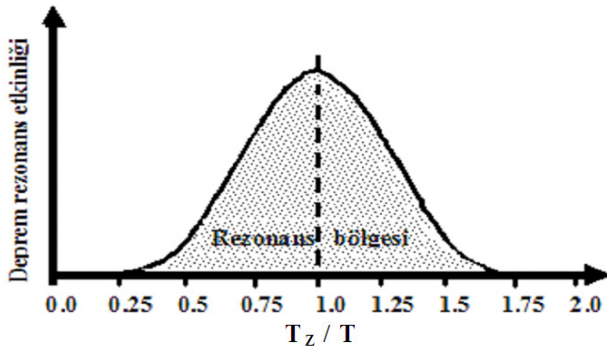
mik yöntemlerle yerinde ölçülerek elde edilen zemin hakim periyodu ile T_A ve T_B rezonans karakteristik periyotları arasında benzer bir ilişki ve tablo aşağıdaki gibi kurulabilir.

Şekil 7. de rezonans bölgesi sınır değerleri içinde $T=(0.5-1.5)T_z$ zemin özelliklerine göre rezonans bölgesinin değişim şekilleri görülmektedir. Şekil 7. da Z_1 türü kaya zeminlerin diğer zemin türlerine göre oldukça dar rezonans bölgesi göstermesi ve gevşek zemin türüne doğru rezonans bölgesinin genişlemesi normal bir sonuçtur. Şekil 8. deki zemin türlerine göre rezonans bölgesi deprem rezonans etki şeklini gösteren eğrilerin dönüm noktaları arasında hızlı bir artış olması ve pik yapması yine doğal bir sonuç olmaktadır. Söz konusu pik değer ait olduğu zeminin hakim periyodu olmaktadır. Dolayısıyla her bir eğrinin dönüm noktaları T_A ve T_B karakteristik periyot değerleri olmaktadır. T_A ve T_B karakteristik periyot değerleri Afet Yönetmeliği, 2007 de verilen Tablo 1. deki zemin sınıflarına göre aşağıdaki gibi elde edilebilir.

Pratikte genelde saptanan Z_1 türü kaya zeminlerde en küçük ve en büyük periyot değerleri Afet yönetmeliğinde $(T_A-T_B)=(0.1-0.3)$ olarak kabul edilir. Bu bağlamda, Z_1 türü kaya zeminlerin ortalama hakim periyot değeri T_z ($T_A-T_B)=(0.1-0.3)$ arasında orta bir değerde olmak durumundadır. Buna göre, Z_1 türü kaya zeminlerin hakim periyotları $T_z \approx 0.18$ olmak durumundadır.

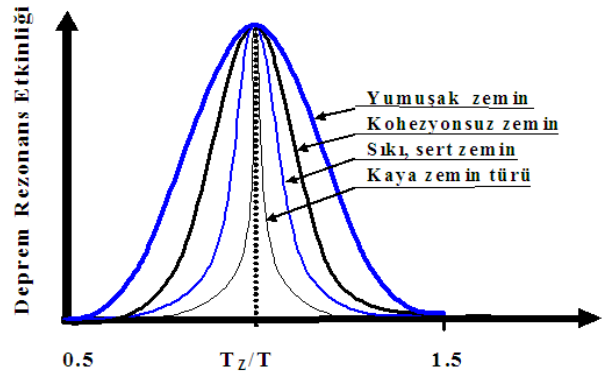
Şekil 8. de görüleceği üzere, zemin türlerinin T_z değerlerine (1) bağıntısındaki $T=(0.5-1.5)T_z=(T_A-T_B)$ rezonans bölgesi sınır değerleri ifadesi uygulanırsa $T_z=0.18$ için, $T=0.2-0.18 \times (0.5-1.5) = (0.1-0.27) = (T_A \approx 0.1-T_B \approx 0.27)$ elde edilir. (0.1-0.27) değerleri Tablo 1. de afet yönetmeliğindeki Z_1 zemin türü ($T_A - T_B$) değerlerine karşılık gelmektedir. Benzer işlem diğer zemin türleri için de uygulanırsa Tablo 1. deki sismik yöntemlerde T_A-T_B değerleri elde edilebilir. Şöyle ki; Tablo 1. deki afet yönetmeliğindeki zemin ve sismik hız sınıflaması ve Şekil 8. den görüleceği gibi, Z_1 türü zemin hakim periyodunun maksimum değeri $T_{B1}=0.27$, Z_2 türü zeminin hakim periyodunun ortalama veya pik değeri olmak durumundadır. Z_2 zemin türü için $T=T_z (0.5-1.5) = (T_A-T_B) = 0.27 \times (0.5-1.5) = (0.1-0.4) = (T_A \approx 0.1-T_B \approx 0.4)$ elde edilir. Z_3 ve Z_4 için de benzer işlemler uygulayarak Tablo 1. deki sismik yöntemler (T_A-T_B) karakteristik periyot tablosu elde edilir. Elde edilen sismik yöntemler kısmındaki karakteristik zemin $T_A - T_B$ sınıflaması afet yönetmeliğindeki spektrum karakteristik $T_A - T_B$ periyot değerleri ile uyumlu olmaktadır.

Tablo 1. yerel $T_A - T_B$ karakteristik periyot değerlerinin nasıl elde edileceğini göstermektedir. Örneğin; sismik hız veya mikrotremör yöntemleriyle $TZ=0.5$ saniye elde edilmiş ise, $TZ=(4h/VS)$ bağıntısından $VS=(300-500)$ m/s olur, bu durumda TZ Z_3 zemin sınıfına girer. Rezonans bölgesine göre: $T=(0.5-1.5) T_z = (0.5-1.5) \times 0.5 = (0.25-0.75) = T_A - T_B$ elde edilir.



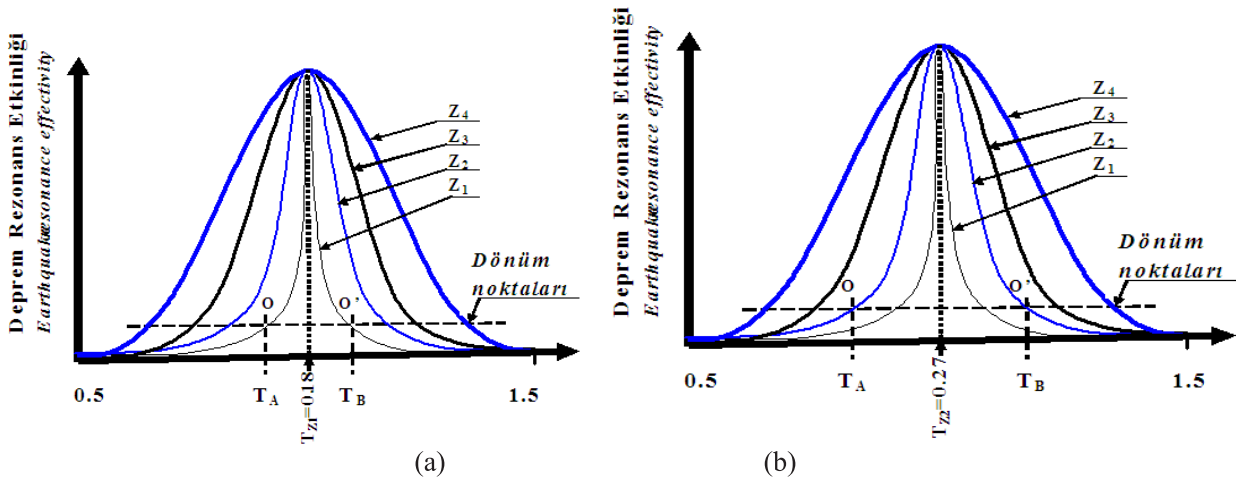
Şekil 6. Zemin ve bina titreşim sinyallerinin rezonans bölgesi değişimi.

Fig. 6. Soil and building dominant period and resonance formation.



Şekil 7. Zemin guruplarına göre rezonans bölgesi periyot değişimleri.

Fig. 7. Period changes of resonance zone according to soil groups.



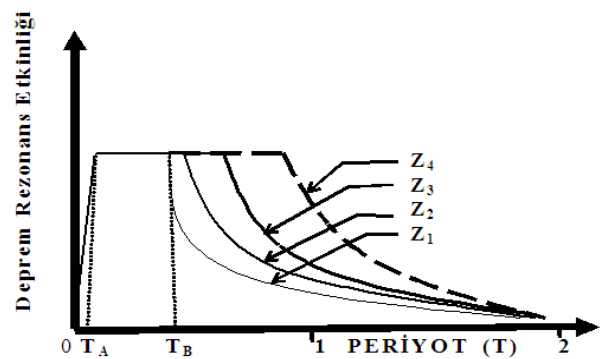
Şekil 8. Rezonans bölgesi dönüm noktaları ve karakteristik periyotları (T_A-T_B).
Fig. 8. Resonance region turning points and characteristic periods (T_A-T_B).

Tablo 1. Karakteristik Spektral ve Deprem Rezonans Etkin Periyot Değerleri
Table 1. Characteristic Spectral and Earthquake Resonance Effective Period Values

Afet yönetmeliğine göre			Sismik yöntemlere göre			
Zemin sınıfı	T_A-T_B	Zemin üst tabaka kalınlığı (h1)	$T_z=(4h/V_s)$ V_s (m/s)	Mikrotremör $T=T_z$ $x(0.5-1.5)$	$T_A - T_B$	Zemin sınıfı
Z1	0.10-0.30	(A) ve $h1 \leq 15$ m olan (B) zemin grubu	> 700	$0.18x(0.5-1.5)=$	$(0.1-0.27)$	Z_1
Z2	0.15-0.40	$h1 > 15$ m olan (B) ve $h1 \leq 15$ m olan (C)	400-700	$0.27x(0.5-1.5)=$	$(0.14-0.4)$	Z_2
Z3	0.15-0.60	$15 m < h1 \leq 50$ m (C) $h1 \leq 10$ m olan (D)	200-400	$0.4x(0.5-1.5)=$	$(0.2-0.6)$	Z_3
Z4	0.20-0.90	$h1 > 50$ m olan (C) $h1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler	< 200	$0.6x(0.5-1.5)=$	$(0.3-0.9)$	Z_4

(0.25-0.75) değerleri Tablo 1. deki $Z_3 - Z_4$ arasında olduğundan emniyetli tarafta olması nedeniyle $T_z=0.5$ periyoda sahip zemin Z_4 yerel zemin sınıfına ait $T_A - T_B$ değerlerine ait $T_A - T_B$ olması gerekmektedir.

İnşaat mühendisleri, şekil 9. de Şekil 8. deki ($T_A, 0.1.5$) arasındaki Z_1 eğri gurubunu bir başlangıç noktasından itibaren Tablo 1. deki sismik yöntemler kısmındaki $T_A - T_B$ değerlerine göre çizilecek olursa şekil 9. deki spektrum katsayısı eğrisine benzer eğri şekli elde edilir. Benzer işlem diğer zemin guruplarına da uygulandığında Şekil 9. deki $T_A - T_B$ eğri gurubu elde edilir.



Şekil 9. Spektrum katsayısı eğrisi
Fig. 9. Spectrum coefficient curve

Düzgünleştirilmiş ivme spektrum eğrisinde görüldüğü gibi, rezonans etkisini spektral ivme katsayısı, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyoduna bağlı olarak saptanan spektrum katsayısı ve deprem yükü azaltma katsayısı tasarım hesaplamalarıyla azaltabilmektedir (Afet yönetmeliği, 2007). (Arnold, 2013) bu durumu sağlamak her zaman mümkün olmayabileceğini ifade etmektedir. Bununla beraber, Arnold, yapımı tamamlanmış veya tasarımdaki yapının yükseklik, kütle, rijitlik ve diğer çeşitli özellikleri değiştirilerek bina rezonanstan uzaklaştırılabileceğini belirtmektedir.

Tablo 1. de görüldüğü gibi, zemin özellikleri 2007 Afet Yönetmeliğinde dört grupta ifade edilmiş ve zeminlerin İvme Spektrum Karakteristik Periyotları T_A , $T_B = (0.1-0.9)$ saniye olarak sınırlandırılmıştır. Halbuki, ABD ve AB standartlarında zeminlerin özellikleri Tablo 2. deki gibi 6 grupta sınıflandırılmıştır. ABD ve AB sınıflamasına göre kayma dalgası hızı $V_s < 100$

(m/s) olan ortamlarda zemin hakim periyodu 2 saniye civarında büyük elde edilebilmektedir (Arnold, 2013). Nitekim, (Salinas ve diğ., 2012) mikrotremör ölçüleriyle gevşek zeminin hakim periyodunu 1.93 saniye mertebesinde elde etmişlerdir. (Alfaro ve diğ., 2001) mikrotremör ölçüleriyle jeolojik özelliklere bağlı olarak zeminlerin hakim periyotlarının 2.1 saniye elde edilebildiğini ifade etmişlerdir. Bu bağlamda, de 2007 ye göre Tablo 1. de uygulanan sismik yöntemler zemin sınıflaması 2016 Türkiye Bina Deprem yönetmeliğine uygulandığında, Tablo 2. de görüldüğü gibi, $(Z_A-Z_F) = (0.1-2)$ veya $(T_A - T_B)$ saniye zemin periyodu aralığının aynen sağladığı görülmektedir.

Şekil 8. zemin ve bina titreşim sinyallerinin rezonans bölgesi $T = (0.5-1.5)T_z$ değişimi şekil 9. spektrum katsayısı eğrisindeki ve Tablo 1.deki spektrum karakteristik periyotları $(T_A - T_B)$ aralığında eşdeğer periyot değerlerini temsil etmektedir.

Tablo 2. Yeni Yönetmelik Taslağına göre Sismik Yöntemler Zemin Sınıflaması.

Table 2. Seismic Methods Soil Classification According to the New Regulation Draft

Zemin sınıfı	Zemin cinsi	T=4h/V _s ve Mikrotremör		T _A - T _B
		V _s (m/s)	T=T _z x(0.5-1.5)	
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	0.18x(0.5-1.5)	(0.1-0.27)
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760-1500	0.27x(0.5-.5)	(0.14-0.4)
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360-760	0.4x(0.5-1.5)	(0.2-0.6)
ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180-360	0.6x(0.5-1.5)	(0.3-0.9)
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak - katı kil tabakaları veya PI > 20 ve w > % 40 koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası () içeren profiller u 25 kPa c <.	£180	0.9X(0.5-1.5)	(0.45-1.35)
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaştırılabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli (PI > 50) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.		1.35x(0.5-1.5)	(0.68-2)

$T=(0.5-1.5)T_z$ değerleri rezonans reel değerleri, afet yönetmeliğindeki spektrum katsayısı $S(T)$ değerleri tasarım ve kabul değerlerdir. Bu bağlamda, binayı rezonans etkisinden uzaklaştırmak amacıyla, Rezonans Bölgesi Yöntemi alternatif bir yöntem olarak kullanılabilir daha gerçekçi ve hızlı bir Tasarım Yöntemi aşağıdaki gibi geliştirilebilir.

BİNA PERİYODU İLE YÜKSEKLİKLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Yukarıda sinyal analizinde bahsedilen zemin periyoduna, T_z , bağlı binaların rezonans bölgesi saptanabilirse deprem rezonans hasarlarını azaltmak mümkün olabilir. Binaların titreşim veya salınım periyotları esas olarak binanın kütlesine, sıklığına, sertliğine, mukavemetine ve boyutlarına (yüksekliğine, enine, boyuna) bağlı olup aşağıdaki deneysel bağıntılarla tanımlanmaktadır (Chun ve diğ., 2000), (Chiauszi ve diğ., 2012) ve (Anastasia ve diğ., 013).

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{D}} \quad T = \frac{C_t H}{\sqrt{D}} \quad (2)$$

Burada: H, bina yüksekliği, D, yatay kuvvete paralel doğrultuda bina boyutudur. Binaların titreşim veya salınım periyotları ve kat adetleri arasındaki ilişki (3) bağıntısı ile verilir

$$T= CN \quad (3)$$

Burada N, bina kat adedi, C, orantı kat sayısı veya bina rijitlik değeri olarak adlandırılmaktadır.

Binaların rezonans bölgesini saptamak için zemin periyoduna, T_z , bağlı bina periyot değerleri (1) ifadesinden

$$T=(0.5-1.5)T_z \quad (4)$$

Yazılabilir. (1) ifadesi (3) deki $T_b=CN$ ifadesi ile eşitlenirse, başka bir deyişle bina periyodu T, zemin periyodu T_z cinsinden ifade edilirse

$$T_z (0.5-1.5)=CN \quad (5)$$

arası rezonans alt ve üst sınır periyot değerleri olarak T_1 ve T_2

$$T_1=0.5T_z \text{ ve } T_2=1.5T_z \quad (6)$$

ayrı ayrı tanımlanabilir. Binaların bina rijitlik durumuna göre (6) bağıntısından rezonans bölgesi alt ve üst periyot değerleri için bina yüksekliği H_1 , H_2 veya kat adetleri, sırasıyla, N_1 ve N_2 hesaplanarak hangi zemin periyodunda hangi yükseklikte veya hangi kat adedine sahip bina rezonansa gireceği aşağıdaki gibi önceden tahmin edilebilir. Betonarme binalarda bir katın ortalama yüksekliği 3 metre kabul edilirse $H=3xN$ olması gerekir. T_b, T_z cinsinden ifade edilirse

$$N_1 = \frac{T_1}{C} = \frac{0.5T_z}{C} \quad H_1 \cong 3N_1, \quad N_2 = \frac{T_2}{C} = \frac{1.5T_z}{C} \quad H_2 \cong 3N_2 \quad (7)$$

elde edilir. Rezonans alt ve üst sınır periyot değerleri olarak T_1 ve T_2 saptanmasında bina aynı bina olduğu için bina rijitlik C değeri de aynı olur. Betonarme binaların zemin hakim periyodu değişimine göre bina rijitlik değerleri için $T=(0.5-1.5)T_z$ rezonans bölgesi periyot değerleri arası kat adedi rezonans bölgesi değişim grafikleri şekil (7 -11) de verilmiştir.

Şekillerdeki grafiklerde zemin hakim periyotlarına, T_z , bağlı bina kat adedi elde edilmesine ait hesaplama örnekleri aşağıda açıklanmıştır:

Bina temelindeki zemin periyodu zemin iyileştirmeleri dışında sabittir. Bina periyodu ve rijiditesi yapım özelliklerine bağlı olup değişkendir. Bu bağlamda, (Safina, 1996) (3) ifadesinde verilen $T= CN$ rijitlik, sertlik- periyot ilişkisini (betonarme binaların yapı sönüm oranının %5 olduğu bir durumda aşağıdaki gibi üç grupta toplamıştır

Esnek (flexible) binalar	$T_1=0.1N$
Orta (intermediate) sert binalar	$T_2=(T_1+T_3)/2$
Rijit (rigid) binalar	$T_3=0.061h^{3/4}$

Esnek betonarme binalarda alternatif olarak $T=CN=0.1N$ ifadesindeki $C=0.1$ eski kot değerinin ancak $N \leq 12$ kat adedine kadar kullanılabilirliğini belirtmektedirler (Wasti, 2015).

(Goel ve diğ. 1997), (Chun ve diğ. 2000), (Chiauszi ve diğ., 2012) (9), (Anastasia ve diğ. 2013) ve (Magdy, 2014) sırasıyla betonarme yapı yüksekliği H ve periyodu T_b arasında C_t yapı rijiditesine bağlı aşağıdaki European Code Ec:8 kot değerleri içeren

$$T=C_t H^0=0.075H^{0.75} \quad (9)$$

bağıntıyı vermişlerdir. Burada C_t ve Q Yapı türüne ve ülke kot değerine göre değişen katsayılardır. (Chung ve diğ., 2000), ve (Chiauzzi ve diğ., 2012) yapımı tamamlanmış bina periyodunun binanın boyuna ve enine boyutuna göre ölçülmesi gerektiğini tahminsel değerlendirmelerden farklı elde edildiğini belirtmektedirler. Binaların boyuna periyodu enine ölçülenden bir miktar daha büyük olmaktadır. Bu bakımdan, ölçülen ile bağıntılardan saptanan periyot değerleri farklı görünür değerler olmaktadır. Esasen, sağlıklı rezonans çekincesi elde etmek için binanın deprem doğrultusundaki hakim doğal periyodu tahmin ederek tamamlanmış veya tasarımdaki bina periyodunu saptamak en güvenli yol olmaktadır.

ZEMİN PERİYODU İLE BİNA YÜKSEKLİKLERİ ARASINDA REZONANS BÖLGESİ İLİŞKİSİ

Binaların maksimum rezonans durumları $T_z=T=CN$ olduğunda meydana geldiğinden maksimum rezonans kat adedi

$$N_{MAK.REZ.KAT.AD.} = \frac{T_z}{C} = \frac{T_B}{C} \quad (10)$$

bağıntısıyla ifade edilebilir. (8) ve (9) ifadelerindeki bina türüne göre bina katlarının T_B si farklı olduğundan dolayısıyla rijitlik C değeri farklı olup aynı zemin periyodunda farklı $N_{MAK.REZ.AD.}$ olur. Ancak, bu pratik ifade, şekil 6-7. daki zemin ve bina titreşim sinyallerinin rezonans bölgesi değişimine göre söz konusu maksimum kat adedi civarındaki katlarda rezonans hasar etkisi olmayacak anlamına gelmez. Şekil 1,2 ve 3. de görüldüğü gibi, patikte karşılaşılan sonuçlarda bu durumu teyit etmektedir. Bu nedenle deprem-zemin-bina ilişkisinde rezonans bölgesinin saptanması gerekmektedir. Yukarıda açıklanan rezonans bölgesi (8) ve (9) de verilen bina periyodu ile yükseklikleri arasındaki ilişkilere örnek olarak zemin periyodu $T_z= 1$ saniye olan bir mevkide rezonans bölgesi kat adedi hesaplama örnek olarak aşağıdaki gibi yapılabilir.

1- (8) deki esnek (flexible) binalar $T=0.1N$ bağıntısına göre, (7) bağıntısından $T_z= 1$ s olan bir mevkide

$$N_1 = \frac{T_1}{C} = \frac{0.5T_z}{C} = \frac{0.5*1}{0.1} = \frac{0.5}{0.1} = 5 \quad N_2 = \frac{T_2}{C} = \frac{1.5T_z}{C} = \frac{1.5*1}{0.1} = \frac{1.5}{0.1} = 15 \quad (11)$$

$T=0.1N$ için $T_z= 1$ s olan bir mevkide maksimum rezonansı (10) ifadesine göre $N_{MAK.REZ.AD.}=10$ olan binanın rezonans bölgesi kat adetleri $N_{1,2}=(5-15)$ olmaktadır.

2- (8) deki orta sert binalar Eu. Code:8 $T=0.075H^{0.75}$ bağıntısına göre, (9) bağıntısından

$$H^{0.75} = [3 * N]^{0.75} = \frac{T}{C_i} \quad (12)$$

elde edilen (8) bağıntısından

$$H_1^{0.75} = [3 * N_1]^{0.75} = \frac{T_1}{C_i} = \frac{0.5T_z}{C_i} = \frac{0.5*1}{0.075} = \frac{0.5}{0.075} = 7 \quad (13)$$

elde edilir. $H_1^{0.75}=7$ den $H_1=(7)^{1/0.75}= 12.5$ m. Buradan kat adedi $H_1=(3*N_1)$ den $N_1=4$ olarak elde edilir.

$$H_2^{0.75} = [3 * N_2]^{0.75} = \frac{T_2}{C_i} = \frac{1.5T_z}{C_i} = \frac{1.5*1}{0.075} = \frac{1.5}{0.075} = 20 \quad (14)$$

elde edilir. $H_2^{0.75}=20$ den $H_2=(20)^{1/0.75}= 54.3$ m. Buradan kat adedi $H_2=(3*N_2)$ den $N_2=18$ olarak elde edilir.

$T=0.075H^{0.75}$ için $T_z= 1$ s olan bir mevkide maksimum rezonansı (10) ifadesine göre $N_{MAK.REZ.AD.}=13$ olan binanın rezonans bölgesi kat adetleri $N_{1,2}=(4-18)$ olmaktadır.

3- (8) deki Rijit (rigid) binalar $T=0.061h^{3/4}$ bağıntısına göre, (9) bağıntısından

$$H_1^{0.75} = [3 * N_1]^{0.75} = \frac{T_1}{C_i} = \frac{0.5T_z}{C_i} = \frac{0.5*1}{0.061} = \frac{0.5}{0.061} = 8 \quad (15)$$

$$H_2^{0.75} = [3 * N_2]^{0.75} = \frac{T_2}{C_i} = \frac{1.5T_z}{C_i} = \frac{1.5*1}{0.061} = \frac{1.5}{0.061} = 25 \quad (16)$$

$T = 0.061 H^{0.75}$ göre $T_z= 1$ s olan bir mevkide maksimum rezonansı $N_{MAK.REZ.AD.}=16$ da olan binanın rezonans bölgesi kat adetleri $N=(5-24)$ olmaktadır.

Yukarıdaki üç farklı uygulamada zemin hakim periyodu $T_z=1$ saniye aynı olduğu halde C ve C_t değerlerinin değişmesiyle binaların maksimum rezonans değerlerinin değiştiği keza T_z nin değişmesiyle de değişeceği aşikardır. Söz konusu değişimin parametrelere fonksiyonel bağlı olarak nasıl değişebileceği aşağıdaki genişletilmiş uygulamalarla ortaya konabilir.

UYGULAMA

Bu bağlamda zemin-bina rezonans ilişkisinde yeni ve eski yapı olmak üzere aşağıdaki gibi iki farklı uygulama yapılabilir.

I. Yeni yapılacak yapı uygulaması:

- Ülke bina rijitlik kot değerine göre uygulama
- Plan dışı isteğe bağlı bina kot yüksekliği ve farklı rijitlik değerlerine göre uygulama

II. Eski yapı uygulaması: Eski yapıların zemin-bina rezonans ilişkilerinin denetimleri için uygulama

I. Yeni yapılacak yapı uygulaması:

a. Zemin periyodu T_Z bilinen mevkide imar planında bina kot yüksekliği sınırlandırılmamış ise;

$T_Z = 0.25$ saniye için rezonans bölgesi bina kat adedi sayısal hesaplama örneği:

Rezonans periyot aralığı (T_1, T_2) = (0.5-1.5) saniyeleri arası olduğundan $T_Z = 1$ saniye olan bir zeminde rezonansa girmeyecek yapılabilecek bina kat adedi ön görülen projede tasarlanacak bina rijidite (C) değerine bağlı olarak (8) bağıntılarından saptanabilir.

Bu örnekte zeminin periyodu $T_Z = 0.25$ saniyedir. Rezonans bölgesi periyot değerleri $T_1 = 0.5T_Z = 0.5 \times 0.25 = 0.125$ oranıtısı nedeniyle alt sınır olarak binanın doğal titreşim periyodu $T_{B1} = 0.125$ saniye olmaktadır. Benzer şekilde üst sınır olarak binanın doğal titreşim periyodu $T_2 = 1.5T_Z = 1.5 \times 0.25 = 0.375$ saniye olmaktadır. $T_Z = 0.25$ saniyede $T_1 - T_2 = (0.125 - 0.375)$ saniyeye karşılık gelen kat adetlerini saptamak için betonarme binaya ait rijitlik değeri (1) ifadesinden $E_c:8$ rijitlik kot değeri $C = 0.075$ olarak alındığında bina rezonans alt ve üst kat adetleri N aşağıdaki gibi elde edilir.

$$N_1 = \frac{T_1}{C} = \frac{0.5T_Z}{C} = \frac{0.5 \times 0.25}{0.075} = \frac{0.25}{0.075} = 2 \quad N_2 = \frac{T_2}{C} = \frac{1.5T_Z}{C} = \frac{1.5 \times 0.25}{0.075} = \frac{0.375}{0.075} = 5 \quad (17)$$

ve bina rezonans alt ve üst yükseklikleri $H_1 = 3N_1 = 3 \times 2 = 6$ m ve $H_2 = 3N_2 = 3 \times 5 = 15$ m elde edilir. $T_Z = 0.25$ saniye ve $C = 0.075$ olması durumunda $N = (2 - 5)$ arasındaki katlar rezonans risk bölgesi içine girdiğinden yapılacak binanın rezonansa girmemesi için $N = (2 - 5)$ katlar dışında seçilmesi gerekmektedir.

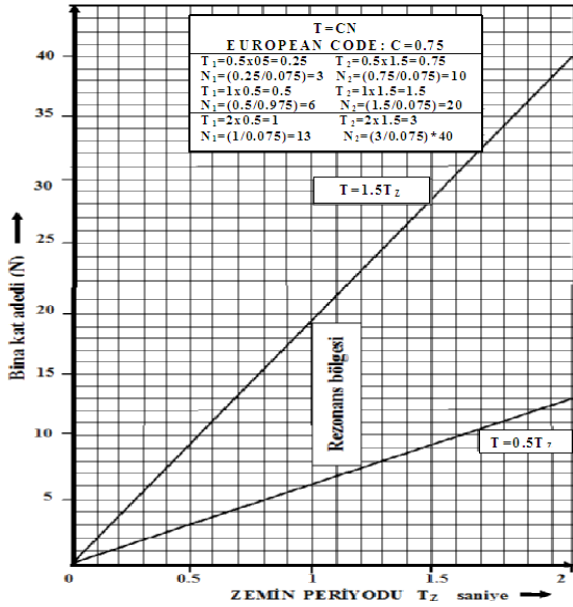
$T_Z = 0.5$ saniye için rezonans bölgesi bina kat adedi sayısal hesaplama örneği:

$T = CN \quad C = 0.075 \quad T_Z = 0.5$	
$T_1 = 0.5T_Z$	$T_2 = 1.5T_Z$
$T_1 = 0.5 \times 0.5 = 0.25$	$T_2 = 1.5 \times 0.5 = 0.75$
$N_1 = (T_1 / C)$	$N_2 = (T_2 / C)$
$N_1 = (0.25 / 0.075) = 3$	$N_2 = (0.75 / 0.075) = 10$
$H_1 = 3 \times N = 9$	$H_2 = 3 \times N = 30$
$(N_1 - N_2) = (3 - 10), (H_1 - H_2) = (9 - 30)$ m arası rezonans bölgesidir	

Zeminin periyodu $T_Z = 1$ saniye rezonans bölgesi bina kat adedi sayısal hesaplama örneği:

Yukarıda hesaplandığı gibi, $T_Z = 1$ saniye ve $C = 0.075$ olması durumunda $N = (7 - 20)$ arasındaki katlar rezonans risk bölgesi içine girdiğinden yapılacak binanın rezonansa girmemesi için $N = (7 - 20)$ katlar dışında seçilmesi gerekmektedir.

Şekil 10. daki $N = Cf(T_Z)$ grafiğinin elde edilmesi: İnşaat zemin periyodu $T_Z = 1$ saniye ise absisteki $T_Z = 1$ saniyeden çıkılan doğru üzerinde $T_Z = 1$ için elde edilen ordinat $N_1 = 7$ ve $N_2 = 20$ noktaları değerlerinin oluşturduğu ortak koordinat üzerinde koordinat noktaları saptanır. Benzer şekilde absis üzerinde $T_Z = 0.5$ ve $T_Z = 0.25$ saniye periyotlar için de koordinat noktaları saptanır. Saptanan koordinat noktalarının birleştirilmesiyle Şekil 10. $N = Cf(T_Z)$ grafiği, veya N, T_Z nin fonksiyonu olarak elde edilir. Şekil 10. Grafiğinin kullanımı: grafiğin absis deki herhangi bir T_Z değerinden dik çıkılan doğrunun rezonans bölgesi alt ve üst kesişme noktalarının ordinattaki alt ve üst kat adetleri anılan mevki için rezonans bölgesi sınırı olur. Örneğin; zemin periyodu $T_Z = 0.5$ saniye olan bir mevkide $E_c:8$ uyarınca yapılacak bina için absis üzerinde $T_Z = 0.7$ saniyeden çıkılan doğru kesim noktaları ordinat üzerinde $N_1 = 4, N_2 = 13$ bina kat adetlerini göstermektedir. $N = 4 - 13$ arsında olursa rezonansa girer, dışında rezonansa girmeyecektir. $T_Z = 1.5$ saniye için $N = 9 - 29$ arsında olursa rezonansa girer, dışında rezonansa girmeyeceği görülmektedir.



Şekil 10. European Code Ec:8 bina rijitlik kot değerine göre kat adedi saptanması.

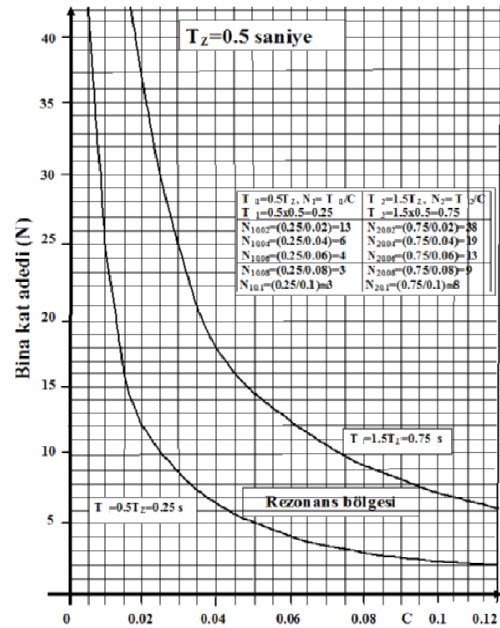
Fig. 10. Determination of building store number with respect to the rigidity value of EC:8.

1. b) Zemin periyodu T_z bilinen herhangi bir mevkide imar planında kot yüksekliği sınırlandırılmış ise;

Bilindiği gibi inşaat yapılacak mevkide zemin doğal periyodu T_z değiştirilemez ve bina kat adedi N değiştirilmek istenmeyebilir. Bu durumda, kat adedi N de sabit olduğuna göre zemin doğal periyodu T_z binanın yapılacağı farklı zeminlerde farklı olacağından farklı zeminlerde yapılacak binaların rezonansa girmemesi için rijitliklerinin zemin periyoduna göre değiştirilmesi gerekmektedir. Şekil 9. deki grafikler $N = T_z f(C)$ fonksiyon ifadesine göre farklı zemin hakim periyotları için çizilen rezonans bölgesi kat adedi değişimlerini göstermektedir.

Şekil 10-13. deki grafiklerin kullanımı: imar planı gereği bir mevkide bina yüksekliği dolayısıyla kat adedi sınırlandırılmış ise o mevkide T_z değerine göre çizilmiş grafikte kaç kat adedi N yapılacaksa ordinattan N değeri seçilir. N değerinin hizasına gelen rezonans bölgesi sınırlarının absis üzerindeki bina rijidite değerleri olmaktadır. Zemin periyodu $T_z = 0.5$ saniye ve imar planında zeminden Bina Kot Yüksekliği $H = 18$ metre olduğundan $N = (H/3) = (18/3) = 6$ katlı bina yapılması

gerekir ise; Bu durumda $T_z = 0.5$ saniye olduğundan maksimum rezonans $T = 0.5$ saniye olan 5 katlı binada olur. Bina kot yüksekliği $H = 18$ m de $N = 6$ yapılmak istendiğinde $N = 6$ nın rezonans bölgesi dışında kalması için $T_z = 0.5$ zeminde $T_1 = 0.5T_z = 0.5 \times 0.5 = 0.25$, $C_1 = (T_1 / N) = (0.25 / 6) = 0.04$ elde edilir. Bu durumda rijit bir bina yapılması isteniyorsa bina rezonans bölgesi dışında kalması için rijitlik değeri değişmesi gerekmektedir. Alt sınır olarak $C_1 \leq 0.04$ seçilmesi gerekir. Şekil 11. de $T_z = 0.5$ grafiğinin absisinde seçilen $C_1 = 0.04$ den çıkılacak dik doğrunun $T_1 = 0.5T_z = 0.25$ ve $T_2 = 1.5T_z = 0.75$ eğrilerini kestiği noktalar ordinat üzerinde $N_1 = 7$ ve $N_2 = 18$ kat adetlerini belirler. Rezonansa girmemesi için $T_z = 0.5$ saniye olan zeminde yapılacak 6 katlı binanın rijitlik değeri $C_1 = 0.04$ seçildiğinde kat adedinin $N_1 = 7$ ve $N_2 = 18$ rezonans bölgesinin dışındaki katlar seçilmelidir. Veya $T_2 = 1.5T_z = 0.75$, $C_2 = (T_2 / N) = (0.75 / 6) = 0.12$ elde edilir. Bu durumda, esnek bir bina yapılması isteniyorsa bina rezonans bölgesi dışında kalması için rijitlik değeri (Safina,1996) göre (8) ifadesinden $N = 6$ kat adedi ve T_z sabit olduğundan üst sınır olarak $C_2 \geq 0.1$ seçilmesi gerekir. Şekil 10. de $T_z = 0.5$ grafiğinin absisinde seçilen $C_2 = 0.1$ den çıkılacak dik doğru

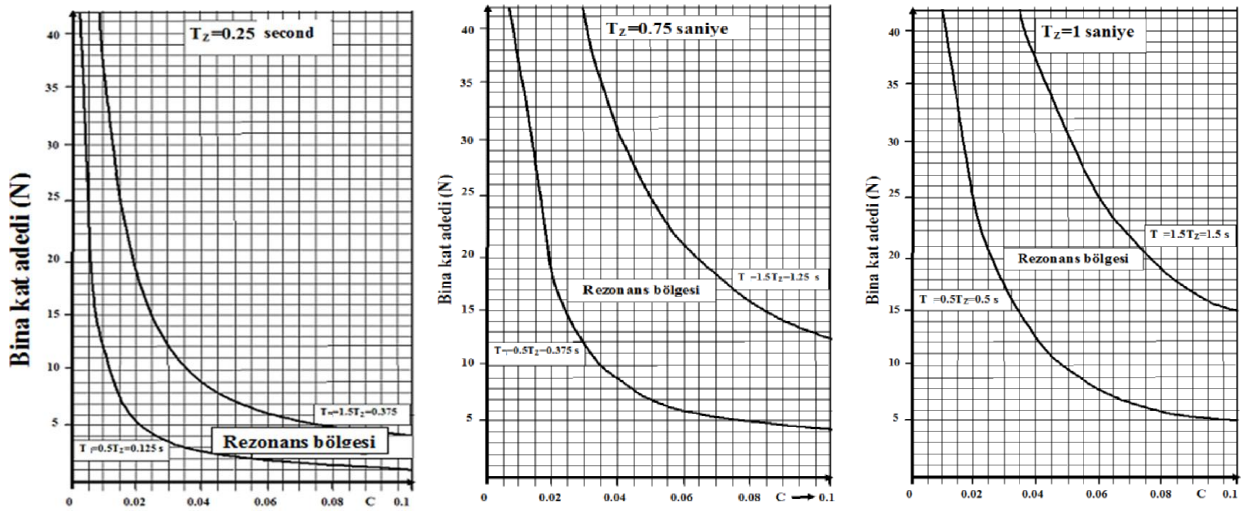


Şekil 11. Rijitlik (C) değerlerine göre zemin hakim periyodu $T_z = 0.5$ saniye için rezonans bölgesi kat adedi.

Fig.11. Resonance region store numbers according to rigidity (C) values for $T_z = 0.5$ TZ=0.5 second.

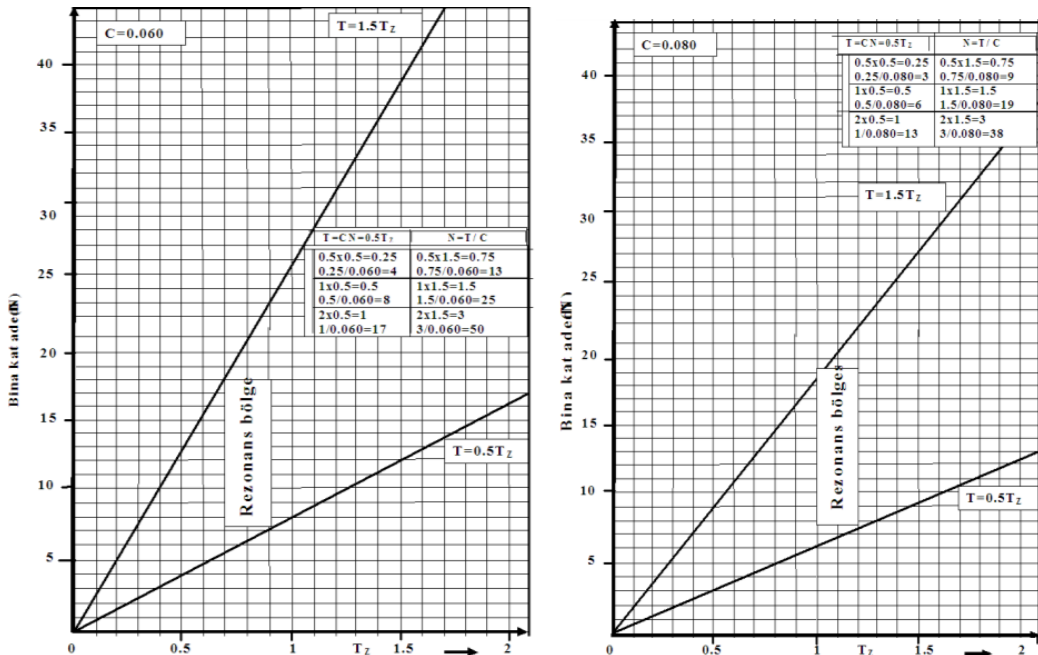
nun $T_1=0.5T_z=0.25$ ve $T_2=1.5T_z=0.75$ eğrilerini kestiği noktalar ordinat üzerinde $N_1=2$ ve $N_2=8$ kat adetlerini belirler. Rezonansa girmemesi için $T_z=0.5$ saniye olan zeminde yapılacak 6 katlı binanın rijitlik değeri $C_2=0.1$ seçildiğinde kat adedinin $N_1=2$ ve $N_2=8$ rezonans böl-

gesinin dışındaki katlar seçilmelidir. Rezonansa girmemesi için $T_z=0.5$ saniye olan zeminde yapılacak 6 katlı binanın rijitlik değeri $C_2=0.12$ seçildiğinde kat adedinin $N_1=2$ ve $N_2=6$ rezonans bölgesinin dışındaki katlar seçilmelidir.



Şekil 12. Farklı zemin hakim periyotları için rijitlik (C) değerlerine göre rezonans bölgesi kat adedi.

Fig. 12. Resonance region store numbers according to rigidity (C) values for the different soil periods.



Şekil 13. Farklı rijitlik (C) değerleri için zemin periyotlarına göre rezonans bölgesi kat adedi değişimi.

Fig. 13. Resonance region store numbers according to the different soil periods for rigidity (C) values.

II. Eski binaların zemin-bina rezonans ilişkilerinin denetimleri için uygulama:

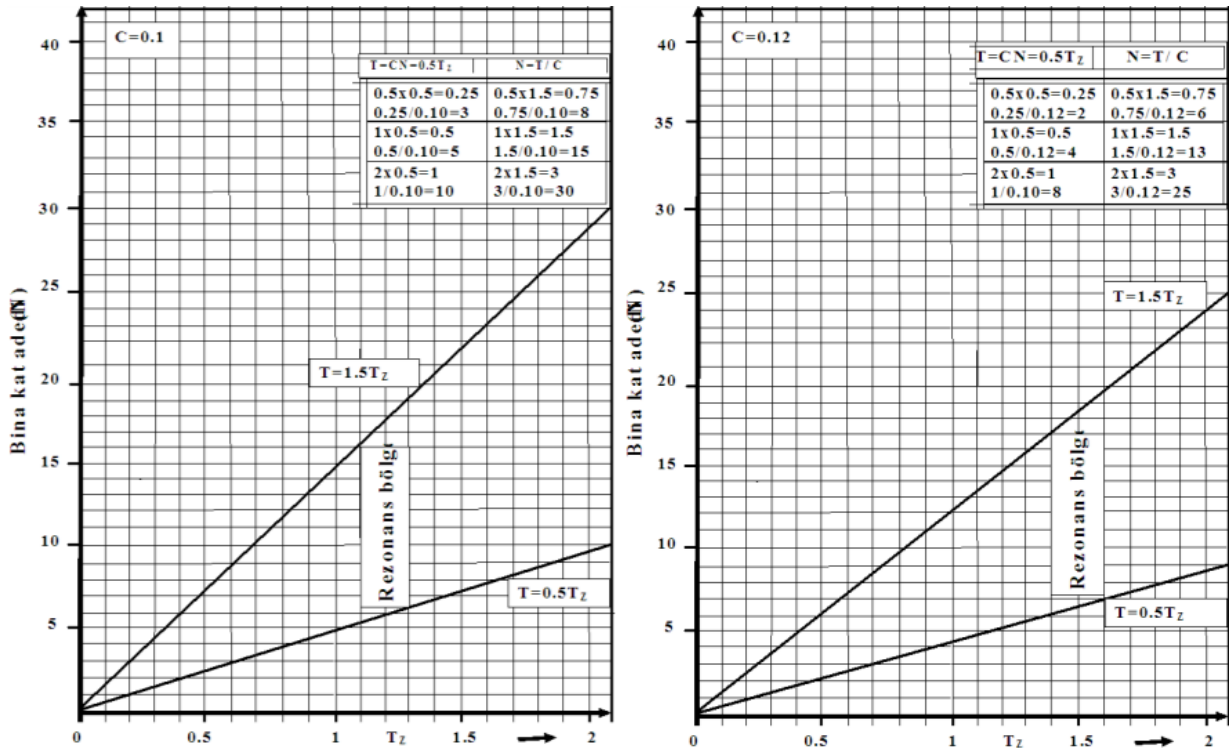
Yapımı tamamlanmış eski binaların zemin periyotları ve bina kat adetleri sabit değerlerdir. Ancak eski yapılar Safina, 1996 ya göre (8) ifadesiyle verilen esnek yapı sınıfı olarak kabul edilebilir. Bu sebepten rijitlik değerleri $C^{0.8}$ $C=0.1$ veya $C=0.12$ olarak alınabilir. Şekil 14. Farklı bina rijitlik (C) zemin hakim periyotları değerlerine göre rezonans bölgesi kat adedi değişimini göstermektedir. Yukarıda verilen uygulama örneklerine benzer işlemler yapıldığında, aşağıda örnek uygulamada da gösterildiği gibi, eski binanın kat adedi rijitlik değeri $C=0.1$ ve T_z zemin periyoduna göre rezonans bölgesi içine düşüyorsa olası bir depremde rezonansa girmesi kaçınılmaz olacaktır.

Şekil 9-114. deki grafikler inşaat projesi tasarımcılarının kolayca yararlanabileceği şekilde çeşitli zemin hakim periyotları, kat adedi ve rijit değerleri için çoğaltılabilir.

Deprem rezonans hasarına uygulama örnekleri:

Mexico City 1985 depremine uygulama:

Eski bir kurutulmuş göl bataklığı üzerine kurulmuş olan Mexico City’de zeminin hakim periyodunun $T_z=1.5$ saniye olduğu mevkideki 1985 depreminde 6-20 katlı binalarda çok ağır rezonans hasarı oluşmuş bu katların dışındaki daha yüksek katlı binalarda çok az hasar oluşmuştur (Arnold, 2013). Rezonans bölgesi yöntemine göre; Mexico City’deki yapılar yaşlı ve esnek yapılar olduğundan, (Safina, 1996)’ya göre, $C=0.1$ olabileceği kabul edilirse rezonans bölgesi alt sınır kat adedi $N_1=(T_z/C)=((1.5 \times 0.5)/0.1)=7$ ve üst sınır kat adedi $N_2==(T_z/C)=((1.5 \times 1.5)/0.1)=22$ olarak elde edilir ki, bu elde edilen benzer sonuç rezonans bölgesi yönteminin sağlıklı bir yöntem olduğunu açıkça göstermektedir.



Şekil 14. Farklı rijitlik (C) değerleri için zemin hakim periyoduna göre rezonans bölgesi kat adedi değişimi.

Fig. 14. Resonance region store numbers according to the soil periods for different rigidity (C) values.

Kocaeli 1999 depremi uygulaması:

Şekil 3. de Kocaeli üniversitesi Aslanbey Kampüsü İdari Bilimler Fakültesi binası 1999 deprem hasarı uygulama aşağıdaki gibi yapılabilir. Deprem sarsıntısında 5 katlı binanın yıkılmadığı, fakat çıkmalı ve zayıf kısımların hasara uğradığı fakat bitişik iki katlı binada hiçbir hasar olmadığı Şekil 3. (b) de görülmektedir. Aslanbey Belediyesi tarafından ABM firmasına yaptırılan jeolojik ve jeoteknik etüt raporuna göre; Aslanbey Kampüs alanında yüzeyde alüvyon ve altında Aslanbey Formasyonu bulunmaktadır. Aslanbey Formasyonu genellikle kumtaşı, kötü tabakalanmalı konglomera, çamurtaşı ve marn aralanmasından oluşan istif içinde bazı düzeylerde beyaz renkli tuf ve yer yer marn, kil, kum, çakıl düzeyleri içeren bir formasyondur. Şekil 15. de görüldüğü gibi, söz konusu hasarlı bina mevkisi zemin hakim

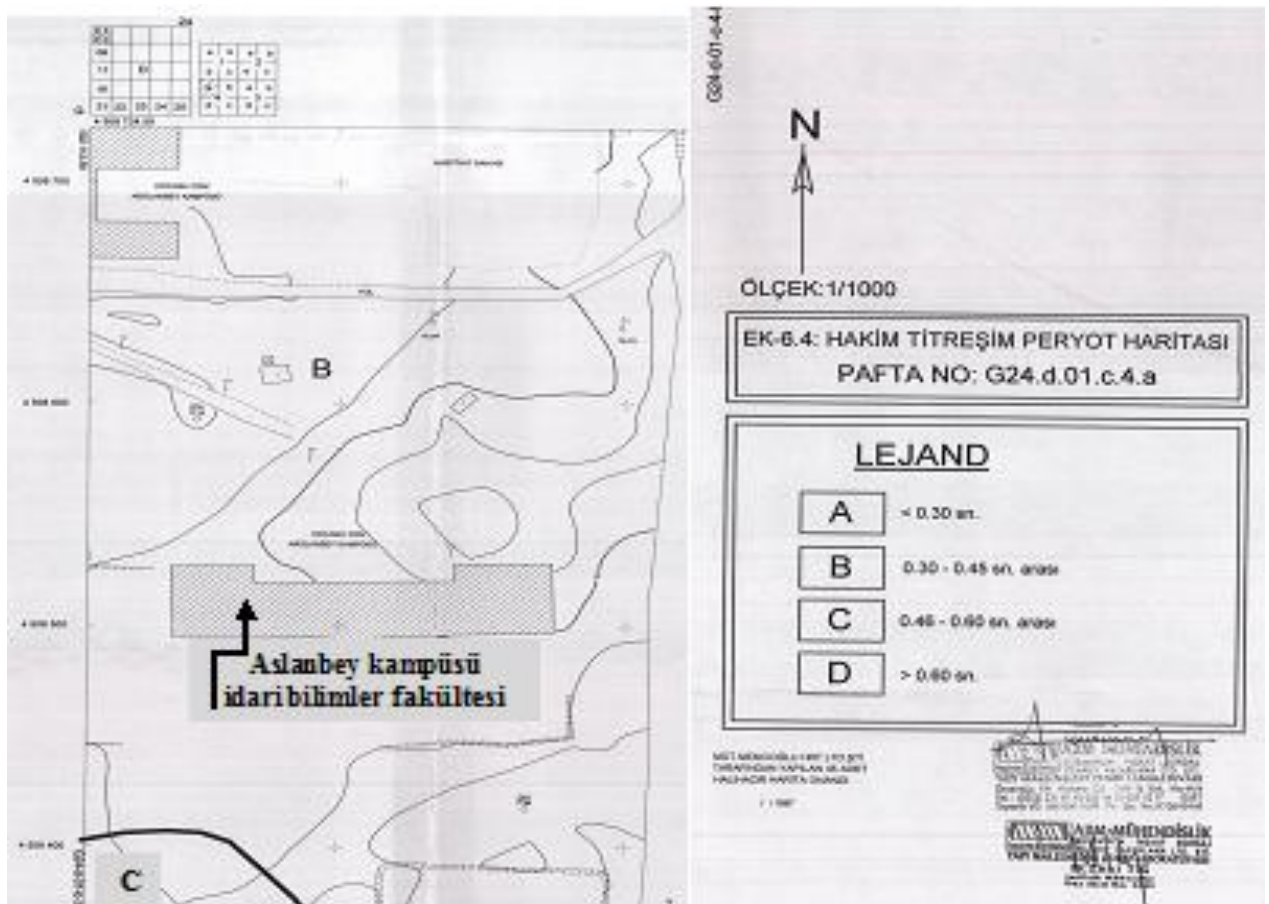
periyodu $T_z = 0.3-0.45$ içinde ve yerleşime uygunluk haritasında önlemler alanlar içinde yer almaktadır.

Mamafih zemin hakim periyodu haritasına göre hasarlı bina $T_z = 0.3-0.45$ bölgesi içinde yer almakla beraber hasarlı binaya en yakın T_z kontur eğrisi $T_z = 0.5$ saniye eğrisi olmaktadır. Bu nedenle, hasarlı bina zemini için $T_z = 0.45-0.5$ saniye alınabilir. Zemin hakim periyodu $T_z = 0.45$ saniye alınabilir. Söz konusu bina eski esnek bina olduğundan rijitlik değeri $C = 0.1$ veya $C = 0.12$ (Wasti, 2015) alınabilir. Bu değerlere göre;

$$T1 = 0.5 * 0.45 = 0.225 \text{ ve } T2 = 1.5 * 0.45 = 0.675 \text{ (18)}$$

$$N1 = (0.225 / 0.10) = 2.3 \text{ ve } N2 = (0.675 / 0.10) = 7$$

Şekil 3. (b) de deprem sarsıntısında 5 ve 3 katlı binaların yıkılmadığı, fakat çıkmalı ve zayıf kısımların



Şekil 15. İdari Bilimler Fakültesi mevkisi zemin hakim periyot haritası.

Fig. 15. Soil dominant period map for the administrative sciences faculty site.

hasara uğradığı fakat bitişik 2 ve tek katlı binalarda hiçbir hasar olmadığı görülmektedir. Bu nedenle Kocaeli Üniversitesi Aslanbey İdari Bilimler Fakültesi binasının 1999 depreminde rezonans hasarı meydana gelmiştir demek isabetli bir değerlendirmedir. Söz konusu fakülte binaları $T_z=0.45$ saniye hakim periyotlu zemin üzerine farklı kat adetlerinde yapılmış olduklarından $N_1=2.3$, $N_2=7$ kat adetleri arasında rezonans bölgesinde yer alan $N=5, 3$, katlı olanlarda rezonans hasarı, $N=2$ katlı olanda rezonans bölgesi dışında yer aldığı için hasar oluşmamıştır.

ZEMİN HAKİM PERİYODU SAPTANMASI

Deprem-zemin-bina üçlü ilişkisinde rezonans hasarının azaltılabilmesi için ilgili uygulamaların sağlıklı olmasında zemin hakim periyodunun öncelikle sağlıklı saptanması gerekmektedir.

Maksimum değere tekabül eden zemin titreşim periyodu olan zemin hakim periyodu (T_z) veya zemin hakim frekansı

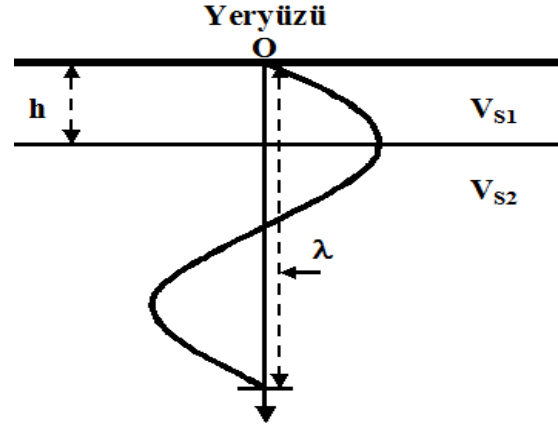
- 1- İvme kayıdı Fourier genlik spektrumundan,
- 2- Bağintı olarak sismik kayma dalgası hızı dalga denkleminin çözümünden,
- 3- Çeyrek dalga boyu prensibinden de elde edilebilmektedir.
- 4- Mikrotremör kayıtlarından saptanır.

ivme kayıtlarından saptanabilmektedir. Maksimum değere tekabül eden değişimin periyodu olan zemin hakim periyodu (T_z) veya hakim frekans Fourier genlik spektrumundan, bağintı olarak sismik kayma dalgası hızı dalga denkleminin çözümünden veya çeyrek dalga boyu prensibinden de elde edilebilmektedir. Zemin hakim periyodunun kolay elde edilebilmesinin yolu çeyrek dalga boyu prensibidir. İvme spektrumunun en büyük periyoda sahip (fundamental veya birinci mode) sinüs dalgasının iki katmanlı bir ortamda yayılmasında dalga boyu, l , birinci katman kalınlığı, h , kayma dalgası hızı, V_{s1} ve T_z periyodu arasındaki ilişki Şekil 16. den basitçe kurulabilir.

$$\lambda = 4h = V_{s1}T_z \quad (19)$$

$$T_z = \frac{4h}{V_{s1}} \quad (20)$$

Zemin hakim periyodu elde edilebilir (Keçeli, 2012)



Şekil 16. Çeyrek dalga boyu ile zemin hakim periyodu saptanması.

Fig. 16. Quarter wavelength and the soil dominant period determine

Bu basit bağıntıdan anlaşılacağı üzere, katman kalınlığı arttıkça veya katmanın kayma dalga hızı küçüldükçe zemin hakim, etkin veya baskın periyodu, yerel ölçümlerde de benzer şekilde saptandığı gibi, büyür. Çok katmanlı ortamlar için zemin hakim periyodu, T_z ,

$$T_z = \sum_{i=1}^n \frac{4h_i}{V_{si}} \quad (21)$$

Ana kaya üzerinde farklı zemin katmalarının bulunması halinde, her biri için periyotlar ayrı ayrı bulunup $T_0=T_{01}+T_{02}+T_{03}+...$ şeklinde toplama işlemi yapılır. Aytun (2001) ($h_1+h_2+h_3$)=120 metre derinlik için sayısal örnek vererek T_z saptaması yapmıştır. (20) ifadesindeki h derinliği için herhangi bir sınırlama belirtmemiştir. Deprem ivme kayıtlarından saptanan en büyük zemin etkin periyodu genel olarak alüvyon zeminlerde 1 saniye veya daha küçük, çok nadiren oldukça gevşek suya doygun zeminlerde 1-2 saniye

civarındadır. Aytun'un periyot hesaplaması sismik temel ilkelerine ve pratikte elde edilen değerlerle uyuşmamaktadır.

Keza, bazı uygulayıcılar, sismik kayma dalgası hızlarının 30 metre derinliğe kadar ölçülmesi zorunluluğuna dayanarak $(h_1 + h_2 + h_3) = 30$ metre derinlik için T_z hesaplaması yapmaktadır. h derinliğinin olması gereken değeri aşağıdaki özelliklere göre saptanabilir:

1. Rayleigh dalgası özelliği,
2. Afet Yönetmeliği,
3. Strong motion kayıtları,
4. Zemin bina periyotları uyumu,
5. Farklı h periyot değerleri karşılaştırması

Bilindiği gibi, hasar yaratan deprem sismik dalga türleri enerji yoğunluklarına bağlı olarak Rayleigh Dalgası (yüzey dalgası) ve kayma dalgası türüdür. Daha büyük genlikli ve daha büyük periyotlu olan yüzey dalgası etkin genliği yeryüzünden itibaren 40-50 metre civarındaki derinliğe kadar azalarak devam etmektedir. Daha kolay saptanması ve yüzey dalgası hızı V_R ile kayma dalgası hızı V_S arasında $V_R = 0.92 V_S$ ilişkisinin olması nedeniyle yüzey dalgası hızı için de kayma dalgası hızının ölçümü yapılmaktadır.

Bu bağlamda her iki dalga türünün de etkin periyotları için benzer ilişkinin mevcudiyetinden bahsedilebilir.

Türkiye Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikte verilen Tablo 1. de yerel zemin sınıflamasına göre Z_3 ve Z_4 zemin sınıflarına ait ivme spektrum karakteristik periyot T_A ve T_B değerleri C ve D zemin grupları için katman derinliği 50 metre itibarı ile dikkate alınmaktadır.

ZEMİN HAKİM PERİYODU SAPTANMASINDA (H) DERİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Sağlıklı hakim periyot saptamasında, T_z 'nin Jeofizik mühendisleri tarafından, T , ve C 'nin inşaat mühendisleri tarafından saptanması gerektiğini belirtmekte yarar var. Binaların titreşim veya salınım periyotları esas olarak binanın kütlesine, sıklığına, sertliğine, mukavemetine ve boyutlarına (yüksekliğine, enine,

boyuna) bağlı olup aşağıdaki deneysel bağıntılarla tanımlanmaktadır. (Chun ve diğ., 2000) 15 katlı ve 40 metre yükseklikli betonarme binanın toplam doğal periyotlarını, $T_{BTOPLAM}$ sırasıyla binanın boyuna 1.92 ve 2.05 saniye ve enine 0.71 ve 0.91 saniye mertebelerinde ölçmüşlerdir. Bu ölçü değerlerine göre bir katın doğal periyodu T_{BIRKAT}

$$T_{BRKAT} = \frac{T_{TOPLAM}}{N} = \frac{1.92}{15} = 0.128 \quad T_{BRKAT} = \frac{T_{TOPLAM}}{N} = \frac{2.05}{15} = 0.137$$

$$T_{BRKAT} = \frac{T_{TOPLAM}}{N} = \frac{0.71}{15} = 0.05 \quad T_{BRKAT} = \frac{T_{TOPLAM}}{N} = \frac{0.91}{15} = 0.06 \quad (22)$$

olur. (Goel ve diğ., 2000) bir katın en küçük hakim doğal periyodunu $T=0.035$ saniye ölçmüştür.

(Mario Paz, 1994), 50 metrelik katman kalınlığını dik-kate olarak zemin hakim periyodu saptamıştır. Zaho (2011), strong motion ivme sismografi kayıtlarından ve 30 metre derinlik için V_{S30} kayma dalgası hız ölçümünden saptanan zemin hakim periyotlarının karşılaştırmasında $T_z = 0.4$ saniyeden küçük periyotların çok uyumlu olduğunu belirtmiştir.

Yukarıda verilen betonarme binaların ve zeminlerin periyot değişim özelliklerine dayanarak (20) ifade-sindeki zemin hakim periyodu (h) derinliği ile bina yüksekliğine bağlı doğal periyodu arasında belirlenmesi için kuramsal bir ilişki aşağıdaki gibi kurulabilir.

Belirliliği hemen hemen kesin doğru olarak bilinen ölçü değerleri sağlıklı ilişkiler elde etmede referans değerler olarak genel bir kullanım tarzıdır. Söz konusu referans değerler burada; ölçülebilen zemin hakim periyodu literatürde verilen en büyük ve en küçük değerler olarak $T_z = (0.1-2)$ saniyedir, bina doğal periyodu için referans değerler en büyük ve en küçük değerler olarak yukarıda anılan yazarlar tarafından bir kat için verilen $T \approx (0.05 - 0.12)$ saniyedir.

$$T = CN(N=1) = C \quad (23)$$

olacağından bina rijitlik katsayısı $N=1$ için bir katlı bina periyodunu ifade etmektedir. Betonarme binalarda rijitite için $C \approx (0.05-0.12)$ değerleri kullanıldığına

$$T_N = C \{(3N=H)/3\} \quad (24)$$

H=30 metre yükseklikteki bina için olması gereken en küçük ve en büyük toplam doğal periyodu

$$T_N = 0.05 \times \{ (10 = (30/3)) \} = 0.5 \quad (25)$$

$$T_N = 0.12 \times \{ (10 = (30/3)) \} = 1.2 \quad (26)$$

Saniye olarak elde edilir. H=45 metre yükseklikteki bina için olması gereken en küçük ve en büyük toplam doğal periyodu

$$T_N = 0.05 \times \{ (15 = (45/3)) \} = 0.75 \quad (27)$$

$$T_N = 0.12 \times \{ (15 = (45/3)) \} = 1.8 \quad (28)$$

saniye elde edilir. Zemin hakim periyodu referans değerleri:

$$V_s > 2000 \text{ m/s için en küçük: } T_z = 0.1 \quad (29)$$

$$V_s < 100 \text{ m/s için en büyük: } T_z = 2 \quad (30)$$

Saniye olarak alınabilir. (25) deki 30 metre yükseklikli bina hakim doğal periyodu $T_N = 0.5$, (28) deki $T_{BN} = 0.75$ saniyeye göre (30) deki zemin hakim periyodu $T_z = 0.1$ saniyeye daha yakın bir değer göstermektedir. (28) daki 45 metre yükseklikli bina hakim doğal periyodu $T_{BN} = 1.8$, (27) daki $T_N = 1.2$ saniyeye göre (29) deki zemin hakim periyodu $T_z = 2$ saniyeye daha yakın bir değer göstermektedir. Buna göre; rijit, sert zeminlerde $h=30$ m, gevşek, yumuşak zeminlerde $h=50$ m kullanılması daha uygun olduğu sonucu çıkmaktadır. Yukarıda bahsedildiği gibi, Zaho (2011)'nin $T_z = 0.4$ saniyeden küçük periyoda veya $V_s > 500$ m/s den sahip zeminlerin 30 metre derinlik için V_{s30} kayma dalgası hız ölçümünden hesaplanan zemin hakim periyotlarının uyumlu olduğunu belirttiği gibi, burada $T_z = 0.4$ saniyeden büyük periyoda veya $V_s < 500$ m/s den sahip zeminlerin 50 metre derinlik için V_{s50} kayma dalgası hız ölçümünden hesaplanan zemin hakim periyotlarının daha uygun olduğunu belirtmek sağlıklı bir sonuç olmaktadır. Daha açık ifade ile; zemin hakim periyodu hesaplamalarında $V_s > 500$ m/s hızlarına sahip sıkı, sert veya kaya zeminlerde katman derinliği $h=30$ metre alınması, $V_s < 500$ m/s hızlarına sahip gevşek, yumuşak veya çok gevşek zeminlerde katman derinliği $h=50$ metre alınması daha uygun olduğu anlaşılmaktadır. $V_s > 500$ m/s hızlarına sahip sıkı, sert veya kaya zeminlerde katman derinliği $h=30$ metre alınması ile 50 metre alınması halinde elde edilen hakim periyot değerleri arasında önemli bir fark olmamaktadır.

Şöyle ki; Tablo 3. de gösterildiği gibi, $V_s = 1000$ m/s lik bir ortamda, (20) bağıntısına göre, $T_{z30} = 0.12$ saniye, $T_{z50} = 0.2$ saniye olur. $(T_{z50} - T_{z30}) = (0.2 - 0.12) = 0.08$ saniye. $V_s = 200$ m/s lik bir ortamda $T_{z30} = 0.6$ saniye, $T_{z50} = 1$ saniye olur. 20 metrelik derinlik farkı sıkı ve sert zeminlerde önemli bir periyot değişikliği yaratmazken, gevşek zeminlerde 20 metrelik derinlik farkı $(T_{z50} - T_{z30}) = (0.1 - 0.6) = 0.4$ saniyelik bir periyot farkı oluşturmaktadır ki, bu eksik fark depremlerde çok önemli rezonans hasarları oluşturabilir. Bu bağlamda, 45 metre yüksekliğindeki rijitliği zayıf bir binanın doğal periyodu ile 45 metre derinliğe sahip gevşek zeminin hakim periyodunun hemen hemen aynı değerlere sahip olması nedeniyle, deprem rezonans hasarlarında gevşek zeminlerin hakim periyotlarının sağlıklı saptanması öne çıktığı için h katman derinliğinin toplam 50 metre olarak kullanılması gerekmektedir.

Zemin hakim periyodunun sağlıklı saptanması, yukarıda açıklanan rezonans bölgesi değerlendirmesine göre, yapı kat adedinin veya yüksekliğinin belirlenmesinde çok önemli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bununla beraber, Tablo 3. ye göre $h=50$ metre derinlik değerinin kullanılması $h=30$ metre kullanımından daha güvenli olacağı anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Zemin derinliklerine göre zemin hakim periyotları.
Table 3. Soil dominant periods according to the soil depths.

V_s	T_{30}	T_{50}	$T_{50} - T_{30}$	T_{50} / T_{30}	T_{50}
100	1.2	2	0.8	50	≈50
200	0.6	1	0.4		
300	0.4	0.66	0.26		
400	0.3	0.5	0.2		
500	0.24	0.4	0.16	30	
700	0.17	0.29	0.12		
1000	0.12	0.2	0.08		
1300	0.092	0.15	0.06		
1600	0.075	0.13	0.05		
2000	0.06	0.1	0.04		

Sonuç olarak, Tablo 3. e göre zemin dinamik davranışında elli metre derinlik etkin olduğu göz önüne alınırsa (3) bağıntısında zemin hakim periyodunun 50 metre derinliğe göre saptanması gerekmektedir. (31) den üç katman için: T_z zemin etkin periyodu taban formasyonu üzerinde yer alan zemin tabakası farklı kalınlıkları, h_1 , veya h_2 , h_3 olan tabakaların kalınlıklarının toplamı yüzey dalgası 50 metre etkin derinliğine göre sismik kayma dalgası hızından aşağıdaki gibi saptanır.

$$T_z = \frac{4h_1}{V_{S1}} + \frac{4h_2}{V_{S2}} + \frac{4(50 - (h_1 + h_2))}{V_{S3}} \quad (31)$$

SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar:

1. Deprem-zemin-bina periyot ilişkisinin rezonans oluşturması sinyal analiz yöntemiyle TA - TB karakteristik periyot değerleri daha kolay elde edilmektedir.
2. Zemin hakim periyoduna bağlı olarak binaların doğal periyotlarının, kat adetlerinin ve bina rijitlik katsayı değerlerinin değişimine göre rezonans bölgesi dışında kat adedi seçildiğinde binalar rezonans durumundan kolaylıkla uzaklaşabilmektedir.
3. Rezonans Bölgesi Yöntemi arazi ölçü verilerinin sayısal değerlendirmesine bağlı bir yöntemdir. Rezonans bölgesi uygulaması bina tasarım aşamasında kullanılacak alternatif bir yöntem olarak daha gerçekçi bir tasarım yöntemi olmaktadır.
4. Zemin hakim periyodu saptanmasında $TZ < 0.4$ saniyeler veya $V_s > 500$ m/s için katman kalınlığı 30 metre ve $T > 0.4$ saniyeler veya $V_s \leq 500$ m/s için katman kalınlığı 50 metre kullanılması gerekmektedir. Olmakla beraber deprem zemin etkin periyodunun hesaplanmasında zemin derinliği 50 metre olarak kullanılması hem bilimsel ve hem de uygulamalarda uyum sağlaması bakımından gerekli olmaktadır.
5. Belediyelerce Revize veya İmar planlarına esas yaptırılan jeolojik-jeoteknik-jeofizik raporlarında şehir planlama çalışmalarında kullanılmak üzere zemin hakim periyot haritaları hazırlanmalı, Bina Rezonans tahkikleri yapılarak bina yükseklikleri ve bina rijitlik gruplarına göre öneriler getirilmelidir.
6. Şehir imar planlama çalışmalarında bölgelere bina yükseklikleri verilirken mevcut kriterlerine deprem rezonans etkisini de ekleyerek değerlendirme yapılmaları rezonans kaynaklı deprem hasarlarını en aza indirecektir.
7. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca Deprem hasarlarını azaltmak amacıyla çıkarılan Afet riski altındaki alanların dönüştürülmesi hakkında kanun gereği riskli yapıların tespit edilmesinde incelenen her bir yapı için rezonans tahkikleri yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- ABM Müh. Muş.Ltd Şti., 2005, Kocaeli Büyükşehir BelediyeAslanbey Belediyesi Revize planına esas Jeolojik-Jeoteknik etüt Raporu
- Alfaro, Pujades L. G., Goula X., Susagna T., Navarro M., Sanchez J., Canas J. A., 2001, Preliminary Map of Soil's Predominant Periods in Barcelona Using Microtremors: Pure and Applied Geophysics, 158, 2499-2511.
- Anastasia K. E., Athanasios I. K., 2013, Correlation of Structural Seismic Damage with Fundamental Period of RC Buildings Open Journal of Civil Engineering,, 3, 45-67.
- Arnold C (2013) Earthquake effects on buildings. Chapter 4, Federal Emergency Management Agency, USA. www.fema.gov/.../fema454_ch...
- -, 2007, Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik: T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.
- Aytun A., 2001, Olası Deprem Hasarını en Aza İndirmek Amacıyla Yapıların "Doğal" Salınım Periyotlarının Yerin Basın Periyodundan Uzak Kılınması: Uşak İli ve Dolayı (Frigya) Depremleri Jeofizik Toplantısı, (73-82).
- Bashar A. Shon, 2015, study on the fundamental period of vibration for buildings with different configurations

- A Thesis Submitted To The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Atilim University In The Department of Civil Engineering
- Chiauuzzi L., Masi A. & Mucciarelli M., Cassidy J. F. Kutyn K., Traber J., Ventura C. & Yao F. 2012, Estimate of fundamental period of reinforced concrete buildings: code provisions vs. experimental measures in Victoria and Vancouver (BC, Canada), 15WCEE.
- Chun Y.S., Yang J.S., Chang K.K. and Lee L.H., 200, Approximate Estimations of Natural periods for Apartment buildings with Shear-Wall Dominant Systems: 12WCEE.
- Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance. Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, European Standard EN 1998-1:2004, Comité Européen de Normalisation, Brussels, 2004.
- Goel R. K., and Chopra A. K., 1997, Period Formulas for Moment—Resisting Frame Buildings, Journal of Structural Engineering, Vol. 123, No. 11, pp. 1454-1461.
- Goel R.K., Chopra A. K., Improvements in Code Analysis of Buildings Using Motions Recorded, During Earthquakes, Civil and Environmental Engineering, College of engineering, Berkeley
- Hwei P. H., 1970, Fourier Analysis. Simon and Shuster, New York.
- Keçeli A. D., 2012, Uygulamalı Jeofizik JFMO Eğitim Yayınları NO:9
- Keçeli A. D., 2013, Neden Jeofizik Mühendisliği Zemin Etütlerinde Zorunlu Olmalı: Jeofizik, 18, 15-28.
- Keçeli A.D. ve Cevher M., 2015, Soil dominant Period and Resonance Relation of Building Height, JEOFİZİK: Vol. 17 No 1-2.
- Law K.T. and Wang J.G.Z.Q., 1994, Siting in Earthquake Zones: Amazon.co.UK
- Magdy I. S., 2014, Estimation of period of vibration for concrete moment-resisting frame buildings, Housing and Building National Research Center HBRC Journal
- <http://ees.elsevier.com/hbrj> Mario Paz, 1994, International Handbook of Earthquake Engineering: Codes, Programs, and Examples: PP.: 545 Springer.
- Mario J. R., Seismic response of soil – structure systems in the valley of Mexico: Instituto Mexicano del Petroleo.
- Safina S., 1996, Relationship Soil-Structure upon fundamental Dynamics Properties of Ordinary Buildings. Eleventh World Conference on Earthquake Engineering.
- Salinas V., Santos-Assunção S., Caselles O., Pérez-Gracia V., Pujades Ll. G., Clapés J., 2012, Effects on the predominant periods due to abrupt lateral soil heterogeneities: 15 WCEE LISBOA.
- Wasti Tanvir S., UBC hesap esasları e yeni Türkiye Deprem Yönetmeliği.
- <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/12022.pdf>
- Zhao J. X, 2011, Comparison between VS30 and Site Period as Site Parameters in Ground-Motion Prediction Equations for Response Spectra, 4th IASPEI / IAEE International Symposium: Effects of Surface Geology on Seismic Motion, August 23–26, · University of California Santa Barbara.

KOHEZYONLU ZEMİNLERİN JEOFİZİK YÖNTEMLERLE SAPTANMASI

DETERMINATION OF COHESIVE SOILS WITH GEOPHYSICAL METHODS

ALİ KEÇELİ*, MUSTAFA CEVHER**

*Salacak Mh., Bestekar Selahattin Pınar Sk., Deniz Apt., No:130/8. Üsküdar, İstanbul
Keceliali_jfz@yahoo.com.tr

** Jeofizik Mühendisi, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İzmit, Kocaeli
Mcevher_@hotmail.com

ÖZET

Deprem esnasında kil ağırlıklı kohezyonlu zeminlerde zemin sıvılaşması oluşamayacağından, zeminin kil içeriğinin dikkate alınmaması sismik zemin sıvılaşma analizinin başarısız olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, bu çalışmada, söz konusu başarısızlığı yenmek için, çeşitli jeofizik yöntemlerle zeminlerin kil içeriğinin saptanması amaçlanmıştır. Öncelikle, deprem hasarları değerlendirilirken, sismik kayma dalgası zemin deformasyonu göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Zemin sıvılaşma analizinin başarılı olabilmesi için, bu analiz ile kil içeriğini belirttiği bilinen etkisel kutuplaştırma (IP) yönteminin birlikte kullanılması gerektiği vurgulanmıştır. Kohezyon direnci ile IP direnci arasında birçok benzerlikler olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra, IP yöntemindeki karmaşık öz direnç için uygulanan elektrik eşdeğer devre ve cole cole modeli kohezyonlu zeminler için kullanıldı. Ondan sonra, araziden elde edilen sismik hızların empedans genlik spektrumları cole cole model parametrelerine göre değerlendirildi. Böylece, önerilen spektrum değerlendirmesi ortalama hızlardan daha ayrıntılı bilgi sağladığı için kohezyonlu zeminler jeofon aralıklarında ayırt edilebilmektedir. Sonuçta, kohezyonlu zeminlerin röleksasyon zamanına bağlı sismik empedans genlik spektrum sınıflaması yapıldı.

Arıca, sismik kayma dalgası empedansının sanal bileşenin kohezyon direncini, reel bileşenin de içsel sürtünme direncini temsil edebileceği kuramsal olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada, zeminin sismik dalga empedansının zemin taşıma gücüne eşdeğer olduğu bir kez daha gösterilmiştir.

ABSTRACT

Since liquefaction cannot occur in the cohesive soils which contain predominantly clay during earthquake, not considering the content of clay may cause to fail soil seismic velocity liquefaction analysis. For this reason, in this study, the failure to defeat, it was intended to determine the clay soils by means of the various geophysical methods. Firstly, when assessing earthquake damage, seismic shear wave ground deformation should not be ignored. In order seismic velocity liquefaction analysis to be successful, it was emphasised that this analysis should be used principally together with induced polarization (IP) method known as indicating the clay content. It was found that there were many similarities between the shear resistance of cohesive soils and IP resistance. Subsequently, electrical equivalent circuit and cole cole model applied for complex resistivity in the IP method were used for cohesive soils.

Anahtar kelimeler: Sismik Sıvılaşma Analizi, Kohezyon Ve Ip, Empedans Ve Faz Spektrumu, Zemin Taşıma Gücü.
Keywords: seismic liquefaction analysis, cohesion and IP, impedance and phase spectrum, soil bearing capacity.

Then, amplitude impedance spectra of seismic velocity obtained from field were evaluated according to parameters of Cole-Cole. Thus, cohesive soils can be discriminated in small interval of geophones because spectrum analysis proposed here provides more information than the average velocities. After all, classification of seismic amplitude spectrum was made depending on the relaxation time of cohesive soils. Also, it was shown theoretically that imaginary component and real component of seismic shear wave impedance represents cohesive resistance and internal frictional resistance, respectively. In conclusion, in this study, it was shown once more that seismic shear wave impedance of soils was equivalent with soil ultimate bearing capacity.

GİRİŞ

Bilindiği gibi, mühendislik yapılarının zeminle ilgili Bilindiği gibi, mühendislik yapılarının zeminle ilgili tasarımında önde gelen ana faktörler, zemin mekaniğinin yarı deneysel bağıntılarıyla çeşitli yöntemlerle manüel olarak saptanmaktadır. Zemin Mekaniği Yöntemleri bazı zemin özellikleri için sınırlı uygulamalara sahiptir. Sınırlamaları yenmek amacıyla, jeofizik mühendisliği yöntemleri çeşitli jeoteknik konularda uygulanmaya çalışılmaktadır. Bu konuların başında sismik hız ile zemin sıvılaşma analizi ve taşıma gücü saptanması gelmektedir. Nitekim mühendislik projelerinin tasarımında gereksinim duyulması nedeniyle, günümüzde jeofizik mühendislerinin yoğun olarak kullandığı sismik yüzey dalgası spektral analiz yöntemi Nazarian vd. (1983) ve sismik hızlarla zemin sıvılaşma analizi de inşaat mühendisleri tarafından geliştirilmiştir Stokoe (2001). Potansiyel zemin sıvılaşması analiz yöntemlerinden biri olan sismik hız ile zemin sıvılaşma analizi üzerine geniş yayın listesi Uyanık (2013) de verilmiştir. Yeraltı suyuna doygun gevşek kil veya killi zeminler jeoteknik ve deprem mühendisliği zemin etütlerinde saptanması gerekli temel zemin özelliklerinden olup hayati önem taşır. Doğal kaynakları arama etütlerinde de saptanması gerekli kil veya killi ortamlar yan kayaç özelliğinde yanılıgıları önlemede sorun, endüstriyel özelliğinde ekonomik önem taşır. Bu nedenle, zeminlerin yer altı suyuna doygun kil veya killi (kohezyonlu veya kohezyonsuz) olup olmadığının saptanması ve doğal

kaynak lokasyonlarının killi ve alterasyon zolarının saptanması jeofizik uygulamaları için öncelik gerektiren önemli bir faktörlerden biri olmaktadır.

Zemin sıvılaşması oluşturabilen kohezyonlu zeminler üzerine genel kanı, "Chinese Criteria" (:kil içeriği (0.005 ince) < %15, likit limit <35 ve su içeriği >0.9xlikitlimit) dışında kalan kil ağırlıklı killisilt ortamlarında zemin sıvılaşmasının oluşamayacağı yönündedir, (Seed vd., 1983), (Andrews vd., 2000). Bu nedenle, bu makalede, zemin sıvılaşması ve zemin deformasyonu kavramı "Chinese Criteria," dışında kalan kil ağırlıklı zeminleri kapsamakta, deprem olmadan da oluşabilen heyelan ve akmalardaki zemin deformasyonları için kullanılmamaktadır. Bu makalenin amacı, jeofizik yöntemlerle kil ağırlıklı kohezyonlu zeminlerin olup olmadığını saptayarak zemin etütlerinde, zemin sıvılaşması ve arama jeofiziği alanında daha sağlıklı çözüm sağlayabilecek destekleyici jeofizik yöntemlerin birlikte kullanım gereğini göstermektir.

Jeofizik yönden zemin sıvılaşması; deprem esnasında yer altı suyuna doygun silt, kum ve çakıl ortamlarında sismik kayma direnci, G , ($=\rho V_s^2$), sıfır olduğunda zemin kayma direncini, dolayısıyla taşıma gücünü kaybederek bir sıvı gibi davranarak zemin ve varsa üstündeki yapı ile birlikte çökmesindeki zemin deformasyonudur. Burada: ρ (kg/cm^3): yoğunluk, V_s (m/s): kayma dalgası hızıdır. Kum ve silt zeminler kil içersin içermesin yeraltı suyuna doygun olduklarında sismik hız oranları genelde sıklığa bağlı olarak (V_p/V_s) ≈ 5 civarında olabilmektedir. $V_p \approx 1000$ m/s ve $V_s \approx 150$ m/s civarında olabilen suya doygun gevşek kil ağırlıklı zeminlerde zemin deformasyonu olabilmektedir. Bilindiği gibi, suya doygun çoğu zeminlerde (V_p/V_s) ≈ 5 benzeri hız oranı değerleri elde edilebilmektedir. Benzeri sebeplerden ötürü jeofizikte tek yöntem uygulamalarında çözüm birden fazla olabilmekte, buna karşın isabetli ve birden fazla yöntem uygulandığında çözüm tekile indirgenebilmektedir. Zeminin kohezyon özelliği dikkate alınmadığında, sismik zemin sıvılaşma analizinde başarısız sonuçlarla karşılaşmaktadır. Örneğin; 1999 Körfez Depreminde sonra İzmit İlinde Geos (2000) ve ABM (2002) Firmalarına Jeolojik ve jeoteknik Etüt Raporu hazırlattırılmıştır. Ayrıca, İzmit İli Bayındırlık müdürlüğü kayıtlarına göre İzmit Büyükşehir Belediyesi tarafından hasar dağılım haritası yaptırılmıştır.

Geos (2000) ve ABM (2002) raporlarına göre; vadi tabanındaki genç çökeller genelde kil, silt ve kum düzeylerinden oluşan birimin yeraltı suyunun bağlı olarak kıvamı değişmektedir. Körfez çökeli 35 metreye kadar yumuşak kil içermektedir. Etüt Raporlarına göre 1999 Depreminde zemin sıvılaşmasına ve zemin deformasyonuna bağlı olarak hasar oluşmadığı, Bayındırlık müdürlüğü kayıtlarına göre körfez bölgesindeki tek ve çok katlı binalarda da hasar oluşmadığı tespit edilmiştir. 1999 Depreminde bahsedilen mevkilerde zemin sıvılaşması olmamış olmasına rağmen, zemin sıvılaşması olabilecek mevkilerin sadece $(V_p/V_s) \approx 5$ civarında elde edilen hız oranına dayanarak Yılmaz (2004) tarafından haritalanması eksik jeofizik yöntem uygulanmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

KOHEZYONLU ZEMİNLERDE SİSMİK KAYMA DALGASI DEFORMASYONLARI

Zemin sıvılaşması anlayışında yer altı suyunun doygun gevşek kil, killi silt ve killi kum ortamları deprem titreşimi etkisinde zemin sıvılaşmasına benzer davranışlar göstermeleri kavram karışıklığı olarak algılanmaktadır. Bu nedenle, kil içerikli ve özelliği zemin sıvılaşmasında anahtar parametredir. Keçeli (2012) de deprem dalgası yayılım ve zemin özelliklerine bağlı olarak; zemin sıvılaşması, kayma dalgası, yüzey dalgası, rezonans, dalgaların odaklanma ve kanalizasyon etkisi sebebiyle oluşan deprem hasar sınıflaması ayrıntılı olarak verilmiştir. Deprem titreşimi esnasında suya doygun silt, kum ve çakıl zemin bir sıvı gibi davrandığında, zemin veya varsa zemindeki yapı düşey olarak çöker. Çöken ağırlık nedeniyle oluşan yerçi hacim küçülmesi veya hacim kaybı sonucu şekil 1. de kırmızı okla görüldüğü gibi yeryüzüne su ile birlikte silt ve/veya kum fıskırması ve zeminde silt ve/veya kum yığılması olur. Bu çalışmada konu edinilen heyelan ve akma dışındaki zemin sıvılaşması temel ilkesinde taşıma gücünün kaybolması ile çökme şekil 1. deki gibi düşey yönde oluşmak durumundadır. Halbuki, şekil 4.-5. de 1999 depreminde Adapazarı'nda olmuş hasar örneklerinde Şekil 1. dekinden farklı zemin deformasyonuna bağlı deprem hasarları görülmektedir. Bu ve benzeri hasarlar zemin sıvılaşması olarak değerlendirilmektedir (Buchheister vd., 2008).

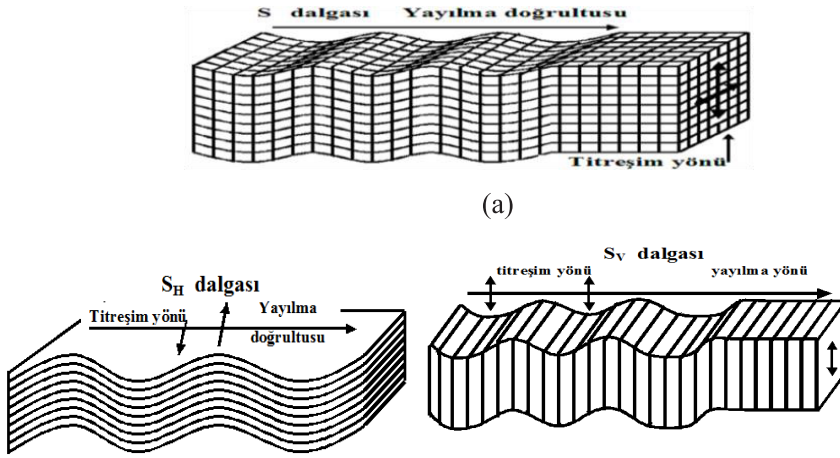
Zemin sıvılaşmasındaki söz konusu kavram karışıklığına Şekil 2.deki sismik dalgalarının yayılım özelliklerinin dikkate alınmamasından kaynaklandığı aşağıdaki örneklerle gösterilmeye çalışılacaktır. Şekil 3.-5. de yeraltı suyunun doygun gevşek kil ortamlarında sismik kayma dalgası enerjisinin fazla olduğu mevkilerde hasarların kayma dalgası bileşenlerine bağlı zemin deformasyonunun nasıl oluşabileceği şematik olarak gösterilmektedir.

Şekil 5. Şekil 3b-4a. daki gibi SH-SV dalgaları etkisine sahip zemindeki tren yayı mevkisinde bina olması durumunda oluşan deprem bina hasar örneklerini göstermektedir.



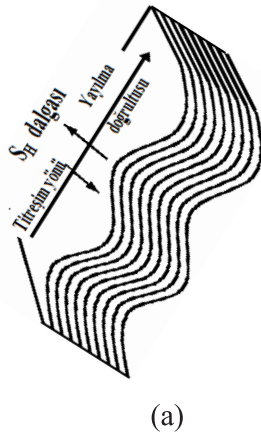
Şekil 1. Zemin sıvılaşması örneği.

Fig. 1. an example for soil liquefaction.



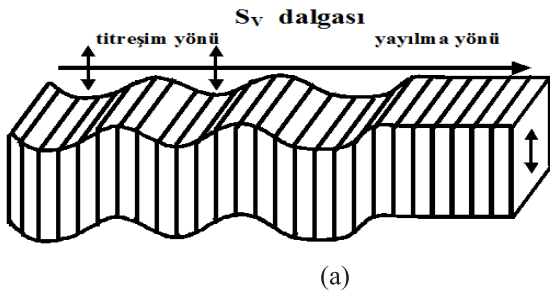
Şekil 2. a) Yayılma doğrultusuna dik titreşen kayma dalgası, b) S_H : kayma dalgası yatay bileşeni, c) S_V : kayma dalgası dikey bileşeni.

Fig. 2. a) Shear wave perpendicular oscillating to the propagation direction, b) S_H : horizontal component of shear wave, c) S_V : vertical component of shear wave.,



Şekil 3. a) Yayılma doğrultusunda yatay titreşen kayma dalgası S_H bileşeni, b) S_H bileşeninin oluşturduğu zemin deformasyonu örneği.

Fig. 3. a) Shear wave, S_H , component vibrating horizontally in the direction of propagation, b) Example of ground deformation created by S_H component.



Şekil 4. a) Yayılma doğrultusuna dik titreşen kayma dalgası S_V bileşeni, b) S_V bileşenin oluşturduğu zemin deformasyonu örneği..

Fig.4. a) Shear wave, S_V , component vibrating vertically in the direction of propagation, b) Example of ground deformation created by S_V component.

Şekil 3. a) S_H : yayılma doğrultusuna yatay titreşen sismik kayma dalgası bileşenin şematik gösterimi, b) S_H kayma dalgası yatay bileşenin oluşturduğu demiryolu raylarında yanıl deformasyonunu göstermektedir.

Şekil 4. a) S_V yayılma doğrultusuna dik titreşen kayma dalgası düşey bileşenin şematik gösterimi, b) S_V kayma dalgası düşey bileşenin oluşturduğu demiryolu raylarında düşey deformasyonu göstermektedir.

Şekil 5. Şekil 3b-4a. daki gibi S_H - S_V dalgaları etkisine sahip zemindeki tren yayı mevkisinde bina olması durumunda oluşan deprem bina hasar örneklerini göstermektedir.

Şekil 6. (3c-4b.) deki kayma dalgası SV bileşeni etkisi sonucu düşey dalgalanmalı zemin deformasyonu: şekil a) dalga sırtının ters iki yanında kalan binaların ağırlık merkezlerini yitirmeleri sonucu birbirinden ters yönde ayrılarak oluşan deprem hasar örneğini, şekil b) dalga sırtının karşılıklı iki yanında kalan binaların ağırlık merkezlerini yitirmeleri sonucu birbirine yaklaşarak oluşan deprem hasar örneğini göstermektedir. Şekil 6. (c ve d) kayma dalgası SV bileşeni etkisi sonucu düşey dalgalanmalı zemin deformasyonu göstermektedir.

Şekil 3-6. deki deformasyonlarda düşey yönde çökme ve zeminde kil, silt ve kum birikintileri olmadığına göre, şekil 3-. deki S_H ve S_V bileşenlerinin zeminin gevşek lokasyonlarında oluşturduğu deformasyon türü olarak sınıflandırmak gerekmektedir Keçeli (2012). Bu tür deformasyonları jeoteknik mühendisleri doğrudan zemin sıvılaşması olarak değerlendirerek deprem kayma dalgası bileşenlerinin zemin deformasyonu oluşturabildiği mevkilerdeki binalarda

da hasar yapabileceği göz ardı edilmektedir. Şekil 3-6. deki S_H ve S_V bileşenlerinin oluşturduğu gevşek ve ıslak kil zeminlerin deformasyonlarını yok saymak anlamına gelir ki, bu bilimsel analiz ilkelerine uymaz. Çünkü: suya doymun killisilt ve kum zeminlerin sıvılaşması ve kil zeminlerin deformasyonu sismik kayma dalgası etkisiyle oluşmakla beraber, her iki zemin deformasyonu farklı fiziksel prensiplere dayanmaktadır.

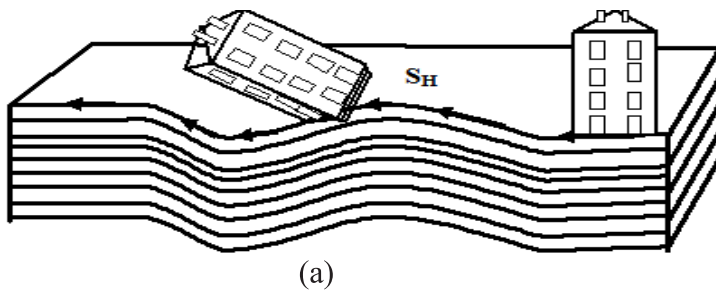
KOHEZYON VE ETKİSEL KUTUPLAŞTIRMA ORTAMALARININ ORTAK ÖZELLİKLERİ

Zeminlerin kil-silt gibi ıslak veya nemli tanaları arasındaki çekme veya yapışma olayına kohezyon denir.

Kil ve siltlerde taneleri çevreleyen negatif yüke su moleküllerinin tutunması ve taneler arasında yüklü iyonların bir ara yüzey oluşturarak taneleri birbirine yapıştırmasıyla oluşan ilave kayma direnci Kohezyon direnci olarak tanımlanır Çinicioğlu (2005). Esasen, Kohezyon ilave direnci (c , kg/cm^2) ile etkisel kutuplaştırma (IP) ilave direnci (saniye, Ωm) oluşumu arasında Tablo 1. de görüleceği üzere birçok benzerliklere sahip oldukları görülür.

Bilindiği gibi, ıslak kil-kum ortamlarını en iyi belirleyen jeofizik yöntemi elektrik özdirenç ve Etkisel Kutuplaştırma (IP) yönteminin birlikte kullanımınıdır.

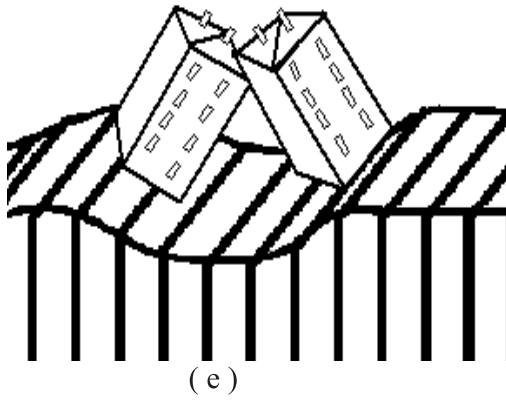
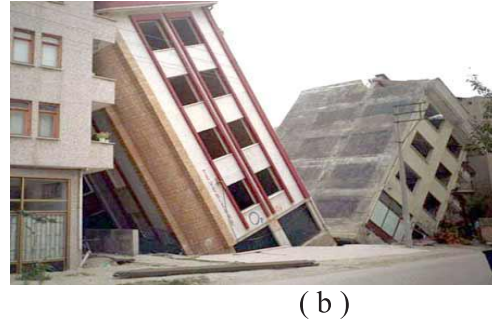
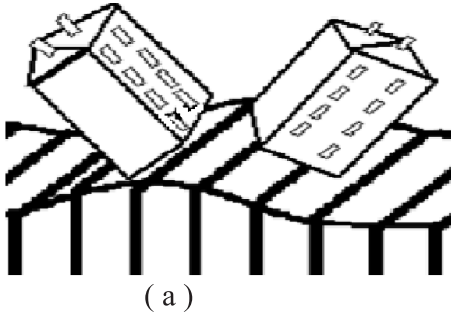
Sismik sıvılaşma analizi hız oranının (V_p/V_s) ≈ 5 civarında olduğu ve görünür özdirenç düşey derinlik sondajı eğri tipi H veya Q türü eğriye sahip lokasyonlarda yapılmalıdır. Suya doymun çakıl, kum ve silt



Şekil 5. S_H kayma dalgası zemin deformasyonunun sebep olduğu deprem hasar örneği.

Fig. 5. Example of earthquake damage caused by S_H shear wave ground deformation.





Şekil 6. S_v kayma dalgası zemin deformasyonunun sebep olduğu deprem hasar örnekleri.
Fig. 6. Examples of earthquake damage caused by S_v shear wave soil deformation.

Tablo 1. Kohezyon direnci ile spektral IP direnci arasındaki benzerlikler.

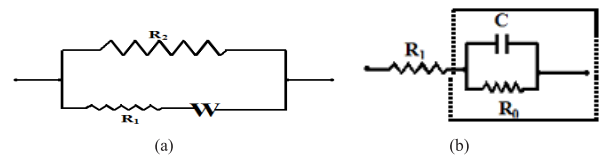
Table 1. Similarities between cohesion resistance and spectral IP resistance.

IP Metodu	Zemin Mekanîği
(IP) direnci: Ara yüzeylerde iyonların yığılmasıyla oluşan ilave kutuplaşma direnci	Kohezyon direnci, (c): Elektriksel yüklü tanelerin birbirine yapışmasıyla oluşan ilave kayma direnci.
Ohmik direnç, ρ: Tüm zeminlerin elektriksel direncini kapsayan bir parametredir.	İçsel sürtünme direnci, (ϕ): Tüm zeminlerin kayma direnci davranışını kapsayan bir parametredir.
Kil-kum karışımlarında kil miktarı arttıkça $ \rho(i\omega) $ küçülür (IP) direnci büyür.	Kil-kum karışımlarında kil miktarı arttıkça (ϕ) küçülür kohezyon (c) direnci büyür
Siltli kil ortamında (IP) direnci büyük, $\rho(i\omega)$ küçük.	Siltli kil ortamında kohezyon direnci büyük, içsel sürtünme direnci küçük.
Sıvı içeren gözenek geçitleri daraldıkça (IP) direnci büyür.	Sıvı içeren gözenek geçitleri daraldıkça kohezyon direnci büyür.
Temiz kum ve çakıllarda (IP) direnci sıfırdır	Temiz kum ve çakıllarda ilave direnci $c \cong 0$ dir.
Kayada (IP) direnci sıfır, $\rho(i\omega)$ büyüktür	Kayada kohezyon sıfır, içsel sürtünme büyüktür
Küçük frekanslarda (IP) direnci artar	Kohezyonlu ortamlar alçak frekans geçirimlidirler.
Yüksek frekanslarda (IP) direnci azalır	İçsel sürtünmeli ortamlar yüksek frekans geçirimlidir.

ortamlarının kil içerip içermedikleri sismik uygulama ile birlikte görünür elektrik özdirenç ve IP yöntemi derinlik sondajı ile sağlıklı olarak doğrudan saptanabilmektedir. Kil oranı %35-% 15 arasında olduğunda IP etkisi en büyük olmaktadır Telford et al. (2004), Zhdanov,2005. Temiz kum çakıl ortamlarında IP etkisi belirgin anomali vermez. Görünür özdirenç küçük, IP nin sıfıra yakın küçük değerleri zeminin ağırlıklı kil içermediğini (kohezyonsuz zemin) dolayısıyla zeminin sıvılaşabileceğini, $IP > 3$ nin büyük değerleri zeminin kil ağırlıklı zemin (kohezyonlu zemin) olduğunu dolayısıyla zemin sıvılaşmasının oluşamayacağını gösterir. Bu bakımdan, zeminin potansiyel sıvılaşma lokasyonu olup olmayacağını saptanmasında bir tek yöntem uygulamalarındaki sınırlamaları yenmek için kil yoğunluklu veya iri çakıllı zemin olup olmadığının belirlenebilmesi için sismik yöntem elektrik yöntemlerden IP ile birlikte kullanılmalıdır. IP yöntemi uygulama imkanı olmadığı durumlarda, sismik hızlardan kil yoğunluklu kohezyonlu zemin olup olmadığının nasıl saptanabileceği aşağıda açıklanmaktadır.

KOHEZYONLU ORTAMLARIN SAPTANMASINDA SİSMİK DALGA SPEKTRUMU UYGULAMASI

Zemine yapılan mekanik veya elektrik uygulamalarında zeminlerin elasto-plastik deformasyon davranışı komplekstir ve tam olarak anlaşılabilir. Çoğu kez analog elektrik eşdeğer devrelerle anlamaya çalışılır. Genel olarak, elektrokimyasal (veya elektrostatik) olaylarda ara yüzey yüklü iyon (polarizasyon) davranışları, Şekil 7a. daki gibi, W Warburg ($W \text{sec}^{-1/2}$) empedansı veya IP de olduğu gibi, Şekil 7b. deki elektrik devresi ile ifade edilir.

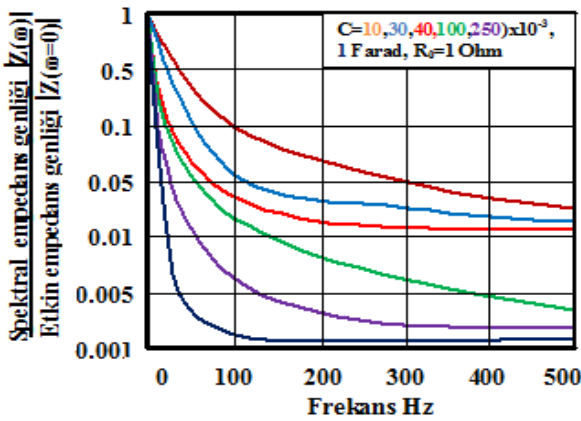


Şekil 7. Ara yüzeylerde yüklü iyon geçişleri için (a) Warburg empedansı ve (b) elektrik eşdeğer devre.
Figure 7. a) Warburg impedance and b) electrical equivalent circuit for ion conduction at the interfaces.

Kohezyon tanımında açıklandığı üzere, kohezyon kum taneleri arasındaki çimentolaşma ve kil mineralleri arasındaki elektrostatik çekimden kaynaklandığından, karşılıklı yüklü ara yüzey oluşturan taneler ilave kapasitif direnç (kondansatör) etkisi göstereceklerinden kohezyonlu ortamların ilave kayma direnci eşdeğer devresi paralel R_0C devresi ile temsil edilebilir. Şekil 6b. deki elektrik eşdeğer devre empedansı ve faz açısı

$$Z(i\omega) = \frac{R_0 + R_1(1 + \omega^2 R_0^2 C^2)}{1 + \omega^2 R_0^2 C^2} - i \frac{\omega R_0^2 C}{1 + \omega^2 R_0^2 C^2}, \quad \phi(\omega) = \tan^{-1} \left\{ \frac{\omega R_0^2 C}{R_0 + R_1(1 + \omega R_0^2 C^2)} \right\} \quad (1)$$

bağıntısı ile ifade edilir. Burada; $i = \sqrt{-1}$, R: Ohm, C: Farad'dır. $Z(i\omega)$ ve faz açısı $\phi(\omega)$ (1) bağıntısında görüleceği gibi, reel ve sanal bileşenlere sahiptir. (1) bağıntısına göre, sanal bileşen kapasitif direnç içerdiğinden kohezyon ilave direnci (c) ile, reel bileşen içsel sürtünme direnci (j) ile temsil edilebilir. Şekil 8. (1) bağıntısındaki empedans ifadesinde rölaksasyon (relaxation: gevşeme, sönüm) zamanı $t=R_0C$ ($C=(10, 30, 40, 100, 250) \times 10^{-3}$, 1 Farad ve $R_0=1$ Ohm) değerleri için normalize edilmiş frekans spektrumunu göstermektedir.



Şekil 8. Elektrik eşdeğer devre empedans genliğinin frekans ile değişimi, empedans spektrumu.

Fig. 8. Impedance spectra and variation of electrical equivalent circuit impedance amplitude with frequency.

Her ne kadar elasto-plastik olayların eşdeğer devreleri çeşitli şekillerde kurulabilirse de ortam özelliklerinin parametrelerinin doğrudan saptanması pek mümkün olmamaktadır. Bunun için elektrokimyasal olaylarda aşağıdaki Cole-Cole yaklaşımı uygulanmaktadır. Warburg empedansı analiz yöntemlerinden biri de Cole-Cole relaxation modelidir. Empe-dans ifadesi frekansın fonksiyonu olmak zorunda olduğundan jeolojik birimlerin kayma dalgası sismik empedansının genel olarak kullanılan $Z_S = (\gamma/g)V_S = \rho V_S$ formu aşağıdaki gibi empedans genliği formunda olmak zorundadır.

Sismik yansıma veya kırılma yönteminde katmanların saptanan V_p veya V_s sismik ortalama hızları skalar büyüklüktür. Burada $V_S(i\omega)$ ise $\omega (=2\pi f, f: \text{frekans})$ açısal hızdan dolayı sismik cihazın her bir kanalı için vektördür. Zamanın fonksiyonu olarak kaydedilen bir sinyal Fourier Transformu (FT) ile frekans ortamında eş değer olarak ifade edilebildiğinden, hız jeofonu tarafından kaydedilen herhangi bir kanalın zaman bölgesindeki sinyal kaydının frekans ortamındaki kayma dalgası sismik hız ifadesi $V_S(\omega)$ şeklinde ifade edilebilir. Burada; $|V_S(\omega)|$: genlik, $\phi(\omega)$: faz açısıdır. Sismik cihaz kanallarına gelen hız sinyallerinin Fourier Transformu (FT) alınıp spektral hız genlikleri zeminin yoğunluğu ile çarpılarak frekans ortamında empedans $|Z_S(\omega)| = |\rho V_S|$ genlik (amplitude) ve faz spektrumları elde edilebilir.

$$Z_S(i\omega) = \rho V_S(i\omega) \quad (2)$$

$$\frac{Z_S(i\omega)}{\rho} = V_S(\omega) = \int_0^{\infty} V_S(t) \exp(-i\omega t) dt \quad (3)$$

$$= |V_S(\omega)| \exp(i\phi(\omega)) = V_S + iV_S$$

Kayaç özelliklerinin ayırımı Etkisel Kutuplaştırma yönteminde (IP) frekans ortamında sanal (complex) öz direnç, $r(i\omega, (\omega=2\pi f))$, ile ifade edilir. Tablo 1. deki farklı iki yöntemde ara yüzey olayının davranışlarındaki benzerlikten yararlanarak (Pelton vd., 1978) Cole-Cole relaxation (sönüm, gevşeme) modeli bağıntısı kohezyonlu ortamlar için de benzer şekilde

aşağıdaki gibi sismik dalga empedansı için de ifade edilebilir.

$$Z(i\omega) = Z_0 \left[1 - c \left(1 - \frac{1}{1 + (i\omega\tau)^{2\eta}} \right) \right] \quad (4)$$

Burada Z_0 $f=0$ Hz deki empedans ve $Z(i\omega=0)=Z$ reeldir. Keza, kohezyon ilave direnci $c=0$ olduğunda $Z(i\omega)=Z_0$ olur ve reeldir. t : gerilim röleksasyon (sönüm) zamanı (saniye) ve h : dispersiyon sabiti (birimsiz) dir. Şekil 8. ve (2) bağıntısına göre $Z(i\omega)$ empedansını oluşturan spektrumu içinde kohezyon ilave direncinin de kendi içinde reel ve sanal bileşenleri olacağından (3) bağıntısı

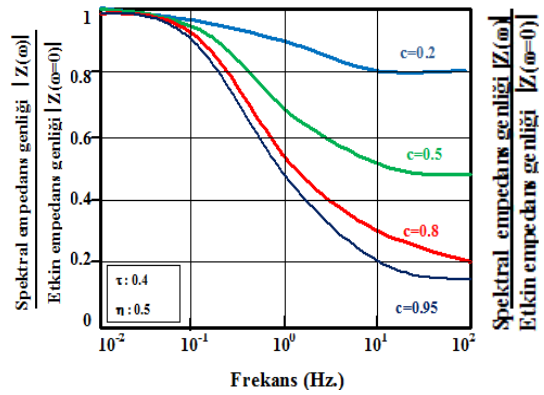
$$\frac{Z(i\omega)}{Z_0} = \left[1 - c + \frac{c}{1 + (\omega\tau)^{2\eta}} - i \frac{c(\omega\tau)^\eta}{1 + (\omega\tau)^{2\eta}} \right] \quad (5)$$

$$|Z(\omega)| = \sqrt{[\text{Re}elZ(\omega)]^2 + [\text{Sanal}Z(\omega)]^2} \quad (6)$$

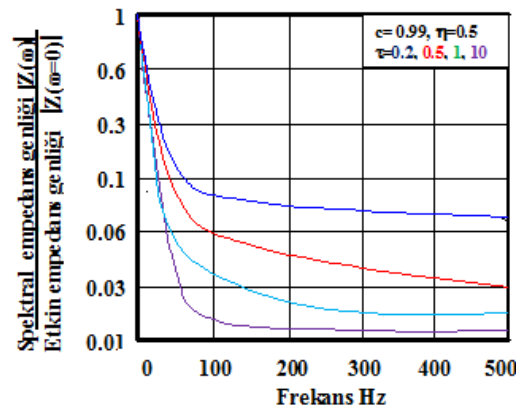
$$\varphi(\omega) = \tan^{-1} \left\{ \frac{\text{Sanal}(Z(\omega))}{\text{Re}el(Z_s(\omega))} \right\} = \tan^{-1} \left\{ \frac{c(\omega\tau)^\eta}{(1 + (1 - c)(\omega\tau)^{2\eta})} \right\} \quad (7)$$

olarak yazılabilir. (5-7) bağıntılarına göre $c_1=0.99$ kg/cm² ve $\eta_1=0.5$, $\tau_1=0.2, 0.5, 1$ ve 10 s parametre değerleri için Şekil 9. deki spektrum eğrileri elde edilmiştir. Şekil 9. (a ve b) kohezyon değeri arttıkça spektral empedans genliğinin frekans ile hızla azalmakta ve Şekil 9. (c) faz açısının ise $f=1$ Hz frekansında maksimum yaptığını göstermektedir. Kohezyon ortamının kapasitif reaktans etkisi büyüdükçe (τ) sönüm veya gevşeme (relaxation) zamanı büyüyerek empedans genliğini küçülttüğü ve η dispersiyon etkisi büyüdükçe empedansın genliğini büyüttüğü izlenmektedir.

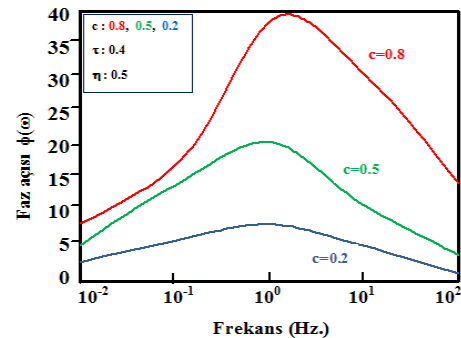
Araziden elde edilecek empedans spektrum eğrileri (5-7) bağıntılardan farklı parametre değerleri için elde edilen spektrum eğrileri karşılaştırılarak kohezyon direnci, röleksasyon zamanı ve dispersiyon parametreleri saptanabilir. Böylece, her hangi bir zeminin kayma dalgası empedansı spektrumunun değişim değerlerine göre, zeminin kohezyon içeriği anlaşılabilir. Bir kanal için yapılan bu uygulama kullanılan sismik cihazın diğer kanallarına da benzer şekilde uygulanabileceğinden zemin özelliğini jeofonlar arası kısa aralıklar içerisinde daha ayrıntılı olarak tanımlamak mümkün olabilir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 9. Sismik empedans spektrum eğrileri örneği. a) kohezyona göre normalize edilmiş empedans genliği ve b) röleksasyona göre normalize edilmiş empedans genliği, c) faz açısı değişimi.

Fig. 9. Example of seismic impedance spectra curves, a) Normalized impedance amplitude according to the relaxation values and b) Normalized impedance amplitude according to the cohesive values, c) the phase angle change.

ARAZİ UYGULAMASI

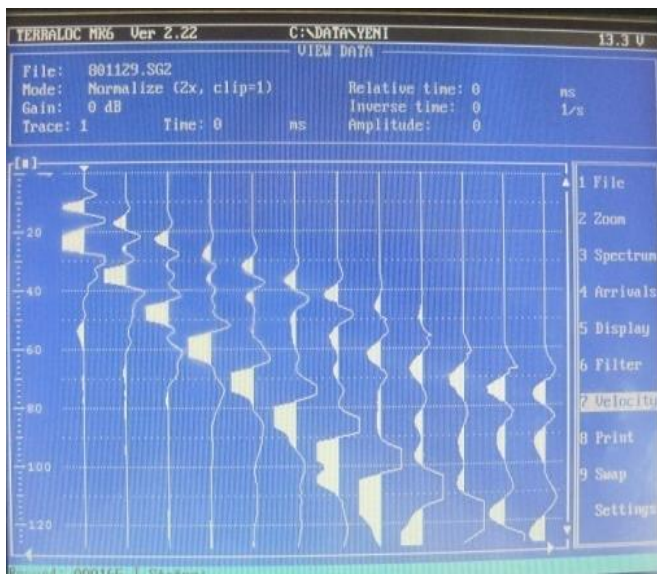
(5 – 7) bağıntılarının arazi uygulamasının ilk yaklaşımını göstermek amacıyla, sismik cihazın kanallarına gelen sinyallerin her birinin ayrı ayrı (FT) spektrumunu alabilme özelliğine ve Hanning penceresine sahip ABEM sismik cihazı kullanılmıştır. Sismik kayıtlar Kocaeli ili içerisinde belediye jeofizik ekibi tarafından alınan zemin etüdü sismik kayıtlardır.

Şeki I 10. (a) Arazide kaydedilmiş 12 kanallı sismik kayma dalgası sinyallerini göstermektedir, (b) FT spektrumu alınacak seçilen bir kanala gelen sinyali göstermektedir.

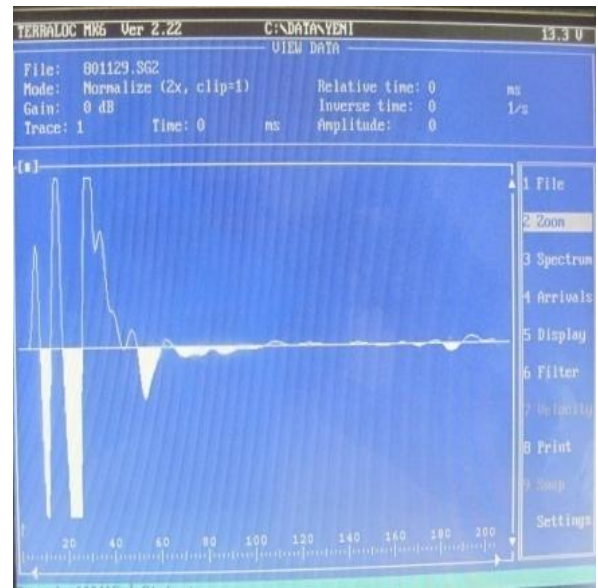
Şekil (11-14). (a) sismik boyuna veya sıkışma dalga spektrumu ve (b) sismik kayma veya enine dalga spektrum eğrilerinin yuvarlatılarak (5 ve 6) bağıntısından elde edilen teorik eğri ile karşılaştırılmasını ve değerlendirme parametrelerini göstermektedir. Arazi spektrum eğrisinin yuvarlatılmışını kırmızı renkli eğri, (5) bağıntısına göre elde edilen teorik karşılaştırma eğrisini sarı renkli eğri temsil etmektedir.

Şekil 11. Kocaeli Gölçük ilçesinde alüvyonda açılmış 1.5 metre organik topraktan sonra gevşek kil devam eden ve yer altı suyu seviyesi 3 metre olan sondaj kuyusu üzerinde alınmış sismik spektrum analiz uygulaması örneğini göstermektedir. Sismik uygulama 5 metre jeofon aralıklı yapılmıştır. Kalın kil tabakasının hızları $V_p=270$ m/s, $V_s=120$ m/s olarak elde edilmiştir. Sismik spektrum analiz uygulamasında elde edilen parametreler şekil üzerinde görülmektedir.

Şekil 12. Kocaeli İzmit ili Sepetçi köyündeki arkoz taş ocağında arkoz kırıntılarının oluşturduğu dolgu malzemesi üzerinde alınmış sismik spektrum analiz uygulaması örneğini göstermektedir. Sismik uygulama 1 metre jeofon aralıklı yapılmıştır. Arkoz moloz ortamının $V_p=900$ m/s, $V_s=440$ m/s olarak elde edilmiştir. Sismik spektrum analiz uygulamasında elde edilen parametreler şekil üzerinde görülmektedir.



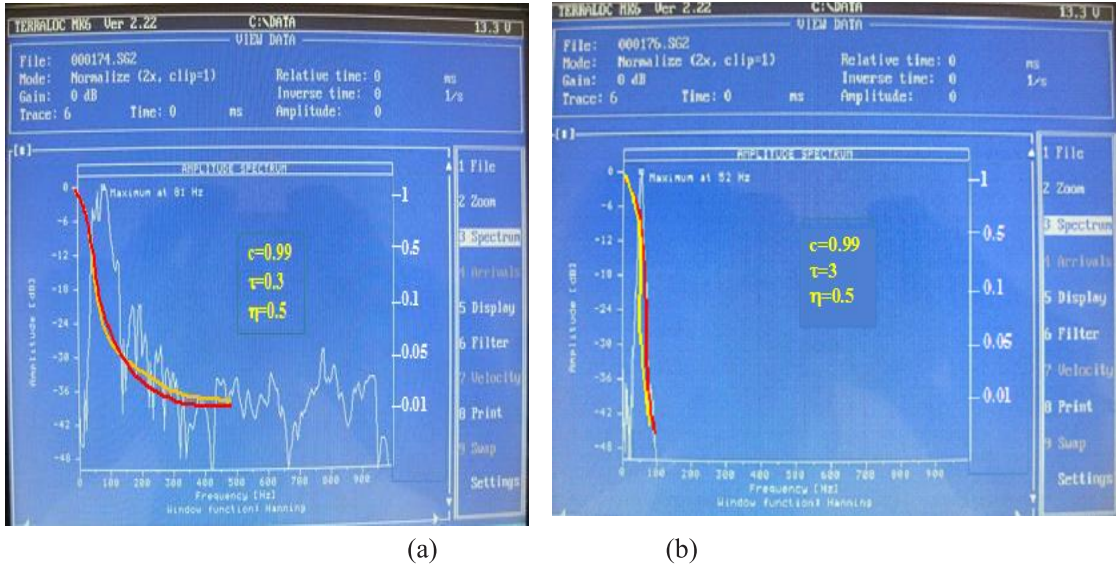
(a)



(b)

Şekil 10. (a) Sismik arazi kaydı, (b) Arazi kaydından herhangi bir kanal sinyali.

Fig. 10. a) Field seismic recording, (b) any channel signal from the field record.



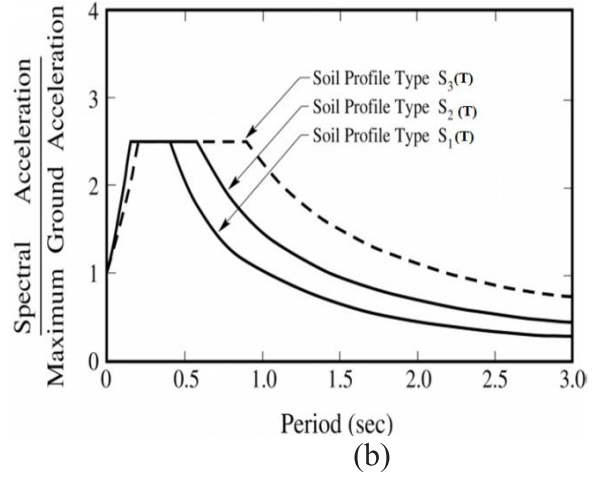
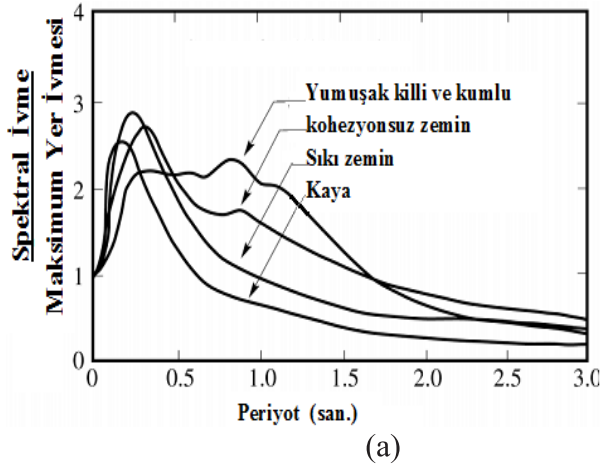
Şekil 14. Kocaeli Kandıra killi kireçtaşı üzerinde sismik arazi sinyalinin 6. kanalının (a) P dalgası, (b) S_H dalgası spektrum değerlendirilmesi.

Fig. 14. P and S_H wave Spectrum evaluation for the 6. channel signal of seismic field recording on Kocaeli (Kandıra) argillaceous limestone.

Model bağıntı (4) kohezyon direnci eşdeğer kapasitif direnci için kurulmuş olduğundan Şekil 10-13. de arazi empedans spektrum eğrilerinin (5 ve 6) bağıntılarına göre benzerlerinin saptanması değerlendirilmesinde sanal bileşen değeri daha etkin rol oynamaktadır. Teorik eğrilerle araziden elde edilen spektrumun yuvarlatılmış eğrilerinin uyumlu çakışması kohezyon direncinin veya rölaksasyon zamanının $\tau \geq 1$ olduğu durumlarda daha uyumlu olmaktadır. Bu sonuçlar, kohezyon direncinin sanal bileşen ile temsil edilebileceğinin somut bir göstergesi olmaktadır. Şekil 11. (a) ve (b) görüldüğü gibi, zeminde kohezyon direnci arttıkça spektral empedans genliğinin rölaksasyon zamanı frekans ile hızlı artmakta olduğu görülmektedir. Sismik dalgaların yayılımında yumuşak ve gevşek ortamlar alçak frekans geçirimli, sıkı ve sert ortamlar yüksek frekans geçirimli filtre özelliği gösterirler. Bu nedenle, sismik hız spektrumu rölaksasyon zamanı zemin özelliğine bağlı olarak değişmektedir. Şüphesiz ki, söz konusu çakıştırma işlemi, yeni yazılacak veri işlem programı uygulaması ile otomatik çakıştırma daha sağlıklı olması mümkün olabilir. Şekil 11-14. deki şekillerde genlik frekans yerine tersine zamanın fonksiyonu olarak çizilseydi τ sönüm parametresinin killer üzerinde tahmin edilebileceği gibi en büyük değere sahip olacağı

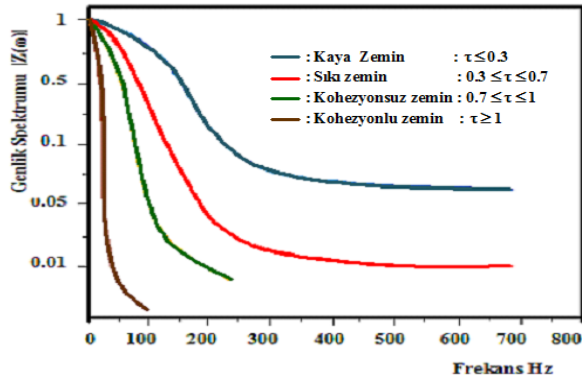
aşıkardır. Bu sonuç kayma dalgası spektral empedans analizi ile kohezyonlu zeminlerin saptanabileceğini göstermektedir. Bu bağlamda, τ rölaksasyon sönüm zamanının kil içeriğine, gevşekliğine ve suya doygunluğuna duyarlı olması, τ rölaksasyon zamanı ile killerin konsolidasyon zemin oturması özelliği arasında ilişkinin araştırılması gerektiği önem arz etmektedir.

Bilindiği gibi, taban kaya toğrafyasını daha sağlıklı saptamak için sismik kırılma yönteminde jeofon altı derinlikler saptanmaya çalışılır. Bu çalışmada sismik kırılma ve yansımada Jeofon serilim altına bağlı homojen kabul edilen yer içinin ortalama hızı elde edilirken, her bir kanalın hız spektrumu elde edilmesi ile kısa aralıklarla zemin özelliği değişebilen ortamlarda jeofon altı yeriçi özellikler daha ayrıntılı olarak aydınlatılmış olmaktadır. Örneğin; alüvyon ortamlarda yer altı suyuyla doymuş gevşek kum ve kil cepleri olağandır. Sismik cihazın farklı kanallarında farklı spektrum rölaksasyon zamanı elde edilmesiyle Şekil (1-6) de örnekleri verilmiş olan potansiyel zemin deformasyonu veya potansiyel zemin sıvılaşması olup olmayacağı konusunda olası deprem öncesi ilave bir veri elde edilmiş olmaktadır.



Şekil 15. a) Farklı zemin özellikleri ortalama ivme spektrumları, b) Spektrum katsayıları (Seed vd., 1976).
Fig. 15. a) The average acceleration spectra of different soil properties, b) Spectrum coefficients.

Elastik deprem yüklerin tanımlanması için deprem ivme kaydının düzgünleştirilmiş spektrumunun eğiminden yerel zemin koşullarına ve bina periyoduna bağlı olarak elde edilen spektrum katsayısı, $S(T)$, değerleri kullanılmaktadır, Şekil 15. (Seed vd., 1976) tarafından yapılan deprem ivme spektrumunun zemin özelliğine bağlı sınıflandırılmasına paralel olarak, sismik hız veya empedans spektrumu için de uygulama sonuçlarına dayanarak zemin özelliği ile rölaksasyon zamanı arasında Şekil 16. daki gibi benzer sınıflandırma yapılabilir.



Şekil 16. Kohezyonlu zeminlerin rölaksasyon zamanı özelliğine bağlı sismik empedans genlik spektrum sınıflaması.
Fig. 16. Classification of seismic impedance amplitude spectrum depending on the property of relaxation times for cohesive soils

Sismik Empedans Bileşenleri ve Zemin Taşıma Gücü Faktörlerinin Ortak Özellikleri

Zemin mekaniğinde Mohr dairesine ve Terzaghi, 1967 bağıntısına göre taşıma gücü, zemin özelliği ile ilgili olarak, zeminin iki özelliğine bağlı olduğu kabul edilir. Birincisi; temel zemininin yukarıda tanımlandığı gibi kohezyon direnci özelliği, ikincisi içsel sürtünme açısı direnç özelliğidir. İçsel sürtünme açısı birbirleri ile temas halinde olan zemin tanelerinin birbirine dayanmasından ve birbirine gerilme nakletmesinden kaynaklanan kayma direnci olarak tanımlanır. Şekil 17. daki Mohr dairesinde zeminin ϕ : içsel sürtünme açısı, c : görünür kohezyonu, σ : normal kayma gerilimini ve Γ : normal gerilme altındaki maksimum kayma dayanımını temsil etmektedir. Burada;

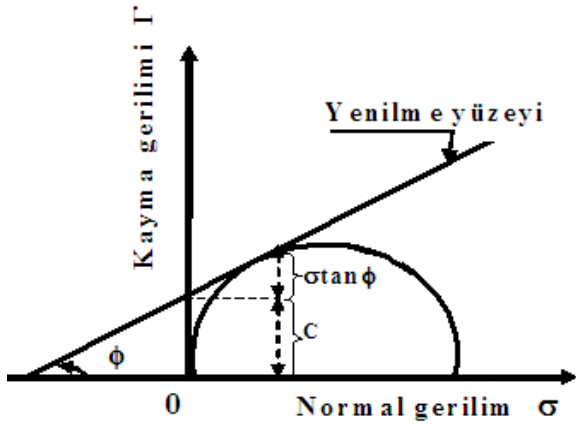
$$\Gamma = c + \sigma \tan \phi$$

Γ = Kohezyon direnci (c) + içsel sürtünme direnci olarak ifade edilir.

Çinicioğlu, 2005 zemin kayma direncine veya sadece zemin özelliğine bağlı Taşıma Gücü (q) direnç ifadesi:

$$q = \text{Kohezyon direnci} + \text{İçsel sürtünme direnci} \quad (10)$$

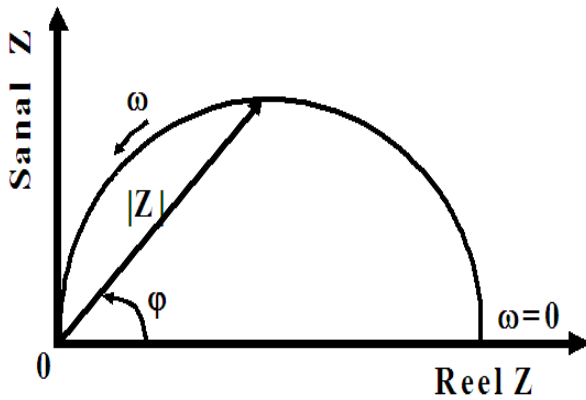
olarak ifade edilmektedir.



Şekil 17. Mohr daresi ve yenilme yüzeyi.

Fig. 17. Mohr's circle and failure envelope.

Zemin Taşıma Gücünün saptanmasındaki sınırlamaları yenmek amacıyla, Keçeli (1990, 2000 ve 2012) de sismik kayma dalgası empedansı ile zemin taşıma gücünün elde edilebileceğini göstermiştir. Keçeli (2012) ye göre Tablo 2. deki zemin taşıma gücü ve sismik empedans arasında ortak özelliklerin mevcut olduğu görülür.



Şekil 18. Sismik empedansın argan diyagramı.

Fig. 18. Argan diagram for seismic impedance

Keza, elektromanyetik veya sismik empedans ifadeleri de, yukarıdaki bağıntılarda da belirtildiği gibi, genel olarak, reel bileşen ve sanal bileşen olmak üzere temel iki faktöre sahiptir. Bu bağlamda; zeminlerin sismikte kayma dalgası Z empedans (direnc) ifadesi:

$$|Z(\omega)| = |\rho V_s(i\omega)| = \sqrt{[\text{Re}elZ(\omega)]^2 + [\text{Sanal}Z(\omega)]^2} \quad (11)$$

yazılabilir. Sismik Yöntemde Taşıma Gücü empedans ifadesi Keçeli (2012) den ($Z_s = \rho V_s$) ve (2 ve 3) bağıntısından

$$Z(i\omega) = |\rho V_s(i\omega)| = \text{Reel bileşen } Z(\omega) + \text{Sanal bileşen } Z(\omega) \quad (12)$$

Sismik empedans ile ifade edilir. Tablo 2. Zemin taşıma gücü ve sismik empedansın ortak özelliklerini göstermektedir.

Tablo 2. Zemin taşıma gücü ve sismik empedansın ortak özellikleri.

Table 2. Common features of soil bearing capacity and seismic impedance.

Zemin mekaniği taşıma gücü (q) kg/cm ²	Ortak zemin özellikleri	Sismik empedans taşıma gücü (Z) kg/cm ²
Yükleme ($q_{son} = cN_c + \gamma d_f N_q + 0.5\gamma B N_\gamma$) Taşıma gücü faktörleri: N_c, N_q, N_γ	Basınca karşın direnc aynı	$ Z = (p / vS) = \rho V_s$ (p: sismik basınç, nS: hacimsal hız)
Zemin yük oturma eğrisi	Basınç oturma eğrileri benzer	Basınç zemin oturma eğrisi
Müsaade edilebilir taşıma gücü $q_a \approx (0-100) \text{ kg/cm}^2$,	En zayıftan çok sağlama aynı	Müsaade edilebilir taşıma gücü $q_{as} Z_s \approx (0-100) \text{ kg/cm}^2$
Mohr daresi (y.çap basınç miktarına bağlı)	Yarım daire benzer	Kompleks düzlemde (Re-İma) Argan diyagramı (y.çap R direncine bağlı)
c kohezyon büyüdükçe	Karşılıklı büyüme benzer	$\phi_s(\omega)$ faz açısı büyür

Yukarıda ortaya konan sonuçlarda sanal bileşenin kohezyon direncini ve reel bileşenin içsel sürtünme (açısı) direncini, iki faktör olarak, temsil etmesi sismik kayma dalgası empedans ifadesinin zemin taşıma gücü ile doğrudan eşdeğer olarak ilişkili olduğunu göstermektedir.

Sismik kayma dalgası empedans ifadesinin zemin taşıma gücü ile olan eşdeğer ilişki zemin taşıma gücünün sismik kayma dalgası empedans ile ifade edilebileceğinin kuramsal dayanağı olmaktadır. Sismik Yöntemde Taşıma Gücü ifadesi kuramsal bir ifade olmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen başlıca sonuçlar:

1. Zemin etütlerinde sismik kayma dalgası bileşenlerinin oluşturabileceği potansiyel zemin deformasyonu hasar mevkilerinin zemin sıvılaşması ile ilişkilendirilmemelidir.
2. Sismik zemin sıvılaşması analizinde daha sağlıklı analiz yapabilmek için sismik yöntem ile birlikte elektrik yöntemlerden özdirenç ve IP yöntemleri birlikte kullanılmalıdır. Sismik veriler zemin sıvılaşması analizini gerektirdiğinde, zeminin kohezyon özelliği elektrik özdirenç ve IP yöntemleri ile belirlendikten sonra sismik zemin sıvılaşma analizi yapılmalıdır.
3. Kayma dalgası empedans spektrumunun ve faz açısının kohezyon, rölaksasyon zamanı ve dispersiyon parametrelerinin yeni yazılacak veri işlem programı ile değerlendirilmesinden zeminlerin daha sağlıklı zemin sıvılaşma analizi yapılabilir.
4. Zemin mekaniğinde elde edilen zemin taşıma gücü elde edilmesinde temel zemin özelliği olan kohezyon direncinin sismik empedans spektrumunun

sanal bileşeni ile, içsel sürtünme direncinin reel bileşeni ile ilişkili olması zemin taşıma gücü ve sismik kayma dalgası empedansı arasında eşdeğer ilişkinin olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır,

5. Sismik empedans spektral analizi ile kohezyon ortamının yan kayaç olarak ayırımı metalik mineral, kömür yatakları civarındaki ve hidrokarbon rezervuarı üzerindeki kil ve alterasyon ortamlarının da tanınmasını dolayısıyla daha sağlıklı yorumların yapılmasını sağlar.

6. Jeofon aralıkları gibi çok kısa aralıklarla mekanik sondaj yapılmasının zaman ve finansman bakımından mümkün olamayacağı için, Jeofon altı derinliklerin saptanmasında olduğu gibi, jeofon altı zeminin litolojik özelliğinin mikrobölgeleme ve parsel bazında jeofizik uygulamalarla saptanmasının deprem hasarlarını önleyebilecek mühendislik yapılarının tasarımında çok önemli olduğu açıkça görülmektedir. **Bu sonuç, parsel bazında jeofizik mühendisliği zemin etütlerinin zorunlu olduğunun açık ispatıdır.**

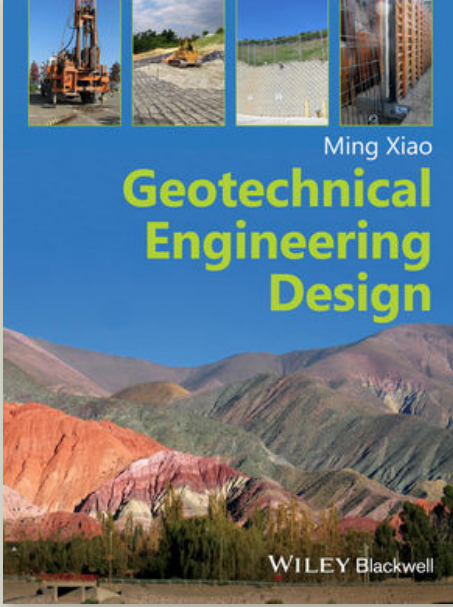
TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın sismik ölçülerin alınmasında lojistik destek sağlayan Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Başkanlığı'na, ölçüleri özveri ile alan Zemin Deprem İnceleme Müdürlüğü Personellerinden Jfz. Mh. Mustafa Yalıtırak, Jfz. Mh. Recep öz, Jfz. Mh. Onur Kasap, Jeo. Mh. Hakan Cantürk ve Jeo. Mh. Murat İnanoğlu'na samimi en derin duygularla teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- ABM, 2002, İzmit Saraybahçe Belediyesi İmar Planına esas Jeoteknik Etüt Raporu. ABM Mühendislik Müşavirlik İnşaat Sondaj Paz. Ltd. Şti.
- Andrews D.C. and Martin G.R., 2000, Önbellek - BenzerCriteria for Liquefaction of Silty Soils: Proc. of the 12th world Conf. on Earthquake Engineering, Auckland, NZ. Paper 0312, 2000.
- Buchheister J.A. and Rezaeian M., 2008, Identification of Liquefaction Failures Basedon Aerial: The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.
- Çinicioğlu S. F., 2005, Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı: IMO, İstanbul Seminer Notu.
- GEOS, 2000, İzmit İli, Bekir paşa Belediyesi Jeolojik ve Jeoteknik Etüt Raporu., GEOS Jeoteknik ve Sondajcılık Ltd. Şti.

- Keçeli, A., 2000, Sismik Yöntemle Kabul edilebilir Taşıma Kapasitesi Saptanması: JEOFİZİK, Vol. 14, No. 1-2.
- Keçeli, A., 2012, Uygulamalı Jeofizik: Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınları No:18, 2. Baskı.
- Keçeli, A., 2012, Neden Jeofizik Mühendisliği Etütleri Zemin Etütlerinde Zorunlu Olmalı: JEOFİZİK, Vol. 16, No.2.
- Nazarian, S., K.H. Stokoe II, and Hudson W.R., 1983, Use of spectral analysis of surface waves method for determination of moduli and thicknesses of pavement systems, Transportation research Record No. 930, 38-
- Özçep, F., Aşçı, M., Alpaslan, N., Yas, T., Gündoğdu, D., 2005, Statik ve Dinamik (Deprem) Etkiler Altında Zemin Davranışı, Deprem Sempozyumu, Kocaeli 2005, Kocaeli Üniversitesi.
- Pelton, W. H., Ward, S. H., Hallof, P. G., Sill, W. R., and Nelson, P. H., 1978, Mineral discrimination and removal of inductive coupling with multifrequency IP: Geophysics, 43, 588-609.
- Seed, H.B., Ugas, C., and Lysmer, J., (1976), "Site-dependent spectra for earthquake resistant design", Bulletin of the Seismological Society of America, v. 66, p. 221-243.
- Seed, R. B., Cetin, K. O. & Moss, R. E. S. (2001). Recent advances in soil liquefaction hazard assessment. 15th international conference on soil mechanics and geotechnical engineering, TC4 satellite conference on "Lessons learned from recent strong earthquakes," Istanbul, Turkey.
- Seed, H. B., Idriss, I. M. and Arango, I. (1983). Evaluation of Liquefaction Potential Using Field Performance Data. Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 109, No. GT3, pp 458-482.
- Stokoe, K.H., II, 2001. Liquefaction resistance of soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Journal of Geotechnical Geoenvironmental Engineering, ASCE, 127 (10), p. 817-833.
- Telford, W. M., L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, 2004, Applied Geophysics, 2nd ed., Cambridge University Press.
- Uyanık O., 2013, Zemin Sıvılaşması ve Analiz Yöntemleri, JFMO Kurs Notları.
- Yanzhang L., Guiqing Z., 1998, Theory and Application of Spectral Induced Polarization SEG
- Yılmaz Ö. , 2004, IBB Deprem Hasar Değerlendirmesi için Entegre Sismik ve Geoteknik İnceleme Raporu , Anatolian Geophysical.
- Zhdanov M.S.,2005, New Geophysical Technique for Mineral Exploration and Mineral Discrimination Based on Electromagnetic Methods, Annual Progress Report, University of Utah, Salt Lake City, UT 84112.
- URL-1: 1999 Kocaeli Earthquake, TURKEY. www.iitk.ac.in/nicee/wcee/.../13_720.pdf
- URL-2: Izmit Earthquake: A Report of the Turkey - US Geotechnical ...
- URL-3: nisee.berkeley.edu/turkey/report.html
- URL-4: https://engineering.purdue.edu/~ayhan/EQ/19990817_Kocaeli/EQ/Izmit.html



GEOTECHNICAL ENGINEERING DESIGN
JEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ TASARIMI

Jeoteknik mühendislik tasarımında anlaşılır, özlü ve çağdaş bir kitap. Kitap jeoteknik mühendisliği alanını kapsar, jeoteknik problemlerin çözümleri ve son teknoloji arazi uygulamaları içermektedir. Ayrıca kitap Eurocode 7 ve ASTM standartlarını (ABD için) kapsamaktadır.

A GEOTECHNICAL GEOPHYSICAL STUDY OF THE RED RIVER DELTA CLAY: WITH REFERENCE TO HIGHWAY NETWORK UPGRADING

KIRMIZI NEHİR DELTA KİLİNİN JEOTEKNİK BİR JEOFİZİK ÇALIŞMASI: OTOYOL AĞININ İYİLEŞTİRİLMESİNE YÖNELİK

Hızla gelişmekte olan Kırmızı Nehir Deltası (The Red River Delta - RRD), Vietnam'ın en büyük ekonomi, kültür ve tarımın merkezi olarak kabul edilir. Yıllık olarak, ülkenin diğer bölgelerine ve RRD içinde dağıtılması gereken tarımsal ve endüstriyel ürünlerin miktarı giderek daha fazla üretilmektedir.

Bu çalışma özellikle RRD'deki karayolu ağının korunması ve iyileştirilmesi için bir dizi ulusal karayolu boyunca yer altı zemin profillerinin karakterizasyonunu içermektedir.

Bu çalışmada, yer altını düzgün bir şekilde yönetmek, görselleştirmek ve karakterize etmek için çok fazla miktarda jeoteknik veri (laboratuar ve arazi testi) toplanmıştır.



Doan Huy Hien
Pham Huy Giao

A Geotechnical Geophysical Study of the Red River Delta Clay

with reference to highway network upgrading

LAP LAMBERT
ACADEMIC PUBLISHING

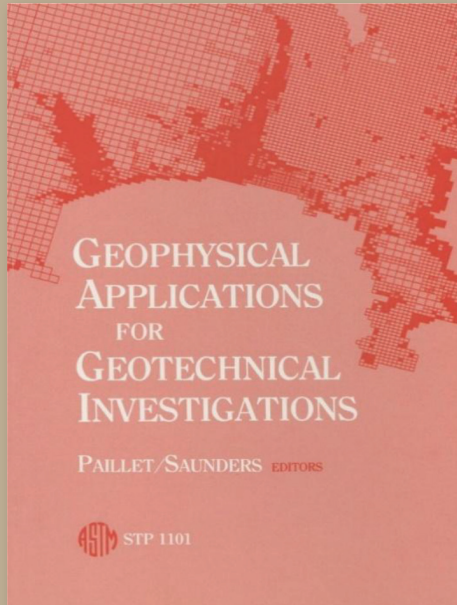
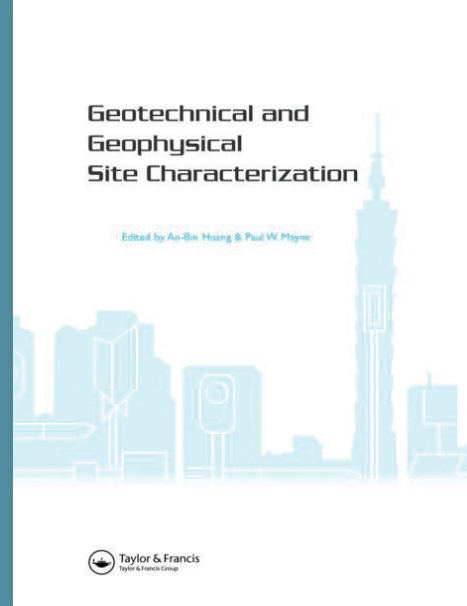
GEOTECHNICAL AND GEOPHYSICAL SITE CHARACTERIZATION: PROCEEDINGS OF THE 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON SITE CHARACTERIZATION (ISC'3, TAIPEI, TAIWAN, ... IN ENGINEERING, WATER AND EARTH SCIENCES)

JEOTEKNİK VE JEOFİZİK YER KARAKTERİZASYONU:

3. ULUSLARARASI SAHA KARAKTERİZASYONU KONFERANSININ BİLDİRİLERİ

Jeoteknik ve Jeofizik Yöntemlerle Bölge Karakterizasyonu, 1-4 Nisan 2008 tarihleri arasında Taipei'de gerçekleşmiştir. Kitapta Üçüncü Uluslararası Konferanda sunular bildirileri bir araya getirilmiştir.

Başlıca konular, mekanik yerinde test ve yorumlama tekniklerinde yeni gelişmeler, test verilerinin istatistiksel analizi, jeo-çevresel alan karakterizasyonu, toprak örnekleme yöntemleri, çok boyutlu jeofiziksel görüntüleme teknikleri, artık / doymamış zemin karakterizasyonu ve büyük inşaat projeleri veya afet araştırmaları gibi arazi çalışmaları.



GEOPHYSICAL APPLICATIONS FOR GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS

JEOTEKNİK ARAŞTIRMALAR İÇİN JEOFİZİK UYGULAMALAR

Bu cilt, tehlikeli atık alanı araştırmaları, karayolu köprü temelleri ve su kalitesi için jeofizik yöntem uygulamalarını içerir.

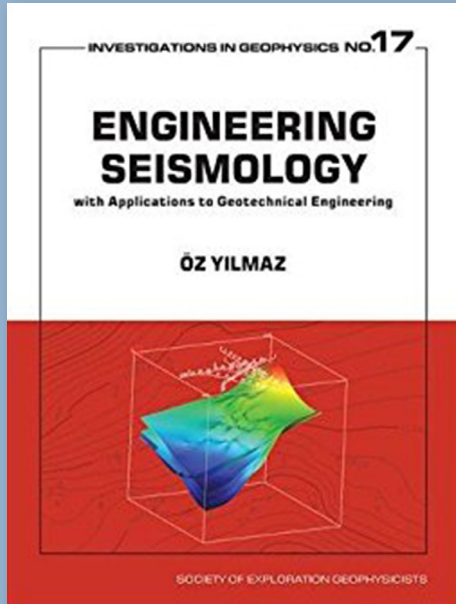
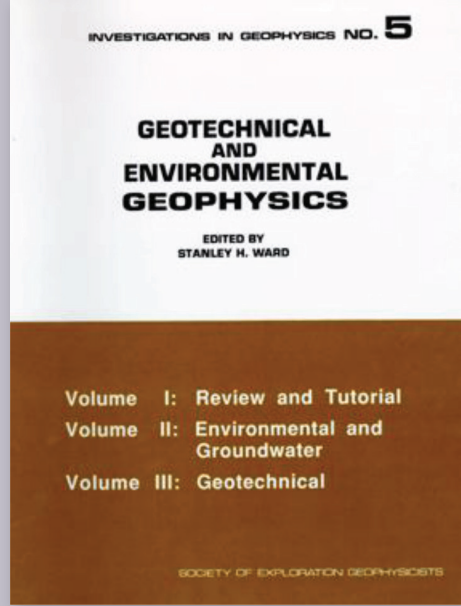
Kitapta, yüzeyden ve kuyudan jeofizik yöntemler ile gerçekleştirilmiş yedi bölüm vardır.

- Yerinde toprak testi,
- Kayalardaki ve sedimanlardaki mühendislik özelliklerinin ölçümü,
- Zeminlerin deprem / sismik duyarlılığı,
- Su kalitesi izleme ve tehlikeli atık çalışmaları için saha karakterizasyonu.

GEOTECHNICAL AND ENVIRONMENTAL GEOPHYSICS

JEOTEKNİK VE ÇEVRE JEOFİZİĞİ

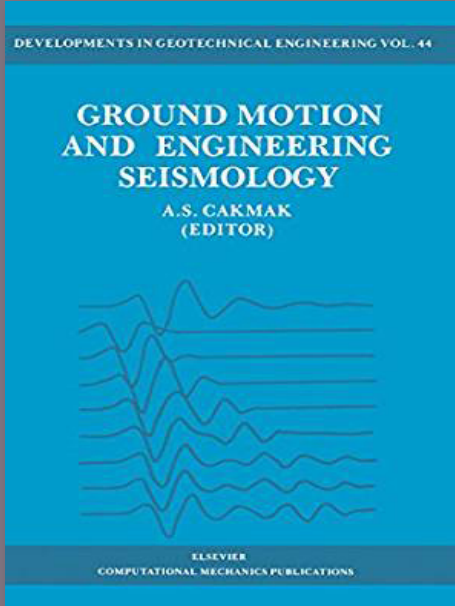
Bu cilt öncelikli olarak yeraltı suları ve çevre araştırmacılarına yöneliktir. Yeraltısuyu ve yeraltı suyu kirliliği vurgulansa da, tartışılan teknikler çok daha geniş bir uygulama alanına sahiptir.



ENGINEERING SEISMOLOGY WITH PPLICATIONS TO GEOTECHNICAL ENGINEERING

MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİ İLE GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI

Mühendislik sismolojisinin kapsamı; barajlar, setler köprü ve tüneller, heyelan ve aktif fay araştırmaları, sismik mikrobölgeleme ve tarihi binaların jeofizik araştırmaları gibi binalar ve mühendislik altyapıları için jeoteknik alan araştırmalarıdır. Bu projeler jeolog, jeofizikçi, jeoteknik ve deprem mühendislerinin disiplinler arası katılımını gerektirir. Öz Yılmaz'ın bu kitabının temel amacı (SEG Investigations in Geophysics Series No. 17), bu disiplinlerden uzmanların karşılaştıkları birçok zorlu mühendislik problemini çözmek için sismik yöntemi uygulamaya teşvik etmektir. Mühendislik sismolojisinin kapsamı yeraltı suları, kömür, maden ve jeotermal aramlar gibi yeraltı kaynaklarının araştırılmasını da içerir. Jeoteknik çalışmalarda sismik yöntemin uygulanmasına odaklanan bu kitap, birçok arazi incelemesini içermektedir.



YER HAREKETİ VE MÜHENDİSLİK SİSMOLOJİSİ

Bu ciltte: Doğu Akdeniz’de Deprem Sismiği ve Tektonik, Zeminlerde Sismik Dalgalar ve Jeofizik Yöntemler, Mühendislik Sismolojisi, Zemin ve Kaya Mekaniğinde Dinamik Yöntemler ve Yer Hareketi ele alınmaktadır. Kitabın zemin dinamiği ve deprem mühendisliğinde yenilikçi teknikler, yöntemler ve yaklaşımların daha da geliştirilmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir

GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİNDEKİ GELİŞMELER

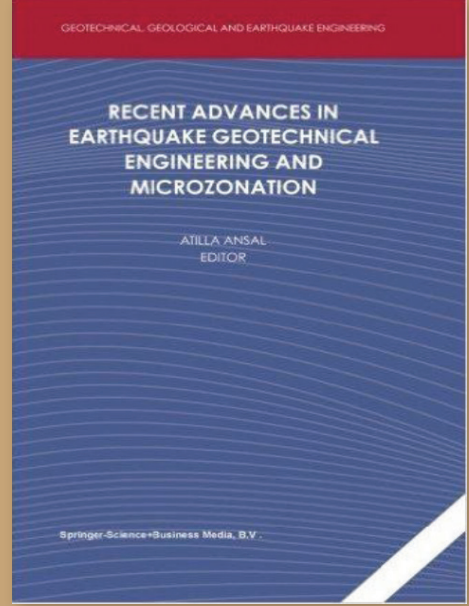
Geoteknik Mühendisliği üzerine olan bu seri, jeotekniğin tüm alanlarında ve mühendislik problemlerine uygulamaları için entegre bir platform sağlamak için kaleme alınmıştır. Seri, doymuş ve doymamış topraklar, jeosentetik, deniz jeotekniği ve toprak iyileştirmesi de dahil olmak üzere geniş bir araştırma yelpazesi ile okurların ilgisini çekmiş konulara odaklanıyor.



RECENT ADVANCES IN EARTHQUAKE GEOTECHNICAL ENGINEERING AND MICROZONATION

**DEPREM GEOTEKNİK MÜHENDİSLİĞİ VE
MIKROBÖLGELEMEDE SON GELİŞMELER**

Bu kitabın amacı kuvvetli yer hareketi, saha karakterizasyonu, saha etkileri, sıvılaşma, sismik mikrobölgeleme, katı atık depolama alanları ve temel mühendisliği dahil olmak üzere deprem jeoteknik mühendisliği ve sismik mikrobölgelemenin geniş spektrumunu sunmak.



ODAMIZ YAYINLARI

ZEMİNLERİN GEOTEKNİK VE JEOFİZİK ANALİZİ

Ferhat Özçep



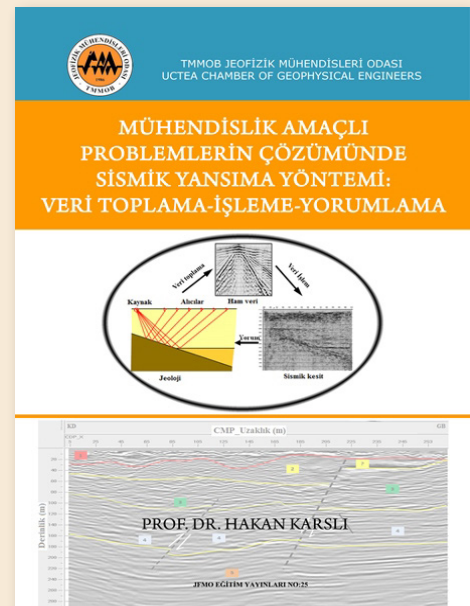
ŞEV STABİLİTE ANALİZİ

DEPREMLİ VE DEPREMSİZ DURUM İÇİN TEORİ VE UYGULAMALARLA

Ferhat Özçep

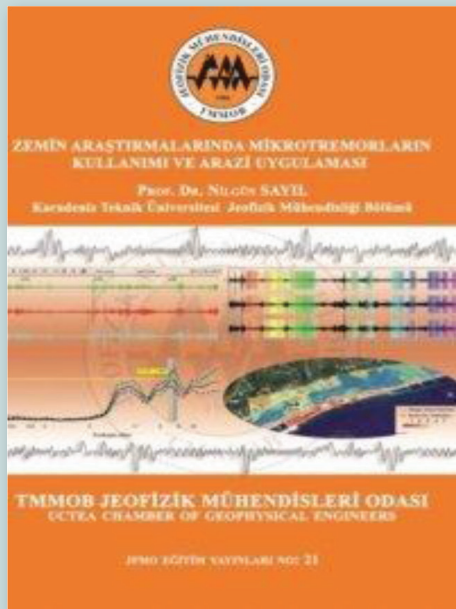
MÜHENDİSLİK AMAÇLI PROBLEMLERİN ÇÖZÜMÜNDE SİSMİK YANSIMA YÖNTEMİ: VERİ TOPLAMA- İŞLEME-YORUMLAMA

Hakan Karslı



DİNAMİK YÖNTEMLERLE ZEMİN SIVILAŞMASI

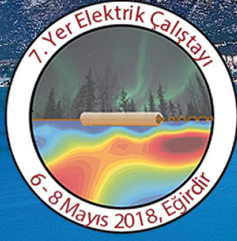
Osman Uyanık



ZEMİN ARAŞTIRMALARINDA MİKROTREMORLARIN KULLANIMI VE ARAZİ UYGULAMASI

Nilgün Sayıl

7.YER ELEKTRİK ÇALIŞTAYI



SDÜ Mavigöl Otel
Eğirdir, Isparta



KONULAR

Elektrik ve Elektromanyetik Yöntemlerde;
Jeotermal, Maden ve Petrol Aramaları
Modelleme ve Ters Çözüm
Yapı Jeofiziği Uygulamaları

Arkeojeofizik Uygulamalar

Yeraltı Suyu Araştırmaları

Çevre Jeofiziği

Yeni Gelişmeler



anomali

7-9 Mayıs
2018



ATIKOL

Kayaç
Earth Science & Design



SUNUŞ VE ÇAĞRI



Jeofizik elektrik-elektromanyetik konuları ile ilgilenen araştırmacıları bir araya getiren Yer Elektrik Çalışma Grubu, 2006 yılında Boğaziçi Üniversitesi tarafından Manyetotellürik Seminerleri adı altında toplanarak ilk çalıştayı gerçekleştirmiştir. Etkinlik, 2008 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği tarafından Manyetotellürik ve Jeoelektrik Çalıştayı (MT'08) olarak İstanbul'da, 2010 yılından itibaren ise Yer Elektrik Çalıştayı olarak sırasıyla Ankara (İlgaz, 2010), Dokuz Eylül (Çeşme, 2012), İstanbul (Enez, 2014) ve Kocaeli (Kartepe, 2016) Üniversiteleri tarafından desteklenerek düzenlenmiştir. Çalıştayı yedincisi üniversitemiz Jeofizik Mühendisliği Bölümü tarafından 7-9 Mayıs 2018 tarihleri arasında Eğirdir Mavigöl Otel'de düzenlenecektir. Ev sahipliği yapmaktan ve sizleri aramızda görmekten bölümümüz adına mutluluk duyacağımız 7. Yer Elektrik Çalıştayı'na katılımlarınızı ve katkılarınızı bekliyoruz.

7. Yer Elektrik Çalıştayı Düzenleme ve Yürütme Kurulu

KONULAR

1. E&EM Yöntemlerde Modelleme, Ters Çözüm
2. E&EM Yöntemlerin Dier Jeofizik Yöntemlerle Birle_ik Ters Çözümü
3. Elektrik Yöntemler (DU, DAÖ, YU)
4. Elektromanyetik Yöntemler (MT/AMT/CSAMT, TEM, VLF/RMT, HLEM, MRS, GPR)
5. E&EM yöntemlerde Yeni Geli_meler
6. E&EM Yöntemler ile Maden, Kömür, Jeotermal, Petrol aramalar1
7. E&EM Yöntemlerin yüzeye yak1n uygulamalar1 (Yeralt1suyu, Heyelan, Çevre Kirlenmesi, Katodik Koruma)
8. E&EM yöntemlerin Tar1m Jeofizii, Arkeoloji Jeofizii Uygulamalar1
9. E&EM yöntemlerin Zemin Etüdü, Yap1 Jeofizii Uygulamalar1
10. E&EM yöntemlerin Tünel, Boru Hatt1, Baraj, Nükleer Santral vb. Yap1lar için Uygulamalar

ÖNEMLİ TARİHLER

Katılım Formu Son Gönderme: 1 MART

Bildiri Son Gönderme: 1 NİSAN

Teknik Programın İlanı: 15 NİSAN

Ayrıntılı Bilgi İçin; <http://calistay.sdu.edu.tr/yerelektrik2018/>

ŞAMPİYON JEOFİZİK!

TMMOB Trabzon İl Koordinasyon Kurulu (İKK) tarafından ilki düzenlenen futbol turnuvasını JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI TRABZON ŞUBESİ kazanmıştır.

Birlik ve beraberliğin futbol ile pekiştirildiği bu turnuvayı kazanan üyelerimizi candan kutlar, başarılarının devamını dileriz.

Kadromuz: Hakan Karslı, Serkan Öztürk, Şenol Çolakoğlu, Yusuf Tuncer, Emre Özçelik, Serhat Karaçal, Eşref Nuri Usta, Taner Bekar, İbrahim Cem Çalık, Uğur Erkan, Beytullah Tok, Ergin Kartaloğlu, Hamdi Alkan



ATAG21 Aktif Tektonik Araştırma Grubu 21. Çalıştayı 26-28 Ekim 2017 tarihleri arasında Afyonkarahisar İkbal Thermal Hotel'de düzenlenmiştir.

ATAG21

AKTİF TEKTONİK ARAŞTIRMA GRUBU 21. ÇALIŞTAYI



26-28 Ekim 2017
İkbal Thermal Hotel
Afyon Kocatepe Üniversitesi
<http://atag21.aku.edu.tr/>

Önemli Tarihler:
Bildiri Gönderimi Son Tarihi: 8 Eylül 2017

Çalıştay Konuları:

✓ Tsunami Araştırmaları	✓ Sismoloji
✓ Risk Analizi ve Modelleme	✓ Sismotektonik
✓ Aktif Havza Gelişimi ve Modellemesi	✓ Paleosismoloji
✓ Güncel Gerilme Analizleri ve Modelleme	✓ Arkeosismoloji
✓ Aktif Tektonikte Kullanılan Jeofizik Yöntemler	✓ Tarihsel Sismoloji
✓ Aktif Tektonik ile İlgili Mühendislik Çalışmaları	✓ Tektonik Jeomorfoloji
✓ Aktif Fay/Yüzey Kırığı Haritalama ve Araştırmaları	

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ



AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ





PANEL : 6 ŞUBAT 2017 TUZLA DEPREMLERİ VE ÇANAKKALE DE DEPREM

KONUŞMACILAR

PROF. DR. ERDİNÇ YİĞİTBAŞ

DOÇ. DR. BÜLENT KAYPAK

ÇANAKKALE 18 MART ÜNİVERSİTESİ
ÖĞRETİM ÜYESİ

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
ÖĞRETİM ÜYESİ

TARİH: 03.03.2017 CUMA

SAAT : 17:30

YER: PROF. DR. TÜRKAN SAYLAN SOSYAL TESİSLERİ

ARAZİ GEZİSİ:

04.03.2017 CUMARTESİ GÜNÜ

AYYACIK GÜLPINAR-TUZLA CIVARI DEPREM AFET BÖLGELERİ ZİYARETİ YAPILACAKTIR.

İRTİBAT İÇİN: 0 544 979 87 33 VE 0 533 417 88 00

DÜZENLEYENLER

ÇANAKKALE JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ
ODASI İL TEMSİLCİLİĞİ

ÇANAKKALE JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ
ODASI İL TEMSİLCİLİĞİ

03-04 Mart 2017 tarihleri arasında Çanakkale Jeofizik ve Jeoloji Mühendisleri oda il temsilcilikleri tarafından "6 Şubat 2017 Tuzla Depremleri ve Çanakkale de Deprem" konulu panel düzenlemiştir.

Konuşamacı olarak Doç. Dr. Bülent Kaypak ve Prof Dr. Erdinç Yiğitbaş katılmışlardır. Panelin ikinci günü Ayyacık-Gülpınar-Tuzla civarı deprem afet bölgelerine ziyaretler yapılmıştır.

T.C. EFELER BELEDİYESİ

PANEL
DEPREM, ZEMİN PROBLEMLERİ
ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ
3 Nisan 2017 Pazartesi / 13:30

KONUŞMACILAR
Prof. Dr. Bahadır Sadık BAKIR, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Doç. Dr. Nihat Sinan İŞİK, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP, İstanbul Üniversitesi
Doç. Dr. Selman SAĞLAM, Adnan Menderes Üniversitesi

YER: Aydın Serbest Muhasebeci Mali Müşavirler Odası Konferans Salonu
Girne Mahallesi, Şair Ömer Bulvarı, No:9 Efeler / AYDIN

444 80 09 | www.efeler.bel.tr | facebook.com/EfelerBelediyesi | twitter.com/EfelerBelediyesi | Yedi Eylül Mah. İzmir Bul. No:5 Efeler / AYDIN

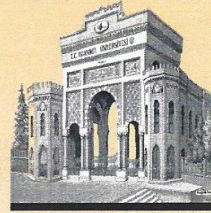
TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliğinin öncülüğünde; T.C. Efeler (Aydın) Belediyesi organizasyonunda, Jeofizik Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği, Jeoloji Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği ve İnşaat Mühendisleri Odası Aydın Şube Başkanlığı'nın katılımı ile "Deprem, Zemin Problemleri, Zemin İyileştirme Yöntemleri" konulu panel 03 Nisan 2017 tarihin de yapılmıştır



90. YIL SEMPOZYUMU



90 Yılın Ardından İstanbul Üniversitesi'nde Jeofizik'in Serüveni



Jeofizik *90. yıl*

10-12 Mayıs 2017

İstanbul Üniversitesi
KONGRE ve KÜLTÜR MERKEZİ
Beyazıt, İstanbul/Türkiye



Bildiri Özeti Son Gönderim Tarihi

28 Şubat 2017

E posta: jfm90yil@istanbul.edu.tr
Web Sayfası: <http://jfm90yil.istanbul.edu.tr>

Odamız adına panele İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Görevlisi Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP konuşmacı olarak katılmıştır.

10-12 Mayıs 2017 tarihleri arasında İstanbul Üniversitesi Kongre ve Kültür Merkezi Beyazıt/İstanbul'da "90 YILIN ARDINDAN İSTANBUL ÜNİVERSİTESİNDE JEOFİZİĞİN SERÜVENİ" Sempozyumu düzenlenmiştir.



KAYBETTİKLERİMİZ



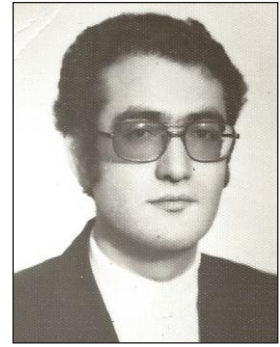
AYDOK ÇALIM
(14.11.2016)

Odamız Üyesi Aydok ÇALIM, 14.11.2016 tarihinde vefat etmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



Mustafa Güzel
(03.07.2016)

Odamız Emekli Üyesi Mustafa GÜZEL, 03.07.2016 tarihinde vefat etmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



ÇETİN TOK
(06.12.2016)

Odamız Üyesi Çetin TOK, 06.12.2016 tarihinde vefat etmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



Turan Özkurt (07.07.2016)

Odamız Üyesi Turan ÖZKURT, 07.07.2016 tarihinde Zonguldak'ta geçirdiği trafik kazasında vefat etmiştir. Cenazesi Kocaeli Derince'de defnedilmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



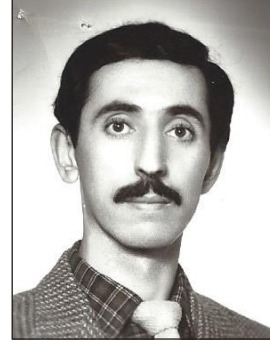
Cuma Erdönmez (22.01.2017)

Odamız Üyesi Cuma ERDÖNMEZ, 22.01.2017 tarihinde vefat etmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



Oktay ERGÜNAY (30.03.2017)

Odamız Üyesi Oktay ERGÜNAY, 30.03.2017 tarihinde vefat etmiştir. Özverili çalışmalarıyla mesleğimiz için önemli hizmetler yapmış Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



Cengiz KAPTAN (08.04.2017)

Odamız Üyesi Cengiz KAPTAN, 08.04.2017 tarihinde vefat etmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



Mehmet Yücel ÖNAL 22.11.2017

Odamız üyesi Mehmet Yücel ÖNAL 22.11.2017 tarihinde vefat etmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.



Yunus Emre KARAN 26.11.2017

Odamız Üyesi Yunus Emre KARAN 26.11.2017 tarihinde geçirdiği elim trafik kazasında hayatını kaybetmiştir. Merhuma Allah'tan rahmet kederli ailesine ve yakınlarına başsağlığı ve sabırlar diliyoruz.

ATAMALAR

Feni Görevinde Başarılar Diliyoruz

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI XV. DÖNEM YÖNETİM KURULU

Bariş BOZKAYA

TPAO Genel Müd. Yrd.

Ramazan BULUT

Elazığ Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü Müdür V.

Esra Ezgi BAKSI

ÇŞB Mekansal Planlama Genel Müd.

Yer Bilimsel Etüt Daire Başk. Risk Belirleme ve Sakınım Planlama Şube Müdürü

Derya POLAT

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı

Planlama ve Zarar Azaltma Dairesi Başkanı

Ulubey ÇEKEN

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanı

EMEKLİ OLANLAR

Emekleri için Teşekkür Ederiz

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI XV. DÖNEM YÖNETİM KURULU

Şevket DEMİRBAŞ

16.02.2017

Eşref PASLI

16.03.2017

Süleyman YETİM

16.08.2016

Gülseren SALCI

01.01.2017

Veysel PIŞKİN

15.10.2017

Vasfi PEKTAŞ

16.12.2016

Adem GENCER

14.07.2017

Sadi ÇİDEM

15.05.2016

Galip Berkan ECEVİTOĞLU

16.05.2017

Ferudun ULUGANER

17.08.2017

Cafer CIKCIK

15.03.2017

Nurettin Erdal GENÇKAN

18.07.2016

Sait YÜKSEL

18.01.2016

**MÜHENDİSLİK UYGULAMALARINDA SIĞIŞ SİS-
MİK YANSIMA YÖNTEMİ: VERİ TOPLAMA –VERİ
İŞLEM VE YORUMLAMA” KURSU 23 ARALIK
2017 TRABZON’DA GERÇEKLEŞTİRİLDİ.**

**MADEN ARAŞTIRMALARINDA UYGULANAN JE-
OFİZİK ELEKTRİK YÖNTEMLER” KURSU 22 ARA-
LIK 2017 TRABZON’DA GERÇEKLEŞTİRİLDİ.**

**BİNA İÇİ VE ZEMİNLERDE MİKROTREMOR ÖL-
ÇÜM YÖNTEMİNİN UYGULAMALARI VE DEĞER-
LENDİRMESİ” KURSU 23 ARALIK 2017 TRAB-
ZON GERÇEKLEŞTİRİLDİ.**

**2017 YILI DANIŞMA KURULU TOPLANTISI ANKA-
RA’DA GERÇEKLEŞTİRİLDİ**

Danışma Kurulu Toplantısı’na; TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu üyeleri (asil, yedek), Oda Onur Kurulu Üyeleri (asil, yedek), Oda Denetim Kurulu Üyeleri (asil, yedek), TMMOB Yönetim Kurulu Üyeleri, önceki dönem JFMO Başkanları, JFMO Şube Başkanları, SBTk Başkanları ve SBTk üyeleri katılmışlardır.

**SIVILAŞTIRILMIŞ PETROL GAZLARI (LPG) SO-
RURLU MÜDÜR YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİK-
LİK YAPILDI**

Sıvılaştırılmış Petrol Gazları (LPG) Piyasası Eğitim ve Sorumlu Müdür Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik 21 Aralık 2017 tarih ve 30277 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girdi.

**SMMH – BT YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YA-
PILDI**

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Serbest Müşavirlik Mühendislik Hizmetleri Büro Tescil ve Mesleki Denetim Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik 11 Aralık 2017 tarih ve 30267 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girdi.

TMMOB EĞİTİM SEMPOZYUMU

TMMOB Mühendislik Mimarlık ve Şehir Plancılığı Eğitimi Sempozyumu 22-23 Aralık 2017 tarihlerinde Ankara’da İnşaat Mühendisleri Odası Teoman Öztürk Salonu’nda düzenlenmiştir.

**JEOTEKNİK SÜREKLİ BİLİMSEL TEKNİK KURULU
TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ**

02.12.2017 tarihinde TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Merkezi’nde Jeoteknik SBTk Toplantısı gerçekleştirildi.

**9. BALKAN JEOFİZİK KONGRE VE SERGİSİ 05-
09 KASIM 2017 ANTALYA**

9. Balkan Jeofizik Kongre ve Sergisi 05-09 Kasım 2017 tarihleri arasında Xanadu Hotel Belek/Antalya’da gerçekleştirilmiştir.

**MADEN YÖNETMELİĞİ” HAKKINDA YÜRÜTMEYİ
DURDURMA DAVASI AÇILMIŞTIR.**

21.09. 2017 tarih ve 30187 sayılı Resmi Gazete’de, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’ndan “Maden Yönetmeliği” yayımlanmıştır.

**ATAG21 (AKTİF TEKTONİK ARAŞTIRMA GRU-
BU) ÇALIŞTAYI AFYONKARAHİSAR’DA GER-
ÇEKLEŞTİRİLDİ.**

Çalışmaya konu ile ilgili meslektaşlarımız ve Odamızı temsilen Yönetim Kurulu Başkanı Şevket DEMİRBAŞ katıldı.

**“YERALTI MADEN UZMANI” UNVANI İLE İSTİH-
DAM EDİLECEKLER ARASINDA JEOFİZİK MÜ-
HENDİSLERİNE YER VERMEYEN 07.05.2015 TA-
RİH VE 2015/7698 SAYILI BAKANLAR KURULU
KARARI İÇİN YÜRÜTMENİN DURDURULMASI
KARARI ALINDI.**

**JEOTEKNİK SBTk TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİ-
RİLDİ**

21.10.2017 tarihinde TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Merkezi’nde Jeoteknik SBTk Toplantısı gerçekleştirildi.

**TMMOB TRABZON İKK FUTBOL TURNUVASINDA
JEOFİZİK TAKIMI ŞAMPİYON OLMUŞTUR**

PLANLI ALANLAR İMAR YÖNETMELİĞİ'NDE DEĞİŞİKLİK; TAŞIMA GÜCÜ

03 Temmuz 2017 tarih ve 30113 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Yönetmelikte yapılan değişiklikle Jeofizik Mühendislerinden alınan "Taşıma Gücü" hesaplanması (Madde 57 (6) a) 1)), T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan, 30 Eylül 2017 tarih ve 30196 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik ile (Madde 11) Jeofizik Mühendislerine verilmiştir.

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMA ALANLARINDAN JEORADAR YÖNTEMİ İLE TAPINAK BULUNDU

JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ JEORADAR YÖNTEMLİ uygulanarak; Antalya'nın Demre ilçesinde Aziz Nikolas (Noel Baba) kilisesinin zemininde hiç bozulmamış bir tapınak tespit edilmiştir.

TMMOB YÖNETİM KURULU-ODA BAŞKANLARI TOPLANTISI

TMMOB Yönetim Kurulu ile Oda Başkanları Toplantısı, "Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın talebi ile açılan davada Ankara 24. Asliye Hukuk Mahkemesi'nin 25 Eylül 2017 tarihinde açıkladığı kararlar Kimya Mühendisleri Odası Yönetim Kurulunun görevine son verilmesi ve oda seçimlerinin oda ana yönetmeliğine göre yenilenmesi" gündemiyle 25 Eylül 2017 tarihinde TMMOB'de gerçekleştirildi.

JEOTEKNİK SBTK TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ

23.09.2017 tarihinde TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Merkezi'nde Jeoteknik SBTK Toplantısı gerçekleştirildi.

ADALET BAKALIĞINDAN: BİLİRKİŞİLİK YÖNETMELİĞİ YAYIMLANDI.

Bilirkişilik Yönetmeliği 3 Ağustos 2017 tarih ve 30143 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanmıştır.

TMMOB YÖNETİM KURULU-ODA BAŞKANLARI TOPLANTISI YAPILDI

TMMOB Yönetim Kurulu ile Oda Başkanları Toplantısı, 1 Ağustos 2017 tarihinde TMMOB toplantı salonunda gerçekleştirildi.

İTÜ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Odamız tarafından dereceye giren öğrencilere hazırlanan hediyeler, Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından verilmiştir.

JEOTEKNİK SBTK TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ

22.07.2017 tarihinde TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Merkezi'nde Jeoteknik SBTK Toplantısı gerçekleştirildi.

PROF. DR. RAHMİ PINAR KENTLEŞME VEYAPI İNCELEMELERİ ÇALIŞTAYI KİTABI BASILDI

CHP GENEL BAŞKAN YARDIMCISI ÇETİN OSMAN BUDAK İLE MHP GURUP BAŞKAN VEKİLİ ERKAN AKÇAY ZİYARET EDİLDİ

İŞ MAHKEMELERİ KANUN TASARISINA İLİŞKİN GÖRÜŞMELERDE BULUNMAK ÜZERE CHP GENEL BAŞKAN YARDIMCISI ÇETİN OSMAN BUDAK İLE MHP GURUP BAŞKAN VEKİLİ ERKAN AKÇAY ZİYARET EDİLDİ

DEÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Mezuniyet Törenine Jeofizik Mühendisleri Odası İzmir Şube Yönetim Kurulu Başkanı Sinancan ÖZLİÇER ve Şube Yönetim Kurulu Üyesi Doğucan ÖZ-YALÇIN katılmıştır. Dereceye giren öğrencilere hediyeleri Şube Başkanı Sinancan ÖZLİÇER tarafından verilmiştir.

İÜ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Odamız tarafından dereceye giren öğrencilere hazırlanan hediyeler, Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından verilmiştir.

SÜ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Odamız tarafından dereceye giren öğrencilere hazırlanan hediyeler, Jeofizik Mühendisleri Odası Sakarya Şube Yönetim Kurulu Üyesi Gökhan TOSUN ve Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından verilmiştir.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Mezuniyet Törenine Jeofizik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkanı Şevket DEMİRBAŞ katılmıştır. Dereceye giren öğrencilere hediyeleri Bölüm Başkanı Prof. Dr. M. Emin Candansayar ve Yönetim Kurulu Başkanı Şevket DEMİRBAŞ tarafından verilmiştir.

ÇOMÜ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Odamız tarafından dereceye giren öğrencilere hazırlanan hediyeler, Jeofizik Mühendisleri Odası Çanak-kale İl Temsilcisi Tuğrul ÖZAL ve Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından verilmiştir.

KTÜ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

KTÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü 2016 - 2017 yılı mezuniyet töreni 16.06.2017 tarihinde gerçekleştirildi. Törene Odamız adına JFMO Trabzon Şube 2. Başkanı Prof. Dr. Hakan KARSLI ve Yönetim Kurulu üyesi Prof. Dr. Nilgün Lütfiye SAYIL katıldı. Törende, konuşmaların ardından, Şube Yönetim Kurulu üyeleri dereceye giren mezunlara Odamız adına hediyelerini takdim ettiler.

SDÜ JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Odamız tarafından dereceye giren öğrencilere hazırlanan hediyeler, Jeofizik Mühendisleri Odası İl Temsilcisi Hızır Yılmaz ve Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri tarafından verilmiştir.

AYDIN-DİDİM BELEDİYESİNDE JEOFİZİK MÜHENDİSİ İMZASI

JFMO Aydın İl Temsilcisi Necdet Evlimoğlu'nun; yoğun çalışmaları neticesinde; T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü'nün, "statik projeye esas zemin ve temel etüt raporlarının Jeoloji, Jeofizik ve İnşaat Mühendislerinin her biri tarafından imzalanması, bu şekilde hazırlanmayan raporların kabul edilmemesi ve ruhsat düzenlenmemesi" konulu yazısına istinaden, T.C. Aydın Valiliği İl Mahalli İdareler Müdürlüğü yazısı gereği, Didim Belediyesi sınırları içinde, Kategori-1 kapsamında yer alan yapılar dahil olmak üzere tüm yapılar için hazırlanan zemin etüt raporlarında 13.03.2017 tarihinden itibaren Jeofizik Mühendislerinin imzası aranacaktır.

TMMOB 44. DÖNEM III. DANIŞMA KURULU TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ

TMMOB 44. Dönem III. Danışma Kurulu toplantısı, 27 Mayıs 2017 tarihinde İnşaat Mühendisleri Odası Teoman Öztürk toplantı salonunda gerçekleştirildi.

JEOTEKNİK SBTK TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ

27.05.2017 tarihinde TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Merkezi'nde Jeoteknik SBTK Toplantısı gerçekleştirildi.

AFETE HAZIRLIKTA ENGELLİLERİ UNUTMA – 2! SEMPOZYUMU YAPILDI 11 MAYIS 2017 İSTANBUL

AFETE HAZIRLIKTA ENGELLİLERİ UNUTMA-2 Sempozyumu 11 Mayıs 2017 tarihinde Kadıköy Evlendirme Dairesi salonunda gerçekleştirildi.

MANİSA – ŞEHZADELER DEPREMİ SİSMOLOJİK ÖN DEĞERLENDİRME RAPORU YAYINLANDI

T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Başkanlığı Tarafından Hazırlanan Manisa – Şehzadeler Depremi Sismolojik Ön Değerlendirme Raporu

AYDIN'DA " DEPREM, ZEMİN PROBLEMLERİ, ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ " KONULU PANEL YAPILDI

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliğinin öncülüğünde; T.C. Efeler (Aydın) Belediyesi organizasyonunda, Jeofizik Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği, Jeoloji Mühendisleri Odası Aydın İl Temsilciliği ve İnşaat Mühendisleri Odası Aydın Şube Başkanlığı'nın katılımı ile "Deprem, Zemin Problemleri, Zemin İyileştirme Yöntemleri" konulu panel 03 Nisan 2017 tarihin de gerçekleştirildi.

TMMOB 2. BİLİRKİŞİLİK ÇALIŞTAYI DÜZENLENDİ

İlki 19 Aralık 2015 tarihinde gerçekleştirilen TMMOB Bilirkişilik Çalıştayı'nın ikincisi, 25 Mart 2017 Cumartesi günü "6754 Sayılı Yasanın Gölgesinde" başlığıyla İnşaat Mühendisleri Odası Teoman Öztürk Salonu'nda düzenlendi.

KENTSEL DÖNÜŞÜM VE YAPI JEOFİZİĞİ KONULU SÖYLEŞİ-TARTIŞMA 01 NİSAN 2017 ANKARA'DA YAPILDI

Kentsel dönüşüm ve yapı jeofiziği konulu söyleşi-tartışma 01 nisan 2017 tarihinde Ankara'da oda merkezinde yapıldı.

İSTANBUL'DA «DEPREM VE KENTSEL DÖNÜŞÜM» KONULU PANEL YAPILDI

Odamız İstanbul Şube Başkanlığı ve Büyükçekmece Belediyesi tarafından "Deprem Ve Kentsel Dönüşüm" konulu panel yapıldı.

NETCAD JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI EĞİTİM KURSU, 24-26 MART 2017 ANKARA'DA YAPILDI

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası ile Netcad-kampüs işbirliğinde "Netcad Jeofizik Mühendisliği Uygulamaları" sertifikalı eğitim kursu 3 gün olmak üzere 24-26 Mart 2017 tarihleri arasında gerçekleştirildi.

"SİSMİK YANSIMA VERİ ANALİZİ"KURSU 18 ŞUBAT 2017 İSTANBUL'DA YAPILDI

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 18 Şubat 2017 tarihinde İstanbul'da Sn. Yrd. Doç. Dr. Hakan ALP tarafından "Sismik Yansımaya Veri Analizi" kursu gerçekleştirildi.

"İVME - ZEMİN BÜYÜTMESİ - REZONANS İLİŞKİSİ" KURSU 25 MART 2017 İSTANBUL'DA YAPILDI

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 25 Mart 2017 tarihinde İstanbul'da Prof. Dr. Eşref YALÇINKAYA (İÜ Jeofizik Mühendisliği Bölümü) tarafından "İVME - ZEMİN BÜYÜTMESİ - REZONANS İLİŞKİSİ" kursu gerçekleştirildi.

PEYZAJ AMAÇLI JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI KONULU SÖYLEŞİ-TARTIŞMA 14 MART 2017 ANTAKYA'DA YAPILDI

Peyzaj Amaçlı Jeofizik Mühendisliği Uygulamaları Konulu Söyleşi-Tartışma 14 Mart 2017 Tarihinde Antakya'Da Yapıldı.

"YER RADARI YÖNTEMİ VE UYGULAMALARI" KURSU 18-19 MART 2017 ELAZIĞ'DA YAPILDI

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 18-19 Mart 2017 tarihlerinde Elazığ'da Sn. Doç. Dr. Çağlayan BALKAYA tarafından "Yer Radarı Yöntemi ve Uygulamaları" kursu gerçekleştirildi. Kurs sonucu katılımcılara belge verildi.

6 ŞUBAT 2017 TUZLA DEPREMLERİ VE ÇANAKKALE'DE DEPREM KONULU PANEL GERÇEKLEŞTİRİLDİ

6 Şubat 2017 Tuzla Depremleri Ve Çanakkale'De Deprem Konulu Panel Gerçekleştirildi.

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE İLİŞKİN İŞYERİ TEHLİKE SINIFLARI TEBLİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR TEBLİĞ

27 Şubat 2017 tarih ve 29992 sayılı Resmi Gazete'de İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ yayımlandı.

"ZEMİN SIVILAŞMA ANALİZİ VE UYGULAMALARI" KURSU 25-26 ŞUBAT 2017 SİVAS'TA YAPILDI

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 25-26 Şubat 2017 tarihlerinde Sivas'ta Sn. Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP tarafından "Zemin Sıvılaşma Analizi ve Uygulamaları" kursu gerçekleştirildi. Kurs sonucu katılımcılara belge verildi.

"ZEMİN HAKİM PERİYODU VE BİNA YÜKSEKLİĞİ REZONANS İLİŞKİSİ" KURSU 26 ŞUBAT 2017 ANKARA'DA YAPILDI

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 26 Şubat 2017 tarihinde Ankara'da Sn. Prof. Dr. D. Ali KEÇELİ tarafından "Zemin Hakim Periyodu Ve Bina Yüksekliği Rezonans İlişkisi" kursu gerçekleştirildi. Kurs sonucu katılımcılara belge verildi.

GÜLPINAR-AYVACIK(ÇANAKKALE) BÖLGESİNDEKİ GÜNCEL DEPREM HAREKETLERİ

Son günlerde Gülpınar-Ayvacık(Çanakkale) bölgesinde meydana gelen depremler ile ilgili Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Bülent KAYPAK tarafından bilgi notu hazırlanmıştır.

JEOTEKNİK SBTK TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ

25.02.2017 tarihinde TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Merkezi'nde Jeoteknik SBTK Toplantısı gerçekleştirildi.

GÜZERGAH ETÜTLERİNDE JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI KONULU SÖYLEŞİ-TARTIŞMA 18 ŞUBAT 2017 ANKARADA YAPILDI

18 Şubat 2017 tarihinde, Jeofizik Yüksek Mühendisi Erhan İÇÖZ tarafından "GÜZERGAH ETÜTLERİNDE JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI" konulu söyleşi-tartışma Üyelerimizin katılımlarıyla gerçekleştirilmiştir.

TMMOB 44. DÖNEM II. DANIŞMA KURULU TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ

JEOFİZİK ELEKTRİK YÖNTEMLERİNDE 2 BOYUTLU TOMOGRAFİ VE ARAZİ UYGULAMALARI KONULU SÖYLEŞİ-TARTIŞMA 14 OCAK 2017 ANKARA DA YAPILDI

Jeofizik Elektrik Yöntemlerinde 2 Boyutlu Tomografi Ve Arazi Uygulamaları Konulu Söyleşi-Tartışma 14 Ocak 2017 Tarihinde Ankara Da Oda Merkezinde Yapıldı

KIRKLARELİ'DE "DEPREM VE KENTSEL DÖNÜŞÜM" KONULU PANEL GERÇEKLEŞTİRİLDİ

Odamız Kırklareli İl Temsilciliği, İstanbul Şube Başkanlığı ve Türk Mühendis Mimar Odaları Birliği İl Koordinasyon Kurulu Organizasyonunda, Kırklareli Belediyesi, Kırklareli Kent Konseyi ve Kırklareli Ticaret ve Sanayi Odasının Destekleri ile "Deprem Ve Kentsel Dönüşüm" konulu panel 24 Aralık 2016 tarihinde düzenlendi.

2016 YILI DANIŞMA KURULU TOPLANTISI ANKARA'DA GERÇEKLEŞTİRİLDİ

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası 2016 yılı Danışma Kurulu Toplantısı 24.12.2016 tarihinde JFMO Eğitim ve Toplantı Salonunda gerçekleştirildi.

İŞ GÜVENLİĞİ VE JEOFİZİK « KONULU KURS 17 ARALIK 2016 TARİHİNDE SAKARYA` DA GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

17 Aralık 2016 tarihinde Sakarya`da Jeofizik Mühendisi /İş Güvenliği Uzmanı Sn. Oktay ÇOBAN tarafından "İş Güvenliği ve Jeofizik" konulu kurs verilmiştir

YER ALTI SUYU ARAMALARINDA JEOFİZİK ETÜT PLANLAMASI KONULU SÖYLEŞİ-TARTIŞMA 17 ARALIK 2016 ANKARA DA YAPILDI.

17 Aralık 2016 tarihinde, Karayolları Genel Müdürlüğü'nde Jeofizik Mühendisi olarak çalışan Feyzullah GÖKÇE tarafından söyleşi-tartışma Üyelerimizin katılımlarıyla gerçekleştirilmiştir.

ESKİŞEHİR-TEPEBAŞI BELEDİYESİNDE JEOFİZİK MÜHENDİSİ İMZASI ARANACAKTIR.

JFMO Eskişehir Şube Yönetim Kurulu'nun, yoğun çalışmaları neticesinde; T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mesleki Hizmetler Genel Müdürlüğü'nün, "statik projeye esas zemin ve temel etüt raporlarının Jeoloji, Jeofizik ve İnşaat Mühendislerinin her biri tarafına imzalanması ve bu şekilde hazırlanmayan raporların kabul edilmemesi" yazısı kapsamında, 01.12.2016 tarihinden itibaren Tepebaşı Belediyesi sınırları içinde yapılacak tüm zemin etüt raporlarında jeofizik çalışma ve Jeofizik Mühendisi imzası aranacaktır.

JEOTERMAL ENERJİ ARAMALARINDA JEOFİZİK ETÜT PLANLAMASI KONULU SÖYLEŞİ-TARTIŞMA 03 ARALIK 2016 ANKARA DA YAPILDI.

03 Aralık 2016 tarihinde saat 15:30'da İller Bankası A.Ş.'de Teknik Uzman olarak çalışan Jeofizik Mühendisi Fikri ÖZTÜRK tarafından söyleşi-tartışma Üyelerimizin katılımlarıyla gerçekleştirilmiştir.

ULUSLARARASI FİRMALARDA JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ'NİN YERİ, İŞ BULMA OLANAKLARI VE TECRÜBELER SEMİNER-TARTIŞMA 26 KASIM 2016 ANKARA DA YAPILDI.

26 Kasım 2016 tarihinde saat 13:00'de Jeofizik Mühendisi Şebnem ÇALIŞKAN tarafından seminer-tartışma Üyelerimizin katılımlarıyla gerçekleştirilmiştir.

TARIM ALANLARINDA JEOFİZİK UYGULAMALAR KOMİSYONU TOPLANTISI 12.11.2016 TARİHİNDE GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

Toplantıya; JFMO Yönetim Kurulu İl. Başkanı Zafer SAL, Yönetim Kurulu Üyesi Şenay GÜNEŞ ve Tarım Alanlarında Jeofizik Uygulamalar Komisyonu üyeleri katıldı.

DİRİ FAYLARIN SAPTANMASI PANELİ DÜZENLENECEKTİR (İZMİR 16 KASIM 2016).

“90 YILIN ARDINDAN İSTANBUL ÜNİVERSİTESİNDE JEOFİZİĞİN SERÜVENİ “ SEMPOZYUMU 10-12 MAYIS 2017 TARİHLERİNDE DÜZENLENECEKTİR.

İstanbul Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü olarak, ilk eğitimimizin başladığı 1926 ve ilk mezun verdiğimiz 1955’den bugüne geçen 90 yıllık süreci kutlamak için 10-12 Mayıs 2017 tarihleri arasında «90 YILIN ARDINDAN İSTANBUL ÜNİVERSİTESİNDE JEOFİZİĞİN SERÜVENİ” adıyla bir sempozyum düzenlemeye karar verilmiştir.

YURT DIŞINA LİSANSÜSTÜ ÖĞRENİM GÖRMEK ÜZERE GÖNDERİLECEK ÖĞRENCİLERİ SEÇME VE YERLEŞTİRME BAŞVURU VE TERCİH KILAVUZU YAYINLANDI(14.11.2016).

Yurt dışına yüksek lisans öğrenimi görmek üzere, DSİ Genel Müdürlüğü tarafından 2 Jeofizik Mühendisi, MTA Genel Müdürlüğü tarafından 22 Jeofizik Mühendisi gönderilecektir.

TARIM ALANLARINDA JEOFİZİK UYGULAMALAR VE DSİ KOMİSYONLARI ORTAK TOPLANTISI 22.10.2016 TARİHİNDE GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

Toplantıya; JFMO Yönetim Kurulu II. Başkanı Zafer SAL, Yönetim Kurulu Üyesi Şenay GÜNEŞ ve Tarım Alanlarında Jeofizik Uygulamalar ve DSİ Komisyonu üyeleri katıldı.

JEOTEKNİK SBTK TOPLANTISI 22.10.2016 TARİHİNDE GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

Toplantıya; JFMO Yönetim Kurulu Yazman Üyesi; Serdar KART, Komisyon Başkanı Sn.Mustafa CEVHER ve Komisyon Üyeleri katıldı.

TARIM ALANLARINDA JEOFİZİK UYGULAMALAR KOMİSYON TOPLANTISI 08.10.2016 TARİHİNDE GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

Toplantıya; JFMO Yönetim Kurulu II. Başkanı Zafer SAL, Yönetim Kurulu Üyesi Şenay GÜNEŞ ve Tarım Alanlarında Jeofizik Uygulamalar Komisyonu üyeleri katıldı.

SU YAPILARININ PROJELENDİRİLMESİNDE DEPREM RİSK ANALİZİ SEMİNER-TARTIŞMA 03 EYLÜL 2016 ANKARA YAPILDI.

03 Eylül 2016 tarihinde saat 14.30’da Güler Akman DARDAĞAN tarafından “ SU YAPILARININ PROJELENDİRİLMESİNDE DEPREM RİSK ANALİZİ” Konulu seminer-tartışma üyelerimizin katılımıyla yapıldı.

ODAMIZ ÜYESİ RAMAZAN BULUT, MAKAMINDA ZİYARET EDİLDİ.

Yönetim Kurulu Üyesi, Yazman Serdar KART ve Odamız üyesi Abuzer SARITAŞ tarafından makamında ziyaret edilerek kutlanmış ve yeni görevinde başarılar dilenmiştir.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

Mezuniyet Törenine Jeofizik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu, Saymanı M. Tankut KILINÇ ve Yönetim Kurulu Üyesi Şenay GÜNEŞ katılmış ve dereceye giren öğrencilere hediyelerini vermişlerdir.

MADEN KOMİSYON TOPLANTISI GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

Toplantıya; JFMO Yönetim Kurulu Başkanı Şevket DEMİRBAŞ, Yönetim Kurulu II. Başkanı Zafer SAL, Maden Komisyonu Üyeleri Çetin KOÇAK, Musa KIRCA, Beyzade KAYGISIZ ve Oda Avukatı Berna ÖZPINAR GÜMRÜKÇÜOĞLU katıldı.

DARBEME VE DARBECİLERE KARŞI DEMOKRASİNİN VE ÖZGÜRLÜKLERİN BEKÇİSİYİZ.

15 Temmuz 2016 tarihinde; Ülkemiz demokrasisi ve egemenliğine karşı, Türk Silahlı Kuvvetleri içerisindeki cuntacı, terör odaklarının gerçekleştirmeye çalıştığı darbe girişimini şiddetle kınıyor ve lanetliyoruz. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, geçmişte olduğu gibi bugün de demokrasi, barış, sivil siyaset ve özgürlüklerin yanındadır.

Ülkemiz sivil siyasetine, özgürlüklerine ve halkına kurşun sıkan çetelerin cepheden karşısında yer alan Odamız; olaylarda yaşamlarını yitiren yurttaşlarımıza rahmet, yaralananlara acil şifalar dilemektedir.

JFMO’DA GELENEKSEL BAYRAMLAŞMA YAPILDI.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu II. Başkanı Zafer SAL, Yönetim Kurulu Sayman Üyesi M. Tankut KILINÇ ‘ın ev sahipliğini yaptığı bayramlaşmaya üyelerimiz katıldı.

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

Mezuniyet Törenine Şube Başkanı Sn. Sinancan ÖZLİÇER ve Şube II. Başkanı Hande YURTSEVEN katılmış ve dereceye giren öğrencilere hediyelerini vermişlerdir.

JFMO & KOSGEB İŞBİRLİĞİNDE; “KOSGEB UYGULAMALI GİRİŞİMCİLİK EĞİTİMİ” YAPILDI.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası ve Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB) işbirliğinde, 25-28 Haziran 2016 tarihleri arasında Uygulamalı Girişimcilik Eğitimi Ankara’da gerçekleştirildi.

T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI

Törene JFMO Sakarya Şube Yönetim Kurulu Üyesi İsmail ÖZTÜRK katılmıştır. Dereceye giren meslektaşlarımıza ödülleri, verilmiştir.

JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ İŞSİZLİĞİ TARTIŞIYOR TOPLANTISI 26 HAZİRAN 2016 ANKARA’DA YAPILDI.

26 Haziran 2016 tarihinde, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Merkez Eğitim Salonunda JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ İŞSİZLİĞİ TARTIŞIYOR TOPLANTISI üyelerimizin katılımıyla yapıldı.

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

Törene TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu Başkanı Şevket DEMİRBAŞ, JFMO Kocaeli Şube Başkanı Mehmet Zeki TIĞ, JFMO Kocaeli Şube II. Başkanı Metin AŞCI katılmıştır. Dereceye giren meslektaşlarımıza ödülleri, verilmiştir.

TARIM ALANLARINDA JEOFİZİK UYGULAMALAR (TARIM JEOFİZİĞİ) KONULU SÖYLEŞİ 25 HAZİRAN 2016 ANKARA YAPILDI.

25 Haziran 2016 tarihinde, Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Başkanlığı Araştırma Görevlisi Cem DEMİREL tarafından “TARIM ALANLARINDA JEOFİZİK UYGULAMALAR (TARIM JEOFİZİĞİ)” konulu söyleşi-tartışma üyelerimizin katılımıyla yapıldı.

T.C. ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

T.C. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü’nün 2015-2016 Eğitim-Öğretim yılı itibarıyla bölüm 1.si Cafer KILIÇ’a, 2.si Berkay KALKAR’a, 3.sü Güçlü KUYUMCU’ya ödülleri ve diğer Mezunlara Mezuniyet Tebrik Belgeleri TMMOB Jeofizik Mühendisler Odası adına Çanakkale İl Temsilcisi Tuğrul ÖZAL tarafından verilmiştir.

T.C. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

Törene İstanbul Şube Başkanı Erdal ŞAHAN, Şube Yönetim Kurulu Üyesi, Erkan ÖZTÜRK ve Şube Yönetim Kurulu Yedek Üyesi Yalın CANTİMUR katıldı. Dereceye giren meslektaşlarımıza ödülleri verildi.

T.C. SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

T.C. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü’nün 2015-2016 Eğitim-Öğretim yılı itibarıyla bölüm 1.si Fahriye Elif AKKAŞ’a, 2.si Güler ŞENSOY’a, 3.sü Ömer ÜNAL’a ödülleri ve diğer Mezunlara Mezuniyet Tebrik Belgeleri verilmiştir.

T.C. KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

Törene Trabzon Şube 2.Başkanı Prof.Dr. Hakan KARSLI, Şube Yönetim Kurulu Üyesi, Yazman Özgenç AKIN ve Şube Yönetim Kurulu Üyesi ve Bölüm Başkanı Prof.Dr. Nilgün SAYIL katıldı. Dereceye giren meslektaşlarımıza ödülleri, Prof. Dr.Hakan KARSLI tarafından verildi.

T.C. CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ MEZUNİYET TÖRENİ YAPILDI.

T.C. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü’nün 2015-2016 Eğitim-Öğretim yılı itibarıyla bölüm 1.si İknur ALTUN’a, 2.si Nurullah AKTAR’a, 3.sü Seyhan KARAKAŞ’a ödülleri ve diğer Mezunlara Mezuniyet Tebrik Belgeleri verilmiştir.

ZEMİN HAKİM PERİYODU VE BİNA YÜKSEKLİĞİ REZONANS İLİŞKİSİ” KURSU 23-24 NİSAN 2016 TARİHLERİNDE KOCAELİN’DE GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 23-24 Nisan 2016 tarihlerinde Sn. Prof. Dr. D. Ali KEÇELİ tarafından “ ZEMİN HAKİM PERİYODU VE BİNA YÜKSEKLİĞİ REZONANS İLİŞKİSİ “ kursu Kocaeli’nde gerçekleştirildi.

“ZEMİN SIVILAŞMASI VE ANALİZ YÖNTEMLERİ” KURSU 07-08 MAYIS 2016 TARİHLERİNDE ESKİŞEHİR’DE GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 07-08 Mayıs 2016 tarihlerinde Sn. Doç. Dr. Ferhat ÖZÇEP tarafından “ ZEMİN SIVILAŞMASI VE ANALİZ YÖNTEMLERİ “ kursu Eskişehir’de gerçekleştirildi.

DAÖ YÖNTEMİNDE ÇOK ELEKTRODLU ÖLÇÜ SİSTEMİ İLE VERİ TOPLAMA, 2B/3B TERS ÇÖZÜM UYGULAMALARI KURSU GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim Ve Belgelendirme Kursları kapsamında, 14-15 Mayıs 2016 tarihlerinde Bornova Belediyesi Nikâh Sarayı Salonlarında Sayın Dr. Meriç Aziz BERGE tarafından “DAÖ Yönteminde Çok Elektrodlu Ölçü Sistemi İle Veri Toplama, 2B/3B Ters Çözüm Uygulamaları” Kursu gerçekleştirildi.

1.ULUSLARARASI ŞEHİR, ÇEVRE VE SAĞLIK KONGRESİ 11-15 MAYIS 2016 TARİHLERİNDE KUZAY KIBRIS TÜRK CUMHURİYETİNDE GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

11-15 Mayıs 2016 tarihlerinde Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti’nde düzenlenen “1.st International Urban Environment Health Congress’inde (1. Uluslararası Şehir, Çevre ve Sağlık Kongresi), Odamız üyesi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Araştırma Görevlisi Jeofizik Yüksek Mühendisi Sevda Gören tarafından “Jeofizik Yöntemlerle Deponil Alanlarında Atık Sızıntı Araştırmaları Kutlular/Trabzon) Sahası Uygulama Örneği” konulu bildiri sunulmuştur.

23 NİSAN ULUSAL EGEMENLİK VE ÇOCUK BAYRAMI KUTLU OLSUN.

23 Nisan 1920 Türk Milleti için önemli bir dönüm noktasıdır. 19 Mayıs 1919’da Mustafa Kemal’in Samsun’a çıkışı ile başlatılan milli mücadele hareketiyle, ulusal egemenliğe dayalı tam bağımsız bir Türkiye’nin temelleri atılmıştır.

İlk defa 1929 yılında bayram olarak kutlanan ve Mustafa Kemal Atatürk tarafından, milletin geleceği ve Cumhuriyetin bekçileri olacak olan çocuklara armağan edilen 23 Nisan; her türlü unutturma girişimlerine karşı sonsuza kadar Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı olarak kutlanmaya devam edecektir.

Akıl ve bilimin önderliğinde, Büyük Önder Gazi Mustafa Kemal Atatürk’ün hedef gösterdiği çağdaş uygarlık düzeyine ulaşmada en büyük güvencemiz, bugünün küçükleri, yarının büyükleri, geleceğin gençleri, milletin geleceği olan çocuklarımızdır.

TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası olarak; terörün son bulması, dünyada ve ülkemizde barışın ve kardeşliğin egemen olması ve birlik, beraberlik, barış içinde bir arada yaşamak umuduyla çocukların ve tüm ulusumuzun 23 Nisan Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramını kutluyoruz.

ODUNPAZARI (ESKİŞEHİR) BELEDİYESİNDE JEOFİZİK MÜHENDİSİ İMZASI

Şube Başkanlığımızın çalışmalarıyla; Eskişehir Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü’nün Eskişehir Büyükşehir Belediye Başkanlığı ile 14 İlçe Belediye Başkanlıklarına yazdığı, «statik projeye esas zemin ve temel etüt raporlarının Jeoloji, Jeofizik ve İnşaat Mühendislerinin her biri tarafından imzalanması ve bu şekilde hazırlanmayan raporların kabul edilmemesi» konulu yazıya istinaden, Odun pazarı Belediyesi sınırları içinde yapılacak statik projeye esas zemin etüt raporlarında Jeofizik Mühendisi imzası aranacaktır.

Meslektaşlarımıza hayırlı olması dileğiyle.

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI XVI. OLAĞAN GENEL KURULU SONUÇ BİLDİRGESİ

Jeofizik mühendisliği ve onun örgütlü gücü olan JFMO, ülkenin ve dünyanın problemlerinden bağımsız davranamaz ve davranmayacaktır.

Odamızın 16. Olağan Genel Kurul toplantısının, ülkemizin bir kaos ortamına sürüklendiği bu günlerde yapıyor olması, çeşitli olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Şüphesiz bu kaotik ortamın birinci derecede sorumlusu, siyasal yönetimlerdir. Talebimiz, ülkemizin içerisinde bulunduğu ve her gün çok sayıda can kaybına neden olan bu kaotik ortamın sonlandırılmasını ve Atatürk’ün “Yurtta sulh, dünyada sulh” ekseninde somutlaştırdığı gösterdiği barışçıl ortamın bir an önce sağlanmasıdır.

Bazen iktidarların demokrasi anlayışı, karşı fikirlere yaşam hakkı tanınmadığı, yalnız kendi doğrularının uygulanabileceği bir ülke yönetimi tarzı olmaktadır. Bu nedenle, son dönemde meslek ve demokratik kitle örgütleri finansal kısıpaca alınarak etkisiz hale getirilmek istenmektedir. Bu bağlamda, mühendis ve mimar odalarını işlevsiz hale getiren yasal düzenlemeler yapılmıştır ve yapılmaya devam edilmektedir.

Jeofizik Mühendisleri Odası da bu olumsuz süreçte mesleki denetimini yapamaz hale gelmiştir.

Son zamanlarda, cinsel taciz, saldırı ve toplumun bazı katmanlarına yönelik şiddetin alabildiğine yükseldiğine tanık olmaktadır. Bu saldırılar toplumumuzun sosyal dengelerini alt üst etmekte ve toplumu muzu ayrıştırmaktadır. Örneğin kadınlarımızın sosyal yaşamdan uzaklaştırılma girişimi ve planlı uygulamaları, büyük bir kaygıyla karşılanmaktadır. Meslek topluluğumuz ve örgütümüz her zeminde, bunun karşısında olacaktır.

Sonuç olarak, yerküreyi, çevreyi, insanı; bilim ve teknolojiyi inceleyen Jeofizik Mühendisleri, depremlerden heyelanlara, en küçük yerleşim birimlerinden büyük şehirlere, tüm enerji bileşenleri, çözümlerini, önerilerini sunmuş, sunuyor ve gelecekte de sunacaktır.

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI XVI. DÖNEM YÖNETİM KURULU GÖREVİ TESLİM ALDI.

26-27 Mart 2016 tarihleri arasında yapılan Jeofizik Mühendisleri Odası Genel Kurulu ve Seçimlerinden sonra görev almaya hak kazanan JFMO Yönetim Kurulu ve Oda organları Çankaya İlçe Seçim Kurulunun gönderdiği mazbatalarını 02 Nisan 2016 Cumartesi günü aldılar.

Divan Başkanı Sayın Osman DEMİRBAĞ görev alan tüm üyeleri kutlayarak mazbataları ve Genel Kurul Divan dosyasını Sayın Şevket DEMİRBAŞ'a teslim etmiştir.

TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI XVI. OLAĞAN GENEL KURULU GERÇEKLEŞTİRİLDİ.

MMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Olağan Genel Kurul Toplantısı 26 Mart 2016 Cumartesi günü MTA Salonunun da gerçekleştirildi. Yoğun delege katılımının olduğu Genel Kurulda Odamızın XV. Dönem Yönetim Kurulu Çalışmaları değerlendirildi. Genel Kurul üyeleri tarafından Odamızın geleceği hakkında önemli kararlar alındı.

27 Mart 2016 Pazar günü Oda Genel Merkezinin XVI. Dönem Yönetim Kurulu ve Oda organları seçimi yapıldı.

ANKARADAKİ BOMBALI SALDIRIDA HAYATINI KAYBEDENLERİN ANISINA PATLAMANIN OLDUĞU YEREKARANFİL BIRAKILDI.

7.03.2016 tarihinde Oda seçimleri dolayısıyla Ankara da bulunan Oda delegeleri tarafından, Ankara Kızılay Güvenpark'ta yaşanan katliamda, hayatını kaybeden vatandaşlarımızın anısına karanfil bırakıldı.

ŞEV STABİLİTE ANALİZİ (DEPREMLİ VE DEPREMSİZ DURUM İÇİN TEORİ VE UYGULAMALARLA) KİTABI BASILDI

ÜNİVERSİTELERİMİZDE

Bu Dönem Tamamlanan Yüksek Lisans ve Doktora Tezleri

NEVBAHAR SABBAĞ	2016	Beton kalitesinin jeofizik yöntemlerle belirlenmesi Determination of concrete quality by geophysical methods	Doktora
ŞUHEDA EDREMİT	2016	Akbük (Mandalya) Körfezi'nin güncel tektoniğinin ve jeolojisinin jeofizik yöntemlerle araştırılması Investigation of current tectonic and geology of Akbuk (Mandalya) Gulf with geophysic methods	Doktora
HİLMİ MERT KÜÇÜK	2016	Batı Karadeniz Zonguldak-Amasra açıklarında gaz ve gaz hidratların jeolojik ve jeofizik yöntemlerle araştırılması Geological and geophysical investigations of gas and gas hydrates offshore Zonguldak-Amasra, the Western Black Sea	Doktora
ASEN SABUNCU	2016	Gemlik Körfezi deniz seviyesi değişimlerinin jeofizik yöntemlerle incelenmesi Investigation of sea level changes in Gulf of Gemlik with geophysical methods	Yüksek Lisans
MEHMET SAFA ARSLAN	2016	Tekirdağ bölgesinde çoklu jeofizik parametreler kullanılarak deprem zararlarının azaltılmasının araştırılması Research on the earthquake hazard mitigation in the Tekirdag province by multi geophysical parameters	Yüksek Lisans
SİNANCAN ÖZİÇER	2016	Jeofizik yöntemler ile riskli yapıların belirlenmesi ve İzmir örneği Determining of the buildings at risk by geophysical methods and İzmir sample	Yüksek Lisans
ARİF MERT EKER	2016	Karşılaştırmalı jeofizik ve jeoteknik araştırmalar ile çankırı-orta ilçesindeki yer etkisinin yerinde ve sayısal değerlendirmeler ile belirlenmesi In-situ and numerical assessments to evaluate site effects in orta-çankiri province by comparative geophysical and geotechnical investigations	Doktora

ÜNİVERSİTELERİMİZDE

NURAY ÖNCÜL	2016	Jeofizik ve geoteknik metotlarla çamlıtepe mahallesi (Batman) zemininin mühendislik parametrelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi Assesment and determination of engineering parameters with geophysical and geotechnical methods of çamlıtepe district (Batman) of ground	Yüksek Lisans
HAMZA KARAMAN	2017	Yapay zeka yaklaşımıyla jeofizik kuyu loglarından kömür varlığının belirlenmesi ; Manisa, Soma havzası Determination of coal presence with geophysical well logging by using an artificial intelligence aproximation; Manisa, Soma basin	Yüksek Lisans
ONUR DOĞAN	2017	Keçiborlu Kılıç (Isparta) arkeolojik sit alanındaki gömülü yapıların jeofizik yöntemler ile araştırılması Investigation of buried structures in archaeological site, Keciborlu Kilic (Isparta) using geophysical methods	Yüksek Lisans
MERVE KILIÇ	2017	Yıldız Irmağı havzasının Hamzaşeyh-Mumcuçiftliği (Yıldızeli-Sivas) köyleri arasında kalan bölümünün jeofizik ve jeolojik yöntemlerle incelenmesi Geophysical and geological investigation of Yıldız Stream reservoirs section covering the region in between Hamzaseyh-Mumcuçiftligi (Yıldızeli-Sivas) villages	Yüksek Lisans
BARIŞ ATEŞ	2017	Kartaldere jeotermal sahasının jeofizik (elektrik özdirenç ve sismik) yöntemlerle incelemesi Investigation of the geothermal area of Kartaldere by geophysics (resistivity and seismic) methods	Yüksek Lisans
ÖZGÜN DEMİR	2017	Yıldız ırmağı havzasının Hamzaşeyh-Yıldız beldesi güneyinde kalan bölümünün jeolojik ve jeofizik yöntemlerle incelenmesi Geological and geophysical investigation of yıldız river basin covering the southern section of Hamzaşeyh-Yıldız town	Yüksek Lisans
EMRE ÖZÇELİK	2017	Beton ve betonarme yapıların yapı kalitesinin jeofizik yöntemlerle araştırılması Investigation of structure quality using geophysical methods on concrete and reinforced concrete structures	Yüksek Lisans
ALPER KIYAK	2017	Orta Anadolu Nevşehir ili ve civarının jeotermal enerji potansiyelinin jeofizik yöntemlerle tespiti ve modellenmesi Assesment of geothermal energy potential by geophysical methods: Nevşehir region Central Anatolia	Doktora

Kaynak : <https://tez.yok.gov.tr/>

Üniversitelerimizde Geoteknik Konulu Lisans ve Doktora Tezleri

NURAY ÖNCÜL	2016	Jeofizik ve geoteknik metotlarla çamlitepe mahallesi (Batman) zemininin mühendislik parametrelerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi Assessment and determination of engineering parameters with geophysical and geotechnical methods of çamlitepe district (Batman) of ground	Yüksek Lisans
ARIF MERT EKER	2016	Karşılaştırmalı jeofizik ve jeoteknik araştırmalar ile çankırı-orta ilçesindeki yer etkisinin yerinde ve sayısal değerlendirmeler ile belirlenmesi In-situ and numerical assessments to evaluate site effects in orta-çankiri province by comparative geophysical and geotechnical investigations	Doktora
TALAS FIKRET KURNAZ	2011	Istanbul Esenler zeminlerinin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı geoteknik mikrobölgelemesi Geographic information systems (GIS) based geotechnical microzonation for esenler soils (Istanbul)	Doktora
ELIF ALGÜL	2011	Haydarlı baraj alanının jeoteknik özellikleri The geotechnical properties of Haydarli dam field	Yüksek Lisans
GÜLDANE BOYRAZ	2010	Kent planlama çalışmalarında jeofizik ve geoteknik faktörlerin birlikte kullanımı Integrated use of the geophysical and geotechnical faktors in urban planning	Yüksek Lisans
ZAFER SAL	2010	Makaslama dalga hızı ile konik penetrasyon testi sonucu hesaplanan geoteknik parametreler arasındaki ilişkiler Correlation between shear wave velocity and geotechnical parameters based on cone penetration test and seismic cone penetration test	Yüksek Lisans

MELTEM ŞENER	2010	Yakın kıyı mühendislik yapılarının inşasında jeofizik ve jeoteknik çalışmalar: Bir uygulama örneği Geophysical and geotechnical studies in construction of nearshore engineering structures: A case study	Yüksek Lisans
MEHMET GÜZEL	2009	Mikrobölgeleme çalışmalarında jeolojik, jeofizik, jeoteknik verilerin birlikte kullanımı (Kuzey Adana örneği) Integrated use of geological, geophysical and geotechnical data in microzonation studies (Northern Adana case)	Doktora
MEHMET KOCAMAN	2008	Zemin etütlerinde jeoteknik ve jeofizik yöntemlerin kullanılması ve dikkat edilmesi gereken hususlar Geotechnical and geophysical methods used in soil investigations and matters need to be concerned	Yüksek Lisans
BURCU KORKMAZ	2007	Mikrobölgeleme çalışmalarında jeofizik ve jeoteknik verilerin birlikte kullanımı: Şişli (İstanbul) örneği Integrated use of geophysical and geotechnical data in microzonation studies: Şişli (Istanbul) example	Yüksek Lisans
ÜMİT YEŞİLOĞLU	2007	Mustafa Kemal Üniversitesi İskenderun kampus alanı zemin etüt çalışmalarında kullanılan jeofizik ve jeoteknik yöntemler Geophysical and geotechnical methods used for soil studies at Mustafa Kemal University-İskenderun campus area	Yüksek Lisans
NURCAN ÖZDEMİR	2007	Ihlara kasabasının zemin özelliklerinin jeolojik-jeoteknik-jeofizik yöntemlerle incelenmesi Examination of ground characteristics of Ihlara town (Aksaray) using geological-geotechnical-geophysical methods	Yüksek Lisans
AYLİN DOĞAN	1999	Gömbe HES cebri boru güzergahı jeoteknik sorunların jeofizik yöntemlerle çözümü The Solution of geotechnical problems using geophysical methods along the forced pipe of Gömbe hydroelectric power plant	Yüksek Lisans

Kaynak : <https://tez.yok.gov.tr/>

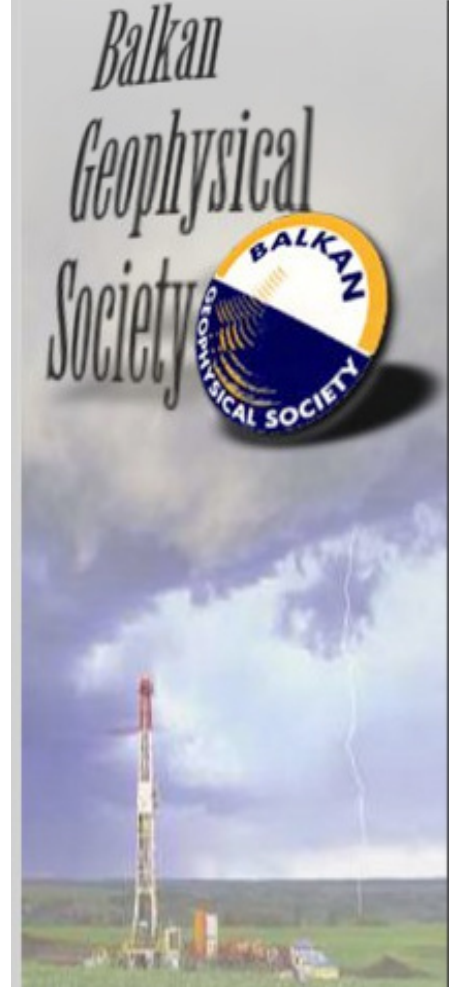
Balkan Jeofizik Birliği

Balkan Jeofizik Birliği (Balkan Geophysical Society-BGS) 1993 yılında Balkan ülkelerindeki jeofizik mühendisleri tarafından kurulmuştur. Birliği kuran, faaliyet ve yönetiminde eşit haklara sahip olan kuruluşlar; 'Arnavutluk Jeofizikçiler Derneği', 'Bulgar Jeofizik Topluluğu', 'Helenik Jeofizik Birliği', 'Macar Jeofizikçiler Derneği', 'Romanya Jeofizik Cemiyeti', 'TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası' ve 'Yugoslavya Jeofizik Topluluğu' olarak sıralanabilir. Birliğin amacı, balkan ülkelerindeki jeofizik mühendisliği çalışmalarını teşvik etmek, üye ülkelerdeki jeofizik mühendislerinin arasındaki işbirliğini sağlamak, araştırma projeleri ve yayınlar yapmak kongreler gerçekleştirmektir.

Birliğin ilk üç yıllık dönemi Yunanistan 'Helenik Jeofizik Birliği' tarafından yönetilmiştir. Birliğin 1997-1999 yılları arasındaki ikinci dönemine ise 'TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası' başkanlık yapmıştır. Daha sonraki yıllarda ise sırası ile diğer balkan ülkeleri de topluluğu yönetmişlerdir.

Balkan Jeofizikçileri Birliğinin günümüzde ki üyeleri Türkiye, Arnavutluk, Bulgaristan, Yunanistan, Macaristan, Romanya ve Sırbistan'dır. Birlik kitap, yazılım, ders ve araştırma notu paylaşımlarının yanı sıra 2012 yılı sonuna kadar 'Journal of the Balkan Geophysical Society' adı ile dergi yayınlamıştır. Ayrıca birlik geleneksel olarak her iki yılda bir 'Balkan Jeofizikçileri Kongresi' düzenlemektedir.

İki yılda bir gerçekleştirilen Balkan Jeofizik Birliği kongrelerinin ilki 1996 yılında Atina'da ikincisi ise 1999 yılında ülkemizde, İstanbul'da yapılmıştır. Bu kongreye 500'den fazla yer bilimci ve yaklaşık 40 sergici firma katılım göstermiştir.



Daha sonra sırası ile Sofya, Bükreş, Belgrad, Budapeşte, Tiran ve Hanya da gerçekleşen kongreler zincirinin dokuzuncusu 2017 yılında yine Türkiye'de yapılacaktır. Kongre meslektaşlarımızın, yurtiçi ve yurtdışından bilim insanlarının, bürokratların, sektörde faaliyet gösteren firma temsilcilerinin ve öğrencilerin katılımıyla 5-9 Kasım 2017 tarihleri arasında Antalya Xanadu Resort Otel, Belek'de gerçekleşecektir.

Balkan Jeofizik Birliği, uluslararası bilimsel toplantılar düzenlemeye, bilimsel bilgi alışverişinde bulunmaya, ortak araştırma ve sosyal programlar koordine etmeye devam etmektedir.

Ayrıntılı bilgi için;

<http://www.balkangeophysoc.gr/>

ŞİFRELİ BULMACA

İlgili kelimeleri, boşluklara yerleştirerek alfabenin her bir harfine karşılık gelen rakamı bulunuz.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z

12 15 21 13 15 20 4 23 20 **B A R A J** 26 24 1 24 12 19 1 21 12 15 15 2 24 7 13 23 20

19 2 24 7 13 23 20 20 24 1 7 13 3 24 1 23 13 24 20 15 7 23 13

17 24 11 26 21 14 5 4 8 24 13 24 26 24 20 24 7 5 9 15 19 21 7 5

19 21 23 7 7 21 4 1 15 14 15 1 18 14 15 8 23 4 20 24 11 24

20 21 3 15 14 11 21 4 3 15 11 15 2 24 4 2 23 13 21 2 21 12 23 1 23 7 20

24 20 23 17 15 1 9 15 1 15 9 15 26 23 26 15 7 2 15 4 8 15

8 15 8 26 24 8 24 4 7 24 19 15 2 15 20 13 1 21 9 7 13 24 13 23 22 1 24 17 23

7 13 24 26 23 2 23 13 15 9 21 2 22 5 9 21 2 5 7 24 18 24 20

9 15 2 23 4 15 26 23 2 8 15 7 15 1 13 2 23 20

kesit
risk
jeoteknik
akifer
sertlik
dere
statigrafi
debi
elektrod
heyelan
litoloji

harita
dolusavak
mansap
delinebilme
rezerv
beslenme
kohezyon
membra
sudeposu
zemin
poisson

kaya
tabaka
elastik
dolgu
plastik
stabilite
karst
fay
baraj
bozunma
proje

KARIŞIK KELİMELER

Harflerinin yeri karıştırılmış kelimeleri doğru dizilimleri ile boşluklara yazınız.

- DSFEMNOOYAR
- NDKEİS
- RAELİĞ
- ZLMOO
- TEEML
- AYANKAA
- RAUKAS
- MÜHEİDNS
- LİVDEEMR
- JASDON
- NEOJOF
- KYNKAA
- RBVOİ
- TİDMİAN
- TEEDIKHKRRLOİ
- JENSONİYKE
- DEPMER
- RİTKEEKL
- KİSSİMİ
- KİLTEEKİLN
- LİETRF
- KLİ

Dünyada son 100 yılda meydana gelen en büyük 20 depremi

12 Kasım 2017

Irak-İran sınırında, merkez üssü Süleymaniye ve Halepçe şehirleri yakınında bir bölgede 7.3 büyüklüğünde bir deprem meydana geldi. İran ve Irak'ta en az 335 kişi yaşamını yitirdi, 4 bine yakın kişi de yaralandı.

7 Eylül 2017

Meksika'daki 8.1 büyüklüğündeki deprem, ülkede son 100 yılda görülen en büyük depremdi, ancak merkez üssü karadan uzaktaydı. Bu deprem sonucu Meksika'nın güneyinde ve Guatemala'da 65 kişi yaşamını yitirdi.

17 Eylül'de meydana gelen deprem daha küçük olmasına karşın daha fazla can aldı. 7.1 büyüklüğündeki deprem başkent Meksiko ve çevresinde 200'den fazla kişinin hayatını kaybetmesine yol açtı.

16 Nisan 2016

Ekvador'un sahili 7.8 büyüklüğünde depremle sarsıldı ve deprem 650'den fazla can aldı. 16 bin kişi yaralandı, 7 bin bina çöktü.

26 Ekim 2015

Merkez üssü Afganistan'ın kuzeydoğusu olan 7.5 büyüklüğündeki deprem sonucu 400 kişi yaşamını yitirdi. Ölenlerin çoğu Pakistan vatandaşıydı. Deprem Hindistan ve Tacikistan'da da hissedildi.

25 Nisan 2015

Nepal'de 1934'ten beri görülen en büyük deprem, 8 bin kişinin ölümüyle sonuçlandı, yüz binlerce kişiyi de evsiz bıraktı. 7.8 büyüklüğündeki deprem nedeniyle, ülkenin bazı kesimlerinde dağlık köylerin yüzde 98'i yıkıldı.

25 Eylül 2013

Pakistan'ın Belucistan eyaletindeki köyleri dümdüz eden 7.7 büyüklüğündeki deprem nedeniyle 300'den fazla kişi öldü.



Telif hakkı: GETTY IMAGES

Image caption Nepal'deki depremde tapınaklar da hasar gördü.

11 Mart 2011

Japonya'da meydana gelen 8.9 büyüklüğündeki deprem, 20 binden fazla kişinin hayatını kaybetmesi ya da kaybolmasıyla sonuçlandı. Sarsıntı ülkede tsunamiye ve 1986'daki Chernobyl felaketinden bu yana görülen en büyük nükleer felakete yol açtı.

27 Şubat 2010

Şili'nin Conception kentinde meydana gelen deprem 700 can aldı. Deprem 8.8 şiddetindeydi.

Telif hakkı: GETTY IMAGES



Image caption Deprem, Fukuşima nükleer reaktöründe atmosfere radyoaktif madde salınmasına yol açtı.

12 Ocak 2010

Haiti'nin başkenti Port-au-Prince'te meydana gelen 7.7 büyüklüğündeki deprem 230 binden fazla can aldı.

30 Eylül 2009

Endonezya'nın Sumatra adasını vuran 7.5 büyüklüğündeki depremde binden fazla kişi hayatını kaybetti.

12 Mayıs 2008

Çinin Şiçuan eyaletindeki tek bir bölgede meydana gelen deprem sonucu 87 bin kişi ya hayatını kaybetti ya da kayboldu. Deprem sonucu 370 bin kişi de yaralandı.

7.8 büyüklüğündeki sarsıntı eyaletin başkenti Çengdu'nun yaklaşık 100 kilometre uzağında, öğle saatlerinde oldu.

15 Ağustos 2007

Merkez üssü denizin altında olan 7.9 büyüklüğündeki deprem Peru'nun kıyı eyaleti Ica'da 519 kişinin ölümüne yol açtı.

17 Temmuz 2006

Endonezya'da açık denizde meydana gelen 7.7 büyüklüğündeki deprem, Cava Adası'nın güneybatı kıyılarında 200 kilometre boyunca tsunamiye yol açtı. 650'den fazla kişi hayatını kaybetti.

8 Ekim 2005

Pakistan'ın kuzeyini ve tartışmalı Keşmir bölgesini vuran 7.6 büyüklüğündeki deprem, 73 bin kişinin hayatına mâl oldu. Milyonlarca kişi de evsiz kaldı.

28 Mart 2005

Endonezya'nın Nias Adası'nı vuran 8.7 büyüklüğündeki depremde bin 300 kişi öldü.

26 Aralık 2004

9.2 büyüklüğündeki deprem Asya kıtasında dev dalgalara yol açtı. Kitada yüz binlerce insan hayatını kaybetti.

26 Ocak 2001

Hindistan'ın kuzeybatısındaki Gucerat eyaletinde 7.9 büyüklüğünde deprem meydana geldi. Depremde 20 bin kişi hayatını kaybetti, bir milyondan fazla kişi evsiz kaldı.

21 Eylül 1999

Tayvan'ı vuran 7.6 büyüklüğündeki deprem 2 bin 500 kişinin ölümüne ve ada ülkesindeki her kentte zarara yol açtı.

17 Ağustos 1999

Kocaeli-Gölcük merkezli depremde, 17 binden fazla kişi hayatını kaybetti, daha da fazlası yaralandı. Depremin büyüklüğü 7.4'tü.



Telif hakkı: GETTY IMAGESImage caption

Izmit'in havadan görüntüsü

27 Mayıs 1995

Rusya'nın Pasifik Okyanusu'ndaki en büyük adası Sakhalin'i vuran 7.5 büyüklüğündeki deprem bin 989 Rus'un ölümüne neden oldu.

21 Haziran 1990

İrânın Gilan eyaletini 7.4 büyüklüğündeki vuran depremde yaklaşık 40 bin kişi can verdi.



Telif hakkı: GETTY IMAGESImage caption
Ermenistan'ın en büyük ikinci kenti Gümri'den bir fotoğraf

19 Eylül 1985

Meksika'nın başkenti Meksiko 8.0 büyüklüğünde bir depremle sarsıldı ve deprem nedeniyle 10 binden fazla kişi hayatını kaybetti.

28 Temmuz 1976

7.8 büyüklüğündeki deprem sonucu Çiniin kuzeydoğusundaki Tangshan kenti yerle bir oldu. 250 binden fazla kişi hayatını kaybetti.

Kaynak: <http://www.bbc.com/turkce/haberler-dunya-41336887>



Telif hakkı: GETTY IMAGESImage caption
Depremden sonra bir Japon kentinin fotoğrafı

31 Mayıs 1970

And Dağları'nın Peru'daki kısmında meydana gelen 7.9 büyüklüğündeki deprem toprak kaymasına yol açtı. Yungay kentitoprak altında kaldı, 65 bin kişi öldü.

22 Mayıs 1960

Dünyada şimdiye kadar ölçülen en şiddetli deprem Şiliyi vurdu. Deprem Richter ölçeğine göre 9.5 büyüklüğündeydi. Yüksekliği 10 metreyi bulan tsunami, bazı köylerin tamamını yıktı. Can kaybı konusunda farklı rakamlar var ancak yaklaşık 2 bin kişinin öldüğü sanılıyor.

1 Eylül 1923

Merkez üssü Japonya'nın başkenti Tokyo'nun biraz dışında olan Büyük Kanto Depremi sonucu yaklaşık 142 bin 800 kişi hayatını kaybetti. Depremin büyüklüğü farklı kaynaklara göre 7.9 ile 8.2 arasında değişiyor.

TARIM ve JEOFİZİK



Valentin Valkov

shutterstock

shutterstock

shutterstock