

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ ZEMİN SINIFLANDIRMA
KRİTERLERİNİN ZEMİN BÜYÜTME AÇISINDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Başak HALAÇ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Programı

EKİM 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ ZEMİN SINIFLANDIRMA
KRİTERLERİNİN ZEMİN BÜYÜTME AÇISINDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Başak HALAÇ

(501121303)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Musaffa Ayşen LAV

EKİM 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121303 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Başak HALAÇ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Deprem Yönetmeliklerindeki Zemin Sınıflandırma Kriterlerinin Zemin Büyütme Açısından İncelenmesi” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Musaffa Ayşen LAV**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Recep İYİSAN**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Berna UNUTMAZ**

Hacettepe Üniversitesi

Teslim Tarihi : 5 Eylül 2016

Savunma Tarihi : 3 Ekim 2016

Anne ve Babama,

ÖNSÖZ

Dünya'nın bir çok yerinde olduğu gibi, ülkemizde de deprem; ciddi can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Depremlerin oluşmasını önlemek imkansız olduğundan ötürü, depremin ortaya çıkardığı etkiyi hafifletmek, can ve mal kaybını azaltmak Deprem Mühendisliğinin en önemli görevlerinden biridir. Geçmiş depremler incelendiğinde de görüldüğü üzere depremin yıkıcı etkisinin yerel zemin koşullarının elverişsizliğinden meydana geldiği görülmektedir. Depremlerin yıkıcı etkisini azaltmak depreme dayanıklı yapı tasarımı ile mümkün olabilmektedir. Bu konuda çalışılmış Deprem Yönetmelikleri de bulunmaktadır. Bu çalışmada da üç farklı depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliği ele alınarak çalışılmıştır. Bu yönetmelikler sırası ile Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı (NEHRP), Eurocode8 ve Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)'dir. Bu çalışmada amaçlanan bu yönetmeliklerdeki zemin sınıflarına ait 30 m 'deki ortalama kayma dalga hız veya kayma dalga hız sınırlarının zemin büyütme açısından incelenmesidir.

Ekim 2016

**Başak HALAÇ
(İnşaat Mühendisi)**

TEŞEKKÜR

Her zaman yanımda olup duaları ile beni yürekten destekleyen ve koruyan aileme, anlayışından, yardımlarından dolayı değerli tez danışmanım Prof. Dr. Musaffa Ayşen LAV' a, her ne kadar uzakta olsa da uzaklıkları yakın edip her aradığımda bana gönülden yardım eden değerli Hocam Doç. Dr. Berna UNUTMAZ'a, yüksek lisans eğitimi dönemimde manevi desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen değerli Hocalarım Doç. Dr. Aykut ŞENOL ve Yard. Doç. Dr. Berrak TEYMUR' a ve her sıkıntıda yanımda olan dostum Gizem KOLGU'ya teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ekim 2016

**Başak HALAÇ
(İnşaat Mühendisi)**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın İçeriği Ve Amacı	2
2. KUVVETLİ YER HAREKETLERİ VE YEREL ZEMİN TABAKALARININ KUVVETLİ YER HAREKETİNE OLAN ETKİSİ	5
2.1 Kuvvetli Yer Hareketinin Karakteristik Özellikleri.....	5
2.1.1 Genlik parametreleri.....	5
2.1.2 Frekans içeriği parametreleri	6
2.1.3 Yer hareketinin süresi	8
2.2 Yerel Zemin Koşullarının Deprem Dalgaları Üzerindeki Etkisi	9
2.3 Geçmiş Deprem Zemin Büyütme Etkileri.....	9
2.4 Zemin Büyütmesinin Önemi	10
3. ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİNDE KULLANILAN ZEMİN PROFİL VE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ	15
3.1 Zemin Profil Ve Kayma Dalga Hızlarının Belirlenmesi	15
3.1.1 National Earthquake Hazard Reduction Programme (NEHRP)	16
3.1.2 Eurocode 8 (EN 1998-1 – EN 1998-6)	16
3.1.3 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)	17
3.3 Kayma Modülü Ve Sönüm Oranı.....	19
4. ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİ.....	23
4.1 Analizlerde Kullanılan Shake Programı Özellikleri.....	23
4.1.1 Shake programı hesap yöntemi	24

4.1.2 Shake programı avantajları ve dezavantajları	28
4.1.3 Shake program girdi ve çıktıları.....	29
4.2 Yüzey Kaydından Anakaya Kaydına Geçiş.....	34
4.3 Zemin Tabakalarında Elde Edilen Büyütme Özellikleri.....	34
5. ANALİZ SONUÇLARI	35
6. SONUÇ.....	45
KAYNAKLAR.....	49
EK A	50
ÖZGEÇMİŞ.....	69

KISALTMALAR

BSSC	: Binaların Sismik Güvenlik Kurulu
CEN	: Avrupa Standartları Komitesi
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
FEMA	: Federal Acil Durum Yönetim Kurumu
EN	: Avrupa Standartları
MMI	: Mercalli Şiddeti
NEHRP	: Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı
PHA	: Maksimum Yatay İvme
SDOF	: Tek Serbestlik Dereceli Sistem

SEMBOLLER

B	: Maksimum Büyütme
E	: Enerji Akışı
F	: Frekans
G	: Kayma Modülü
G/G_{maks}	: Kayma Modülü Oranı
G_{maks}	: Maksimum Kayma Modülü
G_{sek}	: Sekant Kayma Modülü
G_{tan}	: Tanjant Kayma Modülü
T	: Periyod
T_p	: Hakim Periyod
V_s	: Kayma Dalgası hızı
V_{s30}	: 30 m'deki Ortalama Kayma Dalgası Hızı
w	: Açısal Frekans
α	: Empedans oranı
γ	: Birim Hacim Ağırlık
η	: Viskozite
ξ	: Sönüm oranı
ρ	: Yoğunluk
τ	: Gerilme

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3. 1 : NEHRP Zemin Sınıflandırma Kriteri.....	16
Çizelge 3. 2 : Eurocode 8 Zemin Sınıflandırma Kriterleri.	17
Çizelge 3. 3 : DBYBHY Zemin Grupları.	18
Çizelge 3. 4 : DBYBHY Zemin Sınıfları.	19
Çizelge 4. 1 : Shake programı komutları (Proshake Manual).....	29

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 : Geçici yüklerin yapay bir hareketsiz bölge tanımlanarak hareketin T_f periyodunda kendini tekrar etmesi (Kramer, 1996).	6
Şekil 2. 2 : Frekans içerikleri farklı, hakim periyotları aynı olan iki Fourier genlik spektrumu (Kramer, 1996).	7
Şekil 2. 3 : Davranış spektrumu (Kramer, 1996).	8
Şekil 2. 4 : Anakaya üzerindeki iki hipotetik zemin profili; (a) A sahası, (b) B sahası (Kramer, 1996).	10
Şekil 2. 5 : A ve B sahasının amplifikasyon fonksiyonları (Kramer, 1996).	11
Şekil 2. 6 : Zemin büyütmesini etkileyen faktörler (Şafak, 2001).	12
Şekil 3. 1 : Sekant kayma modülü (G_{sek}) ve tanjant kayma modülü (G_{tan}).	19
Şekil 3. 2 : Maksimum kayma modülü, Sekant kayma modülü	21
Şekil 3. 3 : Kayma modülü azalım eğrisi (Kramer, 1996).	21
Şekil 3. 4 : Analizlerde kullanılan zeminler için kayma modülü oranının birim kayma deformasyonuna bağlı değişimi	22
Şekil 3. 5 : Analizlerde kullanılan zeminler için sönüm oranının birim kayma deformasyonuna bağlı değişimi.	22
Şekil 4. 1 : Shake programı bir boyutlu sistemi (Schnabel ve diğ, 1972).	23
Şekil 4. 2 : Lineer elastik zemin davranışı (URL-1, 2016).	24
Şekil 4. 3 : Nonlineer elastik ve nonlineer elastik olmayan zemin davranışları (URL-1, 2016).	25
Şekil 4. 4 : Laboratuvar çalışmasında kil için elde edilen kayma gerilmesi birim şekil değiştirme eğrisi (Okur ve diğ., 2007).	25
Şekil 4. 5 : Zemin dinamik özelliklerini belirleme işlemleri (Yoshida ve Iai, 1988).	26
Şekil 4. 6 : Zeminde oluşan elastik ve viskoz gerilmeler.	26
Şekil 4. 7 : Eşdeğer lineer analizde, kayma deformasyonu ile uyumlu kayma modülü ve sönüm oranının iterasyon ile bulunması (Kramer, 1996).	27
Şekil 4. 8 : Shake programına kayma modülü ve sönüm oranlarının tanıtılması.	30
Şekil 4. 9 : Shake programına zemin profilinin tanıtılması.	31
Şekil 4. 10 : Shake programına deprem kaydının tanıtılması.	32
Şekil 4. 11 : Shake programında zemin tabakalarındaki hareketin hesaplatılması. ..	33

Şekil 4. 12 : Shake programında davranış spektrumlarının hesaplatılması.	33
Şekil 4. 13 : Shake programında Fourier spektrumlarının hesaplatılması.	34
Şekil 4. 14 : Zemin transfer fonksiyonun filtre sistemi olarak şematik gösterimi (Yalçinkaya, 2004).	34
Şekil 5. 1 : NEHRP alt sınıf sınırı ile aynı değer ve eğriyi veren ara amplifikasyon fonksiyonları.	36
Şekil 5. 2 : Şekil 5.1 ‘ deki amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profilleri.	37
Şekil 5. 3 : Eurocode8 alt sınıf sınırı ile aynı değer ve eğriyi veren ara amplifikasyon fonksiyonlarının bir arada gösterilmesi.	38
Şekil 5. 4 : Şekil 5.3 ‘ teki amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profilleri.	38
Şekil 5. 5 : DBYBHY farklı sınıflarda olup yaklaşık aynı değer ve yaklaşık aynı eğriyi veren amplifikasyon fonksiyonları bir arada gösterilmesi.	39
Şekil 5. 6 : Şekil 5.5 ‘te amplifikasyon fonksiyonları verilen zemin profillerinin kesitleri.	39
Şekil 5. 7 : DBYBHY Zemin Z1 ve Z2 Sınıflarına ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları.	40
Şekil 5. 8 : DBYBHY Zemin Z3 ve Z4 Sınıflarına ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları.	40
Şekil 5. 9 : DBYBHY Zemin Z1ve Z2 Sınıflarına ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profil kesitleri.	41
Şekil 5. 10 : DBYBHY Zemin Z3 ve Z4 Sınıflarına ait sınır amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profil kesitleri.	42
Şekil 5. 11 : DBYBHY Zemin Z3 ve Z4 Sınıflarına ait ara amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profil kesitler	43
Ek A. 1 : NEHRP Zemin Sınıflandırmasına ait sınır amplifikasyon fonksiyonları ve bu fonksiyonlara ait profil kesitleri.	51
Ek A. 2 : NEHRP A ve B zemin sınıflarına ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	52
Ek A. 3 : NEHRP C, D ve E zemin sınıflarına ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	53
Ek A. 4 : Eurocode 8 A, B, C ve D sınıfı ait sınır amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	54
Ek A. 5 : Eurocode 8 A sınıfı zemin profillerine ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	55
Ek A. 6 : Eurocode 8 B sınıfı zemin profillerine ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	56
Ek A. 7 : Eurocode 8 C sınıfı zemin profillerine ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	57
Ek A. 8 : Eurocode 8 D sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	58

Ek A. 9 : DBYBHY Z1 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.	59
Ek A. 10 : DBYBHY Z2 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.	60
Ek A. 11 : DBYBHY Z3 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.	61
Ek A. 12 : DBYBHY Z4 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.	62
Ek A. 13 : DBYBHY Z1 ve Z2 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonlarının zemin kesitleri.	63
Ek A. 14 : DBYBHY Z3 ve Z4 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonlarının zemin kesitleri.	64
Ek A. 15 : DBYBHY Z1 sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	65
Ek A. 16 : DBYBHY Z2 sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	66
Ek A. 17 : DBYBHY Z3 sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	67
Ek A. 18 : DBYBHY Z4 sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.	68

DEPREM YÖNETMELİKLERİNDEKİ ZEMİN SINIFLANDIRMA KRİTERLERİNİN ZEMİN BÜYÜTME AÇISINDAN İNCELENMESİ

ÖZET

Depremlerin oluşmasını önlemek imkansızdır. Fakat depremin ortaya çıkardığı etkilerini hafifletmek, can kaybı, yaralanma ve zararı azaltmak alınabilecek önlemler sayesinde mümkündür. Bu önlemlerden en önemlisi de depreme dayanıklı yapı tasarımına hakim olmak ve yapılan yapıları bu esaslara göre inşa etmektedir.

Türkiye’de son yıllarda yaşanan depremler de göstermiştir ki yapısal hasar, deprem ve yapılaşma özelliklerinin yanında zemin koşullarından da etkilenmektedir. Bir depremin zemin tabakaları içerisinde ilerlerken yapılarda oluşan yıkıcı etkilerinden biri de deprem dalgaları üzerindeki zemin büyütme etkisidir.

Zemin büyütme etkisi, deprem dalgalarının genlik, frekans içeriği ve süresinin dalgaların içinden geçtiği zemin tabakalarının fiziksel ve dinamik özelliklerine bağlı olarak değişmesine denmektedir. Zemin büyütmesine neden olan en önemli etkenler, deprem dalgalarının içinden geçtiği zemin tabakalarının yoğunluğu ve rijitlik durumlarıdır. Bir deprem dalgası anakayadan daha az rijit bir zemin tabakasına geçerken deprem dalgası genliği artmakta, frekans içeriği ve süresini değiştirmektedir. Enerjinin korunumu ilkesinden dolayı diğer bir etken ise empedans oranıdır. Anakayanın kayma dalga hızı ve yoğunluğunun çarpımına, yüzeydeki zemin tabakasının kayma dalga hızı ve yoğunluğunun çarpımına olan orana empedans oranı denilmektedir. Empedans oranının birden büyük olması anakayadan daha yumuşak zeminlere geçildiğini ve dalga genliklerinin artacağını göstermektedir.

Depremin insan hayatına etkisini azaltmak için depreme dayanıklı yapı tasarımı yaygınlaştırılmalı ve kolaylaştırılmalıdır. Bu sebepten dolayı pek çok ülkede konusunda uzman bilim adamlarından oluşan komitelerin çalışmalarıyla çeşitli yönetmelikler oluşturulmuştur. Günümüzde insanoğlunun hayatını korumak, yaşam kalitesini artırmak ve mal kaybını önlemek adına bu yönetmelikler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada da üç farklı depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliği ele alınarak çalışılmıştır. Bu yönetmelikler sırasıyla; Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı (NEHRP), Eurocode 8 ve Deprem Bölgelerinde Yapılan Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY)’dir. Bu çalışmada amaçlanan bu yönetmeliklerdeki zemin sınıflarına ait sınırların zemin büyütme açısından incelenmesidir.

Bu amaçla NEHRP ve Eurocode8 için bu yönetmeliklerde belirtilen zemin sınıflarına ait maksimum V_{s30} (30 m’deki ortalama kayma dalga hızı), DBYBHY için yine bu yönetmelikte verilen maksimum V_s değerleri kullanılarak sınır profilleri, ara değerler kullanılarak ara profilleri oluşturulmuştur. Bu şekilde toplam 167 tane birbirinden farklı zemin profilleri oluşturulmuş ve bu profillere ait analizler yapılmıştır.

Oluşturulan bu profillerin transfer fonksiyonları Shake Analiz programında bir deprem kaydı kullanılarak yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir.

Ara zemin profillerinden elde edilen transfer fonksiyonlar değer ve şekilleri açısından incelenerek bu yönetmeliklerdeki sınıflandırma sınır değerlerine ait transfer fonksiyonları arasında kalıp kalmadığı incelenmiştir.

NEHRP zemin sınıflarının tanımlamaları incelendiğinde çok genel tanımlamalar olduğu görülmektedir. Kullanılan zemin profilleri ve bu profiller için üretilen amplifikasyon (transfer) fonksiyonları birlikte incelendiğinde bazı profillerin bir alt sınıfın üst sınır profiliyle aynı frekanslarda aynı zemin büyütme değerlerini verdiği görülmüştür. Buna neden olan profiller ait oldukları sınıfların en alt sınırları olduğu ve alt sınıfın üst sınırını geçmediği için çok büyük önem taşımadığı düşünülmüştür.

Eurocode8 zemin sınıflarının tanımlamaları incelendiğinde NEHRP'e oranla daha detaylı tanımlamaların olduğu görülmektedir. Kullanılan zemin profilleri ve bu profillere ait amplifikasyon fonksiyonları ile birlikte incelenmiştir. Bu incelemenin sonucu olarak herhangi bir sınıfa ait olan bazı profillerin, bir alt sınıfın üst sınır profiline ait aynı frekanslardaki (en büyük zemin büyütme değerlerini verdiği frekans) zemin büyütme değerlerinin NEHRP kadar birebir aynı olmasa da yaklaşık olarak aynı zemin büyütme değerini verdiği görülmektedir.

DBYBHY ait zemin sınıflarının tanımlamalarına göz gezdirildiğinde diğer iki yönetmeliğe göre daha detaylı tanımlamaların olduğu görülmektedir. Fakat sonuçlar incelendiğinde sınırların diğer iki yönetmelik kadar keskin olmadığı sınıf sınırları arasında birbirine kaymalar olduğu gözlenmektedir. Ardışık farklı iki sınıfta yaklaşık olarak aynı frekanslarda yaklaşık olarak aynı zemin büyütme değerlerine sahip profiller olduğu görülmektedir.

REVIEW OF THE SOIL CLASSIFICATION CRITERIA IN EARTHQUAKE REGULATIONS WITH RESPECT TO AMPLIFICATION

SUMMARY

Earthquakes effect people and their environment. Earthquake engineering deals with methods of reducing those effects. Geology, seismology, geotechnical engineering and structural engineering are involved in earthquake engineering.

When an earthquake occurs, seismic waves travel from the source to the earth's crust. When these waves reach the ground surface, they produce shaking. This shaking is known as earthquake. The strength and duration of earthquake depends on characteristics of earthquakes (location and size of earthquakes) and on characteristics of local soil.

Earthquakes occurred since prehistoric age and will definitely continue in future. It is impossible to prevent the earthquake. But it is possible to prevent to earthquake to disaster if engineers precaution take the required (loss of life, injuries and economic damages).

The most important reason which cause damages during earthquakes is the effect of local site conditions on earthquake. An earthquake can be characterized by defining the amplitude, frequency content and the duration. These variations on the amplitude, frequency content and duration of the earthquake can be seen as amplification caused by the local site effects. Defining and designing by taking consideration of effects of local site conditions on damage of earthquakes has an important role to decrease the damage of further possible earthquakes.

Nowadays, billions of people throughout in the world live with a significant risk to their lives and property. Because of earthquake not only people's life is at risk but also the health of many local, regional and national economies are at risk.

The main reasons of earthquake damages were amplifications factor on the characteristics of earthquake and the design of earthquake resistant constructions. It is very important to predict effect of local site condition on the characteristic of input motion.

Because of this many countries were considered to importance of earthquake resistant structural design and were began to studies about that. In many countries developed their own design standards to predict and to prevent seismic hazards. In this study three different earthquake resistant structural design regulations were mentioned. Those regulations are National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP), Eurocode 8 and Regulation about Buildings in Earthquake Zone (DBYBHY). In these regulations' soil classes average shear wave velocity up to 30 m have been given. Soil profiles were created by using soil classification criteria specified in these regulations.

First one is European standard series related to construction, Eurocode8: Design of structures for earthquake resistance describes how to design structures in seismic zone, using the limit state design philosophy. It was approved by the European Committee for Standardization on 23 April 2004.

Second one is National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP). Since its creation in 1979, the National Earthquake Hazard Reduction Program has provided a framework for efforts to reduce the risk from earthquakes. The Building Seismic Safety Council (BSSC) is extremely proud to have been selected by the Federal Emergency Management Agency (FEMA) to play a role under NEHRP in improving the seismic resistance of built environment.

Third one is Regulations on Buildings to Be Constructed in Earthquake Zone. (DBYBHY). Purpose of this regulation make earthquake resistant design for all building types which will be reconstructed or will be redesigned in earthquake zone and to determine the necessary rules and minimum requirements for the evaluation and improvement of performance of the existing building before or after earthquake. Provisions of this regulations are carried out by The Ministry of Public Works and Settlement (of Turkey). And validity of provisions of DBYBHY for reinforced concrete, steel and masonry building types.

In this study, the effects of local site conditions on the soil amplification properties caused by October 19, 1989 Loma Prieta Earthquake are investigated. October 19, 1989 Loma Prieta earthquake's magnitude was 6.9 and the maximum horizontal peak acceleration was 0.49g.

To predict soil amplification properties a widely accepted solution technique, that depends on theory of one dimensional wave propagation in horizontally layered, linear viscoelastic medium, called Shake is used for the analysis. Soil transfer (amplification) functions are calculated by using Shake program.

Earthquake and soil profiles which were created by using regulation have been analyzed in Shake Analysis program. As a result of these analyses transfer (amplification) function have been obtained.

In this thesis main objective was evaluation of the amplification properties of soil classification criteria of the earthquake regulations. Soil profiles have been selected according to soil profile description in soil classes of this regulations. Transfer (amplification) functions have been obtained by applying one Earthquake to this constituted soil profiles. The classification of regulations' limits are consistent whether or not were evaluated by using this transfer (amplification) spectrum. For this occasions to considering that the frequency where is the amplification factors are maximum in the amplification spectrums.

When the classification' descriptions of NEHRP were analyzed, obtained that description of regulation are not to be detailed. In the view of such information, thought that this regulations was not useful. However when the results of amplification curves (Transfer Spectrum) of profiles were examined, it appears not to be like that. Soil profiles which are used, together with the amplification curves of the profiles were examined. The result of this, can be seen that some of profiles and the profile of next sub class' upper limit have the same amplification values at same frequency. The reason of this results was soil profiles are the lower limit of the class to which they

belong and does not exceed the upper limit of the lower class carried a very big importance for it was thought that.

When the classification' descriptions of Eurocode8 were analyzed, observed that description of regulation are more detailed than NEHRP. Soil profiles which are used, together with the amplification curves of the profiles were examined. The result of this, can be seen that some of profiles and the profile of next sub class' upper limit have the approximately same amplification values at the approximately same frequency. It's not like as same as NEHRP classification' soil profiles. Due to this reasons it is considered that regulation is consistent.

Also these two regulations shows that layers of soil profiles' depths were very effective for the Transfer Spectrum.

When the classification' descriptions of DBYBHY were revised, observed that this regulation' description more detailed than other two regulations'. But the results of the analysis are examined, it is seen that this is not so. This regulation hasn't sharply circumscribed boundaries like other ones. It is seen that this Regulation the class boundaries shifts between each other. it is seen that in two consecutive different classes have approximately the same amplification values at the approximately the same frequencies. The reason is that specifications of shear wave velocity values were thought to be insufficient even though there are specification related to the depth of the soil layers.

1. GİRİŞ

Dünyanın bir çok yerinde olduğu gibi, ülkemizde de deprem; ciddi can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Doğal bir afet olan depremlerin oluşumunu engellemek mümkün olmayıp, özellikle deprem tehlikesi yüksek olan ülkelerde, deprem ile nasıl yaşanılacağına öğrenilmesi hayati önem taşımaktadır.

Depremler sırasında yapısal hasarları etkileyen nedenler esas olarak üç ana grupta toplanabilirler. Bunlar depreme ait özellikler, yapı kalitesi ve yerel zemin koşullarıdır. Bu etkenlerin bazıları değişik depremlerde farklılaşsa da depremlerin meydana getirdiği hasarların sebepleri incelendiğinde değişmeyen tek nokta yerel zemin koşullarının elverişsizliği yüzünden oluşan kayıplardır.

Zemin koşullarının yapılarda hasar oluşturabilecek etkilerini yerel şartların deprem özelliklerini büyütmesi, zemin tabakalarında göçme ve oturmalar, zemin tabakalarının sıvılaşması, yamaçlarda stabilitenin bozulması şeklinde sınıflandırmak uygun olmalıdır. Bu sonuçları kontrol altında tutabilmek için geoteknik olarak zemin tabakalaşmasını, yeraltı su seviyesini, jeolojik yapısını, anakaya derinliğini bilmek faydalı olmaktadır. Çünkü zemin tabakalarının kalınlığı, kıvam ve esnekliği ve plastisitesi deprem özelliklerinin yüzeyinde zemin büyütmelerine neden olabilmektedir. Bu açıdan arazide yapılan deneylerin laboratuvarında yapılan deneyler ile beraber değerlendirilerek bahsedilen parametrelerin olası etkileri incelenmelidir.

Depremlerin önlenemez oluşu ve deprem ile yaşamayı öğrenmemiz gerektiğinden öncelikle olabilecek depremlere yönelik tedbirlerimizi almamız ve hasarı azaltmaya yönelik çalışmamız gerekmektedir. Bu yüzden geoteknik deprem mühendisliği alanında yapılan çalışmalar, özellikle deprem yönetmelikleri, depreme dayanıklı yapı tasarımı ve risk analizlerinin oluşturulmasında yardımcı olacağı için önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada Nehrp ve Eurocode8'deki zemin sınıflandırma kriterlerine ait maksimum V_{s30} değerleri kullanılarak bu sınıflara ait sınır zemin profilleri

oluşturulmuştur. Aynı şekilde sınıfların V_{s30} değerlerinin sınırları arasında kalan V_{s30} değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu profiller Shake Analiz programında bir deprem kaydıyla kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir.

DBYBHY'deki zemin sınıflandırma kriterlerine ait maksimum V_s değerleri kullanılarak bu sınıflara ait sınır zemin profilleri oluşturulmuş ve sınıfların V_s değerlerinin sınırları arasında kalan V_s değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu profiller Shake Analiz programında bir deprem kaydıyla kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir.

Yukarıda belirtilen şekilde toplam 167 tane birbirinden farklı zemin profilleri oluşturulmuş ve bu profiller kullanılarak 167 tane Shake Analizi yapılmıştır. Toplamda Nehrp'e ait 5 adet sınır ve 44 adet ara profil, Eurocode8'e ait 4 adet sınır ve 41 adet ara profil, DBYBHY'e ait 48 adet sınır ve 25 adet ara profil oluşturulmuş ve Shake Analizleri yapılmıştır.

1.1 Çalışmanın İçeriği Ve Amacı

Kentleşmenin kaçınılmaz bir sonucu olarak yapılaşmaların önemli ölçüde arttığı bölgelerde, yerel zemin koşulları ile deprem sonrası oluşan yapı hasarları arasındaki ilişkinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve bu ilişkinin yapılaşma süreçlerinde göz önünde bulundurulması, bölgede yaşanacak olası depremlemlerin daha az can ve mal kaybıyla atlatılmasına önemli derecede destek sağlayacaktır.

Deprem dalgaları ve bu dalgaların içinden geçtiği zemin tabakaları arasında iki yönlü etki mevcuttur. Deprem dalgaları, zemin tabakalarının mukavemet ve şekil değiştirme özelliklerini etkilerken, zemin tabakaları da içinden geçen deprem dalgalarının karakteristik özelliklerini, deprem kaydının genlik, frekans içeriğini ve süresini etkilemektedir. Zemin tabakalarının deprem dalgaları üzerinde yarattığı bu etki, genellikle deprem dalgalarının büyümesine sebep olmaktadır.

Kökeni yapı mühendisliği veya geoteknik mühendisliği temeline dayanan deprem mühendisliği bu gibi etkileşimleri zemin ve deprem parametrelerini kullanarak risk analizleri ile oluşabilecek depremin o zemin koşullarındaki hasarını öngörerek hasarın

daha az oluşmasını sağlamak görevidir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmelikleri yapıların depreme dayanıklı tasarımını kolaylaştırmıştır.

Bu tezin amacı yaygın olarak kullanılan 3 adet farklı depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliklerindeki zemin sınıflarına ait sınırların zemin büyütme açısından incelenmesidir. Bu çalışmada Nehrp ve Eurocode8'deki zemin sınıflandırma kriterlerine ait maksimum V_{s30} değerleri kullanılarak bu sınıflara ait sınır zemin profilleri oluşturulmuştur. Aynı şekilde sınıfların V_{s30} değerlerinin sınırları arasında kalan V_{s30} değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu profiller Shake Analiz programında bir deprem kaydıyla kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir.

DBYBHY'deki zemin sınıflandırma kriterlerindeki sınıflara ait maksimum V_s değerleri kullanılarak bu sınıflara ait sınır zemin profilleri oluşturulmuş ve sınıfların V_s değerlerinin sınırları arasında kalan V_s değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu profiller Shake Analiz programında bir deprem kaydıyla kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir.

Elde edilen sınır ve ara profillere ait transfer fonksiyonları şekil ve amplifikasyon değerlerine göre incelenerek, ara transfer fonksiyonlarının sınır değerlerinin içinde olup olmadığı incelenmesidir. Bu çalışmaya başlamadan önce kuvvetli yer hareketlerini ve zemin tabakalarının kuvvetli yer hareketine olan etkisi bahsedilmelidir. Bölüm 2'de Kuvvetli yer hareketleri ve zemin tabakalarının yer hareketine olan etkisinden bahsedilmektedir.

2. KUVVETLİ YER HAREKETLERİ VE YEREL ZEMİN TABAKALARININ KUVVETLİ YER HAREKETİNE OLAN ETKİSİ

Bu çalışmaya başlamadan önce depremin ne olduğu, kuvvetli yer hareketiyle bağlantısı ve en önemlisi yerel zemin tabakalarının kuvvetli yer hareketine olan etkisi aşağıda anlatılmaktadır. Bu bölüm yazılırken Kramer'in "Geotechnical Earthquake Engineering (1996) " kitabından yararlanılmıştır.

2.1 Kuvvetli Yer Hareketinin Karakteristik Özellikleri

Yerküre sürekli olarak hareket halindedir, oluşan bu titreşimlerin periyodu milisaniyeden günlere, genlikleri ise, nanometrelerden metrelere kadar değişmektedir. Bu titreşimlerin büyük bir kısmı çok zayıf olduğu için hissedilmemektedir. Yapılar üzerinde hasara neden olan ve esas mühendisler tarafından incelenmesi gerekenler ise kuvvetli yer hareketleridir. Depremlerin meydana getirdiği etkileri inceleyebilmek için, bu kuvvetli yer hareketinin nitel ve niceliksel olarak tanımlanması, depremin karakteristik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bir kuvvetli yer hareketini tanımlayan karakteristik özellikleri:

- Genlik
- Frekans içeriği
- Yer hareketinin süresidir.

Yukarıda belirtilen özelliklere ait parametrelerin tanımlanması ile deprem kaydı niceliksel bir anlam kazanabilmektedir.

2.1.1 Genlik Parametreleri

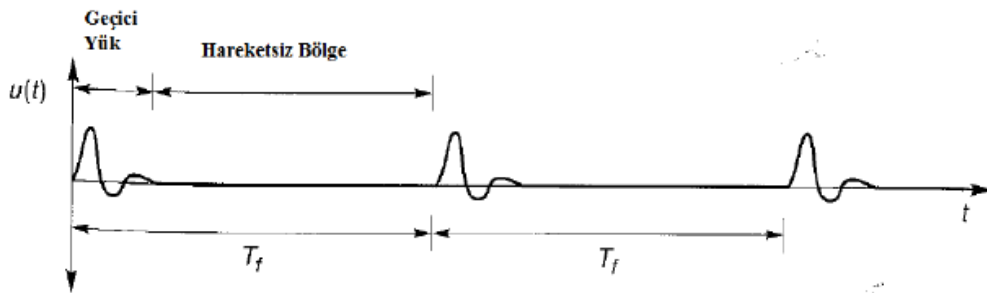
Deprem kayıtları genellikle, ivme, hız ve yer değiştirme değerlerinin zamana bağlı değişimi ile gösterilerek tanımlanmaktadır. İvme, hız veya yer değiştirmenin herhangi birinin zamana bağlı değişiminin deprem sırasında kaydedilmesinin ardından, diğerleri integrasyon ve/veya differansiyeli hesaplanarak elde edilebilmektedir. Yaygın

olarak kullanılan genlik parametresi maksimum yatay ivme (PHA) olup, maksimum yatay hız ve nadiren maksimum yer değıştirme de kullanılmaktadır. Maksimum yatay ivme değeri yüksek olan depremler, maksimum yatay ivme değeri daha küçük olan depremlere göre genellikle daha yıkıcıdır. Ama bir depremin yıkıcı olup olmadığını yalnızca maksimum yatay ivme değeri bñyñklñğñne göre belirlenememektedir. Kısa bir periyoda sahip olan maksimum yatay ivmeler, yapılar üzerinde az hasara neden olmaktadır. Bu nedenle depremlerin hasar etkileri, genlik parametreleri, frekans içeriğ i ve hareketin süresi ile birlikte göz önüne alınarak değ erlendirilmelidir.

2.1.2 Frekans İçeriğ i Paratmetreleri

Frekans içeriğ i kuvvetli yer hareketinin genliğ inin farklı frekanslar boyunca nasıl dağıldığını göstermektedir. Yer hareketinin frekans içeriğ inin, depremin yaratacağ i etkiler üzerinde önemli bir belirleyici özelliğ i vardır. Bu nedenle deprem kaydının frekans içeriğ i dikkate alınmadan, o kaydın özelliklerinin belirlenmesi tamamlanmış sayılamaz.

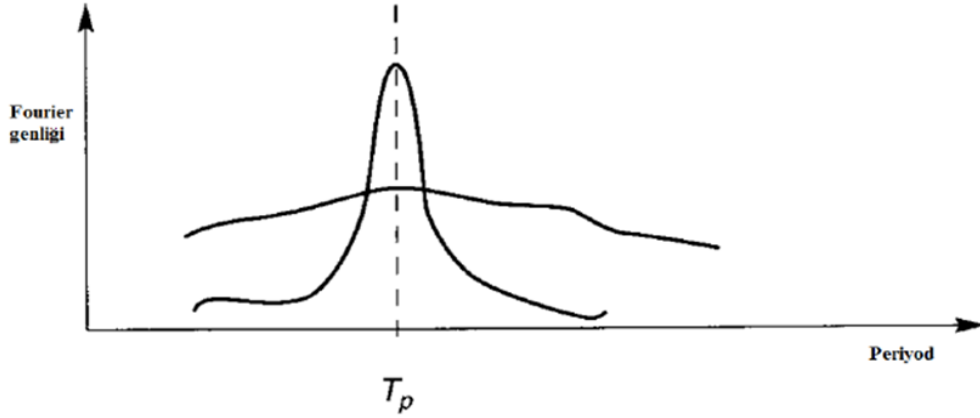
Belli bir aralıkta kendini tekrar eden fonksiyonlar, periyodik fonksiyonlar olarak anılmaktadır. Bu fonksiyonlar, Fourier analizleri kullanılarak farklı frekans, genlik ve fazlardaki basit harmonik hareket serilerinin toplamı olacak şekilde tanımlanabilmektedir. Periyodik olmayan yükler ise, deprem yükleri gibi belli bir süre aralığında kendini tekrar etmeyen geçici yüklerdir. Periyodik olmayan bu geçici yükler de, Şekil 2.1 'de gösterildiğ i gibi, belli bir hareketsiz süreden sonra kendini tekrar edeceğ i kabul edilerek, periyodik hareket olarak ifade edilebilmekte ve bu sayede Fourier dönüşümleri oluşturabilmektedir (Kramer, 1996).



Şekil 2. 1 : Geçici yüklerin yapay bir hareketsiz bölge tanımlanarak hareketin T_f periyodunda kendini tekrar etmesi (Kramer, 1996).

Fourier genlik değ erlerinin frekansa bağı lı olarak değ işimini gösteren çizimler, Fourier genlik spektrumu olarak adlandırılmaktadır. Fourier genlik spektrumu, genliğ in

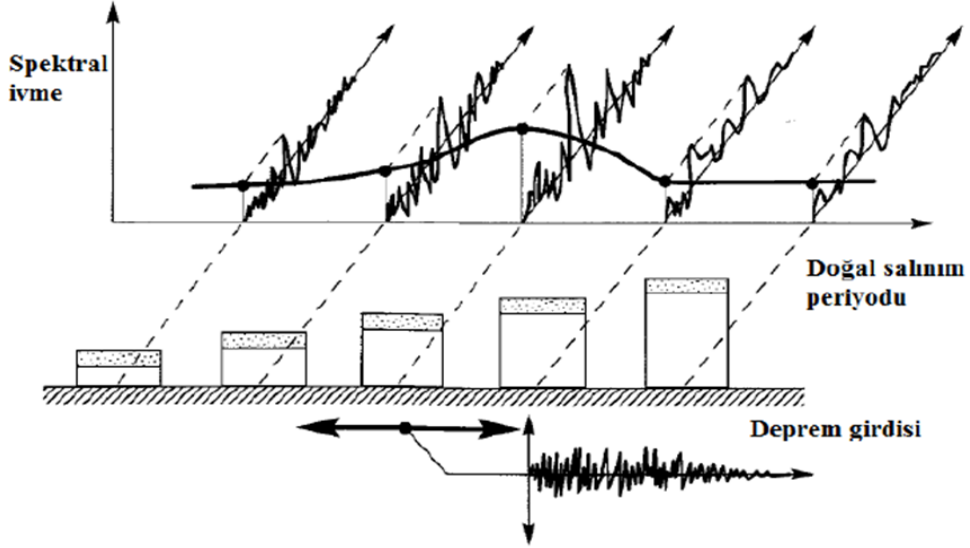
frekansa bağılı olarak değişimini göstermektedir. Bu spektrumlar, geniş veya dar olabilir. Dar bir spektrum, deprem hareketinin baskın bir frekansa sahip olduğunu ve sinüzoidal zaman grafiği oluşturduğunu göstermektedir. Geniş bir spektrum ise, hareketin frekansının çeşitlilik gösterdiğini ve zaman tanım alanındaki gösteriminin inişli çıkışlı ve düzensiz olduğunu anlatmaktadır. Spektrumlardan elde edilen parametrelerden en önemlisi hakim periyod, T_p , değeridir. Hakim periyod Fourier genlik spektrumunda maksimum genlik değerine karşılık gelen periyod değeridir. Farklı frekans içeriğine sahip Fourier genlik spektrumlarının hakim periyod değerleri Şekil 2.2’de görüldüğü gibi, aynı değere sahip olabilmektedir (Kramer, 1996).



Şekil 2. 2 : Frekans içerikleri farklı, hakim periyotları aynı olan iki Fourier genlik spektrumu (Kramer, 1996).

Davranış spektrumu ise, tek serbestlik dereceli bir sistemin (SDOF; Single Degree of Freedom) belirli bir yer hareketi altındaki davranışının, sistemin sönüm oranı ve doğal periyodunun bir fonksiyonu olarak gösterimidir (Şekil 2.3). Davranış spektrumu, Fourier dönüşümü ile harmonik yüklere dönüştürülen her bir periyodik yüke karşı gösterilen davranışların toplanması ile elde edilir. Davranış spektrumu, diğer spektrumlardan farklı olarak, yer hareketi karakteristiklerini dolaylı bir şekilde göstermektedir, çünkü davranış tek serbestlik dereceli bir yapı tarafından filtrelenir. Fourier spektrum ise doğrudan hareketin kendi frekans içeriğini göstermektedir. Fakat davranış spektrumu, yer hareketinin farklı doğal periyodlardaki yapılar üzerindeki etkisini göstermektedir. Başka bir deyişle davranış spektrumu, çok sayıda farklı yapının maksimum davranışını göstermektedir. Davranış spektrumu ivme, hız ve yer değiştirme şekilde elde edilebilmektedir. Bu parametrelerin maksimum değerleri,

sistemin doğal frekansına ve sönüm oranına bağlı olarak elde edilmektedir. İvme, hız ve yer değiştirme verilerinin maksimum değerleri sırası ile spektral ivme “ S_a ” , spektral hız “ S_v ”, ve spektral yerdeğiştirme “ S_d ” olarak gösterilmektedir. Spektral ivme değerlerinin sistemlerin doğal salınım frekansına bağlı çizdirilmesi ile davranış spektrumu elde edilmiş olur.



Şekil 2.3 : Davranış spektrumu (Kramer, 1996).

Davranış spektrumunu daha net açıklayabilmek için bir sistemin doğal salınım periyodu “0” kabul edilir ise, bu o sistemin rijit olduğunu ve spektral ivme değeri maksimum yatay ivme değerine eşit olduğunu ifade eder (Kramer, 1996).

Bu çalışmada depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliklerin (NEHRP, Eurocode8 ve DBYBHY)’deki zemin sınıflandırma kriterlerine uygun seçilmiş profillerin dinamik analizler sonucu elde edilen Transfer Spektrumları (amplifikasyon fonksiyonları) ile çalışılmıştır.

2.1.3 Yer Hareketinin Süresi

Yer hareketinin süresi, yer hareketinin yarattığı hasarlar üzerinde önemli bir rol oynar. Bir yer hareketinin maksimum yatay ivme değeri büyük olsa bile, süresi kısa olduğunda yapılarda hasarlara neden olmayabilir. Ancak yer hareketi orta derecede yatay ivme değerine sahip olduğu halde süresi uzun ise, yapılar üzerinde yıkıcı bir hasara neden olabilir.

Yer hareketinin süresi fay hattı boyunca biriken enerjinin açığa çıkması için gereken zaman ile bağlantılıdır. Fay kırılma zonu uzadıkça depremin süresi de artmaktadır. Yer hareketinin başladığı andan itibaren deprem kaydı alınmaya başlanır ve gürültü seviyesine inene kadar alınmaya devam edilir. Kuvvetli yer hareketinin süresini hesaplayabilmek için ise, belli değerin altındaki ivme değerlerinin dikkate alınmaması gerekir. Bu durum “Zarf Süre (Bracketed Duration)” terimi ile ifade edilmektedir. Zarf süre belirli bir eşik ivme değerinin (genellikle 0.05 g) ilk ve son aşılması arasındaki geçen süre olarak belirtilir (Kramer, 1996).

2.2 Yerel Zemin Koşullarının Deprem Dalgaları Üzerindeki Etkisi

Deprem dalgaları ve bu dalgaların içinden geçtiği zemin tabakaları arasında iki yönlü etki mevcuttur. Deprem dalgaları, zemin tabakalarının mukavemet ve şekil değiştirme özelliklerini etkilerken, zemin tabakaları da içinden geçen deprem dalgalarının karakteristik özelliklerini, deprem kaydının genlik, frekans içeriği ve süresini, etkilemektedir.

Bir deprem anında, kaynaktan çıkan farklı dalgalar, yer içerisinde değişik hızlarda yayılmaktadır. Dalgalar, yüzeye ulaştıklarında, saniye veya dakika mertebelerinde süren titreşimler üretmektedir. Oluşan bu titreşimin süresi ve şiddeti; depremin büyüklüğüne, kaynaktan uzaklığına, dalgaların yol aldığı ortamın fiziksel özelliklerine ve dalgaların içinden geçtiği zemin tabakalarının özelliklerine bağlıdır. Anakayadan yüzeye doğru hareket eden sismik dalgalar zemin tabakalarına vardığında, burada filtrelenirler. Zemin tabakaları deprem dalgaları üzerinde bir süzgeç görevi görüp deprem dalgalarının karakteristik özelliklerini değiştirirler. Bazı frekanslardaki dalgalar sönmülmektedirken, bazıları da büyütülür. Bu değişimlerin tümüne “zemin etkisi” denmekte olup, genellikle bu etki genlikleri artırıcı yönde olduğu için “zemin büyütmesi” olarak da adlandırılmaktadır (Lav, 1994)

2.3 Geçmiş Deprem Zemin Büyütme Etkileri

Yerel zemin koşullarının yaşanan depremlerin şiddeti üzerindeki etkisi geçmiş dönemlerden bu yana bilinmektedir. MacMurdo (1924), 1819’ daki Cutch (Hindistan) depremi ile ilgili olarak “doğrudan kaya üzerine oturtulan yapılarındaki hasarın, temeli zemin tabakalarının alt seviyelerine kadar inmeyen yapılarındaki kadar olmadığını”

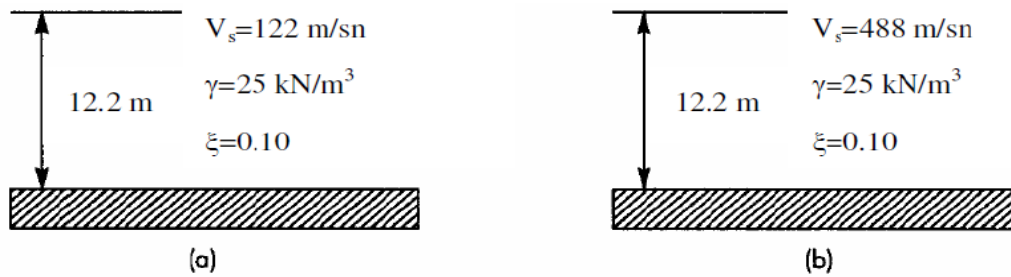
belirtmiştir. Mallet (1862) 1857 Napoliten depremine ilişkin raporunda, hasar üzerindeki zemin etkilerini de belirtmiştir. Wood (1908) ve Reid (1910), 1906 San Francisco depremi şiddetinin yerel zemin ve jeolojik koşullarla olan ilişkisini göstermiştir. Günümüzde depremi ölçen cihazların yaygınlaşması ile yerel zemin etkileri daha rahatlıkla ortaya konabilmektedir .

Deprem sırasında farklı bölgelerde ölçülen zemin yüzeyi hareketlerinin karşılaştırılması, yerel zemin koşullarının önemini ortaya koymuştur. 1957 yılında yaşanan $M \approx 5.3$ büyüklüğündeki deprem sırasında, yakınındaki San Francisco’da çeşitli yerlerden yüzey kayıtları incelenmiştir. Şehir boyunca 6.4 km’lik (4 mil) bir hat alınmış ve bu hat doğrultusunda maksimum yatay ivme ve davranış spektrumlarındaki değişimler ortaya konmuştur. Anakayanın yüzeye çıktığı bölgelerde (Market ve Gurrero, Mason ve Pine, Harrison ve Main) yer yüzeyi hareketleri benzerlik gösterirken, derin zemin tabakalarının bulunduğu yerlerde ise kaydedilen hareketin genlik ve frekans içeriği oldukça farklıdır.

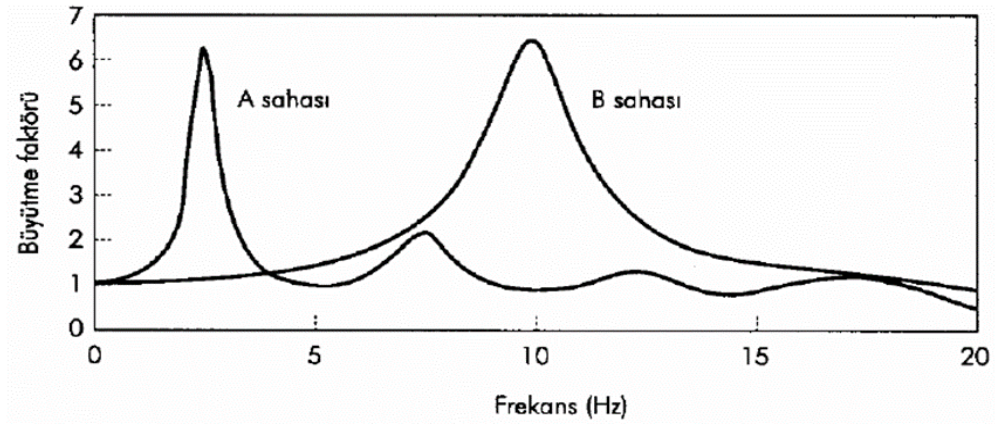
Yerel zemin etkilerinin gözlemlendiği diğer iki önemli deprem; 1985 Michoacan (Meksika) depremi ve 1989 Loma Prieta (California) depremidir. Mexico City’de ve San Francisco körfez bölgesinde çeşitli zemin koşullarından alınan kuvvetli yer hareketi kayıtları, yerel zemin etkilerinin önemini açığa çıkartmıştır (Kramer, 1996).

2.4 Zemin Büyütmesinin Önemi

Yerel zemin tabakaları, deprem dalgaları üzerinde bir süzgeç görevi görmektedir. Şekil 2.4’de iki ayrı zemin profili ele alınmıştır. Bu profillerin geometrileri aynı, fakat biri diğerine göre daha rijit olup, buna bağlı olarak kayma dalgası hızları da farklıdır. Zeminlerin doğrusal elastik ve anakayanın da rijit davrandığı kabulü yapılırsa, zemin profillerinin büyütme fonksiyonları Şekil 2.5’ deki gibi olacaktır.



Şekil 2. 4 : Anakaya üzerindeki iki hipotetik zemin profili; (a) A sahası, (b) B sahası (Kramer, 1996).



Şekil 2. 5 : A ve B sahasının amplifikasyon fonksiyonları (Kramer, 1996).

Görüldüğü üzere, daha yumuşak olan zemini temsil eden A profili; anakayadan gelen frekansı düşük (periyodu yüksek) olan dalgalar üzerinde, daha sert zemini temsil eden B profiline göre daha büyük amplifikasyonlara sebep olacaktır.

Şekil 2.6’da görüldüğü üzere, Şafak (2001) ve Bakır vd. (2002) zemin büyütmesini etkileyen faktörlerin anakaya derinliği, anakaya yüzeyindeki zemin tabakalarının kalınlığı, cinsleri, kayma modülü ve sönüm oranı gibi dinamik özellikleri, bu özelliklerin derinlik ve deformasyonla değişimleri, yerel zemin koşulları, deprem dalgalarının yüzey altındaki tabakalaşmaya bağlı olarak odaklanması, yüzey dalgalarına dönüşen cisim dalgaları ve tabakaların farklı dinamik özellikleri olduğunu belirtmiştir (İyisan ve Haşal, 2011).

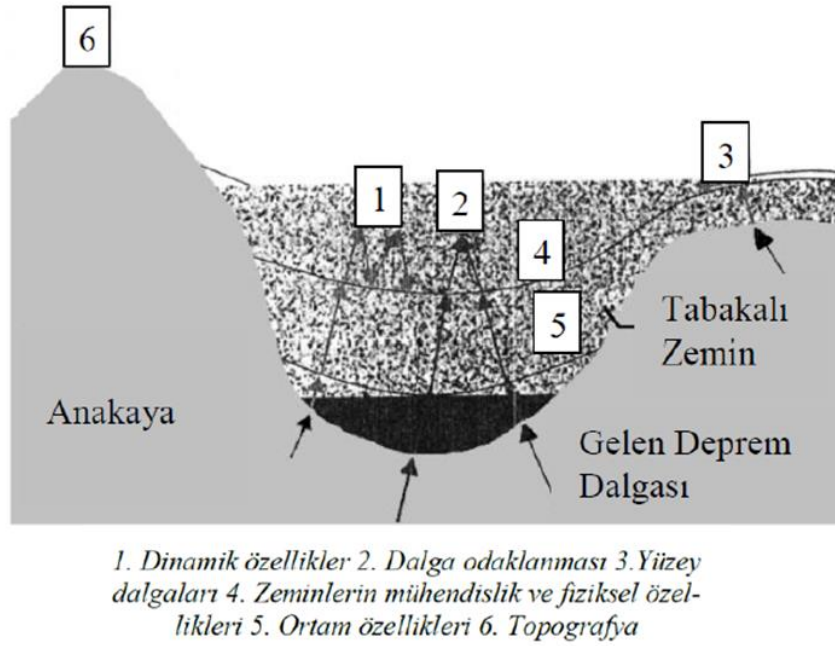
Yerel zemin tabakalarının deprem dalgaları üzerinde yarattığı büyütme etkisi, enerji akışı E ile de açıklanabilmektedir (Stein ve Wysession, 2003).

$$E = A^2 w^2 \rho v / 2$$

(2.1)

Bu bağıntıda A; dalga genliği, w; açısal frekans, ρ ; ortamın yoğunluğu ve v; ortamın sismik dalga hızını temsil etmektedir. Deprem dalgaları kaya ortamdan daha yumuşak olan zemin ortamına doğru gitmekte ve ortam yumuşadıkça yoğunluğu azaltmakta, buna bağlı olarak da dalga hızları düşmektedir. Enerjinin başka hiçbir nedenle değişmediğini ve dalga frekansının da sabit kaldığını kabul edersek, enerjinin korunumu ilkesine göre, ortam dalga hızı ve yoğunluğunda meydana gelen azalmanın genlikte meydana gelecek artış ile karşılanması gerekmektedir. Anakayadan yumuşak

zemin tabakalarına geçişte deprem dalgalarının genliğinin artması bu şekilde açıklanabilmektedir.



Şekil 2. 6 : Zemin büyütmesini etkileyen faktörler (Şafak, 2001).

Genliğin ne kadar artacağı ise (2.2) denklemi ile belirlenebilmektedir. (Roesset,1977);

$$B = 1 / \left((1/\alpha) + (\pi/2)\xi \right) \quad (2.2)$$

Bu denklemde B; maksimum büyütme, α ; empedans oranı, ξ ; sönüm oranıdır. Bu durumda, sismik dalgaların büyümesine etki eden parametreler; empedans oranı ve sönüm oranıdır. Empedans oranı anakaya / yumuşak zemin tabakası geçişinde hız ve yoğunluğun oranı olarak ifade edilir;

$$\alpha = \rho_r v_r / \rho_s v_s \quad (2.3)$$

Burada ρ_r ve v_r ana kayanın yoğunluğu ve kayma dalgası hızını, ρ_s ve v_s ise zeminin yoğunluğu ve kayma dalgası hızını gösterir. Empedans oranı büyümesi, sismik dalga genliğinin de artması anlamına gelir. Sönüm oranı ise, zemin tabakalarında anakayaya göre daha fazladır (Kramer, 1996);

$$\xi = \eta w / 2G \quad (2.4)$$

Burada η ; zeminin viskozitesi, w ; açısal frekans, G ; zeminin kayma modülüdür. Kaya ortamlar için sönüm oranı %2 civarında iken, yumuşak zemin ortamlarda yaklaşık %5 alınabilir (Yalçınkaya, 2011).

Maksimum büyütmenin görüldüğü ilk hakim frekans, rezonans frekansı olarak da ifade edilir. Rezonans olayı, etki halindeki iki farklı titreşimin frekanslarının çakışması olup, bu durumda titreşimin genliği en büyük değerine ulaşır. Bu nedenle, zemin ve üzerindeki yapının frekanslarının birbirine yakın olmaması gerekmektedir. Örneğin;

Zemin hakim periyodu 0.7 sn olan zeminin üzerindeki 7 katlı bir bina ($T=N/10=7/10=0.7\text{sn}$) rezonans durumunda olacaktır.

Bu çalışmada depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliklerindeki (NEHRP, Eurocode8 ve DBYBHY) zemin sınıflandırma kriterlerine uygun seçilmiş profillerin dinamik analizler sonucu elde edilen transfer fonksiyonları (amplifikasyon fonksiyonları) ile çalışılmıştır. Transfer fonksiyonları zemin büyütme (amplifikasyon faktörü) yönünden ele alınmıştır. Bölüm 3.'te zemin davranış analizlerinde kullanılan zemin parametrelerinin belirlenmesinden bahsedilecektir.

3. ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİNDE KULLANILAN ZEMİN PROFİL VE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Geoteknik deprem mühendisliği problemlerinin çözümünde dinamik zemin özelliklerinin ölçülmesi son derece önemli bir işlemdir. Bu konuda çok değişik arazi ve laboratuvar deneyleri mevcut olup, her birinin değişik problemler açısından farklı üstünlükleri ve sınırlamaları vardır. En yaygın olarak kullanılan yöntem ise standart penetrasyon deneyi ile elde edilen verilerin çeşitli korelasyonlar kullanılarak kayma dalga hızının elde edilme yöntemidir.

Bu çalışmada depreme dayanıklı yapı tasarımı yönetmeliklerindeki (NEHRP, Eurocode8 ve DBYBHY) zemin sınıflandırma kriterlerine uygun seçilmiş profillerin zemin dinamik analizler sonucu elde edilen transfer fonksiyonları (amplifikasyon fonksiyonları) ile çalışılmıştır. Transfer fonksiyonları zemin büyütme (amplifikasyon faktörü) yönünden ele alınmıştır.

Ayrıca bu çalışmadaki dinamik analizler Shake programı yardımıyla yapılmıştır. Bu bölümde bu zemin dinamik analizlerinde kullanılan parametreler nasıl ve neye göre belirlenmiş ondan bahsedilmektedir.

3.1 Zemin Profil Ve Kayma Dalga Hızlarının Belirlenmesi

Depreme dayanıklı yapı tasarımı günümüze kadar çalışılmış önemli konulardan biridir. Depremin ne zaman, hangi şiddette, nerede olacağını tahmin etmek veya deprem unsurunu tamamen ortadan kaldırmak imkansız olduğundan deprem ile yaşamayı öğrenmek ve buna göre önlemlerimizi almak zorundayız. Geçmişten günümüze kadar bir çok mühendis bu konu hakkında çalışarak yapılacak olan deprem risk analizlerini daha kolaylaştırmak adına çeşitli yönetmelikler oluşturmuşlardır. Her ülkede değişiklik gösteren bu yönetmeliklerin zeminlerin sınıflandırmasındaki önerilen sınır kayma dalga hızlarına ve tanımlanan zemin profil tanımlamalarına uygun sınır Zemin profilleri oluşturulmuştur. Ayrıca empedans oranı en yüksek olacak

şekilde ve yönetmeliklerdeki sınıflandırma kriterlerine uygun ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Bu zemin profilleri kullanılarak Shake analizleri yapılmıştır.

3.1.1 National Earthquake Hazard Reduction Programme (NEHRP)

1979'ta oluşturulan Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı (NEHRP) tarafından depremden dolayı doğabilecek olan riskleri azaltmak adına bir yönetmelik hazırlanmıştır. Federal Acil Durum Yönetimi (FEMA) tarafından seçilen Binaların Sismik Güvenliği Konseyi (BSSC) yapıların depreme karşı dayanıklılığını geliştirmek için NEHRP adı altında çalışmaktadır.

Bu çalışmada Shake analizlerinde kullanılmak üzere alınan kayma dalgası hızı aşağıda gösterilen Çizelge 3.1 NEHRP Zemin Sınıflandırılması'nda önerilen V_{s30} (30 m'deki ortalama kayma dalga hızı) değerlerinin üst sınır V_{s30} değeri kullanılarak sınır zemin profilleri oluşturulmuş ve bu şekilde 5 adet sınır zemin profili elde edilmiştir. Aynı şekilde her bir zemin sınıfının iki sınır V_{s30} değeri arasında kalan V_{s30} değerlerine göre de ara zemin profilleri oluşturulmuştur ve 44 adet ara zemin profil elde edilmiştir.

Çizelge 3. 1 : NEHRP Zemin Sınıflandırma Kriteri.

NEHRP ZEMİN SINIFI	TANIMLAMA	V_{s30} (m/sn)
A	Sert Anakaya	> 1500
B	Kaya	760 - 1500
C	Yumuşak Kaya / Çok Sıkı Zemin	360 - 760
D	Sert Zemin / Sıkı Zemin	180 - 360
E	Yumuşak Zemin	< 180
F	Özel Çalışma Gerektiren Zeminler	< 180

3.1.2 Eurocode 8 (EN 1998-1 – EN 1998-6)

Eurocode serileri yapılarla ilgili olan Avrupa Yönetmelikleri'dir. "Eurocode8 : Depreme Dayanıklı Yapıların Tasarımı" limit durum tasarım anlayışını kullanarak

deprem bölgelerindeki yapıların nasıl tasarlanması gerektiğini izah etmektedir. Bu yönetmelik Avrupa Standartları Komitesi (CEN) tarafından 23 Nisan 2004 yılında onaylanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı deprem sırasında : (URL-2, 2016)

- İnsanların hayatlarını korumak,
- Hasarları sınırlamak,
- Halka hizmet veren önemli yapıları çalışır halde olduğundan emin olmaktır.

Bu çalışmada Shake analizlerinde kullanılmak üzere alınan kayma dalgası hızı aşağıda gösterilen Çizelge 3.2. Eurocode8 Zemin Sınıflandırılması'nda önerilen V_{s30} (30 m'deki ortalama kayma dalgası hızı) değerlerinin üst sınır V_{s30} değeri kullanılarak sınır zemin profilleri oluşturulmuş ve bu şekilde 4 adet sınır zemin profili elde edilmiştir. Aynı şekilde her bir zemin sınıfında belirtilen iki sınır V_{s30} değeri arasında kalan V_{s30} değerlerine göre de ara zemin profilleri oluşturulmuştur ve 41 adet ara zemin profili elde edilmiştir.

Çizelge 3. 2 : Eurocode 8 Zemin Sınıflandırma Kriterleri.

Zemin Tipi	STRATİGRAFİK KESİTİN TANIMI	V_{s30} (m/sn)
A	Kaya ve yüzeyde en az 5 m zayıf malzeme içeren kaya ya da diğer jeolojik formasyon	> 800
B	Mekanik özellikleri derinlikle artan onlarca metre kalınlığındaki sert kum katmanları, çakıl ya da aşırı konsolide kil	360 - 800
C	Kalınlığı yüzlerce metreye varan Sıkı veya orta sıkı kum derin kum katmanları, çakıl veya katı kil	180 - 360
D	Gevşekten ortaya düşük kohezyonlu zemin katmanları (bazı yumuşak kohezif tabakalar içerebilir), veya hakim olarak yumuşaktan katıya kohezif zemin	< 180
E	Yüzey alüvyon tabakasında V_{s30} değeri tip C veya tip D olan ve kalınlığı 5 m ila 20 m arasında değişen, altında $V_s > 800$ m/sn'lik sert malzeme bulunan zemin kesiti	

3.1.3 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik(DBYBHY)

Bu yönetmeliğin amacı yeniden yapılacak, değiştirilecek, büyütülecek resmi veya özel tüm binaların ve bina türü yapıların tamamının veya bölümlerinin depreme dayanıklı

tasarımı ve yapımı ile mevcut binaların deprem öncesi ve sonrasında performanslarının değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için gerekli kuralları ve minimum koşulları belirlemektir.

Çizelge 3. 3 : DBYBHY Zemin Grupları.

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	V_s (m/sn)
A	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu kayalar..... 2. Çok sıkı kum, çakıl..... 3. Sert kil ve siltli kil	 > 1000 > 700 > 700
B	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar..... 2. Sıkı kum, çakıl 3. Çok katı kil ve siltli kil	 700 - 1000 400 - 700 300 - 700
C	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar..... 2. Orta sıkı kum, çakıl..... 3. Katı kil ve siltli kil	 400 - 700 200 - 400 200 - 300
D	1. Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları 2. Gevşek kum 3. Yumuşak kil, siltli kil.....	 < 200 < 200 < 200

Bu yönetmeliğe göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi, hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır. Bu Yönetmelik hükümleri sadece betonarme (yerinde dökülmüş öngerilmeli veya öngerilmesiz prefabrike), çelik ve yığma binalar ile bina türü yapılar için geçerlidir.

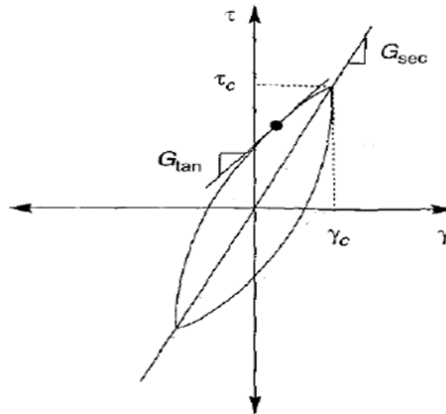
Bu çalışmada Shake analizlerinde kullanılmak üzere alınan kayma dalgası hızı aşağıda gösterilen Çizelge 3.3. ve Çizelge 3.4.'da belirtilen maksimum V_s değerleri ve zemin tabaka kalınlıkları kullanılarak sınır zemin profilleri oluşturulmuştur ve bu şekilde 48 adet sınır zemin profili elde edilmiştir. Aynı şekilde zemin gruplarında belirtilen iki sınır V_s değerleri kullanılarak ara zemin profilleri oluşturulmuş ve 25 adet ara zemin profili elde edilmiştir.

Çizelge 3. 4 : DBYBHY Zemin Sınıfları.

Yerel Zemin Sınıfı	Çizelge 4.3 'e göre Zemin Grubu ve En Üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h_1)
Z1	(A) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (B) grubu zeminler
Z2	$h_1 > 15$ m olan (B) grubu zeminler $h_1 \leq 15$ m olan (C) grubu zeminler
Z3	$15 \text{ m} < h_1 \leq 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 \leq 10$ m olan (D) grubu zeminler
Z4	$h_1 > 50$ m olan (C) grubu zeminler $h_1 > 10$ m olan (D) grubu zeminler

3.3 Kayma Modülü Ve Sönüm Oranı

Depremler veya dalga yükleri gibi tekrarlı yüklemeler altında zeminin davranışı, o zeminin dinamik parametreleri dikkate alınarak belirlenmektedir. Tekrarlı yükler altında, zeminin gerilme şekil değiştirme davranışı, Şekil 3.2'te görüldüğü üzere, hysteresis ilmikleri oluşturmaktadır.



Şekil 3. 1 : Sekant kayma modülü (G_{sek}) ve tanjant kayma modülü (G_{tan}).

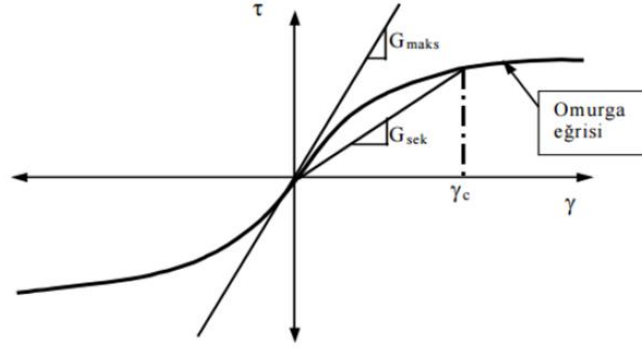
Histeresis ilmiğinin eğimi ve genişliği, tekrarlı yükler altında zeminin gerilme şekil davranışını tanımlayan önemli iki parametredir. İlmiğin eğimi zeminin rijitliğine bağlı olup, yükleme anında herhangi bir nokta için tanjant kayma modülü; G_{tan} ile tanımlanabilmektedir. Zemin rijitliği; tekrarlı deformasyonun büyüklüğü, boşluk oranı, efektif gerilme, plastisite indeksi, aşırı konsolidasyon oranı ve tekrarlı çevrim sayısından etkilenmektedir. Tanjant modülü, G_{tan} değeri yükleme döngüsü boyunca değişmektedir. İlmiğin uç noktalarından geçen doğrunun eğimi ile, hysteresis ilmiği için ortalama değer belirlenebilmekte olup, bu değer sekant kayma modülü: G_{sek} olarak ifade edilmektedir (Kramer, 1996).

$$G_{sek} = \tau/\gamma \quad (3.1)$$

Burada τ ; gerilme değerini, γ ise birim şekil değiştirme değerini ifade etmektedir. Histeresis ilmiğinin genişliği ise, enerji kaybı ile ilişkili olup, sönüm oranı; ξ ile tanımlanabilmektedir (Kramer, 1996).

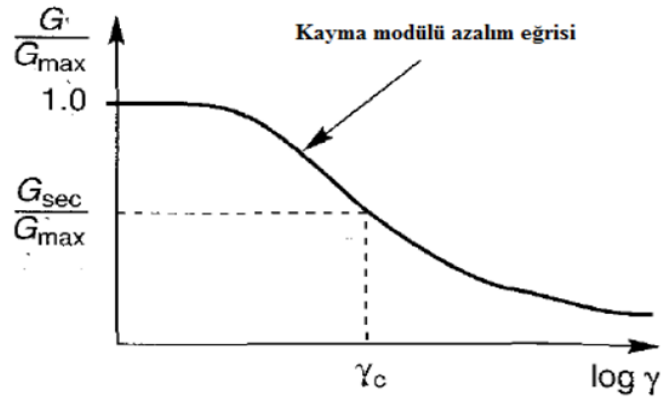
$$\xi = \frac{W_D}{4\pi W_S} = \frac{1}{2\pi} \frac{A_{ilmik}}{G_{sek}\gamma^2} \quad (3.2)$$

Burada W_D ; yutulan enerji, W_S ; maksimum deformasyon enerjisi, A_{ilmik} ; histeresis ilmiğinin alanıdır. Sönüm oranı; zeminde bir çevrim sonucu yutulan enerji miktarı anlamına gelmektedir. Bölüm 4'te açıklanacak olan eşdeğer lineer analiz yönteminde, G_{sek} modülü (G , kayma modülü olarak da anılmaktadır) ve sönüm oranı; ξ parametreleri önem arz etmektedir. Zeminin lineer davranışı sabit bir G_{sek} ve ξ değeri ile belirlenebilmektedir. Eşdeğer lineer analiz yöntemi, zeminlerin dinamik yükler altında gösterdiği lineer olmayan davranışını (gerilme şekil değiştirme ilişkisine göre kayma modülü ve sönüm oranının sürekli değişimi) değişen G_{sek} modülleri ile yaklaşık olarak tanımlamaktadır. Bu sebeple maksimum kayma modülü G_{maks} ve kayma modülü oranı; G/G_{maks} parametreleri de göz önüne alınmaktadır. Kayma modülü, kayma deformasyonunun büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Düşük deformasyon seviyelerinde sekant kayma modülü değeri yüksek iken, deformasyon arttıkça zemin yoğrulmaya başlar ve Şekil 3.3'te olduğu gibi sekant kayma modülü değeri azalır.



Şekil 3. 2 : Maksimum kayma modülü, Sekant kayma modülü

Çevrimsel deformasyon genliğinin sıfır olduğu, zeminin lineer davranış gösterdiği küçük deformasyon değerlerinde başlangıç kayma modülü en büyük değerini almakta olup, maksimum kayma modülü; G_{maks} olarak adlandırılmaktadır. Kayma modülü oranı ise; G_{sek}/G_{maks} (G/G_{maks}) sekant kayma modülü değerlerinin maksimum kayma modülüne oranı olarak ifade edilir. Birim kayma deformasyonu seviyesi arttıkça kayma modülü oranı da azalmakta olup, kayma modülü oranının birim kayma deformasyonuna bağlı değişimi Şekil 3.4 'te verildiği gibidir.



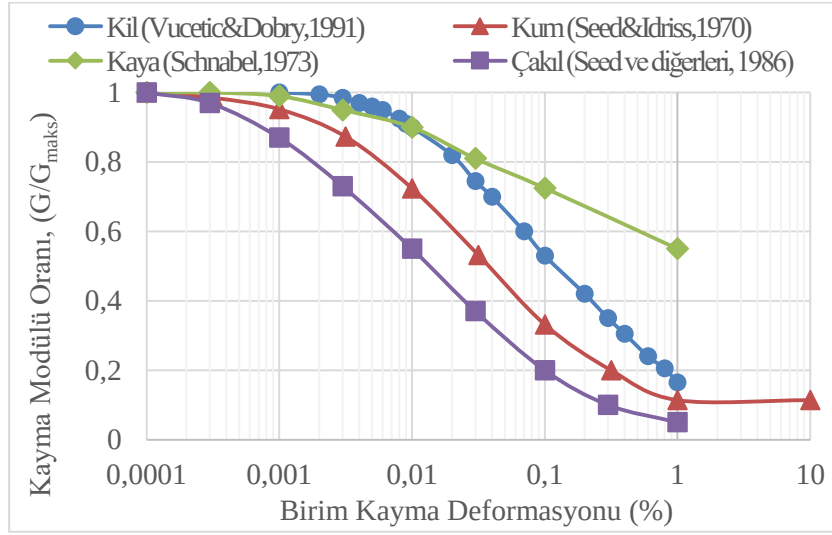
Şekil 3. 3 : Kayma modülü azalım eğrisi (Kramer,1996).

Maksimum kayma modülü G_{maks} değeri kayma dalgası hızına; v_s , ve zemin yoğunluğuna; ρ , bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilmektedir (Kramer, 1996);

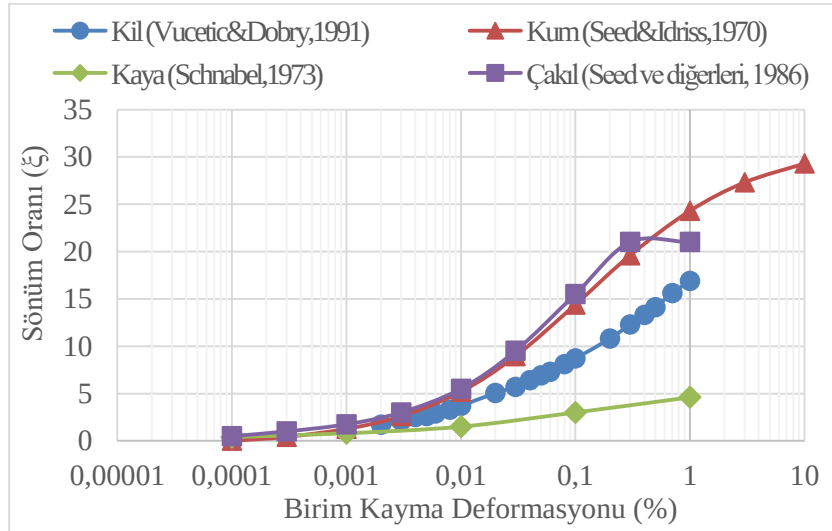
$$G_{maks} = \rho v_s^2 \quad (3.3)$$

Kayma modülü oranı; G/G_{maks} , zeminlerin nasıl bir nonlinear davranış sergilediklerini ortaya koyar. Eğer zeminin davranışı lineer olsaydı, kayma modülü oranı tüm deformasyon seviyelerinde 1.0 olurdu (Proshake manual).

Kayma oranının birim kayma deformasyonuna bağlı değişimini temsil eden eğrilerin bir kısmı, Seed ve Idriss (1970) ve Schnabel (1973) tarafından elde edilmiş eğrilerdir. Çakıllı zeminler için Seed ve diğerleri (1986) tarafından elde edilmiş eğriler alınmıştır. Kil zeminler için Vucetic & Dobry (1991) tarafından elde edilmiş eğriler alınmıştır. Analizlerde kullanılan kayma modülü oranı ve sönüm oranının birim kayma deformasyonu ile değişimi Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 'da gösterilmiştir.



Şekil 3. 4 : Analizlerde kullanılan zeminler için kayma modülü oranının birim kayma deformasyonuna bağlı değişimi .



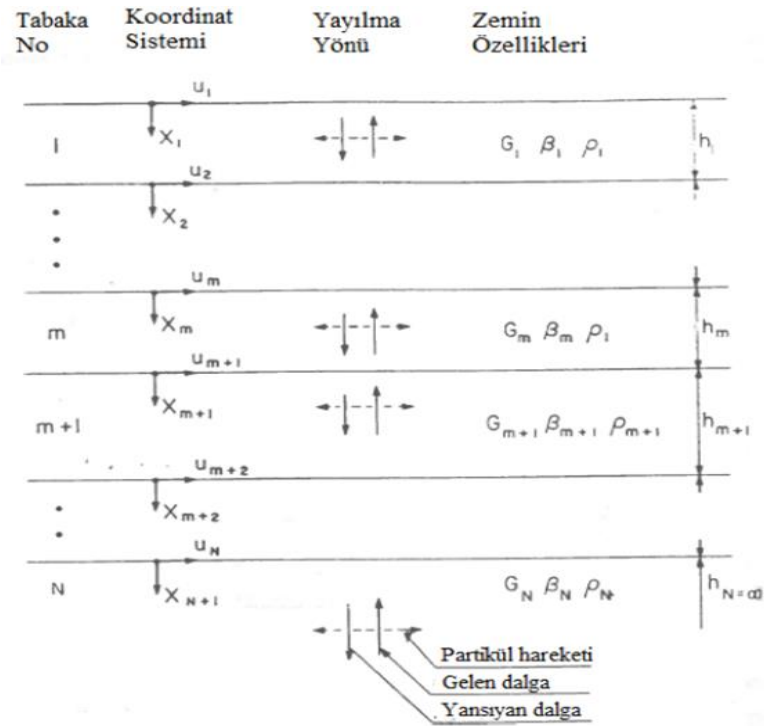
Şekil 3. 5 : Analizlerde kullanılan zeminler için sönüm oranının birim kayma deformasyonuna bağlı değişimi.

4. ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİ

Bu çalışmada yönetmeliklerdeki zemin sınıflandırma kriterlerine uygun oluşturulan profillerin transfer fonksiyonlarını elde edebilmek için Shake Analiz Programı kullanılmıştır. Bu bölümde Shake programının özelliklerinden, kullandığı hesap yönteminden, programın nasıl çalıştırıldığından, programın avantaj ve dezavantajlarından bahsedilmektedir.

4.1 Analizlerde Kullanılan Shake Programı Özellikleri

Zemin davranış analizleri eşdeğer lineer analiz yöntemine dayanan Shake programı ile gerçekleştirilmiştir. Shake Programı, düşey yönde ilerleyen kayma dalgalarına maruz kalan, homojen, viskoelastik sonsuz yatay zemin tabakalarının davranışlarını analiz etmektedir. Tek boyutlu bu sistem, Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 1 : Shake programı bir boyutlu sistemi (Schnabel ve diğ, 1972).

Shake programında analizler aşağıdaki kabullere dayanarak yapılmaktadır (Schnabel vd, 1972) .

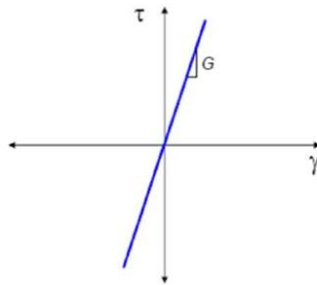
- Zemin tabakaları yatay yönde sonsuz uzamaktadır.
- Her bir tabaka; kendisine ait kayma modülü, kritik sönüm oranı, yoğunluk ve kalınlık bilgileri ile tam olarak tanımlanmıştır.
- Zemin davranışlarına, anakayadan yüzeye doğru yayılan kayma dalgaları sebep olmaktadır.
- Kayma dalgaları, eşit zaman aralıklarına karşılık gelen ivme değerleri olarak verilmiştir.
- Her bir tabaka; kendisine ait kayma modülü, kritik sönüm oranı, yoğunluk ve kalınlık bilgileri ile tam olarak tanımlanmıştır.

4.1.1 Shake Programı Hesap Yöntemi

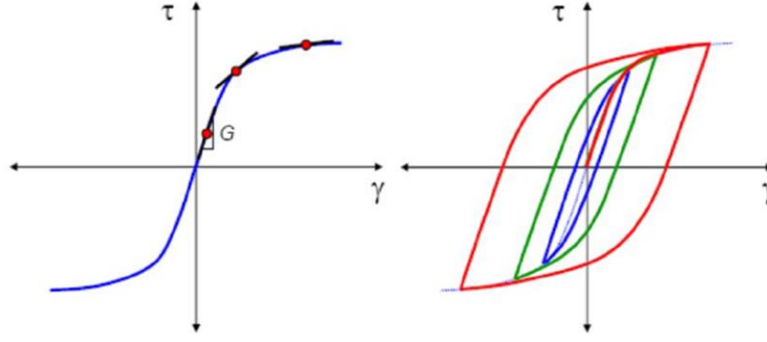
Shake programı, zemin davranışını frekans tanım alanında incelemektedir. Girdi deprem kaydı, Fourier serileri ile farklı genlik, frekans ve faz açılara sahip sinus dalgalarının toplamına çevrilir. Her bir sinus dalgası için zeminde oluşan davranışlar elde edilir ve her biri toplanarak o zeminin davranışı elde edilmiş olur.

Shake programı eşdeğer lineer analiz yöntemine dayanmaktadır. Eşdeğer lineer analiz yöntemini açıklayabilmek için, zeminlerin lineer ve lineer olmayan (non lineer) davranışlarının incelemek faydalı olacaktır (Şekil 4.3)

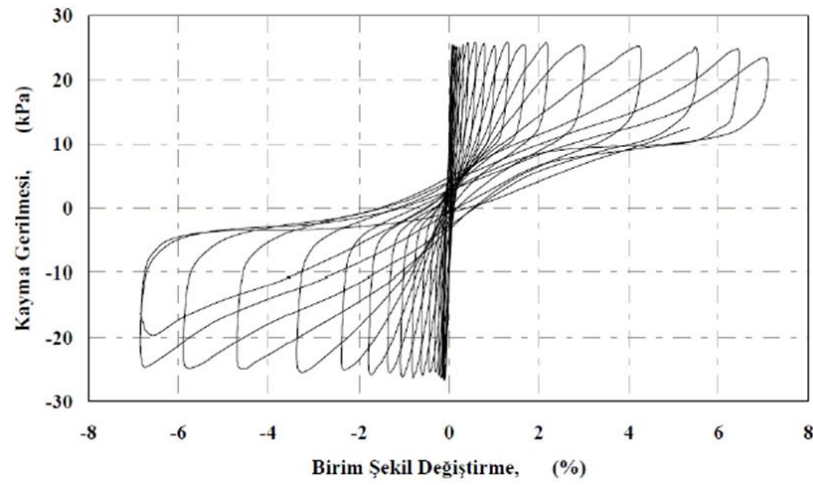
Düşük genlikli yüklerde zeminlerin rijitliği sabit olup, zemin Şekil 4.2'deki gibi lineer elastik bir davranış gösterir ve kayma şekil değiştirmesi kayma gerilmesi ile orantılı olarak artar. Bu deformasyon düzeylerinde zemin davranışını kontrol eden parametre maksimum kayma modülü; G_{maks} 'tır.



Şekil 4. 2 : Lineer elastik zemin davranışı (URL-1, 2016).



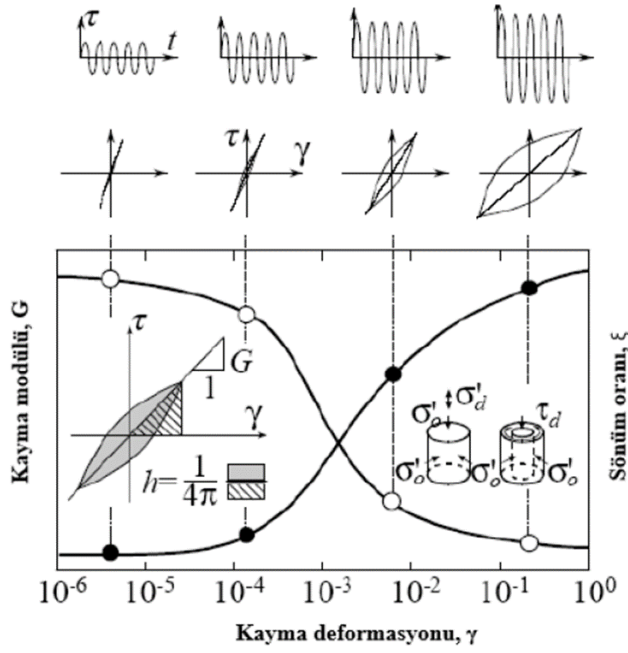
Şekil 4. 3 : Nonlinear elastik ve nonlinear elastik olmayan zemin davranışları (URL-1, 2016).



Şekil 4. 4 : Laboratuvar çalışmasında kil için elde edilen kayma gerilmesi birim şekil değiştirme eğrisi (Okur ve diğ., 2007).

Tekrarlı deprem yükleri altında zeminin gösterdiği davranış, lineer olmayan analizlerde zaman tanım alanında çözümlenmekte olup, her bir zaman aralığı için o andaki kayma modülü ve sönüm oranı değeri alınmaktadır. Tekrarlı yüklerin etkisi altında zeminin kayma modülü gittikçe azalmakta, sönüm oranı ise artmaktadır. Şekil 4.4'te Laboratuvar çalışmasında kil için elde edilen kayma gerilmesi birim şekil değiştirme eğrisi gösterilmiştir (Okur ve diğ, 2007).

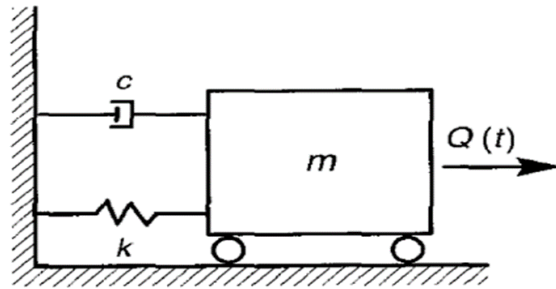
Eşdeğer lineer analiz yöntemi ise, zeminin tekrarlı yükler altındaki lineer olmayan bu davranışına, frekans tanım alanında çözümleme yapan bir yaklaşım yöntemidir. Eşdeğer lineer analiz ile, zeminin lineer olmayan davranışı sönümlendirilmiş lineer elastik bir model ile yaklaşık olarak temsil edilmektedir. Zeminlerin gerilme şekil değiştirme özellikleri, Şekil 4.5'te verildiği gibi değişken kayma modülü ve eşdeğer sönüm oranları ile tanımlanmaktadır.



Şekil 4. 5 : Zemin dinamik özelliklerini belirleme işlemleri (Yoshida ve Iai, 1988).

Kayma modülü olarak, histeresis ilmiğinin uç noktalarından geçen doğrunun eğimin veren sekant kayma modülü değerleri kullanılır ve böylece histeresis ilmiği ortalama bir kayma modülü değeri ile tanımlanmış olur.

Şekil 4.6'da gösterildiği üzere, hareket halindeki bir viskoelastik elemanter bir parça üzerinde, kayma dalgalarının oluşturduğu kayma gerilmelerinin artımlarının eşit ve ters yönlü elastik ve viskoz kayma gerilme artımlarına neden olacağı düşünülmüştür. Tabakaların ara yüzeylerinde yer değiştirmelerin ve kayma gerilmelerinin eşitliği şartı, sistemin sürekliliğini sağlamaktadır (Lav, 1994).



Şekil 4. 6 : Zeminde oluşan elastik ve viskoz gerilmeler.

Kayma dalgalarının yatay tabakalı bir ortamda aşağıdan yukarıya doğru sadece düşey doğrultuda ilerleme durumlarında, u =yatay deplasman bileşeni için diferansiyel dalga denklemi;

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial x^2 \partial t} \quad (4.1)$$

şeklinde alınabilir. Burada x ; zemin yüzeyinden aşağıya doğru ölçülen uzaklıklar, G ; kayma modülü, ρ ; birim hacim için zeminin kütlesi, c ; birim kayma deformasyonunun birim hızı için viskosite katsayısı'dır. Bu katsayının birimi (gerilme x saniye) cinsindedir. Herhangi bir x – derinliğinde kayma gerilmeleri ile kayma şekil değiştirmesi arasındaki ilişki için;

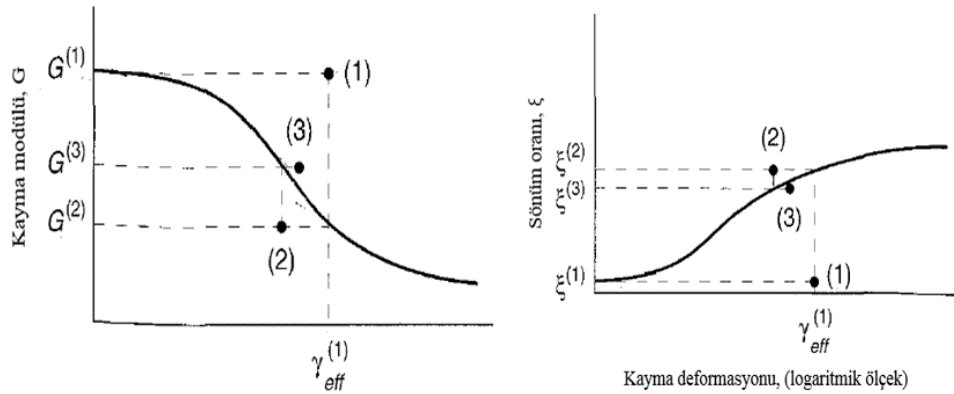
$$\tau = G\gamma + c \frac{\partial \gamma}{\partial t}, \quad \gamma = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (4.2)$$

bağıntısı yazılır (Kaptan ve Tezcan, 2012). Denklem eşitliğinin sağ tarafındaki ilk kısım ($G\gamma$); zeminin elastik özelliğini temsil ederken, ikinci kısmı zeminin sönüm özelliğini belirtmek içindir.

Shake programı zeminin lineer olmayan davranışını yansıtabilmek amacıyla, her bir tabakada oluşan eşdeğer üniform deformasyon ile uyumlu kayma modülü ve sönüm değerlerini elde etmek için iteratif bir hesap yapar. Şekil 4.7'de görüldüğü üzere, kayma modülü ve sönüm oranının genellikle, aynı küçük deformasyon seviyelerine karşılık gelecek şekilde seçilmesi ile analize başlanır. (Kramer, 1996).

Seçilen kayma modülü; $G(1)$ ve sönüm oranı; $\xi(1)$ değerleri için eşdeğer lineer analiz yapılarak efektif kayma deformasyon değeri $\gamma_{eff}(1)$ değeri hesaplanır. Efektif kayma deformasyonu ; γ_{eff} maksimum kayma deformasyonu değerine bağlı olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilmektedir;

$$\gamma_{eff}^i = R_\gamma \gamma_{maks} \quad (4.3)$$



Şekil 4. 7 : Eşdeğer lineer analizde, kayma deformasyonu ile uyumlu kayma modülü ve sönüm oranının iterasyon ile bulunması (Kramer, 1996).

Burada R_γ değeri efektif kayma deformasyonu ile maksimum kayma deformasyonu arasındaki oran olup, denklemin büyüklüğüne; M , bağlı olarak aşağıdaki denklem ile hesaplanabilmektedir;

$$R_\gamma = \frac{M-1}{10} \quad (4.4)$$

Efektif kayma deformasyonu ve maksimum kayma deformasyonu arasındaki oran, geçmiş dönem çalışmalarına istinaden 0.65 olarak da alınabilmektedir (Proshake manual).

Hesaplanan $\gamma_{eff(1)}$ değeri, zemin tabakası için belirlenen kayma deformasyonuna bağlı kayma modülü ve sönüm oranı eğrilerinde, seçilen $G_{(1)}$ ve $\xi_{(1)}$ değerlerine karşılık gelen kayma gerilmesi değerinden büyüktür ve iterasyon yapılması gerekir. Bu sebeple hesaplanan $\gamma_{eff(1)}$ değeri için kayma modülü ve sönüm oranının birim deformasyona bağlı eğrilerinden uygun kayma modülü $G_{(2)}$ ve sönüm oranı $\xi_{(2)}$ değerleri seçilir. Kayma modülü $G_{(2)}$ ve sönüm oranı $\xi_{(2)}$ değerleri için $\gamma_{eff(2)}$ değeri hesaplanır. Bir önceki hesaplanan efektif kayma deformasyonu değeri ile yeni hesaplanan değer arasındaki fark tolere edilebilir seviyeye ulaşana kadar iterasyon tekrarlanır (Kramer, 1996). Tolere edilebilir fark oranı %5-%10 civarında alınması uygun olup, genelde 3-5 iterasyon ile bu seviyelere ulaşılmaktadır (Schnabel ve diğ, 1972).

4.1.2 Shake Programı Avantajları ve Dezavantajları

Finn (1981ve 1982) çalışmalarında, geliştirilmiş pek çok davranış analizi içerisinde, eşdeğer lineer metod ve shake programının aşağıdaki sebeplerden dolayı tasarıma yönelik çalışmalarda kullanılmasının uygun olacağını belirtmiştir;

- Analizlerin yapılabilmesi için gereken girdi sayısının sınırlı oluşu
- Çeşitli zeminlerin alacağı parametre değerleri için literatürde fazla sayıda çalışmaların bulunması
- Diğer davranış analizleri ile karşılaştırıldığında sonuçların muhafazakar tarafta kalması
- Hesaplama süresi ve bilgisayar hafızası gereksinimi açısından problem yaratmaması (Lav,1994).

Finn (1982) çalışmasında belirtildiği üzere, programın dezavatajları aşağıdaki gibidir;

- Analiz yönteminin dayandığı kabullerin oluşturduğu sınırlamalar
- Sismik yüklemeler sonucu meydana gelen boşluk suyu basıncı artışlarının, mukavemet ve rijitlik üzerindeki etkisinin analiz esnasında sürekli olarak dikkate alınmaması
- Kalıcı deformasyonların doğrudan hesaplanmaması (Lav, 1994).

4.1.3 Shake Program Girdi ve Çıktıları

Shake programı FORTRAN dilinde yazılmış bir program olup, analizler data dosyalarına yazılan komutlara istinaden yapılmaktadır. Program verileri “.dat” uzantılı text dosyalarına yazılmaktadır. Shake programında kullanılan komutlar Çizelge 4.1.’de verilmiş olup, analizlerde kullanılan komutlar açıklanmıştır (Schnabel ve diğ, 1972).

Çizelge 4. 1 : Shake programı komutları (Proshake Manual).

Komut	Komut Tanımı
1	Dinamik zemin özelliklerinin tanıtılması
2	Zemin tabakaların verilerinin tanıtılması
3	Deprem kaydının tanıtılması
4	Deprem kaydının belli bir zemine atanması
5	İterasyon Sayısının belirlenmesi
6	Yüzeydeki ivme zaman grafiklerinin hesaplanması
7	Yüzeydeki zaman – kesme gerilme grafiğinin hesaplanması
8	Deprem kaydının zamana bağlı değişim grafiğinin hesaplanması
9	Davranış spektrumunun hesaplanması
10	Amplifikasyon fonksiyonunun hesaplanması
11	Fourier spektrumunun hesaplanması

Data dosyalarında öncelikle, yapılacak her bir işlemin komut numarasının ilk satıra yazılması gerekmekte ve böylelikle programın yapılacak işlemi algılaması

sağlanmaktadır. Komut numarası alt satırına o komuta ait istenen veriler sırasıyla girilmelidir.

Komut 1 ile analizde kullanılmak üzere gerekli olan dinamik zemin parametreleri girilir. Her bir tür zemin için efektif deformasyon değerleri ve bu değerlere karşılık gelen kayma modülü ve sönüm oranı değerleri girilir. İlk satırda kullanılan zemin tiplerinin sayısı, sonraki satırda zemin tipinin numarası ve ismi yazılır. İlk satırın ardından, sırası ile kayma modülü parametreleri, kayma modülü parametrelerine karşılık gelen deformasyon değerleri, sönüm oranı ve buna karşılık gelen deformasyon değerleri girilir. Örnek data girdisi Şekil 4.8 'de verilmiştir.

Option 1 - Dynamic Soil Properties Set No. 1							
1							
10							
20	#1 Soil PI=0	G/Gmax	- Soil with PI=0, OCR=1-15 (vucetic & Dobry, JG				
0.0003	0.0005	0.0007	0.001	0.002	0.003	0.004	0.007
0.01	0.02	0.04	0.05	0.08	0.1	0.2	0.3
0.4	0.5	0.8	1.				
1.	0.99	0.98	0.965	0.92	0.875	0.85	0.76
0.705	0.575	0.425	0.385	0.29	0.25	0.16	0.11
0.09	0.07	0.04	0.04				
20	Soil PI=0	Damping	- Soil with PI=0, OCR=1-8 (vucetic & Dobry, JG				
0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.01	0.02	0.03
0.04	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
0.7	0.8	0.9	1.				
2.9	3.3	3.7	4.2	4.8	5.4	7.9	9.7
11.	12.1	15.2	18.4	20.	21.	21.9	22.4
22.9	23.2	23.6	23.8				
19	#2 Soil PI=15	G/Gmax	- Soil with PI=15, OCR=1-15 (vucetic & Dobry, J				
0.0007	0.0009	0.001	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008
0.01	0.02	0.03	0.04	0.08	0.1	0.2	0.3
0.4	0.6	1.					
1.	0.995	0.99	0.97	0.95	0.925	0.875	0.85
0.815	0.72	0.65	0.6	0.455	0.405	0.29	0.22
0.19	0.14	0.95					
19	Soil PI=15	Damping	- Soil with PI=15, OCR=1-8 (vucetic & Dobry, J				
0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.01	0.02	0.03
0.04	0.05	0.07	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
0.6	0.7	1.					
2.5	2.8	3.2	3.5	4.1	4.5	6.4	7.6
8.4	9.2	10.3	11.5	14.3	15.9	17.	17.6
18.3	18.8	19.9					
20	#3 Soil PI=30	G/Gmax	- Soil with PI=30, OCR=1-15 (vucetic & Dobry, J				
0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.008	0.009
0.01	0.02	0.03	0.04	0.07	0.1	0.2	0.3
0.4	0.6	0.8	1.				
1.	0.995	0.985	0.97	0.96	0.95	0.925	0.91

Şekil 4. 8 : Shake programına kayma modülü ve sönüm oranlarının tanıtılması.

Komut 2 'de zemin tabakalarının aşağıdaki verilerin girilmesi ile programa tanıtılmaktadır;

- Zemin profili sayısı
- Zemin tabaka sayısı
- Zemin profilinin ismi

Yukarıdaki genel bilgilerin verilmesinin ardından, zemin profili içerisindeki her bir zemin tabakasının tabaka numarası, zemin tipi, tabaka kalınlıkları (ft cinsinden),

başlangıç sönüm oranı (0.05 alınmıştır.), birim hacim ağırlığı, başlangıç kayma dalga hızı(ft/sn cinsinden) sırasıyla girilir. Programa tanıtılmış bir zemin profili Şekil 4.9’da gösterilmiştir.

Option 2 - Soil Profile Set No. 1					
2					
1	7	Example SITE			
1	8	16.40	.050	.112	984.
2	3	16.40	.050	.112	492.
3	3	16.40	.050	.112	492.
4	3	16.40	.050	.112	492.
5	3	16.40	.050	.112	492.
6	3	16.40	.050	.112	492.
7	9	16.40	.050	.13	6562.

Şekil 4. 9 : Shake programına zemin profilinin tanıtılması.

Komut 3 ile deprem kaydı programa tanıtılmaktadır. İvme değerleri hazırlanan kartlardan okunarak, maksimum ivme değeri program tarafından bulunur. Deprem kaydının programa tanıtılabilmesi için, o kayda ait aşağıdaki bilgilerin programa girilmesi gerekir.

- Kartlardan okunacak ivme değerleri sayısı
- Fourier dönüşümünde kullanılacak terim sayısı
- İvme değerleri arasındaki zaman aralığı (sn cinsinden)
- Deprem kaydının ismi
- Hesaplamalarda kullanılacak maksimum frekans değeri

Komut 3 ‘te deprem kaydını tamamlayıcı bu bilgilerin girilmesinin ardından (g’s) birimindeki ivme değerleri her bir satırda 8 tane olacak şekilde data dosyasına yazılır. Data dosyasına girilmiş bir deprem kaydı Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

Komut-4’te deprem kaydı istenen zemin tabakasının üst noktasına atanmaktadır. Komut numarasının yazılmasının ardından, deprem kaydının atanacağı tabakanın numarası ile kaydın ne şekilde atanacağı seçilir. Bu seçimde iki tip mevcuttur : zemin profili içerisindeki alt tabaka (sublayer within profile) veya referans anakaya yüzeyi (outcropping) olarak tanımlanmaktadır. Profil içerisinde tabaka seçilmesi durumu, seçilen tabakanın üzerinde başka zemin tabakalarının da bulunduğunu ve bu tabakadan gelen dalga ile yansıyan dalganın farklı olacağı anlamındadır.

Referans anakaya yüzeyinde ise, tabakanın üzerinde başka zemin tabakalarının olmadığı kabul edildiği için, gelen ve yansıyan dalgalar birbirine eşittir.

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
[Loma P. Eşk", "Diamond Hts", "H1_90", "init. vel:", ".307 c/s", "disp: -0.016 cm"				
Total No. of Points : ",2000,"@ DT =",",.02				
Peak Acceleration (g) =",",.1128945,"@ Time (sec) : ",10.92				
-0.001694	-0.001668	-0.000086	-0.001356	-0.000678
0.000730	0.000737	0.002496	0.004583	0.001644
-0.001073	-0.000359	-0.000486	0.000344	0.000767
-0.004086	0.000143	0.004340	0.003943	0.002350
-0.001943	-0.007436	-0.004493	0.000827	0.002915
0.000427	-0.004136	-0.003028	-0.000838	-0.002276
0.001864	-0.000239	0.000791	0.000851	-0.001547
-0.000471	0.000688	0.000945	-0.000546	-0.002902
-0.003043	-0.001848	0.000875	0.000099	-0.001642
0.000819	-0.000807	-0.000241	-0.001293	-0.005039
0.004818	0.002257	0.000604	-0.001110	-0.008870
-0.007247	-0.005439	-0.002484	-0.000915	0.002911
-0.001194	0.000960	0.000686	0.001837	0.003389
0.001076	0.002274	0.001608	0.000630	0.001862
0.001365	-0.000886	-0.004538	-0.003392	0.001014
0.002208	-0.002484	0.001616	0.003293	0.003662
0.002551	0.000860	-0.000537	-0.001242	-0.001721
0.000259	0.003633	0.004537	0.001823	-0.002995
0.003829	0.004396	0.001452	0.001899	0.004383
-0.001388	-0.001846	-0.000132	0.005887	0.009513
-0.005173	-0.000503	0.001653	0.003539	0.006998
-0.000654	-0.001472	-0.000127	-0.000155	-0.002503
0.005479	0.001935	-0.002359	-0.003332	-0.004193
0.000611	-0.005991	-0.004130	-0.000614	0.000894
0.000056	0.003188	0.003930	0.004174	0.001093
-0.003192	-0.000471	0.001316	0.000414	0.000659
-0.003481	-0.004204	-0.004006	-0.002045	-0.000963
0.003584	-0.000761	-0.002678	-0.004728	-0.003415
-0.000887	-0.005663	-0.001953	0.004278	0.003570
-0.000657	-0.001040	0.001224	0.001542	-0.001502
-0.003870	0.000750	0.001975	-0.000246	0.002258
-0.000380	-0.003984	-0.002286	-0.002177	-0.003739
0.002044	0.001495	0.000289	0.000593	0.001428
				0.004345
				0.002685
				-0.001390

Şekil 4. 10 : Shake programına deprem kaydının tanıtılması.

Komut-5; deformasyonla uyumlu zemin özellikleri elde edilmesi için yazılmaktadır. Yapılacak iterasyonlar için gerekli parametreler aşağıda belirtilmiş olup, ilgili parametreler bu komut ile programa girilmektedir;

- Efektif deformasyon ve maksimum deformasyon arasındaki oran
- Maksimum iterasyon sayısı
- Komut-6 ile istenen zemin tabakalarındaki hareket hesaplanabilmektedir. Zaman aleminde ivme değerleri belirlenen zemin tabakasının tepe noktası için hesaplanmakta, maksimum ivme değeri ve zamanı program tarafından belirlenmektedir.

Data dosyasına komut numarasının yazılmasının ardından aşağıdaki belirtilenler program dosyasına yazılmalıdır;

- Hareketin hesaplatılacağı zemin tabakalarının numaraları
- Zemin tabakalarının tiplerinin girilmesi (1:profil içerisinde alt tabaka veya 0: referans anakaya yüzeyi)
- Hesaplanan değerlere ilişkin istenen çıktı şekli.

Şekil 4.11'de, zemin tabakalarında hareketin hesaplatılmasına ilişkin örnek data girdisi verilmiştir.

5																	
1	3	5	7	9	11	13	14	15	16	17	18	19	20	20			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1			

Şekil 4. 11 : Shake programında zemin tabakalarındaki hareketin hesaplatılması.

Komut-7 ile kesme gerilmesi veya şekil değiştirme zaman grafiğinin hesaplatılması. Komut-8 ile deprem kaydının zamana bağlı değişim grafiği hesaplatılabilir. Komut-9 ile istenen zemin tabakasının üst noktasındaki davranış spektrumu hesaplanmaktadır. Maksimum ivme, hız ve yer değiştirme karşılık gelen zaman değerleri hesaplanabilmekte ve çizdirilebilmekte veya değerler elde edilebilmektedir. Data dosyasına aşağıdaki bilgiler sırası ile girilir;

- Zemin tabakası numarası (“0” yazılması halinde, girilen deprem kaydı için davranış spektrumu elde edilmektedir.)
- Zemin tabakasının tipi (1: profil içerisindeki alt tabaka veya 0: referans anakaya yüzeyi)
- Yerçekimi ivmesi (g cinsinden)
- Sönüm oranı

Komut-9 ile data dosyasına girilen bilgilerin bir örneği Şekil 4.12’te verilmiştir.

```
option 9 -- compute & save response spectrum:
9
1 0
1 0 981.0
0.05
```

Şekil 4. 12 : Shake programında davranış spektrumlarının hesaplatılması.

Komut-10 amplifikasyon fonksiyonu hesaplatılabilir.

- İlk tabakanın numarası
- İlk tabakanın tipi (1: profil içerisindeki alt tabaka veya 0: referans anakaya yüzeyi)
- İkinci tabakanın numarası
- İkinci tabakanın tipi (1: profil içerisindeki alt tabaka veya 0: referans anakaya yüzeyi)

Komut -11 ile istenen tabakanın üst noktasında hesaplanan Fourier spektrum grafiği çizdirilebilmekte ve değerler elde edilebilmektedir. Şekil 4.13’te, 1 numaralı zemin

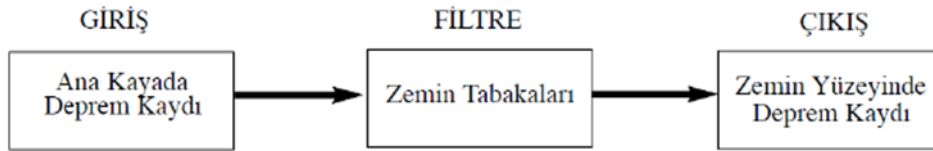
tabakasının Fourier spektrumunun elde edilmesi için komutun data dosyasına yazılışı gösterilmiştir.

```
option 11 -- compute & save fourier spectrum:
11
1 0 2 1 1000
1 0 2 3 1000
```

Şekil 4. 13 : Shake programında Fourier spektrumlarının hesaplatılması.

4.2 Yüzey Kaydından Anakaya Kaydına Geçiş

Shake programı, tabakaların ara yüzeylerinde yer değiştirmelerin ve kayma gerilmelerinin eşitliği şartını kullanmaktadır. Dolayısıyla tabakalar arasında bir transfer söz konusudur. Transfer fonksiyonu, anakaya ile yüzey arasındaki veya herhangi iki tabaka arasındaki genliklerin oranı şeklinde elde edilebilmektedir. (Şekil 4.14). Başka bir deyişle, tabakalarda analiz sonucu elde edilen Fourier spektrum genliklerinin oranı transfer fonksiyonunu vermektedir. Dolayısıyla transfer fonksiyonu zemin tabakalarının yarattığı büyütme özelliğini göstermektedir. Shake programının bu yaklaşımından yararlanılarak anakayadaki deprem kaydı elde edilebilmektedir.



Şekil 4. 14 : Zemin transfer fonksiyonun filtre sistemi olarak şematik gösterimi (Yalçınkaya, 2004).

4.3 Zemin Tabakalarında Elde Edilen Büyütme Özellikleri

Shake programında yapılan analizler ile her bir zemin profilinin yüzeyindeki Fourier genlik spektrumları elde edilmiştir. Bu genlik değerlerinin, anakaya yüzeyinde elde edilmiş Fourier genlik spektrum değerlerine oranlaması ile zeminin deprem dalgaları üzerindeki büyütme (amplifikasyon) etkisini yansıtan transfer fonksiyonları elde edilmiştir. Tüm profillere ait amplifikasyon fonksiyonları Ek A’da verilmiştir. Analiz sonuçlarından Bölüm 5’te bahsedilecektir.

5. ANALİZ SONUÇLARI

NEHRP ve Eurocode8 için oluşturulan sınır zemin profilleri aynı yönetmeliklerdeki zemin sınıflandırma kriterlerine ait maksimum V_{s30} değerleri kullanılarak oluşturulmuş, NEHRP için 5 adet ve Eurocode8 için 4 adet sınır zemin profili elde edilmiştir. Aynı şekilde sınıfların V_{s30} değerlerinin sınırları arasında kalan V_{s30} değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuş, NEHRP için 44 adet ve Eurocode8 için 41 adet ara zemin profili elde edilmiştir. Elde edilen bu profiller bir deprem kaydıyla birlikte Shake Analiz programında kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir.

DBYBHY için oluşturulan sınır zemin profilleri DBYBHY'deki zemin sınıflandırma kriterlerine ait maksimum V_s değerleri kullanılarak oluşturulmuş ve sınıfların kayma dalga hızı değerlerinin sınırları arasında kalan V_s değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu profiller Shake Analiz programında bir deprem kaydıyla kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir. DBYBHY'e ait 48 adet sınır ve 25 adet ara profil oluşturulmuştur. Bu çalışmada toplam 167 tane birbirinden farklı zemin profilleri oluşturulmuş ve bu profiller kullanılarak 167 tane Shake Analizi yapılmıştır.

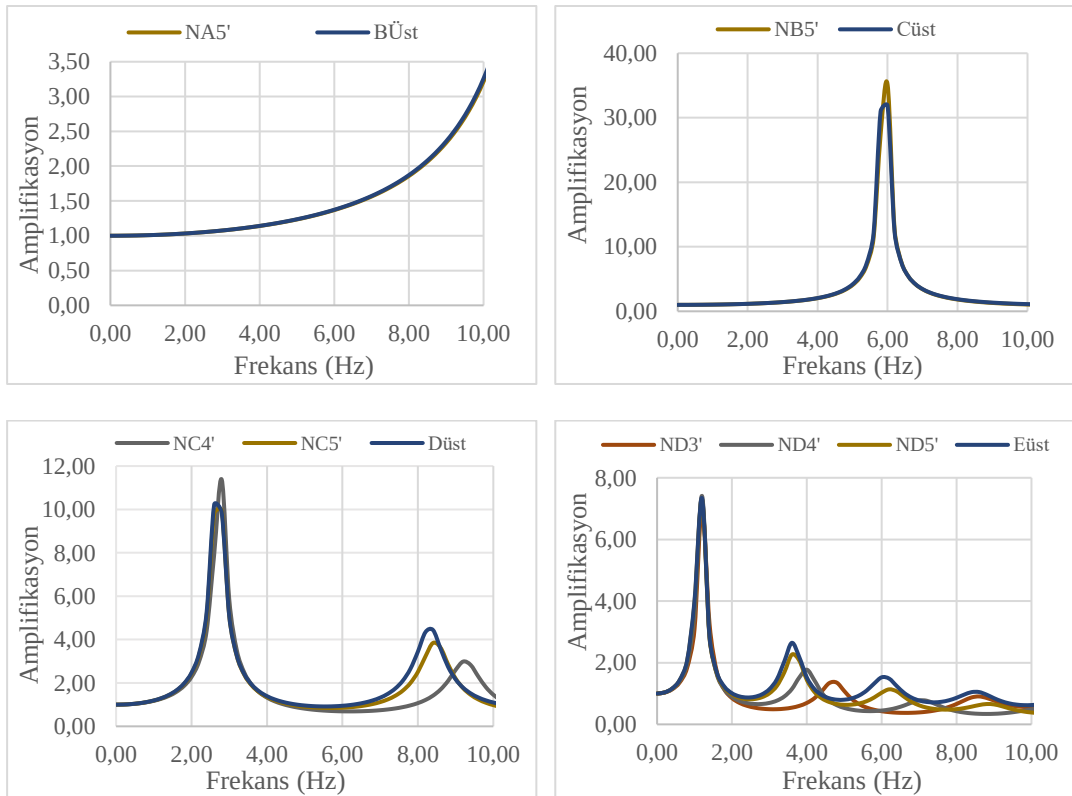
Elde edilen transfer fonksiyonları zemin büyütme (amplifikasyon faktörü) yönünden ele alınmış ve ara profillere ait olan transfer fonksiyonlarının sınırlar arasında kalıp kalmadığını veya sınırların dışına çıkabilecek profillerin olup olmadığını incelenmiştir.

NEHRP EuroCode 8 ve DBYBHY zemin sınıflandırma kriterlerine uygun seçilen zemin profillerine ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve bu fonksiyonlara ait zemin profillerinin kesitleri EK A'da verilmiştir.

NEHRP zemin sınıflandırma kriterlerine uygun seçilen zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları (Transfer Fonksiyonu) incelendiğinde kullanılan bazı zemin profillerinin bir alt sınıfın üst sınır profiliyle aynı frekanslarda aynı zemin

büyütme değerlerini verdiği görülmüştür. Bu durum aşağıda Şekil 5.1'te gösterilmiştir. Şekil 5.1'de de görüldüğü gibi NA5' profili A sınıfına ait olsa da B sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir. NB5' profili B sınıfına ait olsa da C sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir. NC4' ve NC5' profili C sınıfına ait olsa da D sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir. Aynı şekilde ND3', ND4' ve ND5' profili D sınıfına ait olsa da E sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir.

Bu amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profilleri kesitleriyle (Şekil 5.2) beraber incelendiğinde bunun nedenin üstteki en yüksek değere sahip tabaka kalınlığının etkisi olduğu düşünülmüştür. Buna neden olan profiller bulundukları sınıfın en alt sınırları olduğu ve alt sınıfın üst sınırını geçmediği için çok büyük önem taşımadığı düşünülmüştür.

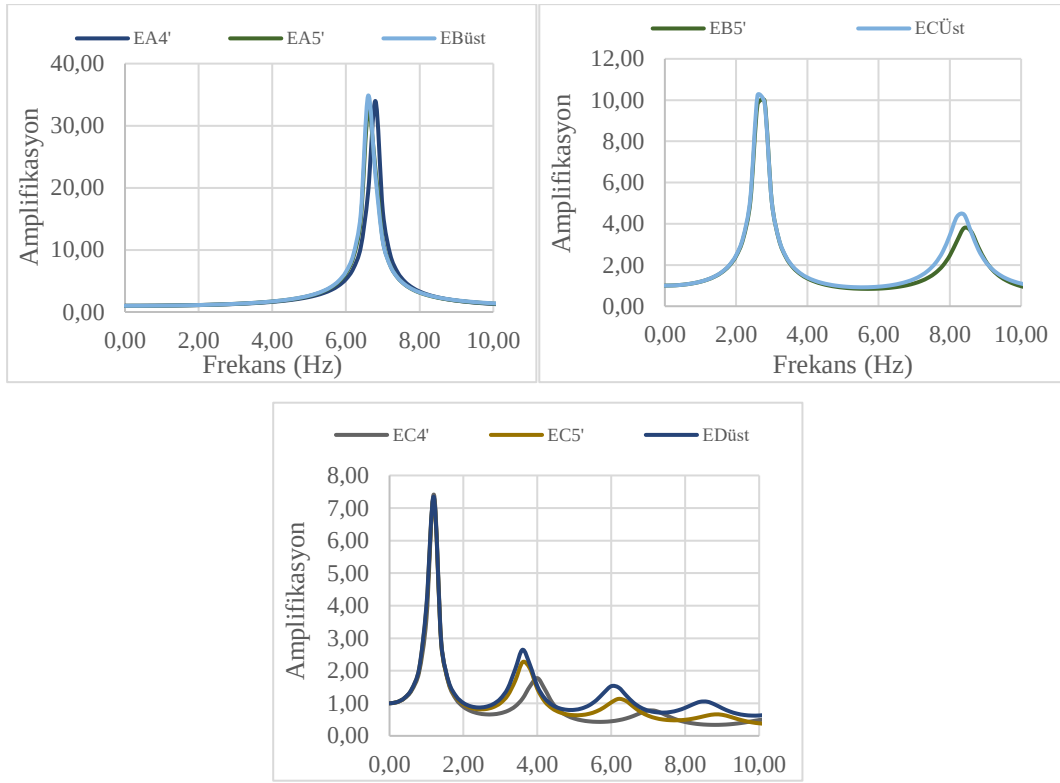


Şekil 5. 1 : NEHRP alt sınıf sınırı ile aynı değer ve eğriyi veren ara amplifikasyon fonksiyonları

[illegible]

Şekil 5. 2 : Şekil 5.1 ‘ deki amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profilleri.

Eurocode8 zemin sınıflarının tanımlamaları incelendiğinde NEHRP'e oranla daha detaylı tanımlamaların olduğu görülmektedir. Kullanılan zemin profili kesitleri ve bu profillere ait amplifikasyon eğrileriyle birlikte aşağıda Şekil 5.3'te verilmiştir. Şekil 5.3'te görüldüğü gibi EA4' ve EA5' A sınıfına ait olsa da B sınıfı Üst sınır profiline ait amplifikasyon fonksiyon grafiğiyle aynı grafiği vermektedir. EB5' B sınıfına ait olsa da C sınıfı Üst sınır profiline ait amplifikasyon fonksiyon grafiğiyle aynı grafiği vermektedir. Ayrıca EC4' ve EC5' C sınıfına ait olsa da D sınıfı üst sınır profiline ait amplifikasyon fonksiyon grafiğiyle aynı grafiği vermektedir. Bu incelemenin sonucu olarak herhangi bir sınıfa ait olan bazı profillerin, bir alt sınıfın üst sınır profiline ait aynı frekanslardaki (en büyük zemin büyütme değerlerini verdiği frekans) zemin büyütme değerlerinin NEHRP kadar birebir aynı olmasa da yaklaşık olarak aynı zemin büyütme değerini verdiği görülmektedir. Bu sebepten dolayı Eurocode8'in daha tutarlı olduğu düşünülebilir. Ayrıca bu iki yönetmelikte göstermiştir ki zemin tabakalarının kalınlıklarının Transfer Fonksiyonları üzerinde çok etkili olduğu görülmüştür.



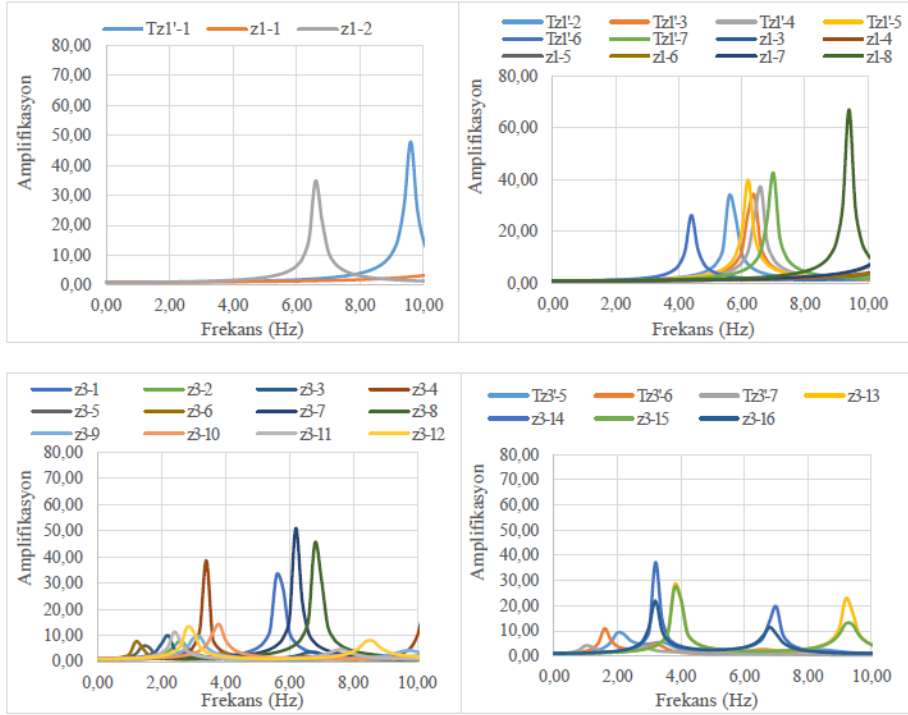
Şekil 5.3 : Eurocode8 alt sınıf sınırı ile aynı değer ve eğriyi veren ara amplifikasyon fonksiyonlarının bir arada gösterilmesi.

EA4'	EA5'	Büst (E)	EB5'	Cüst (E)	EC4'	EC5'	Düst (E)
10 m	5 m	5 m	5 m	10 m	5 m	5 m	30 m
Kaya Vs=1500 m/sn	Kaya Vs=1500 m/sn	Sert Kil Vs=800 m/sn	Sert Kil Vs=800 m/sn	Katı Kil Vs=360 m/sn	Katı Kil Vs=360 m/sn	Katı Kil Vs=360 m/sn	Siltli Kil Vs=180 m/sn
20 m	25 m	25 m	25 m	20 m	25 m	25 m	30 m
Sert Kil Vs=800 m/sn	Sert Kil Vs=800 m/sn	Sert Kil Vs=800 m/sn	Katı Kil Vs=360 m/sn	Katı Kil Vs=360 m/sn	Siltli Kil Vs=180 m/sn	Siltli Kil Vs=180 m/sn	Siltli Kil Vs=180 m/sn
Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn

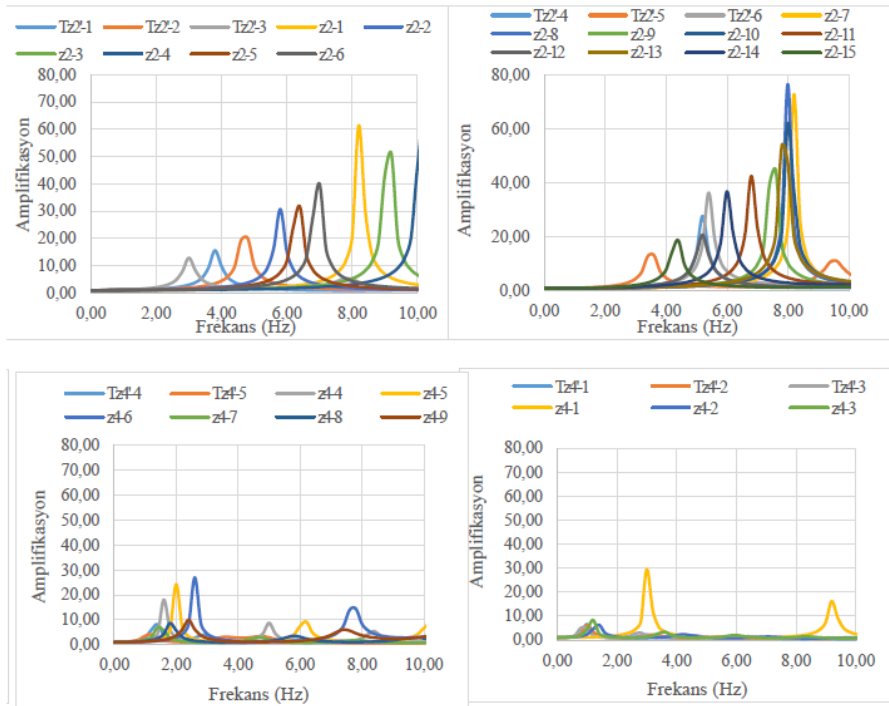
Şekil 5.4 : Şekil 5.3 ' teki amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profilleri.

DBYBHY zemin sınıflandırma kriterleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda: ardışık farklı iki sınıfta yaklaşık olarak aynı frekanslarda yaklaşık olarak aynı zemin büyütme değerlerine sahip profillerin olduğu görülmektedir. Bu durum Şekil 5.5'te gösterilmektedir.

gözlennmektedir. Ayrıca DBYBHY zemin sınıflandırma amplifikasyon eğrilerine ait zemin profil kesitleri de 5.9, 5.10 ve 5.11’ de gösterilmiştir.



Şekil 5. 7 : DBYBHY Zemin Z1 ve Z2 Sınıflarına ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları.



Şekil 5. 8 : DBYBHY Zemin Z3 ve Z4 Sınıflarına ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları.

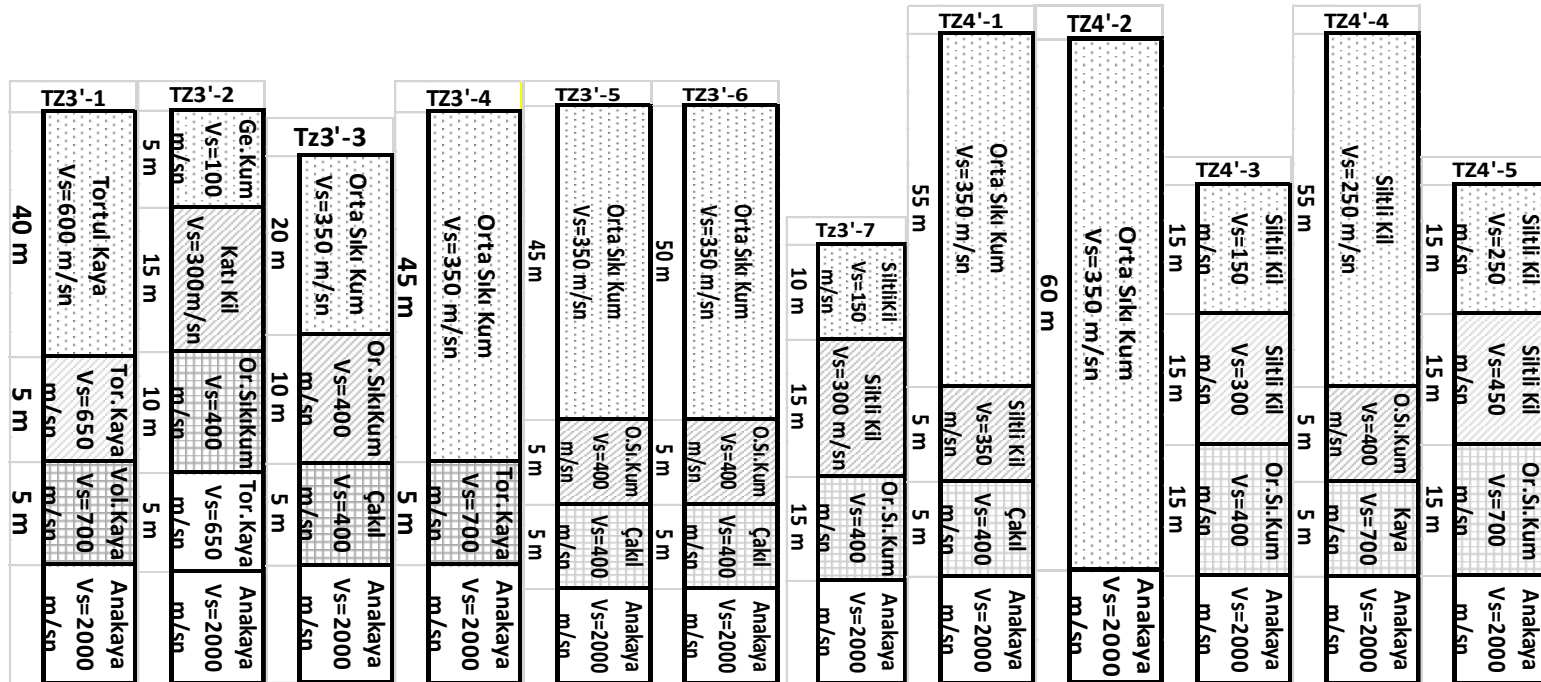
Z2-11	Orta Siki Kum Vs=400m/s	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-10	Orta Siki Kum Vs=400	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-9	Kaya Vs=700m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-8	Kaya Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-7	Kaya Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-6	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-5	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-4	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-3	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-2	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z2-1	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z1-8	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-7	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-6	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-5	Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-4	Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-3	Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-2	Sert Kil Vs=800 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z1-1	Volkanik Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	

TZ2'-6	Siltli Kil Vs=250 m/sn	Siltli Kil Vs=450 m/sn	Siltli Kil Vs=700m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ2'-5	Or.SikiKum Vs=350 m/sn	Siki Kum Vs=500 m/sn	Vol.Kaya Vs=950 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ2'-4	Siltli Kil Vs=250 m/sn	Siki Kum Vs=400 m/sn	Sert Kil Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ2'-3	ÇokKatıkil Vs=450 m/sn	Çakıl Vs=700 m/sn	Vol.Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ2'-2	Tör.Kaya Vs=600 m/sn	Siki Kum Vs=650 m/sn	Vol.Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ2'-1	Siki kum Vs=650 m/sn	Çakıl Vs=700 m/sn	Vol.Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ1'-7	Siltli Kil Vs=600 m/sn	Ç. Katıkil Vs=750 m/sn	Ç. Katıkil Vs=900 m/sn	Sertkaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
TZ1'-6	Siltli Kil Vs=350 m/sn	Ç. Katıkil Vs=500 m/sn	Ç. Katıkil Vs=800 m/sn	Sertkaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
TZ1'-5	Siki Kum Vs=450 m/sn	ÇokSiki Kum Vs=750 m/sn	Tört. Kaya Vs=900 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ1'-4	Siki Kum Vs=600 m/sn	ÇokSiki Kum Vs=750 m/sn	Tört. Kaya Vs=900 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ1'-3	ÇokKatı kil Vs=500m	Çok Siki Kum Vs=850 m/sn	Tört. Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
TZ1'-2	Çakıl Vs=580 m/sn	ÇokSiki Kum Vs=900 m/sn	Çakıl Vs=1000 m/sn	Tortul Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
TZ1'-1	ÇokKatı kil Vs=500m	Çok Siki Kum Vs=850 m/sn	Tört. Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z2-15	Katı Kil Vs=300m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn		
Z2-14	Katı Kil Vs=300m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn		
Z2-13	Katı Kil Vs=300m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn		
Z2-12	Orta Siki Kum Vs=400m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn		

Şekil 5. 9 : DBYBHY Zemin Z1ve Z2 Sınıflarına ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profil kesitleri.

Z3-16			Katı Kil Vs=190 m/s	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-15			Katı Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-14			Orta Siki Kum Vs=400 m/s	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-13			Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-12			Siltli Kil Vs=300 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-11			Siltli Kil Vs=300 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-10			Siki Kum Vs=400 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-9			Siki Kum Vs=400 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-8			Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-7			Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-6			Siltli Kil Vs=300 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-5			Siki Kum Vs=400 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-4			Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-3			Siltli Kil Vs=300 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-2			Siki Kum Vs=400 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-1			Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z4-9			Siltli Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-8			Siltli Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-7			Siltli Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-6			Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-5			Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-4			Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-3			Siltli Kil Vs=300 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z4-2			Siki Kum Vs=400 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z4-1			Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	

Şekil 5. 10 : DBYBHY Zemin Z3 ve Z4 Sınıflarına ait sınır amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profil kesitleri.



Şekil 5. 11 : DBYBHY Zemin Z3 ve Z4 Sınıflarına ait ara amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profil kesitler

6. SONUÇ

Depremlerin oluşumunu önlemek imkansızdır fakat kuvvetli deprem sarsıntısının etkilerini hafifletmek; can kaybı, yaralanma ve zararı azaltmak mümkündür. Bu sebeptendir ki insanlar depremlerle mücadele etmenin yollarını aramaya yıllar öncesinde başlamış ve bu konuyla ilgili disiplinler oluşturmaya çalışmışlardır. Deprem mühendisliği de bunlardan biridir.

Son yıllarda yaşanan depremler bir kez daha göstermiştir ki yapısal hasar, deprem ve yapılaşma özelliklerinin yanında zemin koşullarından da etkilenmektedir. Bir depremin zemin tabakaları içerisinde ilerlerken yapılarda olan kalıcı yıkıcı etkisi esas olarak yayılan dalgaların genliklerindeki artırımdan kaynaklanmaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımını kolaylaştırmak, yaygınlaştırmak ve denetlemek adına ülkeler kendi aralarında bu alanda uzman olan bilim adamlarından oluşan komiteler aracılığıyla bazı yönetmelikler oluşturmuşlardır.

Bu çalışmada Nehrp ve Eurocode8'deki zemin sınıflandırma kriterlerine ait maksimum V_{s30} değerleri kullanılarak bu sınıflara ait sınır zemin profilleri oluşturulmuştur. Aynı şekilde sınıfların V_{s30} değerlerinin sınırları arasında kalan V_{s30} değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu profiller Shake Analiz programında bir deprem kaydıyla kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir.

DBYBHY'deki zemin sınıflandırma kriterlerine ait maksimum V_s değerleri kullanılarak bu sınıflara ait sınır zemin profilleri oluşturulmuş ve sınıfların V_s değerlerinin sınırları arasında kalan V_s değerleri kullanılarak birbirinden farklı ara zemin profilleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu profiller Shake Analiz programında bir deprem kaydıyla kullanılarak dinamik analizleri yapılmış ve transfer fonksiyonları elde edilmiştir. Sınır zemin profillerinin analizleri sonucu elde edilen transfer fonksiyonları sınır olarak kabul edilmiştir.

Yukarıda belirtilen şekilde oluşturulan toplam 167 tane zemin birbirinden farklı zemin profilleri oluşturulmuş ve bu profiller kullanılarak 167 tane Shake Analizi yapılmıştır.

Elde edilen transfer fonksiyonları zemin büyütme (amplifikasyon faktörü) yönünden ele alınmış ve ara profillere ait olan transfer fonksiyonlarının sınırlar (sınır zemin profillerine ait transfer fonksiyonları) arasında kalıp kalmadığını veya sınırların dışına çıkabilecek profillerin olup olmadığı incelenmiştir.

NEHRP zemin sınıflandırma kriterlerine uygun seçilen zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları (Transfer Fonksiyonu) incelendiğinde kullanılan bazı zemin profillerin bir alt sınıfın üst sınır profiliyle aynı frekanslarda aynı zemin büyütme değerlerini verdiği görülmüştür. NA5' profili A sınıfına ait olsa da B sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir. NB5' profili B sınıfına ait olsa da C sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir. NC4' ve NC5' profili C sınıfına ait olsa da D sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir. Aynı şekilde ND3', ND4' ve ND5' profili D sınıfına ait olsa da E sınıfının üst sınır profiliyle aynı amplifikasyon fonksiyon grafiğini vermektedir.

Bu amplifikasyon fonksiyonlarına ait zemin profilleri kesitleriyle beraber incelendiğinde bunun nedenin üstteki en yüksek değere sahip tabaka kalınlığının etkisi olduğu düşünülmüştür. Buna neden olan profiller bulundukları sınıfın en alt sınırları olduğu ve alt sınıfın üst sınırını geçmediği için çok büyük önem taşımadığı düşünülmüştür.

Eurocode8 zemin sınıflarının tanımlamaları incelendiğinde NEHRP'e oranla daha detaylı tanımlamaların olduğu görülmektedir. EA4' ve EA5' A sınıfına ait olsa da B sınıfı Üst sınır profiline ait amplifikasyon fonksiyon grafiğiyle aynı grafiği vermektedir. EB5' B sınıfına ait olsa da C sınıfı Üst sınır profiline ait amplifikasyon fonksiyon grafiğiyle aynı grafiği vermektedir. Ayrıca EC4' ve EC5' C sınıfına ait olsa da D sınıfı üst sınır profiline ait amplifikasyon fonksiyon grafiğiyle aynı grafiği vermektedir. Bu incelemenin sonucu olarak herhangi bir sınıfa ait olan bazı profillerin, bir alt sınıfın üst sınır profiline ait aynı frekanslardaki (en büyük zemin büyütme değerlerini verdiği frekans) zemin büyütme değerlerinin NEHRP kadar birebir aynı olmasa da yaklaşık olarak aynı zemin büyütme değerini verdiği görülmektedir.

DBYBHY zemin sınıflandırma kriterleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda: ardışık farklı iki sınıfta yaklaşık olarak aynı frekanslarda yaklaşık olarak aynı zemin büyütme değerlerine sahip profillerin olduğu görülmektedir. DBYBHY ait zemin sınıflarının tanımlamalarına göz gezdirildiğinde diğer iki yönetmeliğe göre daha detaylı tanımlamaların olduğu görülmektedir. Fakat sonuçlar incelendiğinde sınırların diğer iki yönetmelik kadar keskin olmadığı sınıf sınırları arasında birbirine kaymalar olduğu gözlenmektedir. Bu duruma, NEHRP ve Eurocode8’de zemin sınıflandırma kriterlerine ait V_{s30} değerlerini her bir sınıf için net olarak tanımlanırken, DBYBHY’de ise çok çeşitli sınırlar tanımlanmasının neden olduğu düşünülmüştür.

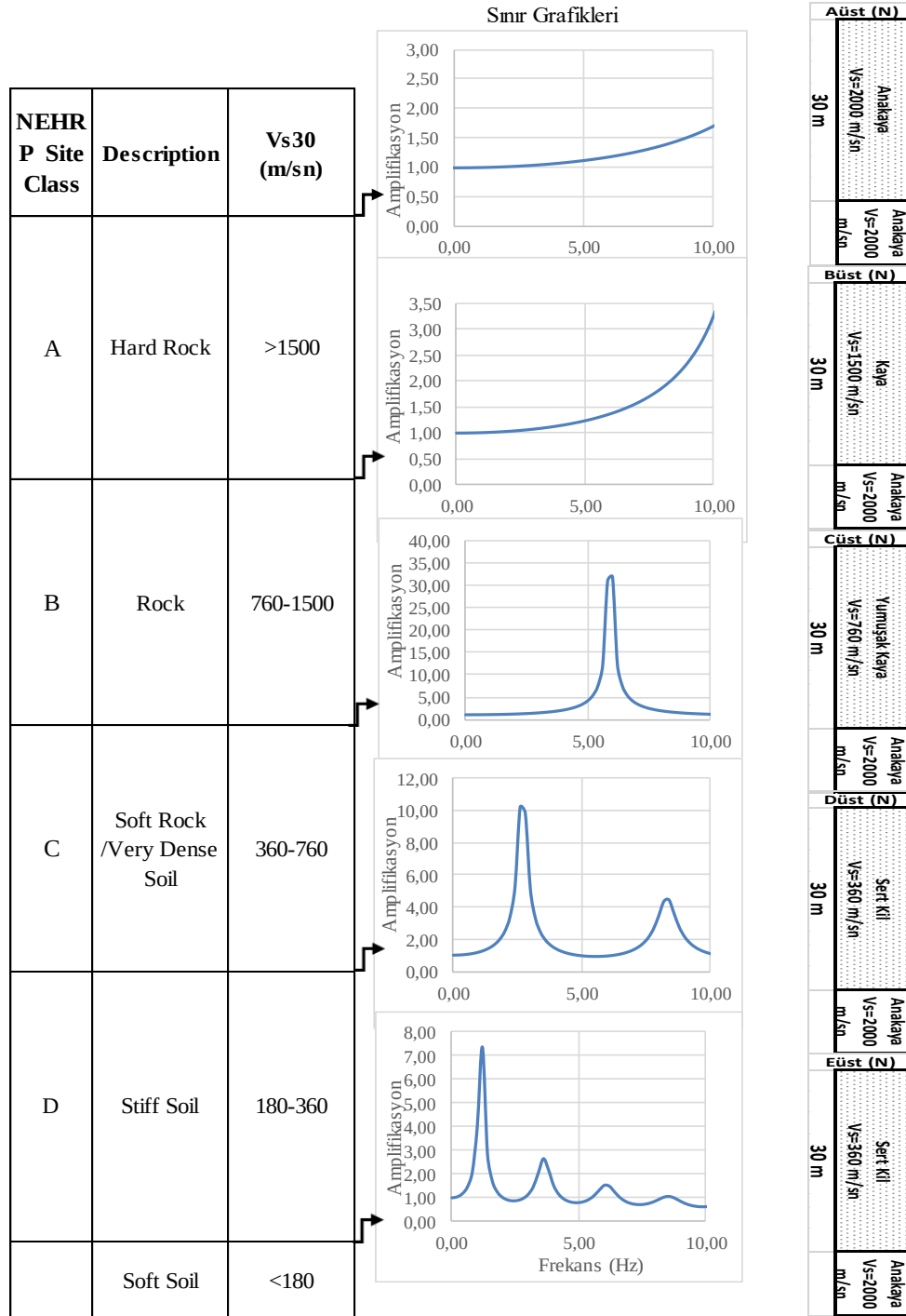
NEHRP EuroCode 8 ve DBYBHY zemin sınıflandırma kriterlerine uygun seçilen zemin profillerine ait bütün sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve bu fonksiyonlara ait zemin profillerinin kesitleri EK A’da verilmiştir.

KAYNAKLAR

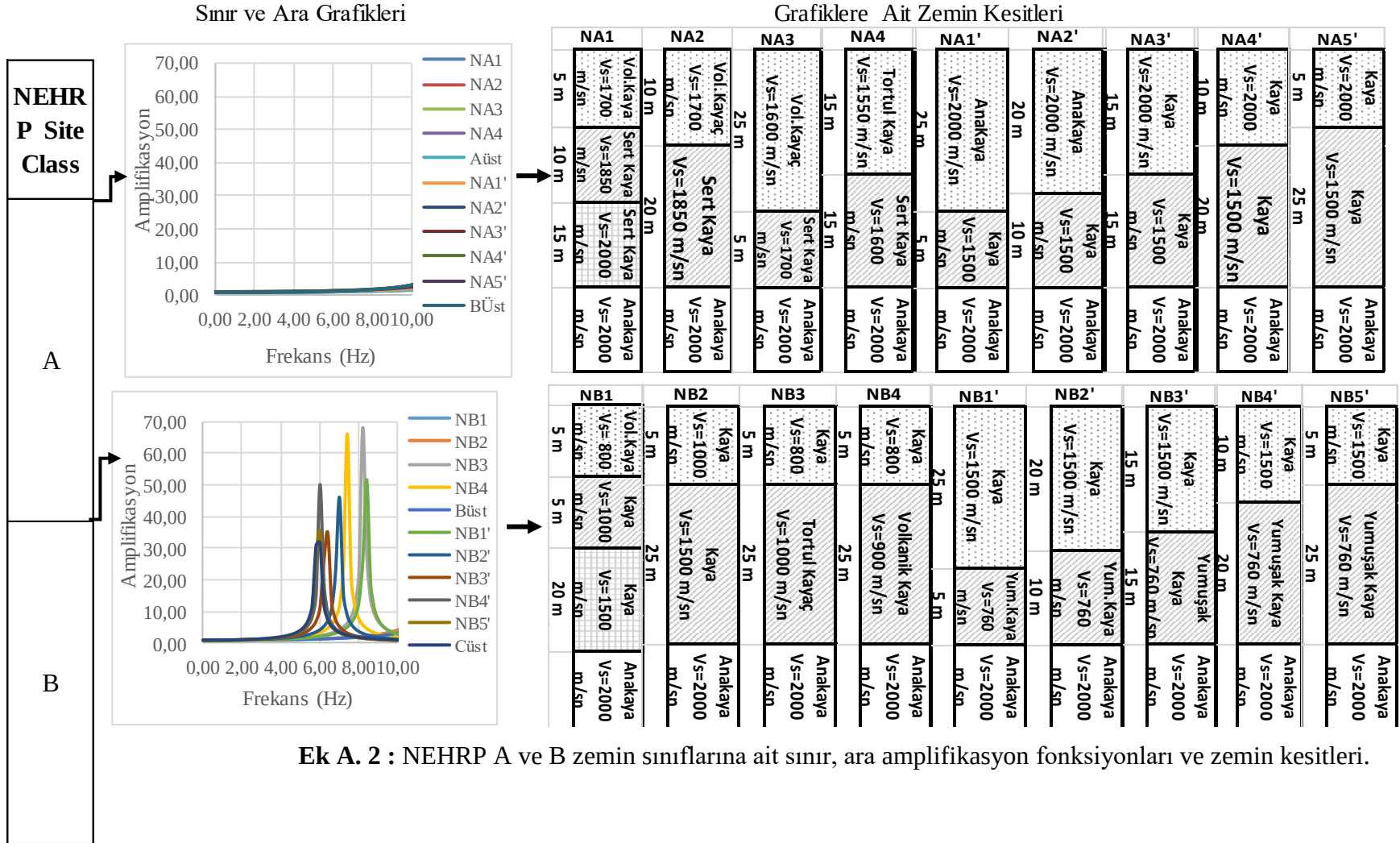
- Arslan, H Ve Siyahi, B.** (2006). A comperatative study on linear and nonlinear site response analysis, *Environmental Geology*, doi:10.1007/s00254-006-0291-4.
- Haşal, M. E.** (2009). *Topografik düzensizliklerin zemin büyütmesine etkisi* (doktora tezi), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ishiara, K. ve Ansal, A.** (1982). *Dynamic behaviour of soils, soil amplification and soil structure iteration*, Final Report, UNDP Project, RER/79/014.
- İyisan, R., Haşal, M. E.** (2011). Zemin büyütmesi ve yerel koşulların spectral ivmeye etkisi, *İTÜ Dergisi D: Mühendislik*, Cilt:10, Sayı:4, s:47-56.
- Kaptan, K. ve Tezcan, S.** (2012). Deprem dalgalarının zemin büyütmesi üzerine örnekler, *TUBAV Bilim Dergisi*, cilt 5, Sayı 4, s. 17-32.
- Steven, K.** (1996) *Geotechnical Earthquake Engineering*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, ISBN 0-13374943-6.
- Lav, A.** (1994). *İstanbul ve Erzincan şehirlerinde zemin büyütme etkilerine göre mikrobölgeleme* (doktora tezi), İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,
- Macmurdo, J.** (1824). Papers relasting to earthquake which occurred in India in 1819, *Philosophical Magazine*, Vol.63, s.105-177.
- Mallet, R.** (1862). *Great Neapoliten Earthquake of 1857*, Londra, 2 vols.
- Okur, V., Altun, S., Ansal, A.** (2007). İnce daneli zeminlerde çevrimsel şekil değiştirme, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul*.
- Okur, V., Ansal, A.** (2009). Tekrarlı yük etkisinde kil zeminlerin Lineer olmayan elastik davranışı, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt: XXII, Sayı: 1, s.
- Proshake User's Manual**, Ground Response Analysis Program, EduPro Civil Systems, Inc. Redmond, Washington.
- Reid, H. F.** (1910). The California Earthquake of April, 18, 1906, Publication 87, Vol .21, Carnegie Institue of Washington, Washington, D.C.
- Roesset J. M.** (1977). *Soil amplification in earthquakes, Numerical Methods in Geotechnical Engineering*, C.S. Desai and J.T. Christian, eds, McGraw Hill, New York, 19, s.639-682, ISBN:0-07-016542-4.

- Schnabel, P. B., Lysmer, J., Seed, H. B.** (1972). *Shake: A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites*, Report No. UCB/EERC-72/12, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- Seed, H. B., and Idriss, I. M.** (1970). Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis. Rep. No. EERC-70/10, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- Seed, H. B., Wong, R. T., Idriss, I. M., and Tokimatsu, K.** (1986). *Moduli and damping factors for dynamics analysis of cohesionless soils. J. Geotech. Eng.*, Vol.112, No.11, s.1016-1032.
- Stain, S., Wyssession, M.** (2003). *An introduction to seismology, earthquake, and earth structure*, Blackwell publishing, ISBN-13: 978-0-86542-0748-6.
- Şafak, E.** (2001). Local site effects and dynamic soil behaviour, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 21, s.453-458.
- Vucetic, M., and Dobry, R.** (1991). Effect of soil plasticity on cyclic response. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE Vol.117, No.1, s.89-107.
- Wood, H.O.** (1908). Distribution of apparant intensity in San Francisco, in the California earthquake of April, 18, 1906, *Report of the State Earthquake Investigation Commision*, Carnegie Institute of Washington, Washington, D.C, Vol.1, s.220-245.
- Yalçinkaya, E.** (2004). Bir boyutlu modeller için zemin büyütmesine etkieden parametrelerin incelenmesi, *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, Cilt 17, S. 1, s. 47-56.
- Yalçinkaya, E.** (2010). Zemin büyütmesi neden bu kadar önemli, *Jeofizik Bülteni*, Sayı: 63, ISSN: 1330-140X.
- Yoshida, N., ve Iai, S.** (1998). Nonlinear site response and its evaluation and prediction, Proceedings of Second International Symposium on the Effects of Geology on Seismic Motion, Vol 1 pp. 71-90.
- Url-2 <<http://www.afad.gov.tr/tr/HbIcerikdetay.aspx?ID=23&IcerikID=676>>, alındığı tarih: 10.03.2016.
- Url-1 <http://en.wikipedia.org/wiki/Eurocode_8:_Design_of_structures_for_earthquake_resistance>, alındığı tarih :10.03.2016

EK A

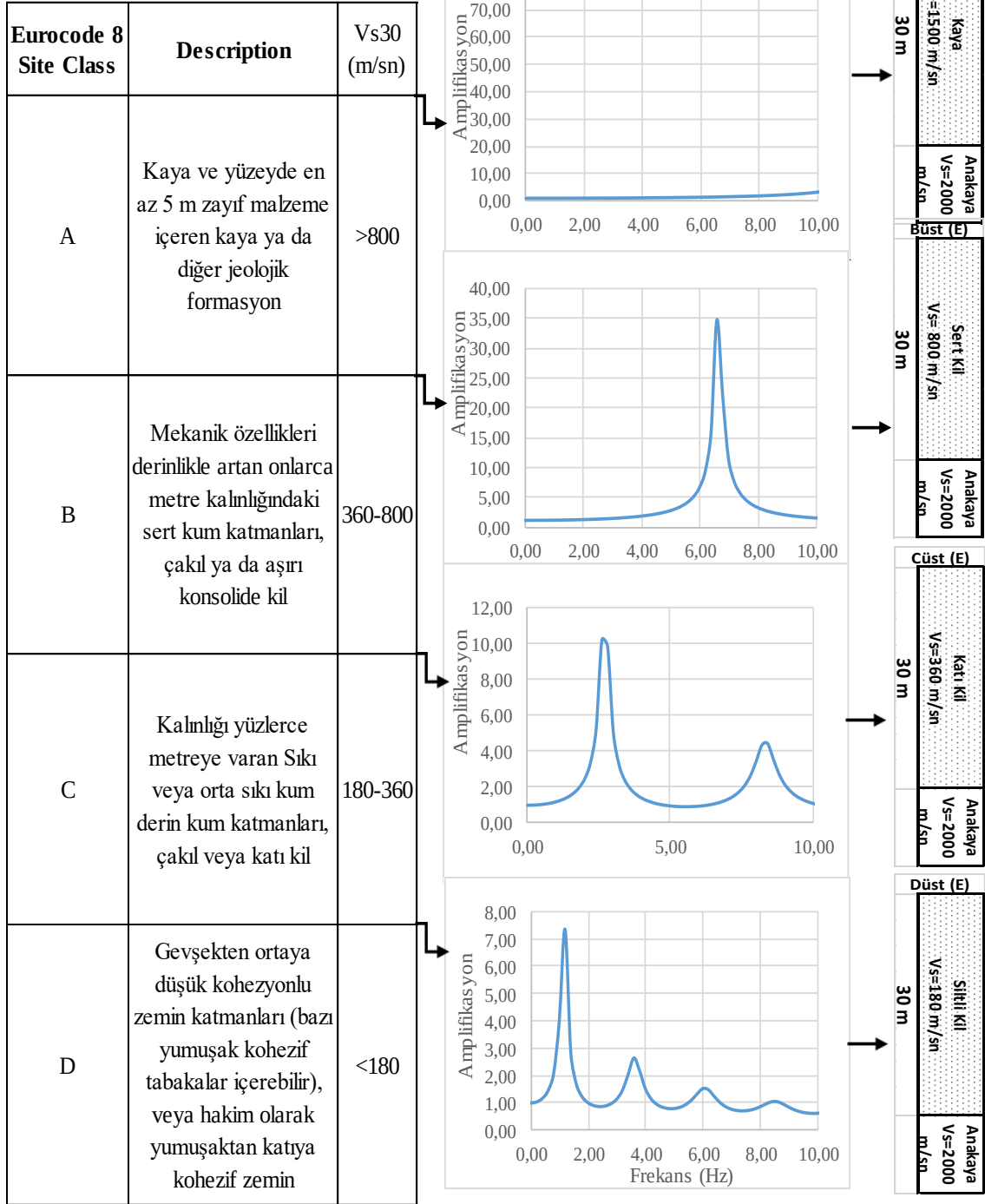


Ek A. 1 : NEHRP Zemin Sınıflandırmasına ait sınır amplifikasyon fonksiyonları ve bu fonksiyonlara ait profil kesitleri.



STANDART TANIMLAMALARI

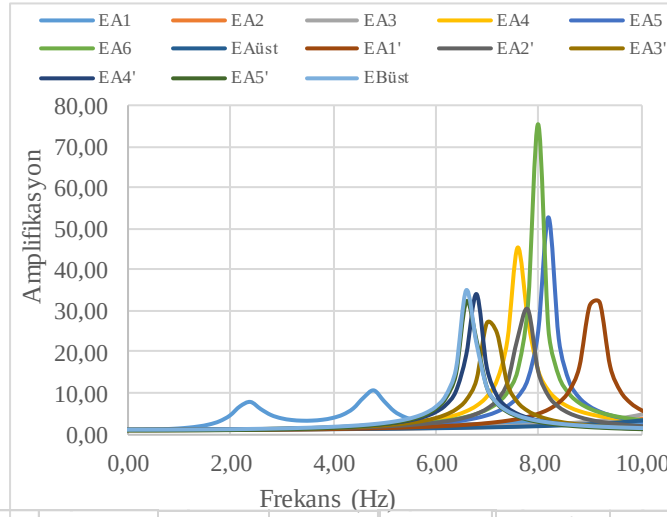
SINIR PROFİLLERİ



Ek A. 4 : Eurocode 8 A, B, C ve D sınıfı ait sınır amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.

ECode
8 Site
Class

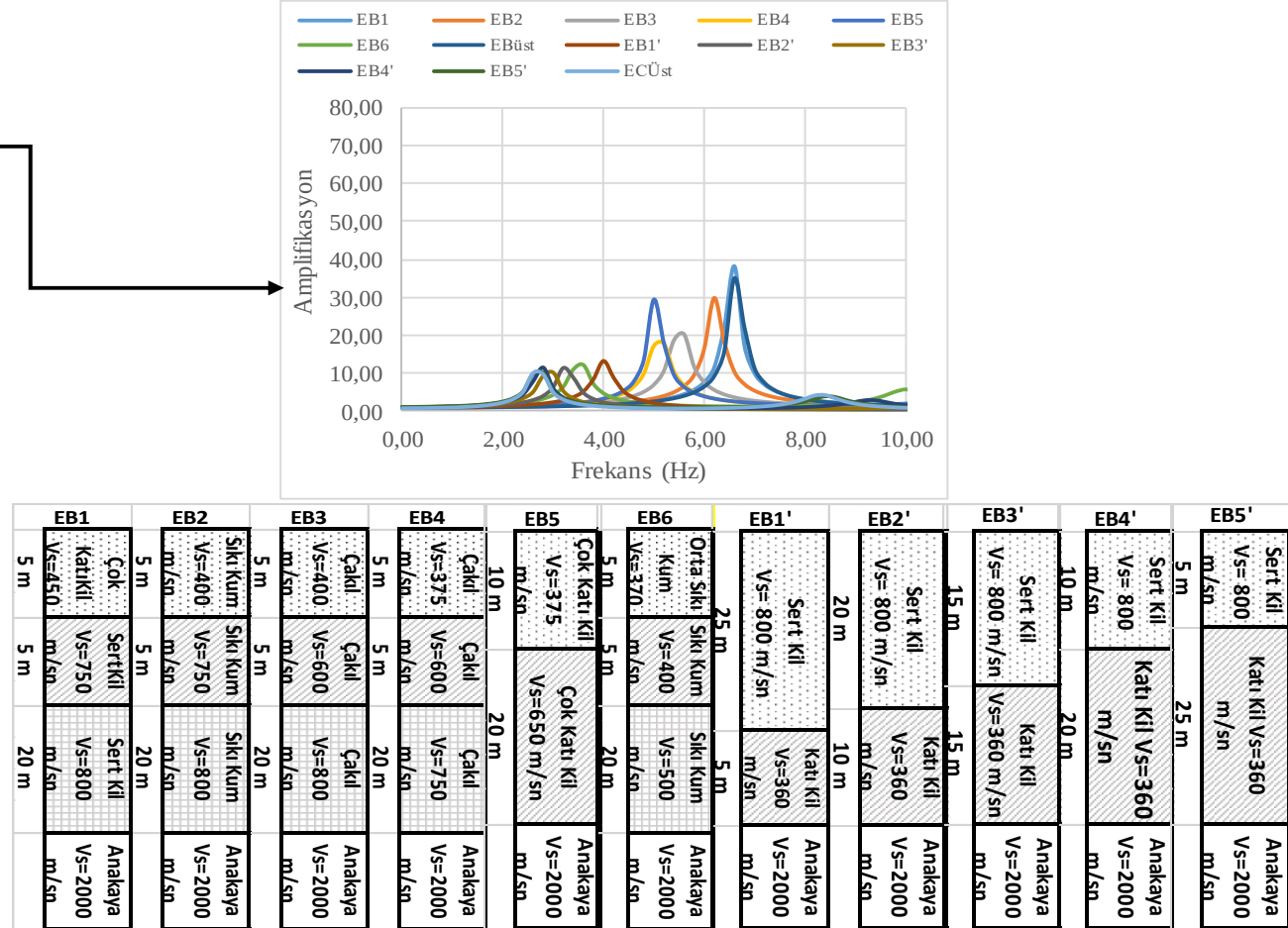
A



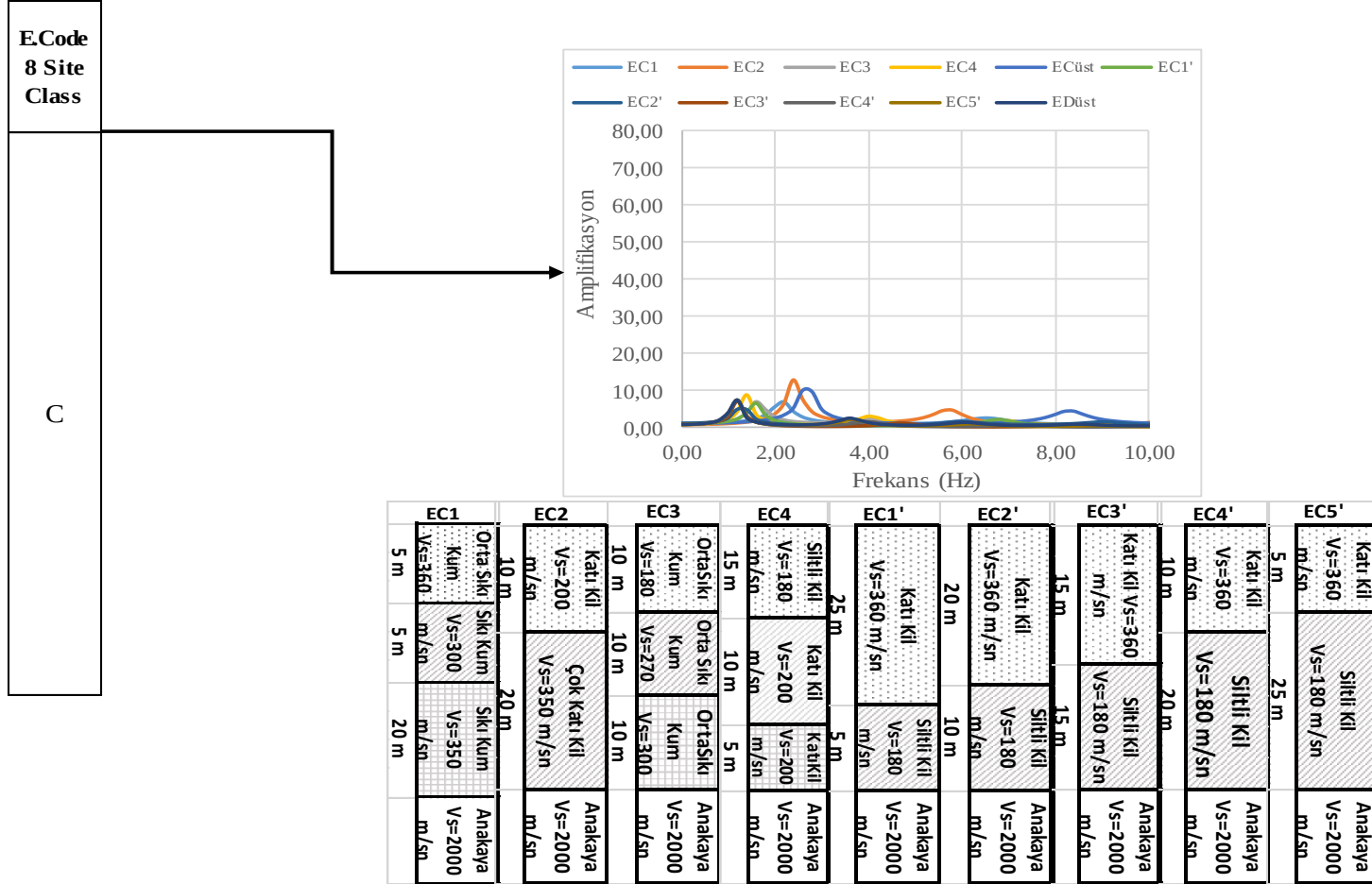
EA1	EA2	EA3	EA4	EA5	EA6	EA1'	EA2'	EA3'	EA4'	EA5'
5 m	5 m	5 m	10 m	10 m	5 m	25 m	20 m	15 m	10 m	5 m
Çok Sıktı Kum	Sıktı Kum	Çok Sıktı Kum	Katı Kil	Katı Kil	Sıktı Kum	Kaya	Kaya	Kaya	Kaya	Kaya
Vs=800 m/sn	Vs=500 m/sn	Vs=700 m/sn	Vs=375 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=375 m/sn	Vs=1500 m/sn	Vs=1500 m/sn	Vs=1500 m/sn	Vs=1500 m/sn	Vs=1500 m/sn
5 m	5 m	5 m	10 m	10 m	5 m	25 m	20 m	15 m	10 m	5 m
Sert Kaya	Çok Katı Kil	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil	Kaya	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil
Vs=1000 m/sn	Vs=850 m/sn	Vs=900 m/sn	Vs=1250 m/sn	Vs=1000 m/sn	Vs=900 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn
20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	5 m	10 m	10 m	10 m	10 m	25 m
Sert Kaya	Çok Katı Kil	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil	Kaya	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil	Sert Kil
Vs=2000 m/sn	Vs=1750 m/sn	Vs=1500 m/sn	Vs=1250 m/sn	Vs=1000 m/sn	Vs=1000 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn	Vs=800 m/sn
Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya	Anakaya
Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn	Vs=2000 m/sn

Ek A. 5 : Eurocode 8 A sınıfı zemin profillerine ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.

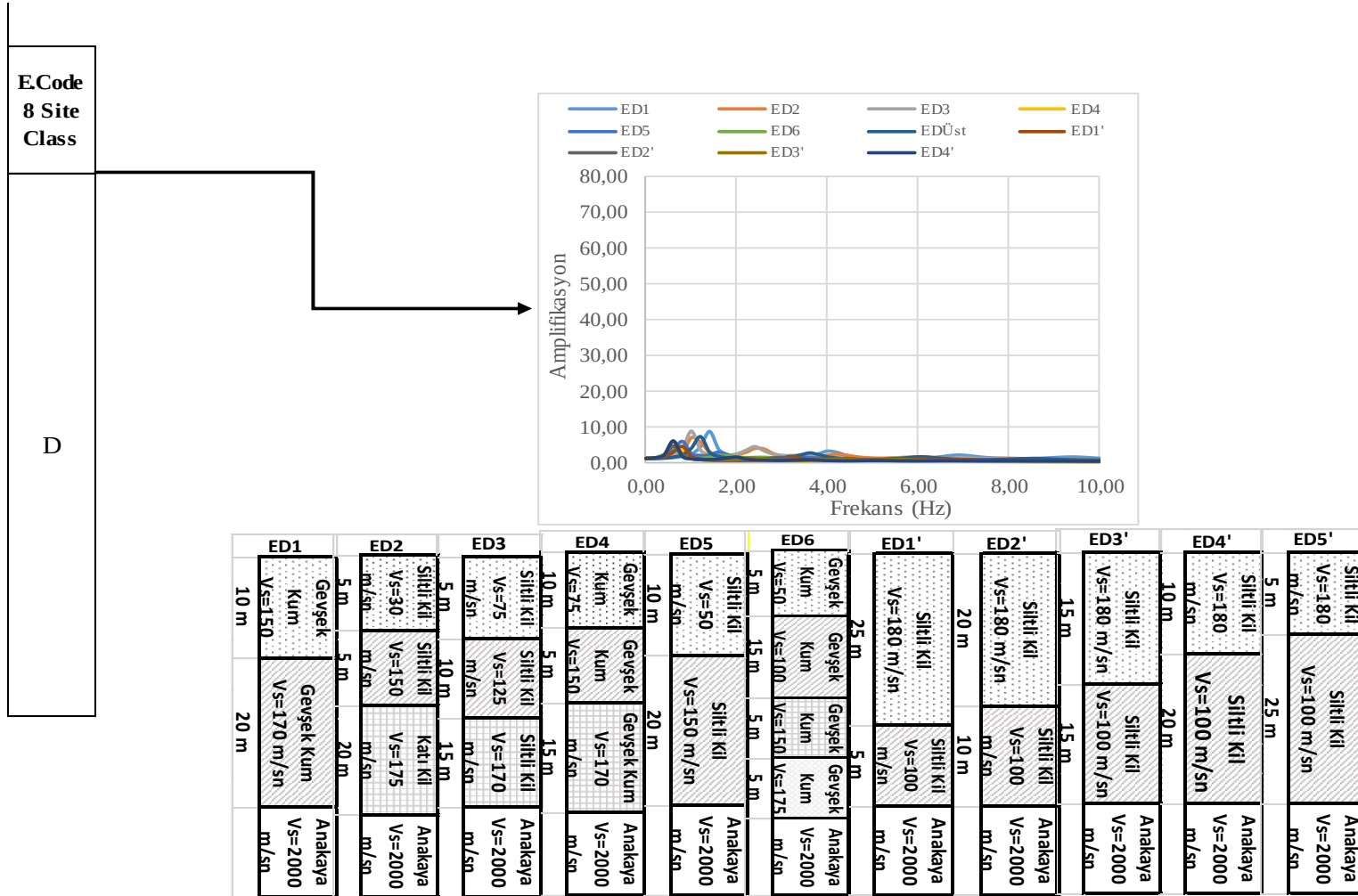
E.Code 8 Site Class	
B	



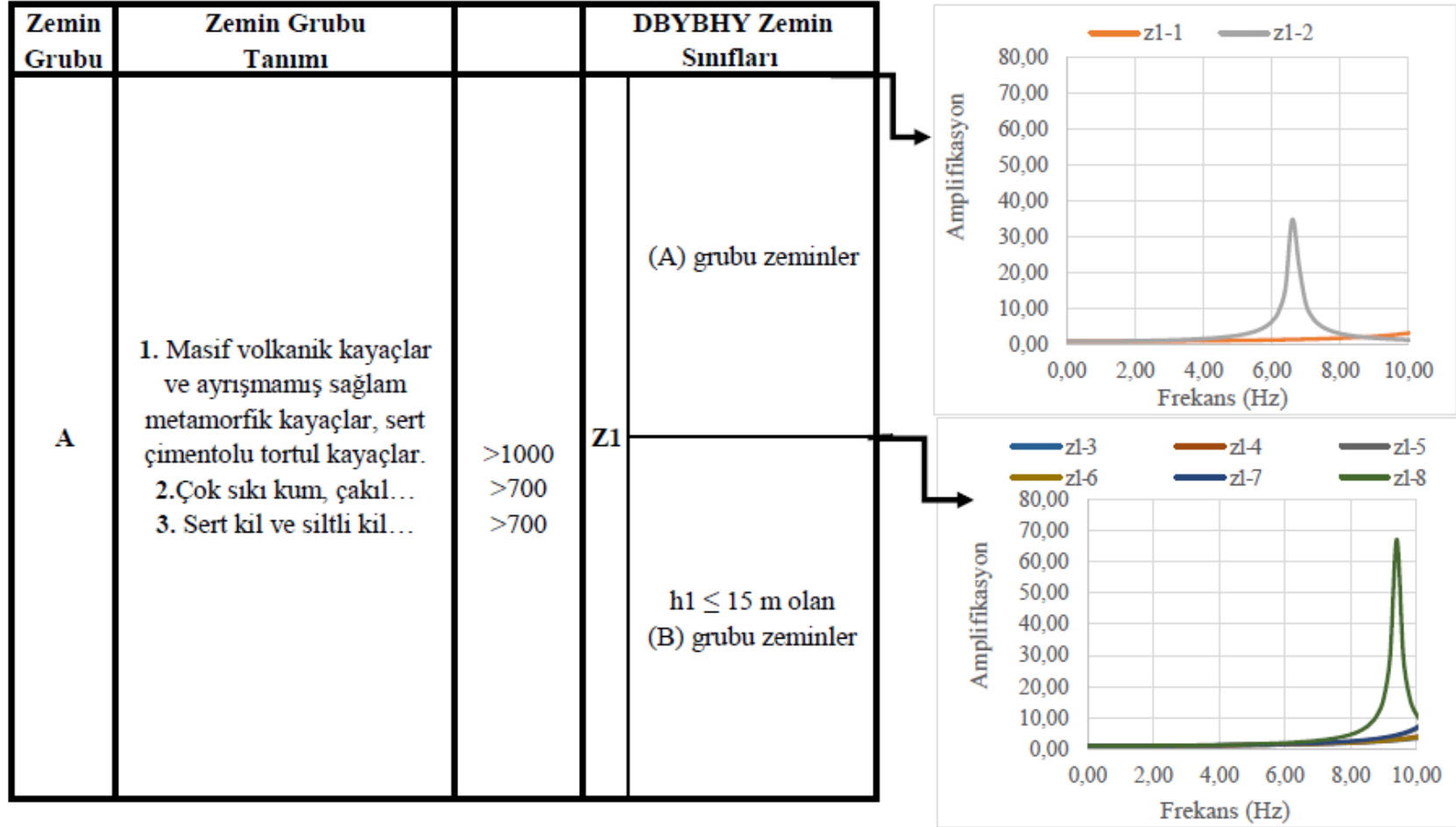
Ek A. 6 : Eurocode 8 B sınıfı zemin profillerine ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.



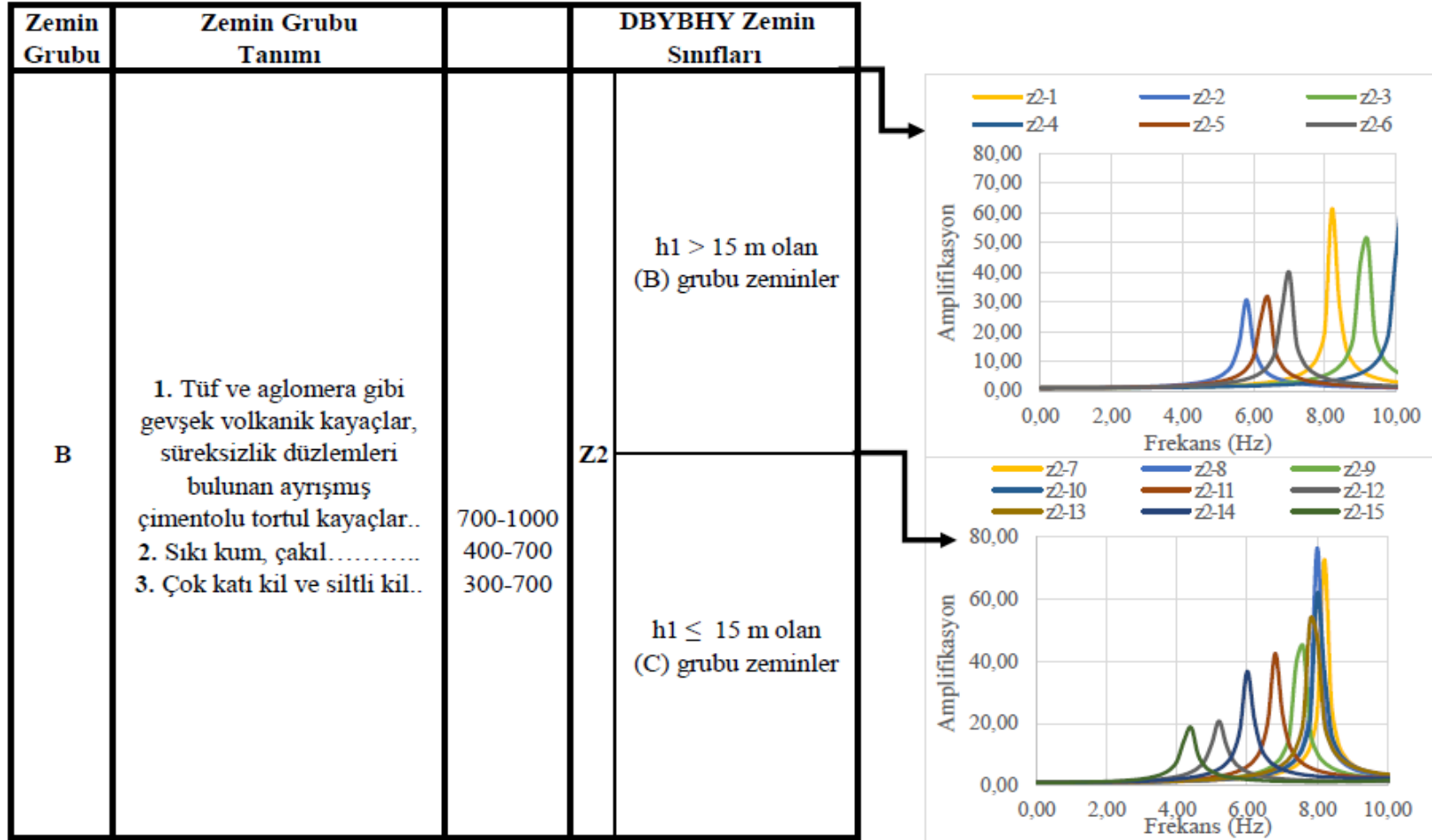
Ek A. 7 : Eurocode 8 C sınıfı zemin profillerine ait sınır, ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.



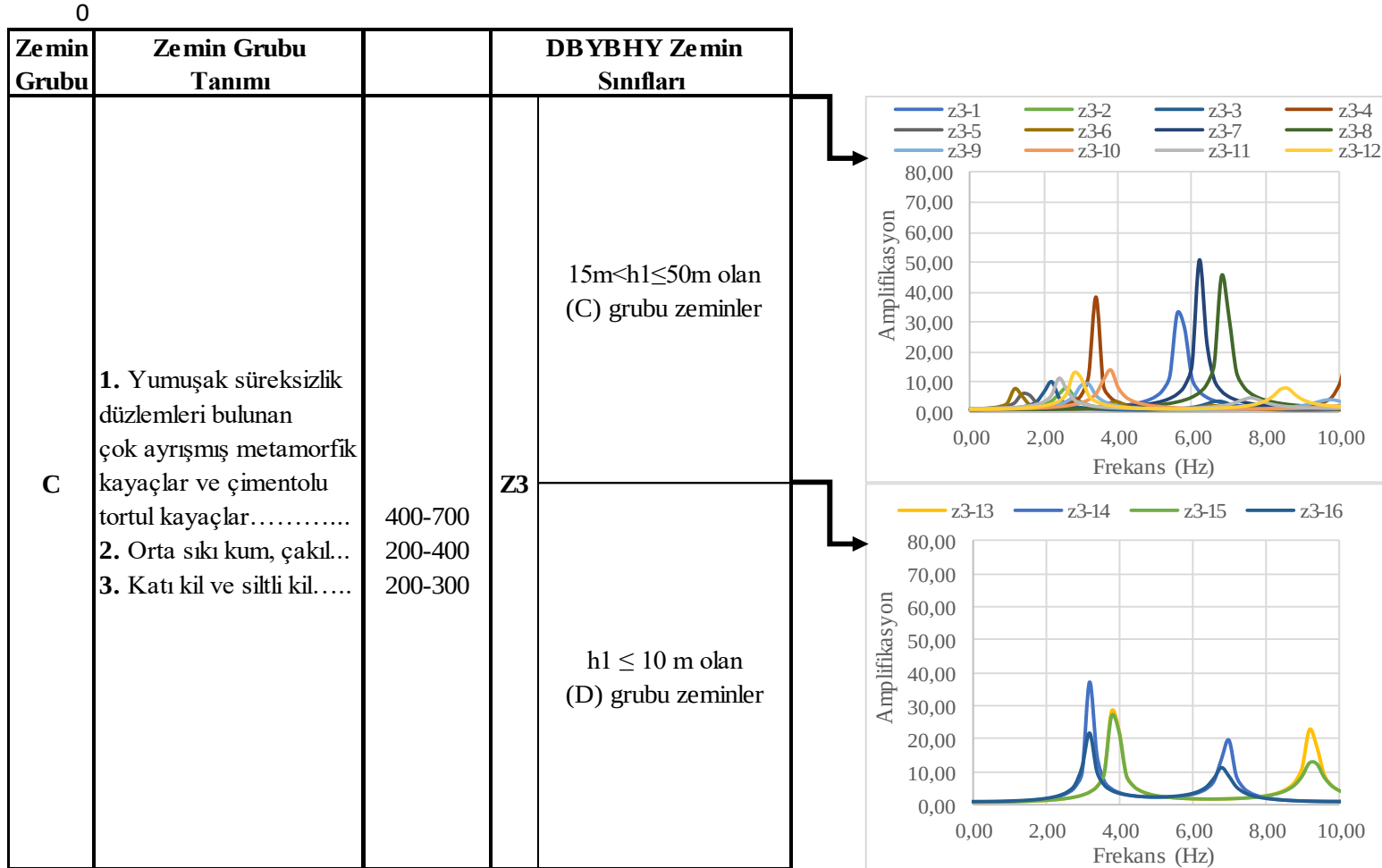
Ek A. 8 : Eurocode 8 D sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.



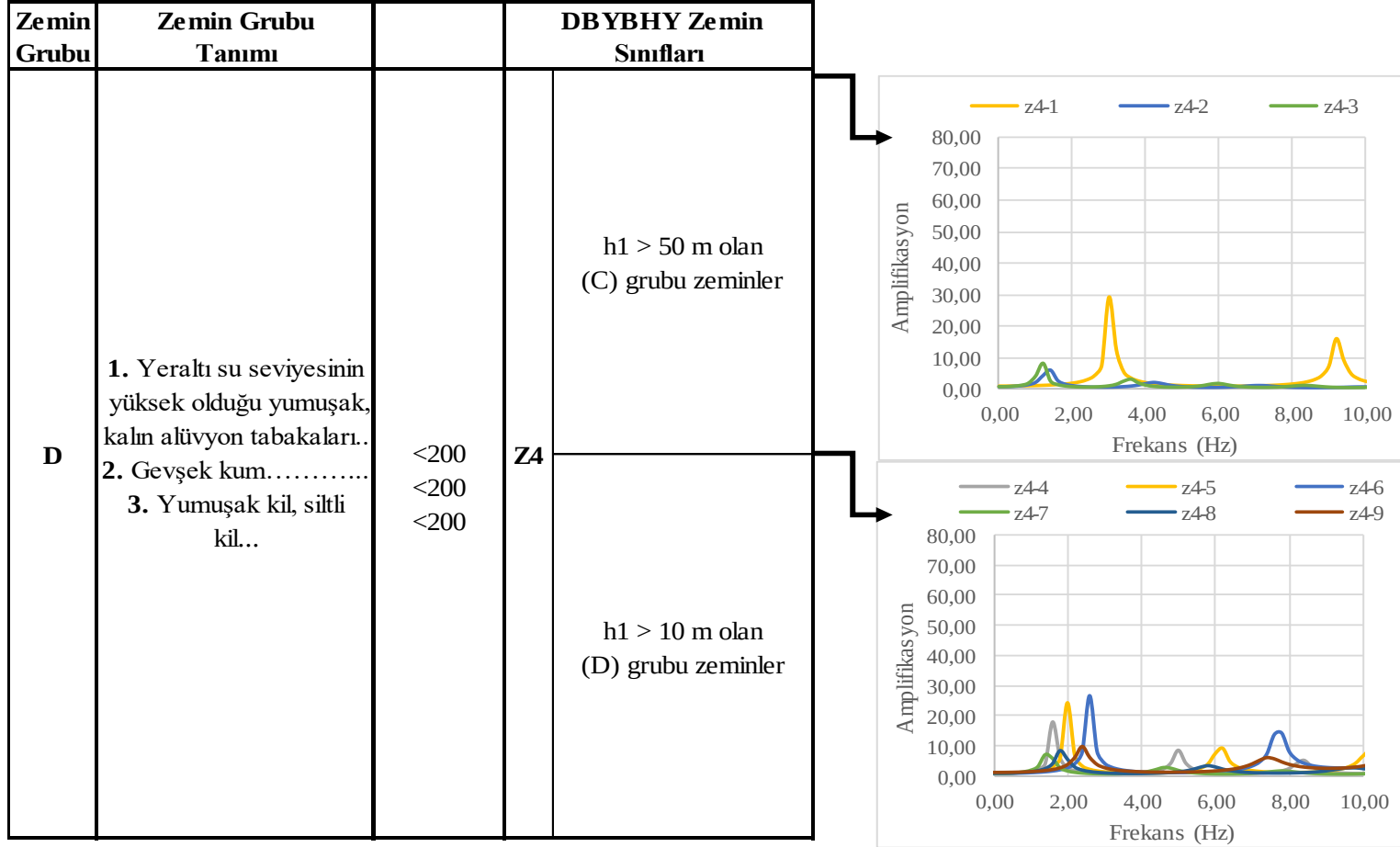
Ek A. 9 : DBYBHY Z1 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.



Ek A. 10 : DBYBHY Z2 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.



Ek A. 11 : DBYBHY Z3 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.



Ek A. 12 : DBYBHY Z4 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonları.

Z2-6	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-5	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-4	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-3	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-2	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z2-1	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z1-8	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-7	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-6	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-5	Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-4	Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-3	Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z1-2	Sert Kil Vs=800 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z1-1	Volkanik Kaya Vs=1500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z2-15	Katı Kil Vs=300m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-14	Katı Kil Vs=300m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-13	Katı Kil Vs=300m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-12	Orta Sıkı Kum Vs=400m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-11	Orta Sıkı Kum Vs=400m/s	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-10	Orta Sıkı Kum Vs=400	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-9	Kaya Vs=700m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-8	Kaya Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z2-7	Kaya Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn

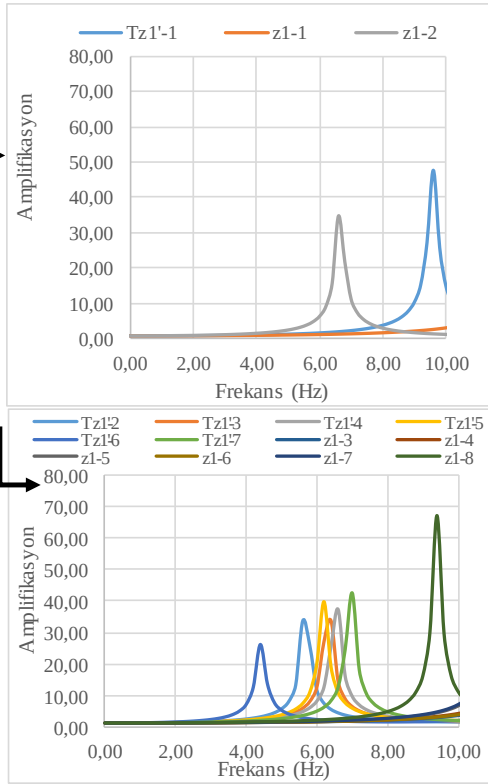
Ek A. 13 : DBYBHY Z1 ve Z2 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonlarının zemin kesitleri.

Z3-16	Katı Kil Vs=190m/s	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-15	Katı Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-14	Orta Siltli Kum Vs=400m/s	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-13	Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-12	Siltli Kil Vs=300 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-11	Siltli Kil Vs=300 m/sn	Kaya Vs=500 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-10	Sıktı Kum Vs=400 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-9	Sıktı Kum Vs=400 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-8	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-7	Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z3-6	Siltli Kil Vs=300 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-5	Sıktı Kum Vs=400 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-4	Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-3	Siltli Kil Vs=300 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-2	Sıktı Kum Vs=400 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z3-1	Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z4-9	Siltli Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-8	Siltli Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-7	Siltli Kil Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-6	Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-5	Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-4	Kaya Vs=190 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Z4-3	Siltli Kil Vs=300 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z4-2	Sıktı Kum Vs=400 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	
Z4-1	Tortul Kaya Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	

Ek A. 14 : DBYBHY Z3 ve Z4 sınıfı zemin profillerine ait sınır amplifikasyon fonksiyonlarının zemin kesitleri.

**DBYBHY
Zemin Sınıfları**

Z1



Tz1'-1	Z1-1	Z1-2
5 m	30 m	30 m
Cok katli Kil Vs=500m m/sn	Volkanik Kaya Vs=1500 m/sn	Sert Kil Vs=800 m/sn
20 m		
Cok Siki Kum Vs=850 m/sn		
10 m		
Tort. Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn

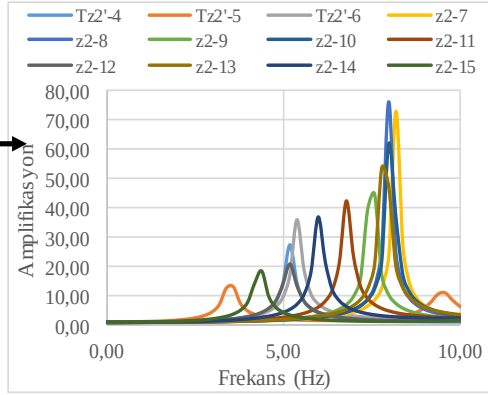
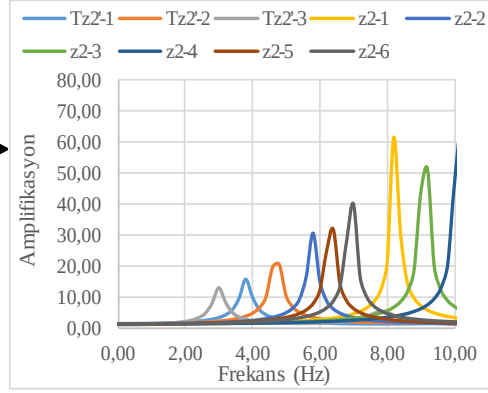
Tz1'-2	Tz1'-3	Tz1'-4	Tz1'-5	Tz1'-6	Tz1'-7	Z1-3	Z1-4	Z1-5	Z1-6	Z1-7	Z1-8
5 m	5 m	10 m	10 m	15 m	15 m	5 m	10 m	15 m	5 m	10 m	15 m
Cok katli Kil Vs=500m m/sn	Cok katli Kil Vs=500m m/sn	Siki Kum Vs=600 m/sn	Siki Kum Vs=450 m/sn	Siki Kum Vs=350 m/sn	Siki Kum Vs=350 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kil Vs=700 m/sn	Sert Kil Vs=700 m/sn
20 m	20 m	10 m	10 m	5 m	5 m	10 m	10 m	15 m	20 m	20 m	15 m
Cok Siki Kum Vs=850 m/sn	Cok Siki Kum Vs=850 m/sn	Cok Siki Vs=750 m/sn	Cok Siki Vs=750 m/sn	C. Katilli Vs=500 m/sn	C. Katilli Vs=500 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn	Sert Kaya Vs=1500 m/sn
15 m	15 m	10 m	10 m	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m	5 m
Cok katli Kil Vs=1000 m/sn	Cok katli Kil Vs=1000 m/sn	Tort. Kaya Vs=900 m/sn	Tort. Kaya Vs=900 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn

Z1-**: Sınır profil adı
Tz1'-**: Ara profil adı

Ek A. 15 : DBYBHY Z1 sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.

**DBYBHY
Zemin Sınıfları**

Z2

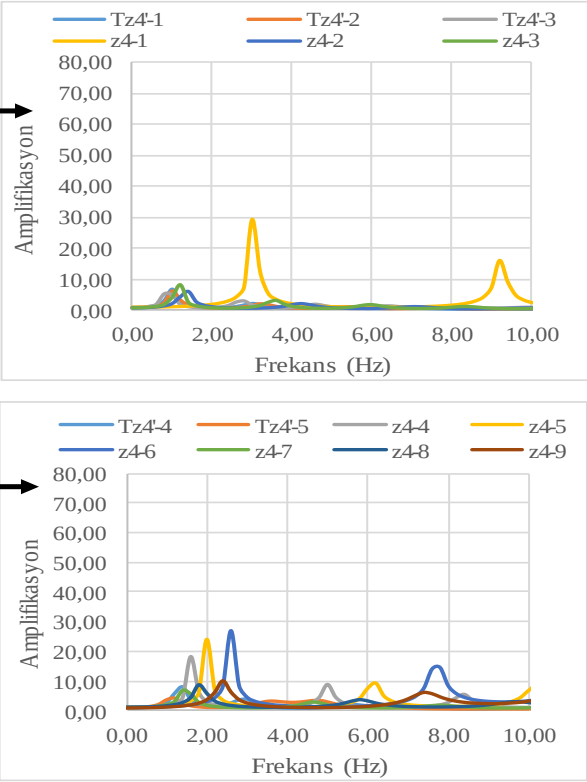


TZ2'-1	TZ2'-2	TZ2'-3	Z2-1	Z2-2	Z2-3	Z2-4	Z2-5	Z2-6
20 m	20 m	20 m	30 m	30 m	25 m	20 m	25 m	20 m
Siltli Kum Vs=650 m/sn	Tor. Kaya Vs=600 m/sn	Çökeltikili Vs=450 m/sn	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Tortul Kaya Vs=1000 m/sn	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Siltli Kil Vs=700 m/sn
15 m	15 m	10 m	10 m	5 m	10 m	5 m	10 m	10 m
Çakıl Vs=700 m/sn	Siltli Kum Vs=650 m/sn	Çakıl Vs=700 m/sn	Vol. Kaya Vs=1000 m/sn	Vol. Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1500 m/sn	Kaya Vs=1500 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn
5 m	5 m	5 m	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Vol. Kaya Vs=1000 m/sn	Vol. Kaya Vs=1000 m/sn	Vol. Kaya Vs=1000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
TZ2'-4	TZ2'-5	TZ2'-6	Z2-7	Z2-8	Z2-9	Z2-10	Z2-11	Z2-12
5 m	5 m	5 m	5 m	10 m	15 m	5 m	10 m	15 m
Siltli Kil Vs=250 m/sn	Or. Sıkı Kum Vs=350 m/sn	Siltli Kil Vs=250 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Kaya Vs=700 m/sn	Orta Sıkı Kum Vs=400 m/sn	Orta Sıkı Kum Vs=400 m/sn	Orta Sıkı Kum Vs=400 m/sn
15 m	15 m	15 m	20 m	20 m	15 m	20 m	15 m	15 m
Siltli Kum Vs=400 m/sn	Siltli Kum Vs=450 m/sn	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn	Kaya Vs=1000 m/sn
5 m	5 m	5 m	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Sert Kil Vs=700 m/sn	Vol. Kaya Vs=950 m/sn	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
TZ2'-15	Z2-13	Z2-14	Z2-15	Z2-16	Z2-17	Z2-18	Z2-19	Z2-20
5 m	5 m	5 m	5 m	10 m	15 m	5 m	10 m	15 m
Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn	Katı Kil Vs=300 m/sn
15 m	15 m	15 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m	20 m
Siltli Kum Vs=400 m/sn	Siltli Kum Vs=450 m/sn	Siltli Kum Vs=450 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn	Sert Kaya Vs=1000 m/sn
5 m	5 m	5 m	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Sert Kil Vs=700 m/sn	Vol. Kaya Vs=950 m/sn	Siltli Kil Vs=700 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn
Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn	Anakaya Vs=2000 m/sn

Z2-*: Sınır profil adı
TZ2'-*: Ara profil adı

Ek A. 16 : DBYBHY Z2 sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.

DBYBHY Zemin Sınıfları	
Z4	



Z4-1	55 m	5 m	5 m	
Z4-2	55 m			
Z4-3	55 m			
Z4-4	55 m			
Z4-5	55 m			
Z4-6	55 m			
Z4-7	55 m			
Z4-8	55 m			
Z4-9	55 m			
Z4-10	55 m			
Z4-11	55 m			
Z4-12	55 m			
Z4-13	55 m			
Z4-14	55 m			
Z4-15	55 m			
Z4-16	55 m			
Z4-17	55 m			
Z4-18	55 m			
Z4-19	55 m			
Z4-20	55 m			
Z4-21	55 m			
Z4-22	55 m			
Z4-23	55 m			
Z4-24	55 m			
Z4-25	55 m			
Z4-26	55 m			
Z4-27	55 m			
Z4-28	55 m			
Z4-29	55 m			
Z4-30	55 m			
Z4-31	55 m			
Z4-32	55 m			
Z4-33	55 m			
Z4-34	55 m			
Z4-35	55 m			
Z4-36	55 m			
Z4-37	55 m			
Z4-38	55 m			
Z4-39	55 m			
Z4-40	55 m			
Z4-41	55 m			
Z4-42	55 m			
Z4-43	55 m			
Z4-44	55 m			
Z4-45	55 m			
Z4-46	55 m			
Z4-47	55 m			
Z4-48	55 m			
Z4-49	55 m			
Z4-50	55 m			
Z4-51	55 m			
Z4-52	55 m			
Z4-53	55 m			
Z4-54	55 m			
Z4-55	55 m			
Z4-56	55 m			
Z4-57	55 m			
Z4-58	55 m			
Z4-59	55 m			
Z4-60	55 m			
Z4-61	55 m			
Z4-62	55 m			
Z4-63	55 m			
Z4-64	55 m			
Z4-65	55 m			
Z4-66	55 m			
Z4-67	55 m			
Z4-68	55 m			
Z4-69	55 m			
Z4-70	55 m			
Z4-71	55 m			
Z4-72	55 m			
Z4-73	55 m			
Z4-74	55 m			
Z4-75	55 m			
Z4-76	55 m			
Z4-77	55 m			
Z4-78	55 m			
Z4-79	55 m			
Z4-80	55 m			
Z4-81	55 m			
Z4-82	55 m			
Z4-83	55 m			
Z4-84	55 m			
Z4-85	55 m			
Z4-86	55 m			
Z4-87	55 m			
Z4-88	55 m			
Z4-89	55 m			
Z4-90	55 m			
Z4-91	55 m			
Z4-92	55 m			
Z4-93	55 m			
Z4-94	55 m			
Z4-95	55 m			
Z4-96	55 m			
Z4-97	55 m			
Z4-98	55 m			
Z4-99	55 m			
Z4-100	55 m			

Z4-** : Sınır profil adı
Tz4'-** : Ara profil adı

Ek A. 18 : DBYBHY Z4 sınıfı zemin profillerine ait sınır ve ara amplifikasyon fonksiyonları ve zemin kesitleri.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

İsim : Başak HALAÇ
Cinsiyet : Kadın
Doğum Tarihi : 29.01.1989
Doğum Yeri : Kocaeli
Uyruk : T.C.
Ehliyet Sınıfı : B- A2
Sigara Kullanma : Hayır



İLETİŞİM BİLGİLERİ

Ev Adresi : Kadıköy Mh. Bağdat Cd. Nigiz Sk. No:17
Kat :3 İzmit/KOCAELİ
Cep Telefonu : (555) 650 94 37
E-Mail : halacbasak@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Master Degree : İstanbul Teknik Üniversitesi – Zemin Mekaniği ve Geoteknik
Mühendisliği
06/2012 - 10/2016
Universite : Kocaeli Üniversitesi- İnşaat Mühendisliği
09/2008 – 06/2012

İŞ TECRÜBESİ

- **07/2012 – 09/2012** - Salini – Kolin – GCF Adi Ortaklığı
Keşif ve Metraj Mühendisi
Referans : Keşif ve Metraj Şefi ; Michele Bardi
İş Telefon Numarası :+90 530 321 44 93
- **05/2014 – 08/2014** – Zemin Etüd ve Tasarım A.Ş (Zetaş Zemin Teknolojileri A.Ş)
Proje Mühendisi
Stajlar;
 - **06/2010 – 09/2010** Bilsan Çelik Konstrüksiyon/ TÜPRAŞ
Stajyer Saha Mühendisi

- **06/2011 – 07/2011** Kocaeli Büyükşehir Belediyesi

Geoteknik ve Asfalt Laboratuvarı Stajyer Mühendisi

BİLGİSAYAR BİLGİSİ

- Microsoft Office : Çok iyi
- Autocad : İyi
- Plaxis : İyi
- SAP 2000 : Orta
- Shake : İyi
- Edushake : İyi

YABANCI DİL

İngilizce	Okuma: Çok İyi, Yazma: Çok İyi, Konuşma: Çok iyi
-----------	--