

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ A.B.D**

**ZF SINIFI OLARAK TANIMLANAN ZEMİNLERİN
YÜZEYİNDEKİ DEPREM YER HAREKETİNİ BELİRLEMEK
ÜZERE SAHAYA ÖZEL ZEMİN DAVRANIŞI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BARAN ASLAN

DENİZLİ, KASIM - 2021

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ A.B.D**



**ZF SINIFI OLARAK TANIMLANAN ZEMİNLERİN
YÜZEYİNDEKİ DEPREM YER HAREKETİNİ BELİRLEMEK
ÜZERE SAHAYA ÖZEL ZEMİN DAVRANIŞI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BARAN ASLAN

DENİZLİ, KASIM - 2021

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

BARAN ASLAN

ÖZET

ZF SINIFI OLARAK TANIMLANAN ZEMİNLERİN YÜZEYİNDEKİ DEPREM YER HAREKETİNİ BELİRLEMEK ÜZERE SAHAYA ÖZEL ZEMİN DAVRANIŞI ÖRNEĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BARAN ASLAN

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DR. ÖĞR. ÜYESİ ENGİN NACAROĞLU)

DENİZLİ, KASIM - 2021

Ülkemizin deprem kuşağında olması sebebiyle yıllar içinde can ve mal kaybına uğradığı defalarca deneyimlenmiştir. Bu süreçte deprem gerçeğini kabullenmek, sonrasında ise anlamak ve bu yıkıcı etkisini yok denecek kadar azaltmak insanımızın yalnızca depremleri doğru yorumlamasından geçmektedir. Bu kapsamda yapılarımızın üzerine inşa edildiği zeminlerden ‘kötü’ zemin olarak nitelendirilen ZF zemin sınıfına sahip 5 farklı gerçek zemin üzerinden sahaya özel zemin davranışı analizleri yapılmıştır. İncelenen 5 zemin de depremi sınıvlaşan tabakalarda sönmülmüş ve depremin dinamik etkilerini yapıya aktaramamıştır. Bu kapsamda yapılan gözlemlerden biri de bütün zeminler için ortalama spektrumun, ZE ve ZD için elde edilen tasarım spektrumu ordinatlarından düşük kaldığıdır. Daha sonra ise çelik bir yapı üzerinden, elde edilen spektrumlarla statik analizler yapılarak deplasmanlar elde edilmiş ve yine ZF zemin sınıfında analizleri yapılan yapıların maksimum deplasmanlarında da meydana gelen farklar ortaya konmuştur. Son olarak bu tez hazırlandığı dönemde ‘2020 Ege Denizi Depremi’ meydana gelmiş ve incelemenin yapıldığı 5 farklı alanda depremden kaynaklı meydana gelen yapı hasarlarının yapılan tez çalışmasıyla tutarlılığı değerlendirilmiştir. Bir kez daha yönetmeliğin ZF zemin sınıfları için zorunlu kıldığı sahaya özel zemin davranış analizlerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: ZF zemin sınıfı, sahaya özel zemin davranışı, tasarım spektrumu, deplasman.

ABSTRACT

EXAMPLE OF SITE SPECIFIC GROUND BEHAVIOR TO DETERMINE EARTHQUAKE GROUND MOVEMENT ON THE SURFACE OF SOILS DEFINED AS ZF CLASS

MSC THESIS

BARAN ASLAN

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING**

(SUPERVISOR:DR. ENGİN NACAROĞLU)

DENİZLİ, NOVEMBER 2021

It has been experienced many times that our country has suffered from loss of life and property over the years due to the fact that it is in an earthquake zone. In this process, it is only necessary for our people to correctly interpret earthquakes to accept the reality of earthquakes, then to understand them and to reduce this destructive effect to almost nothing. In this context, site-specific soil behavior analyzes were conducted on 5 different real soils with ZF soil class, which is characterized as 'bad' ground among the grounds on which our structures are built. All 5 soils examined dampened the earthquake in the liquefied layers and could not transfer the dynamic effects of the earthquake to the structure. One of the observations made in this context is that the average spectrum for all soils is lower than the design spectrum ordinates obtained for ZE and ZD. Then, the displacements were obtained by making static analyzes with the obtained spectra on a steel structure, and the differences in the maximum displacements of the structures analyzed in the ZF soil class were also revealed. Finally, the '2020 Aegean Sea Earthquake' occurred during the period when this thesis was prepared, and the consistency of the structural damage caused by the earthquake in 5 different areas where the study was conducted was evaluated with the thesis study. Once again, the importance of site-specific soil behavior analysis, which is required by the regulation for ZF soil classes, becomes evident.

KEYWORDS: ZF soil class, site specific soil behavior, design spectrum, displacement.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	ix
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	2
1.2 Literatür Taraması	2
1.3 Tezin Organizasyonu.....	7
2. ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİ.....	8
2.1 Eksiksiz Zemin Tepki Analizi	9
2.2 Sahaya Özel Tepki Analizindeki Adımlar.....	10
2.2.1 İlgili Yerin Karakterizasyonu	10
2.2.2 Kaya Hareketlerinin Seçimi.....	10
2.3 Zemin Tepki Analizi ve Tasarım Spektrumları.....	11
2.3.1 Dalga Yayılım Analizi / Zemin Amplifikasyonu	11
2.3.1.1 Tek Boyutlu Dalga Yayılım Analizleri	12
2.3.1.1.1 Tek Boyutlu Yer Tepki Analizlerindeki Varsayımlar	12
2.3.1.1.2 Tek Boyutlu Yer Tepki Analizlerinin Kullanılmasının Gerekçeleri	12
2.3.1.1.3 Analiz Yöntemleri.....	13
3. DEPREM KAYIT KAYNAKLARI VE ÖLÇEKLENMESİ	15
3.1 Deprem Kayıt Kaynakları	15
3.1.1 Yapay Deprem Kayıtları.....	15
3.1.2 Benzeştirilmiş Deprem Kayıtları	16
3.1.3 Gerçekleşen Depremlerden Elde Edilen Kayıtlar	17
3.2 Deprem Kayıtlarının Seçimi.....	17
3.3 Yer Hareketi Ölçekleme Yöntemleri.....	18
3.4 PEER Veri tabanı	19
3.4.1 Peer Veri tabanı Kayıt Arama Menüsü ve Açıklamaları	20
3.4.1.1 Magnitude (Manyitüd)	20
3.4.1.2 Fault Type(Fay Tipi)	21
3.4.1.3 $R_{R_{jb}}$ (km).....	22
3.4.1.4 $R_{R_{up}}$ (km).....	23
3.4.1.5 V_{s30} (m/s).....	24
3.4.1.6 D5-95 (s)	24
3.4.1.7 Pulse (Atım)	25
3.4.1.8 MSE'nin Hesaplanması.....	25
3.5 Seçilen ve Ölçeklenen Depremlerin Özellikleri	26
4. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ.....	30

4.1	Yapı Alanının Bulunduğu Bölgenin Depremsellik ve Jeolojisi	30
4.1.1	Bölgenin Depremselliği	30
4.1.2	Bölgenin Jeolojisi	32
4.1.2.1	Temel Kaya Birimleri	32
4.1.2.1	Neojen ve Kuvaterner	34
4.2	İnşaat Sahası ve Yapı Hakkında Bilgiler	35
4.3	Mevcut Zemin Araştırmaları	36
4.4	İdealize Zemin Profili ve Yeraltı Suyu Durumu	37
4.5	Geoteknik Tasarım Parametrelerinin Tespiti.....	39
4.5.1	Zemin Katmanlarının İncelenmesi.....	41
4.5.2	Standart Penetrasyon Testi ve SPT Düzeltmeleri	41
4.5.3	SPT Verilerinin Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri	43
4.5.4	Presiyometre Deneyi Sonuçlarının İrdelenmesi	42
4.6	Zemin Sınıfı Belirlenmesi	42
4.6.1	Ortalama Standart Penetrasyon Darbe Sayısına Göre Değerlendirme 44	
4.6.2	Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Değerlendirme	44
4.6.3	Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Değerlendirmesi	45
4.7	Sıvılaşmanın İrdelenmesi	46
5.	SEÇİLEN ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ.....	60
5.1	ZEMİN 1	60
5.2	ZEMİN 2	62
5.3	ZEMİN 3	64
5.4	ZEMİN 4	66
5.5	ZEMİN 5	68
6.	DEEPSOIL PROGRAMI İLE ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN SAHAYA ÖZEL ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZİ	70
6.1	DeepSoil Programı	70
6.1.1	Doğrusal olmayan sahaya özel davranış analizinin yapılması.....	70
6.2	Analizler Sonucu Elde Edilen Tasarım Spektrum Değerleri.....	81
6.2.1	Zemin 1	81
6.2.2	Zemin 2	82
6.2.3	Zemin 3	83
6.2.4	Zemin 4	84
6.2.5	Zemin 5	85
6.2.6	Elde Edilen Spektrum Değerleri	86
7.	TASARLANAN ÇELİK YAPI.....	88
7.1	Çelik Yapı Modeli	88
7.2	Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması	91
7.3	Yükler ve Yük Kombinasyonları	93
7.3.1	Yapı Yükleri	93
7.3.1.1	Yapıya Etki Ettirilen Yükler	94
7.3.2	Yapı Yük Kombinasyonları	96
7.3.3	Deprem Kuvveti Hesabı İçin Spektrum Tanımlanması	97
7.4	Analiz ve Tasarım İçin Yönetmeliğin Seçilmesi	100
7.5	Analizden Elde Edilen Maksimum Deplasmanlar	101
7.5.1	Deplasmanlar	102
7.5.1.1	Zemin 1	102
7.5.1.2	Zemin 2	103

7.5.1.3	Zemin 3	104
7.5.1.4	Zemin 4	105
7.5.1.5	Zemin 5	106
8.	2020 EGE DENİZİ DEPREMİ VE ZEMİNLERİN BULUNDUĞU	
	BÖLGELERDE MEYDANA GELEN HASARLAR	107
8.1	ZEMİN 1	109
8.2	ZEMİN 2	111
8.3	ZEMİN 3	113
8.4	ZEMİN 4	115
8.5	ZEMİN 5	117
9.	SONUÇ VE ÖNERİLER	120
10.	KAYNAKLAR.....	122
11.	EKLER.....	128
	EK A 128	
12.	ÖZGEÇMİŞ.....	133

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1: Yapay Deprem Kayıtları.....	16
Şekil 3.2: Simüle Edilmiş Deprem Kayıtları (Philippe Rossel, Jean-Jacques Wagner (2000))	16
Şekil 3.3: Gerçek Deprem Kayıtları.....	17
Şekil 3.4: Peer Veri Tabanı Ara yüzü	20
Şekil 3.5: Doğrultu Atımlı Fay	21
Şekil 3.6: Normal Atımlı Fay.....	21
Şekil 3.7: Ters Atımlı Fay.....	22
Şekil 3.8: Oblik Atımlı Fay.....	22
Şekil 3.9: Doğrultu Atımlı Fay İçin R_{jb} ve R_{rup}	23
Şekil 3.10: Normal ve Ters Atımlı Fay İçin R_{jb} ve R_{rup} (1).....	23
Şekil 3.11: Normal ve Ters Atımlı Fay İçin R_{jb} ve R_{rup} (2).....	24
Şekil 3.12: D5-95 (s).....	25
Şekil 4. 1: Türkiye'deki Depremlere Neden Olan Ana Fay Zonları	31
Şekil 4. 2: Zeminlerin Konumlandığı Alan.....	33
Şekil 4. 3: Batı Anadolu Fay Doğrultu Hatları	34
Şekil 4. 4: Çalışma Alanı Uydu Görüntüsü (Z1).....	35
Şekil 4. 5: Efektif Derinlik Tespit Grafiği (Z1)	37
Şekil 4. 6: İDEALİZE ZEMİN PROFİLİNİN (Yer Altı Suyu 2,5 m Derinlikten İtibaren Mevcut) [En Kritik Sondaj Logu SK-1] [Sıvılaştırma].....	38
Şekil 4. 7: SK-1, SK-1 , SK-1 Sondaj Log Kesiti [Yatay ölçek: 1/50, Düşey Ölçek: 1/100].....	39
Şekil 4. 8: Laboratuvar Deney Sonuçları	40
Şekil 5. 1: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z1)	60
Şekil 5. 2: İdealize Zemin Profili (Z1).....	61
Şekil 5. 3: Kayma Dalgası Hızı (Z1).....	61
Şekil 5. 4: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z2)	62
Şekil 5. 5: İdealize Zemin Profili (Z2).....	63
Şekil 5. 6: Kayma Dalgası Hızı (Z2).....	63
Şekil 5. 7: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z3)	64
Şekil 5. 8: İdealize Zemin Profili (Z3).....	65
Şekil 5. 9: Kayma Dalgası Hızı (Z3).....	65
Şekil 5. 10: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z4)	66
Şekil 5. 11: İdealize Zemin Profili (Z4).....	67
Şekil 5. 12: Kayma Dalgası Hızı (Z4).....	67
Şekil 5. 13: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z5)	68
Şekil 5. 14: İdealize Zemin Profili (Z5).....	69
Şekil 5. 15: Kayma Dalgası Hızı (Z5).....	69
Şekil 6. 1: Hesaplarda Kullanılan Jeofizik Mühendisince Sahada Ölçülen ve Tahmin Edilen Vs Hızları	71
Şekil 6. 2: Analiz Tipi Seçimi	72
Şekil 6. 3: Katman Özelliklerinin Tanımlanması.....	73

Şekil 6. 4: Anakaya Özelliklerinin Tanımlanması	73
Şekil 6. 5: Katman Özelliklerinin Tanımlanması (1)	74
Şekil 6. 6: Katmanların Yeteri Kadar İnce Alt Tabakaya Bölünmesi.....	75
Şekil 6. 7: Zemin Tabaka Özellikleri	75
Şekil 6. 8: İvme Kayıtlarının Tanımlanması	76
Şekil 6. 9: İvme Kayıtlarının Seçimi.....	76
Şekil 6. 10: İvme Kaydının Elde Edilmek İstendiği Derinliğin Seçimi.....	77
Şekil 6. 11: Analizin Gerçekleştirilmesi	77
Şekil 6. 12: Tüm Spektral İvme Grafiği.....	78
Şekil 6. 13: Ortalama Spektrum	78
Şekil 6. 14: Ortalama Spektrum, ZD, ZE Birlikte Gösterimi.....	79
Şekil 6. 15: Ortalama Spektrum (Z1).....	81
Şekil 6. 16: Ortalama Spektrum (Z2).....	82
Şekil 6. 17: Ortalama Spektrum (Z3).....	83
Şekil 6. 18: Ortalama Spektrum (Z4).....	84
Şekil 6. 19: Ortalama Spektrum (Z5).....	85
Şekil 7. 1: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (3D)	88
Şekil 7. 2: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (Çatı Planı)	89
Şekil 7. 3: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (A, B Kesiti)	90
Şekil 7. 4: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (1,2,3,4,5 Kesiti).....	90
Şekil 7. 5: Sap2000 Programında Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması (S275)	92
Şekil 7. 6: Sap2000 Programında Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması (S235)	92
Şekil 7. 7: Sap2000 Programında Yüklerin Tanımlanması.....	94
Şekil 7. 8: Kar Yüklemesi	95
Şekil 7. 9: Kaplama Yüklemesi.....	95
Şekil 7. 10: Rüzgar Yüklemesi.....	96
Şekil 7. 11: Sap2000 Programında Kombinasyonların Tanımlanması	97
Şekil 7. 12: TDTH'den Elde Edilen Spektrum Katsayıları (Z1).....	98
Şekil 7. 13: Sap2000 Programında Spektrum Tanımlanması	98
Şekil 7. 14: Sap2000 Programında Azaltılmış Elastik Spektrumun Tanımlanması (X Yönü)	99
Şekil 7. 15: Sap2000 Programında Azaltılmış Elastik Spektrumun Tanımlanması (Y Yönü)	99
Şekil 7. 16: Sap2000 Programında Tasarım Yönetmeliğinin Seçilmesi.....	100
Şekil 7. 17: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar (X Yönü)	101
Şekil 7. 18: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Gelen Deplasmanlar (Y Yönü)	101
Şekil 7. 19: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z1)	102
Şekil 7. 20: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z2)	103
Şekil 7. 21: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z3)	104
Şekil 7. 22: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z4)	105

Şekil 7. 23: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z5)	106
Şekil 7. 24: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z1)	130
Şekil 7. 25: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z2)	130
Şekil 7. 26: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z3)	131
Şekil 7. 27: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z4)	131
Şekil 7. 28: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z5)	132

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4. 1: Etkin derinlik ve üst yapı genel bilgileri (Z1)	36
Tablo 4. 2: Zemini oluşturan katmanlar ve özellikleri (Z1).....	41
Tablo 4. 3: SPT Düzeltme Katsayıları	42
Tablo 4. 4: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z1).....	42
Tablo 4. 5: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z1)	43
Tablo 4. 6: TBDY' de Tanımlanan Yerel Zemin Sınıfları.....	43
Tablo 4. 7: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z1).....	44
Tablo 4. 8: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z1)	44
Tablo 4. 9: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z1)	45
Tablo 4. 10: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z1)	45
Tablo 4. 11: Sıvılaşma Analizi (Z1).....	47
Tablo 4. 12: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z2).....	48
Tablo 4. 13: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z2)	48
Tablo 4. 14: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z2)	49
Tablo 4. 15: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z2).....	49
Tablo 4. 16: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z2)	49
Tablo 4. 17: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z2)	50
Tablo 4. 18: Sıvılaşma Analizi (Z2).....	50
Tablo 4. 19: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z3).....	51
Tablo 4. 20: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z3)	51
Tablo 4. 21: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z3)	52
Tablo 4. 22: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z3).....	52
Tablo 4. 23: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z3)	52
Tablo 4. 24: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z3)	52
Tablo 4. 25: Sıvılaşma Analizi (Z3).....	53
Tablo 4. 26: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z4).....	54
Tablo 4. 27: Spt Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z4).....	54
Tablo 4. 28: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z4)	55
Tablo 4. 29: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z4).....	55
Tablo 4. 30: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z4)	55
Tablo 4. 31: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z4)	56
Tablo 4. 32: Sıvılaşma Analizi (Z4).....	56
Tablo 4. 33: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z5).....	57
Tablo 4. 34: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z5)	57

Tablo 4. 35: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z5)	58
Tablo 4. 36: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z5)	58
Tablo 4. 37: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z5)	58
Tablo 4. 38: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z5)	58
Tablo 4. 39: Sıvılaşma Analizi (Z5)	59
Tablo 6. 1: Ortalama Spektral İvme Parametreleri	79
Tablo 6. 2: Ortalama Spektral İvme Parametreleri Sınır Koşullar	80
Tablo 6. 3: Ortalama Spektral İvme Nihai Değerleri	80
Tablo 6. 4: Ortalama Spektral İvme ve Nihai Değerleri	86
Tablo 6. 5: Tez kapsamında incelenen zeminlere ait DeepSOIL programına girilen bilgiler	128
Tablo 7. 1: Standart Çelik Sınıfları	91
Tablo 7. 2: Sap2000 Programında Tanımlanacak Yüklerin Açıklamaları	93
Tablo 7. 3: Sap2000 Programında Tanımlanacak Yapının Kimliği	93

SEMBOL LİSTESİ

C	:	Kohezyon [t/m^2]
C_B	:	Sondaj delgi çapı düzeltme katsayısı
C_E	:	Enerji oranı düzeltme katsayısı
C_N	:	Kohezyonsuz zeminlerde uygulanan jeolojik gerilme (derinlik) düzeltme katsayısı
C_R	:	Tij boyu düzeltme katsayısı
CRR_{M7.5}	:	Moment büyüklüğü 7.5 olan depreme karşı gelen çevrimsel dayanım oranı
C_s	:	Numune alıcı tipi düzeltme katsayısı
C_u	:	Drenajsız kayma mukavemeti (kN/m^2)
(C_u)₃₀	:	Üst 30 metredeki ortalama drenajsız kayma dayanımı [kN/m^2]
DD2	:	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
F_s	:	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F₁	:	1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
h₁	:	Katman üst kotu (m)
h₂	:	Katman alt kotu (m)
IDI	:	İnce dane indeksi (%)
LL	:	Likit limit
PI	:	Plastisite indeksi
PL	:	Plastik limit
S_{DS}	:	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{D1}	:	1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_s	:	Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S₁	:	1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
γ_n	:	Doğal birim hacim ağırlığı [t/m^2]
γ_d	:	Doygun birim hacim ağırlığı [t/m^2]
W_n	:	Su içeriği [%]
ø	:	İçsel sürtünme açısı

ÖNSÖZ

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde ‘Yüksek Lisans Tezi’ olarak hazırladığım bu çalışmanın planlanmasında ve yürütülmesinde çalışmalarım süresince bilgi ve ilgisiyle desteğini esirgemeyen Sayın Hocam Dr. Öğr. Üyesi Engin Nacaroğlu’na,

Yüksek lisans eğitimim sırasında görüş ve önerilerini esirgemeyen değerli Geoteknik anabilim dalı hocalarım Doç. Dr. Devrim Alkaya ve Araş. Gör. Gökhan İmançlı’ ya,

Tez süresince çalışmalarına bütün bilgi ve dökümanlarıyla yardımcı olan meslek büyüğüm İnş. Müh. Gökhan Demirbaş ’a

Benim bugünlere gelmemde gecesi ve gündüzleriyle, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta Annem ve Babam olmak üzere değerli Aileme, sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Zemin-yapı etkileşimi, zemin ve üzerine inşa edilmiş bir yapı arasındaki etkileşimden oluşmaktadır. Temel olarak karşılıklı bir gerilme alışverişidir. Böylece zemin-yapı sisteminin hareketi hem zemin özelliklerinden hem de yapı özelliklerinden etkilenir. Bu özellikle sismik aktivite alanları için geçerlidir. Çeşitli zemin ve yapı kombinasyonları, hareketi meydana gelecek sismik bir aktivite sonucu hasarı artırabilir veya azaltabilir. Deforme olabilen zemin yerine daha az deforme olan zemindeki bir bina daha fazla hasara uğrayacaktır. Geoteknik deprem mühendisliğinin en önemli konuları arasında yer alan sınılaşma konusu da deprem gibi dinamik yüklemeler altında meydana gelen bir olay olup, gerçekleştiği yer üzerindeki yapılar için çok büyük bir sorun teşkil etmektedir.

İnşaat mühendisliği yapılarının çoğu, zeminle doğrudan temas eden bir tür yapısal eleman içerir. Deprem gibi dış kuvvetler bu sistemlere etki ettiğinde ne yapısal yer değiştirmeler ne de eleman bazında gerçekleşecek yer değiştirmeleri birbirinden bağımsızdır. Zeminin tepkisinin yapının hareketini etkilediği ve yapının hareketinin zemin tepkisini etkilediği bu sürece zemin-yapı etkileşimi denir.

Geleneksel yapısal tasarım yöntemleri zemin-yapı etkileşimi etkilerini ihmal etmektedir. Zemin-yapı etkileşiminin ihmal edilmesi düşük katlı binalar ve basit rijit istinat duvarları gibi nispeten az deforme olabilen zeminlerdeki hafif yapılar için uygundur. Bununla birlikte, zemin-yapı etkileşiminin etkisi, nükleer santraller, yüksek binalar ve karayolları gibi yumuşak zeminlere dayanan ağır yapılar için deforme olan zemin koşulları üzerinde öne çıkmaktadır.

1985 Michoacan depremi, 1989 Loma Prieta depremi, 1994 Northridge depremi, 1995 Kobe depremi ve 1999 Chi-Chi depremi gibi çok sayıda sismik olaylar neticesinde meydana gelen hasar, bir yapının sismik davranışının sadece üst yapının tepkisinden değil, aynı zamanda zeminin tepkisinden de büyük ölçüde etkilendiğini vurgulamıştır. Bu nedenle yapılacak mühendislik tasarımı tepki analizinin üstyapı, temel ve zemin dahil olmak üzere bütün bir yapısal sistem göz önünde bulundurularak yapılması gerekliliği ön plana çıkmaktadır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın asıl amacı, TBDY (2018) ile yeni olarak yönetmeliğimize dahil olan ZF zemin sınıfları için zorunlu hale gelen sahaya özel doğrusal olmayan zemin davranışının değerlendirilmesidir. Çalışmanın diğer amacı ise, sahaya özel zemin davranış analizlerinde kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve ölçeklenmesinin TBDY (2018)'e uygun olarak yapılmasıdır.

Bu amaçla, PEER veri tabanı kullanılarak seçilecek ivme kayıtları, 5 ayrı zemin sınıfıyla uyumlu, tasarım depremiyle elde edilen spektrumlarla eş olarak İzmir ili konumunun yerel zemin koşulları, bölgenin faylanma özellikleri, meydana gelmiş deprem büyüklükleri ile uyumlu olmaları dikkate alınarak elde edilmiştir. Spektral uyum sağlanacak şekilde deprem kayıtlarının ölçekleme işlemleri tamamlanmıştır.

İzmir ilinde bulunan 5 farklı zemin profili esas alınarak geoteknik parametreler hesaplanmıştır. DeepSoil programı kullanılarak katman özellikleri tanımlama işlemleri yapılmıştır. Seçilen deprem kayıtları kullanılarak zemin/kaya koşullarında yer hareketinin değişimi değerlendirilmiştir.

Son olarak elde edilen tasarım spektrumları kullanılarak Sap2000 programında çelik bir yapının deprem sırasındaki deplasmanları ZE, ZD ve ZF zemin sınıfı koşullarında kıyaslanarak sonuçlar ortaya konmuştur.

1.2 Literatür Taraması

Meydana gelen depremler, bu depremlerin özellikleri ve etki ettikleri alanlar her zaman araştırılmaya değer bir ortam yaratmıştır. Etki ettiği bu alanların başında da geoteknik alanı gelmektedir. Yerel zemin koşullarında deprem hareketlerinin yorumlanması tasarım için çok önemlidir. Ülkemizde de TBDY (2018) kapsamında ZF olarak belirlenen zemin sınıfları için zorunlu, diğer zemin sınıflarında ise yapı sahibinin isteği doğrultusunda sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapılacak olması bu konunun önemini ortaya koymuştur. Bu bağlamda ülkemizde yeni deprem yönetmeliğinin gerektirdiği sahaya özel zemin davranışları çalışmalarının sayısı çok fazla olmasa da genel olarak sahaya özel zemin davranış analizleri farklı lokasyonlar ve farklı yönetmelikler için çalışma alanı olmaktadır.

Tez çalışması ile uyumlu olarak bu kısımda, sahaya özel zemin davranış analizlerinin değerlendirildiği ve bu analizlerde kullanılmak üzere seçilecek deprem kayıtlarının kaynaklarıyla birlikte ölçekleme yöntemlerinin ele alındığı çalışmalara yer verilmiştir.

Ebru Civelekler ve diğ. (2018), Eskişehir bölgesinde akarsular neticesinde taşınan malzeme ile meydana gelmiş zeminler üzerinde sahaya özel çalışmalar yapılmış ve geoteknik parametrelerin karşılaştırılması ortaya konmuştur. Sonuçlar neticesinde aynı lokasyonda farklı zemin araştırmaları için bulunan sonuçlar zemin türü ve geoteknik özelliklerine göre büyük farklılıklar göstermektedir. Büyütme faktörü değerleri farklı periyotlarda aynı davranışları göstermemiştir. Bunun yanında davranışın en yüksek olduğu değerler periyotların aynı olmadığı farklı olduğu durumlarda gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar neticesinde zemin-yapı ikilisinin incelenmesinin en doğru yönteminin sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapılmasıyla olabileceğini ortaya koymuştur.

Zuhal Özdemir ve diğ. (2007), Yönetmeliklerde bir alandaki deprem tehlikesi dizayn spektrumu ile tanımlanır. Bunun sebebidir ki yönetmelikler lineer ve nonlineer analizlerde dizayn spektrumu ile uyumlu deprem verilerini kullanırmaya çalışır. Bu çalışmada deprem verilerinin doğru seçilmesi için önerilen yollar gösterilmiştir. TDY (2007) kapsamında zorunlu kılınan maddeler neticesinde deprem kayıtları ölçeklendirilmiş ayrıca spektrumlarla eşleştirilme işlemi yapılmıştır. Ölçeklendirilme işlemi zaman ve frekans tanım alanında yapılmıştır. Bu iki yöntemle elde edilen ölçeklendirmesi tamamlanmış deprem kayıtlarıyla lineer ve nonlineer davranışları kıyaslanmıştır.

Atilla Ansal ve diğ. (2011), Depremler neticesinde meydana gelen enerjinin yüzeye ilerlemesi sırasında kullandıkları güzergahta bulunan zemin tabakalarının mühendislik özelliklerini değiştirdiği gibi zemin tabakaları da meydana gelen bu enerjilerin özelliklerini değiştirmektedir. Burada meydana gelen değişiklikler depremlerin genlik, frekans ve süre gibi özelliklerinin değişmesi şeklinde gözlemlenmektedir. Meydana gelmesi olası bir depremin yapılar üzerindeki etkilerinin tahmini yalnızca üzerine inşa edilecekleri zeminlerin doğru yorumlanması, davranışlarının doğru tahmini ile mümkündür. Bahsedilen doğru tahmin ve yorum için ise zemin kesiti içerisinde yer alan tabakalanma itina ile belirlenmeli, benzer zeminlerde elde edilen ivme kayıtları seçilmeli sonrasında ise davranış analizleri yapılmalıdır. Bu çalışmada da tek boyutlu Shake91 analiz yöntemi kullanılarak 1999 Kocaeli depreminden elde edilen deprem verileri model üzerinde sonuca varmak için kullanılmıştır. Bunun neticesinde

sahaya özel tasarım spektrumu verilerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalardan bazı sonuçlar sunulmuştur.

Yasin M. Fahjan (2008), Mevcut çalışmada deprem kayıtlarının DBYBHY (2007)'de yer alan maddelere göre seçimi detaylı olarak değerlendirilmiştir. DBYBHY (2007)'de yer alan farklı zeminler için belirlenen dizayn spektrumuna uyacak kayıtlar seçilmiştir. Bu seçim sırasında depremin büyüklüğü, faylanma tipi ve zemin koşulları gibi parametreler dikkate alınmaktadır. Seçilen kayıtlar gerçek deprem kayıtlarıdır. Tek serbestlik dereceli bir sistem için sönüm katsayısı %5 olarak kabul edilmiştir. Bütün bunlar neticesinde oluşturulan spektrum, dizayn spektrumuna ölçeklenerek istenen zemin sınıfına karşılık en uygun 10 kaydın seçimi yapılmaktadır.

Mustafa Şahin ve diğ. (2015), Yüksek yapıların projelendirilmesi sırasında zemin ve yapı koordinasyonunun en önemli aşamalarından biri olarak sahaya özel zemin davranışı analizleri göze çarpmaktadır. Çalışılan sahaya özel deprem spektrumlarının belirlenmesinde birden fazla parametre rol oynamaktadır. Bunlar; seçilen deprem kayıtlarının özellikleri, bölgenin faylanma yapısı, taban kayasının bulunduğu derinlik, kullanılan sahaya özel analiz yöntemleri, hareketli malzeme modelleridir. Taban kayası bazen çalışma alanının numune alınamayacak kadar derinlerinde meydana gelebilir. Buralarda mühendislik taban kayası kabulü devreye girmektedir. Bu çalışmada taban kayasından yeryüzüne kadar bütün zemin tabakalarının tanımlanması durumunda dizayn spektrumunun farklılık gösterip göstermediği ve lineer ile nonlineer analizlerin tabaka kalınlığı fazla olan akarsuların taşıdığı zemin türlerinde elde edilen verileri ne kadar etkileyebileceği gözlemlenmiştir.

Atilla Ansal ve diğ. (2011), Olasılıksal deprem tehlikeleri çalışmaları neticesinde mühendislik taban kayası olarak kabul edilen tabaka üzerinde her periyot için aynı aşılma yüzdelerini verirken zemin büyütme analizleri neticesinde hesaplanan spektrum her bir periyot seviyesinde aynı aşılma olasılığı özelliğini yitirmektedir. Bunun neticesinde sahaya özel dizayn depremi belirlenirken daha çok olasılıksal bir yaklaşımın izlenmesi daha doğru bir yöntem olacaktır. Bu çalışmada sahaya özel dizayn depremi özelliklerinin belirlenmesi için geliştirilmiş olan yaklaşımlar ve yapılmış çalışmalardan elde edilen sonuçlar özetlenmiştir. Elde edilen sonuçlar neticesinde en büyük ivmeye göre yapılacak bir ölçeklendirme yerine kullanılacak her kayıt için spektral uyumluluğun sağlanması daha uygun olduğu yönündedir.

Süleyman Gücek ve diğ. (2021), Çalışma Türkiye tektoniği açısından çok önemli bir yeri olan Afyon ili ve çevresinde yapılmıştır. Bu bölgede birçok aktif fay bulunması sebebiyle yer hareketinin zeminler üzerindeki etkisi önem arz etmektedir. Meydana gelen yer hareketi gevşek daneli (kumlu-siltli zeminler) zeminlerin boşluk suyu basıncının ani artışıyla mukavemetini kaybetmesine neden olup yapısal hasarlar meydana getirmektedir. Bu yapısal hasarların önlenmesi amacıyla çalışma alanlarında yapılacak değerlendirmelerle sivilaşma potansiyelinin önceden belirlenmesi hayati önem arz etmektedir. Bu çalışmada da yerel zemin koşullarının zeminlerin sivilaşmasına etkisini araştırmak üzere bir boyutlu analizler yapılmıştır. Analizler yapılırken TBDY (2018)'e uygun 11 farklı deprem verisi kullanılmıştır. Bir boyutlu doğrusal olmayan analiz yöntemi kullanılmış ve 124 farklı sondaj kuyusu verisi değerlendirilmiştir. Çalışma neticesinde bölgenin sivilaşma risk haritaları oluşturulmuştur. Böylece bölgedeki zeminlerin dinamik davranışlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Burcu Aytekin ve diğ. (2019), Taban kayasından yeryüzüne kadar zemin tabakaları arasında deprem kuvvetinde meydana gelen değişiminin belirlenmesi için sahaya özel zemin davranış analizleri yapılmaktadır. Taban kayasının çok derinlerde olduğu durumlarda TBDY (2018)'de önerilen derinlik ve büyütme tanımlamaları kullanılmaktadır. Bu çalışmada tek boyutlu sahaya özel zemin davranışı analizleri yapılmıştır. Çalışmada üç nokta ile beraber sığ ve derin zemin kesiti kullanılarak analizler yapılmıştır. Taban kayası seçimi için kayma dalgası hızının 760 m/s veya daha büyük olduğu tabakalar seçilmiştir. Analizlerde deprem giriş verisi 100 m derinlikteki ZB sınıfı sismik taban kayasından hem de TBDY (2018)'de bulunan yöntemle yüzeyden yaklaşık 30 m derinlikteki ZC ve ZD sınıfı zemin tabakalarından etki ettirilmiştir. Bunların neticesinde zemin yüzeyinde bulunan ivme zaman grafikleri elde edilmiştir. Çalışmada 31 adet kuvvetli yer hareketi verisi kullanılmıştır. Son olarak derin ve sığ zemin kesitleri için hazırlanan modellerin yüzeyinde elde edilen ivme spektrumları karşılaştırılmıştır.

Kamil Bekir Afacan ve diğ. (2019), Sismik yükler altında zeminlerin davranışı, zemin özelliklerin bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Deprem yükleri altında, yapılarda meydana gelecek deformasyon düzeyleri de yerel zemin koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Üstyapı tasarlanırken deprem kuvveti neticesinde gelecek yükler, ülkelerin yönetmelikleri ile bir metot önererek yapı tasarımcılarına yol göstermektedir. Tasarımcılar yapıların inşa edileceği konumlara bağlı olarak yönetmeliklerce sunulan haritalardan spektrumlar neticesinde yapıların tasarımına esas deprem hareketi konusunda tahminde bulunmaktadırlar. Tahmini spektrum eğrilerinin tasarım açısından belirlenebilmesi için öncelikle zemin sınıfının belirlenmesi

gereklidir. Zemin sınıfının belirlenmesi için de kullanılan öncelikli yöntem kayma dalgası hızına bağlı olan zemin sınıfı belirleme yöntemidir. Yeni yönetmelik kapsamında sahaya özel analizler ZF tür zemin sınıfları için zorunlu kılınmıştır. Diğer zemin sınıfları için tasarımcının tercihine bırakılmıştır. Bu çalışma kapsamında gerçek sondaj verileri kullanılarak benzer kayma dalgasına sahip farklı zeminler için sahaya özel eşdeğer lineer ve lineer olmayan analizler yapılmıştır. Zemin cinsine bağlı olarak yüzey tepki spektrumları hesaplanmıştır. Ortaya çıkan benzerlikler/farklılık tartışılmıştır. Lineer olmayan analizler sonucunda elde edilen yüzey tepkisi ve TBDY (2018)'in önerdiği spektrum eğrisi kıyaslanarak sahaya özel analizlerin önemi ve yapı tasarımında yeni yönetmelikle meydana gelen farklar tasarımcıların değerlendirmelerine sunulmuştur. Sonuçlar neticesinde, yüzey tepkilerinin tahmininde zemin özelliklerinden bağımsız yalnızca kayma dalgasının kullanılmasının yeterli olmadığı saptanmıştır.

Raziye Bozkurt ve diğ. (2020), Dünyanın oluşumundan bugüne kadar, sismik açıdan aktif olan bölgelerde, depremlerin sıklıkla olduğu bilinmektedir. Yerkabuğu katmanlarının kırılıp yer değiştirmesi neticesinde çok kısa bir zaman diliminde ortaya çıkan titreşim dalgaları ile depremler meydana gelmektedir. Bu depremler yıkıcı olmakla beraber can ve mal kayıplarını da beraberinde getirebilmektedirler. Türkiye dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinde bulunmaktadır. Depremlerin meydana getirdiği sismik yükler neticesinde yapı tasarımı yapılırken ele alınan tasarım kriterleri güvenilir tarafta kalmalıdır. Ayrıca tasarım yapılırken yapının inşa edileceği zeminin dinamik davranışı çok detaylı bir şekilde irdelenmelidir. Zeminin dinamik davranışının incelenmesi sırasında zeminin tabakalı yapısı da dikkate alınmalıdır. Zemin tabakaları arasında ilerleyen bazı frekanslardaki deprem yükleri zemin tarafından karşılanırken, bazı deprem yükleri bu tabakalar arasında büyümektedir. Bu nedenle sismik kuvvetler neticesinde zemin tabakalarının nasıl bir davranış sergileyeceğinin belirlenmesi hayati önem arz etmektedir. Aksaray ili Hamidiye bölgesi için yapılan bu çalışmada eşdeğer doğrusal analiz yöntemi kullanılarak bölgede bulunan zeminlerin dinamik davranışı irdelenmiştir. Eşdeğer doğrusal analizler yapılmıştır. Bu analizler yapılırken bölgede yapılan sondajlar ve sismik çalışmalar kullanılmıştır.

1.3 Tezin Organizasyonu

Tezin birinci bölümünde, tez çalışmasında konu edilen mühendislik problemi dile getirilmiş ve tez konusuna uygun olarak önceden yapılan çalışmalardan elde edilen örnekler verilmiştir. Ayrıca tezin amacının ne olduğu ve neyi kapsadığı açıklanmıştır.

İkinci bölümde, zemin davranış analizleri için kullanılan metotlar, eksiksiz bir zemin tepki analizindeki adımlar ile ilgili bilgiler aktarılmıştır. Bu bölümde ayrıca, tez kapsamında kullanılacak olan bir boyutlu dalga yayılım analizleri ve kullanım gerekçeleri ile ilgili bilgiler de sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, sahaya özel zemin davranış analizlerinde kullanılmak üzere seçilecek deprem kayıtlarının kaynakları, ölçeklendirilmesi ve dikkat edilecek hususlar ile birlikte PEER veri tabanı da ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde, saha deneyleri neticesinde elde edilen veriler ortaya konmuş ve bu veriler neticesinde sahaya özel zemin davranış analizlerinde kullanılmak üzere geoteknik zemin parametreleri hesaplanmıştır.

Beşinci bölümde, analizlerde kullanılacak zeminlerin özellikleri verilmiştir.

Altıncı bölümde, hesaplanan geoteknik parametreler kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan zemin davranış analizleri yapılmıştır.

Yedinci bölümde, bir çelik yapı ile elde edilen tasarım spektrumları neticesinde yapının X ve Y yönü için maksimum deplasmanları karşılaştırılmıştır.

Sekizinci bölümde, tez çalışması yapıldığı sırada çalışmanın yapıldığı İzmir bölgesini etkileyen '2020 Ege Denizi Depremi' meydana gelmiştir. Sahaya özel zemin davranış analizlerinin yapıldığı 5 farklı alandaki deprem sonrası hasarların, yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar ile tutarlılığı değerlendirilmiştir.

Dokuzuncu bölümde, tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ifade edilmiştir.

2. ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZLERİ

Deprem tehlikesinin bulunduğu bölgelerde geoteknik mühendisleri tarafından çözülmesi gereken temel sorun, katmanlardan oluşan zeminin sahaya özgü dinamik tepkisini tahmin etmektir. Sorun genellikle sahaya özgü tepki analizi veya zemin amplifikasyonu çalışması olarak adlandırılmaktadır. (Her ne kadar zemin hareketleri de-amplifike olsa da). Bu genellikle sismik çalışmaların çoğunun başlangıç noktasıdır. Bu problemin çözümünü geoteknik mühendisi aşağıdaki gibi sağlar;

- Sahanın doğal periyotlarını hesaplar.
- Zeminin hareket amplifikasyonunu değerlendirir.
- Yapı mühendislerine çeşitli parametreleri elde eder. Bunu yaparken ilk olarak tepki spektrumlarını oluşturur.
- Oluşturduğu bu spektrumları, yapı mühendislerinin yapıların tasarım ve güvenlik değerlendirmelerinde kullanmaları için yapar.
- Sıvılaşma potansiyelini değerlendirir.
- Şevler vb. için sismik stabilite analizlerini gerçekleştirir.

Geoteknik mühendislerinin üzerinde çalıştığı zeminlerin tepkisini etkileyen zemin koşulları ve yerel jeolojik özellikler birden fazladır. Bu önemli özelliklerden bazıları;

- Zeminin yatay boyutu ve derinliği
- Taban kayasını örten tabakalar ve durumları
- Tabaka düzlemlerinin eğimleri
- Taban kayasının üstündeki zeminlerin, yatay olarak zemin türlerinin değişip değişmemesi,
- Hem taban kayasının hem de zemin profilini oluşturan diğer zeminlerin topoğrafyası
- Mevcut zeminden geçen veya bu zemine yakın faylar.

Olarak sıralanabilir.

2.1 Eksiksiz Zemin Tepki Analizi

İdeal olarak, eksiksiz bir yer tepki analizi aşağıdaki faktörleri dikkate alır:

- Bir deprem kaynağındaki kopma mekanizması (kaynak).
- Deprem dalgalarının kaynaktan zemin yüzeyine kadar izleyeceği güzergâh (yol)
- Zemin yüzeyinde oluşacak sismik hareketlerin taban kayasının üzerindeki zeminlerden etkilenip etkilenmemesi (zemin büyütme)

Pratikte ise bazı zorluklar meydana gelir. Bu zorluklar belirsizlikler oluşturur; yukarıda listelenen maddeleri de dikkate alarak bu zorluklar aşağıdaki gibi listelenebilir;

- Fay kırılmasının mekanizması çok karmaşıktır ve önceden tahmin etmek zordur.
- Kabuk hızı ve sönümlenme özellikleri genellikle iyi bilinmemektedir.
- Kaynak ve yeryüzü arasındaki enerji iletiminin doğası genellikle belirsizdir.

Mesleki uygulamada, aşağıdaki prosedürler genellikle zorluklar ve belirsizlikleri de göz önüne alarak süreci izlenebilir hale getirmek ve yukarıdaki zorlukların üstesinden gelmek için benimsenmelidir.

- Sismik tehlike analizleri (olasılıksal veya deterministik) bulunduğu yerde taban kayasının hareketlerini tahmin etmek için kullanılabilir.
- Sismik tehlike analizlerinde taban kayasının dinamik parametrelerini tahmin etmek için ampirik azaltma ilişkileri kullanılabilir.
- Zemin tepkisi problemi, zemin birikiminin alttaki ana kaya hareketine verdiği tepkilerin belirlenmesi halini alabilir.

2.2 Sahaya Özel Tepki Analizindeki Adımlar

Aşağıdaki adımlar bir sahadaki zemin profilinin etkilerini hesaba katarak taban kayasındaki deprem hareketlerinin değişimini izlemek üzere sıralanmıştır.

2.2.1 İlgili Yerin Karakterizasyonu

Yerin karakterizasyonu için Jeofizik ve Geoteknik araştırmaların ve laboratuvar testlerinin sonuçlarına dayanarak, ilgili alan için bir veya daha fazla idealize edilmiş zemin profili seçilmelidir. Bu bağlamda, eksiksiz bir dinamik yer karakterizasyonu aşağıdakileri içerir;

- Derinlikle ifadelendirilmiş kayma dalga hızı profili
- Kayma modülünün gerilme (veya modül azaltma eğrisi) ile değişimi.
- Gerilme ile sönümlemenin değişimi (veya sönümleme oranı eğrisi).

2.2.2 Kaya Hareketlerinin Seçimi

Alan için tasarım kaya hareketini temsil etmek üzere uygun kaya hareketleri (doğal veya yapay ivme kayıtları) seçilir. Kaya hareketi, şu anda bilinen tektonik çerçeve altında sahada üretilebilen en şiddetli titreşimli zemin hareketine neden olacak spesifik sismotektonik yapılar veya kaynak alanlar ile ilişkilendirilmelidir. Burada aslında bir sismolog ile yapılacak etkileşim çok değerli olacaktır. Doğal deprem kayıtları kullanılıyorsa, tasarım kaya hareketleri için tahmin edilenlere benzer yer hareketi karakteristiklerine sahip bir dizi doğal ivme kayıtlarının kullanılması tercih edilir. Bu seçilecek ivme kayıtlarının aşağıdaki özelliklerinin de aynı zamanda bilinmesi gerekir;

- Pik parametreleri
- Spektral tepki içeriği
- Aktif sarsıntı süresi

Doğal kayıtların yokluğunda, yapay kayıtlar 'spektrum uyumlu' kavramı göz önünde tutularak üretilmelidir. Bu problem için zaman alanı, frekans alanı üretimi, ampirik Green'in fonksiyon tekniği, ARMA modelleme, vb. gibi çeşitli prosedürler mevcuttur.

2.3 Zemin Tepki Analizi ve Tasarım Spektrumları

Zemin tepki analizi, genellikle tek boyutlu analiz (doğrusal, eşdeğer doğrusal veya doğrusal olmayan) şeklinde sahaya özgü profiller için gerçekleştirilir. Tepki analizinde ilgili katman hareketini hesaplamak için girdi hareketi olarak hareketler zemin yüzeyinden alınır. Sahaya özel 'tasarım spektrumu' geliştirmenin bir yolu zeminin hesaplanan tepki spektrumlarının yüzey deprem hareketlerinin statik olarak analiz edilmesi veya yorumlanması şeklinde olur.

Yer tepki analizindeki kayıtlar zemin yüzey hareketlerini temsil etmek için doğrudan kullanılabilir veya yapay kayıtlar tasarım spektrumuna uyacak şekilde geliştirilebilir.

2.3.1 Dalga Yayılım Analizi / Zemin Amplifikasyonu

Depremler sırasında yer hareketinin parametreleri gibi hareket genliği, frekans içeriği ve süresi sismik dalgalar yayıldıkça değişir. Yer hareketi zemin katmanlarından geçerek zemin yüzeyine kadar ulaşır. Burada yerel zemin bir filtre görevi görür ve yer hareketi özelliklerini değiştirir. Buna zemin amplifikasyonu denir.

Fiziksel olarak, sismik hareketlerin özelliklerini tahmin edebilecek bir zemin tabakasının yüzeyinde (veya herhangi bir derinlikte) olması beklenir. Matematiksel olarak, sürekli bir ortamda dalga yayılımı gerçekleşir.

Stabil bir ortamın uyarılması (örneğin; bir zemin kütlesi) anında hissedilmez. Uyarma uzak/farklı noktalarda hissedileceği için bu etkilerin meydana gelmesi için zaman gerekir. Etkiler ortamdaki geçen dalgalar şeklinde hissedilir. Bu dalgaların yayılım şekilleri rijitlik, zayıflama özellikleri ve ürettikleri etkileri kontrol edecek bir fonksiyonla da ifade edilir.

Genellikle, jeolojik malzemelerin yükleme koşulları sürekli olarak ele alınır ve bu malzemelerin depremler, patlamalar, trafik kaynaklı titreşimler gibi dinamik/geçici yüklere dinamik tepkisi, geometriye vb. bağlı olarak bir, iki veya üç boyutlu dalga yayılımları bağlamında değerlendirilir.

2.3.1.1 Tek Boyutlu Dalga Yayılım Analizleri

Bu analizler zemin tepki analizi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat zemin tabakalarının yaklaşık olarak yatay tabakalardan oluşmadığı durumlarda tek boyutlu dalga yayılım analizinin kullanılmasından ziyade 2 veya 3 boyutlu analizler tercih edilmelidir. Tek boyutlu dalga yayılım analizlerinin kullanılmasının nedenleri arasında ise;

- Tutarlı sonuçlar vermesi
- Birçok bilgisayar programının bu analizleri yapmamıza olanak verecek şekilde bünyesinde 1D analizi bulundurması ve daha önce bu programlar ile tasarım projelerinin analizlerinin yapılmış olması

Yer almaktadır.

2.3.1.1.1 Tek Boyutlu Yer Tepki Analizlerindeki Varsayımlar

- Zemin katmanları yataydır ve sonsuzluğa uzanır.
- Zemin yüzeyi düz eğimsiz kabul edilmektedir.
- Meydana gelen deprem hareketleri mekansal olarak üniform, yatay polarize kesme dalgalarıdır ve dikey olarak yayılır.

2.3.1.1.2 Tek Boyutlu Yer Tepki Analizlerinin Kullanılmasının Gerekçeleri

Güçlü deprem hareket alanları, deprem odağından gelen deprem dalgaları yeryüzüne vardıklarında neredeyse dikey olarak yayılmaktadır. Dalga hızı genellikle dünyanın iç kısmından yüzeye doğru azalır ve bu nedenle odaktan gelen deprem dalgaları, neredeyse dikey bir yola ardışık kırılmalarla bükülür.

Sağlam zemin içindeki dalgalar sığ eğimli bir yönde yayılsa bile, sert zemin ile yeryüzü arasındaki ara yüzde kırılma yoluyla zeminde oluşturulan dalgalar neredeyse dikey olarak yayılır (Snell'in kırılma yasası ile). Dikey zemin hareketleri genellikle yapısal tasarım açısından yatay zemin hareketleri kadar önemli değildir. Zemin özellikleri genellikle dikey yönde yatay yöne göre daha hızlı değişir.

Gerçekte, eksiksiz bir zemin tepki analizi, depremin kökenindeki kopma mekanizması gibi ek faktörler de dahil olmak üzere daha önce bahsedilen çeşitli faktörleri hesaba katmak zorundadır (sismik dalgaların kabuk boyunca ana kayanın tepesine kadar yayılması gibi). Bu faktörlerin ölçülmesi zordur ve bu nedenle tam bir zemin tepki analizi oldukça karmaşık hale gelir. Bütün bunlar göz önüne alındığında tek boyutlu zemin tepki analizleri, sadelikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3.1.1.3 Analiz Yöntemleri

'Yer tepki analizi' için birtakım teknikler mevcuttur. Yöntemler, yapılan sadeleştirme varsayımlarında, zeminin gerilme-gerinim ilişkilerinin gösterilmesinde ve hareket denklemini entegre etmek için kullanılan yöntemlerde farklılık gösterir. Mevcut dinamik tepki analizi yöntemlerinin geliştirilmesi, değişen uygulama ihtiyaçları ve alan gözlemleri ile laboratuvar testlerinden türetilen çevrimsel yük altında zeminlerin temel davranışları hakkında artan bilgi ile teşvik edilen aşamalı bir evrimsel süreç oluşmuştur.

Bu yöntemler geniş bir şekilde aşağıdaki gibi üç kategoriye ayrılabilir;

- Doğrusal analiz
- Eşdeğer doğrusal analiz
- Doğrusal olmayan analiz

Doğrusal analiz, asitliği nedeniyle, zemin yataklarının dinamik tepkisini analitik olarak incelemek için yaygın olarak kullanılmıştır. İdeal geometriler ve zemin özellikleri için kapalı form analitik çözümler türetilmiştir, örnek bir zeminin basit matematiksel fonksiyonlarla ifade edilebilecek şekilde sabit veya derinliğe göre değişen zemin özelliklerine sahip tek bir tabakadan oluştuğunu varsayarak elde edilmiştir. Bununla birlikte, genel olarak, zemin elastik olarak davranmaz ve malzeme özellikleri uzayda değişebilir. Bu gibi durumlarda analitik çözüm mümkün değildir ve sonlu elemanlar veya sonlu farklar yöntemi gibi sayısal teknikler kullanılır.

Eşdeğer doğrusal analiz, Schnabel ve arkadaşları (1972), eşdeğer doğrusal analiz yöntemi kullanarak bir kumun doğrusal olmayan histeretik gerilme-şekil değiştirme özelliklerini ele almıştır. Yöntem başlangıçta, sismik hareketlerin uygulandığı rijit taban üzerinde duran kum birikintilerinin toplanmış kütle modeline dayanıyordu. Sonra bu yöntem, enerji ileten bir sınır ile

dalga yayılım modeline genelleştirildi. Sismik uyarma, yeni modelde herhangi bir düzeyde uygulanabilir hale getirilmiş oldu.

Doğrusal olmayan analiz, Doğrusal olmayan bir analiz genellikle sonlu elemanlar ve toplu kütle modelleri gibi ayrık bir model kullanılarak yapılır. Doğrusal olmayan analizin anlamlı sonuçlar vermesi hareket denklemlerinin adım adım entegrasyonunun gerçekleştirilmesi ile mümkündür. Belirli bir zeminin gerilme-gerinim özellikleri gerçekçi bir şekilde modellenmelidir.

3. DEPREM KAYIT KAYNAKLARI VE ÖLÇEKLENMESİ

3.1 Deprem Kayıt Kaynakları

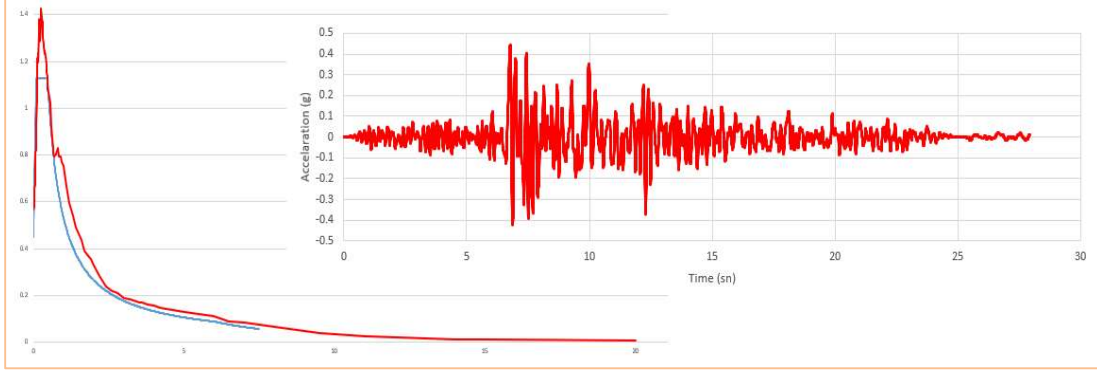
Deprem kayıtlarının en yaygın olarak edinildiği üç kaynaktan söz edilebilir: Bunlar yapay olarak oluşturulan dizayn ivme spektrumuna uyumlu kayıtlar (örneğin; RSPMATCH programı ile), deprem kayıt parametreleri fiziksel olarak benzeştirilmiş (simüle edilmiş) kayıtlar (örneğin; SMSIM programı yardımı ile) ve meydana gelen gerçek depremler neticesinde kayıt istasyonlarında elde edilen kayıtlar. (Z. Özdemir ve Y. M. Fahjan 2007)

3.1.1 Yapay Deprem Kayıtları

Rastgele oluşturulan yapay kayıtların spektral analizi geleneksel olarak Fourier ayrışmasına dayanır. Kayıtlar sabit frekans ve genlikli sinüs ve kosinüs dalgaları ile oluşturulmuş kayıtları temsil eder.

Durağan olmayan frekans ve genlikli kayıtlara uygulandığında ise doğal olarak bu işlem zorlaşır çünkü süresi kısa olur, genliği ve frekans içeriği zamanla değişir. Çift frekansa sahip, sabit olmayan kayıtların spektral analiz yöntemlerinin (Spektrum, anlık spektrum, fiziksel spektrum, dalgacık spektrumunun) bazı dezavantajları vardır. Buna bağlı olarak güçlü zemin hareketlerini stokastik olarak karakterize eden zemin hareket modeli Fourier tarafından tanımlanmıştır. Temelde basit ve deterministik; genlik spektrumu ile kaynak, yol ve sahanın sismolojik modeline bağlı bir yöntem olarak sunulmuştur. Modelin önemli bir yönü son derece basit olmakla birlikte, aynı zamanda güçlü yer hareketleri ile ilgili tahminler de sağlamasıdır. Bu tahminlerin doğruluk oranı da oldukça yüksek olmuştur. Stokastik zeminin hareket modelinin kaynak süresi, geniş zemin aralığıyla ilişkili olarak enerjinin rastgele dağıtıldığı son derece etkili bir yöntem olarak kanıtlanmıştır. Fakat burada kabul edilmeyen durum çok yüksek bir enerjinin açığa çıkması ve bu enerjinin gerçekte meydana gelen enerjilerle bir bağlantısının olmayacak kadar yüksek olmasıdır. Daha sonrasında seçilen frekanslar için ölçekleme katsayıları irdelenir. Bu ölçekleme katsayıları kullanılarak Brune kaynak modelinde olduğu gibi ölçek katsayılarının kareleri alınarak kayıtlar düzeltilmiş olur.

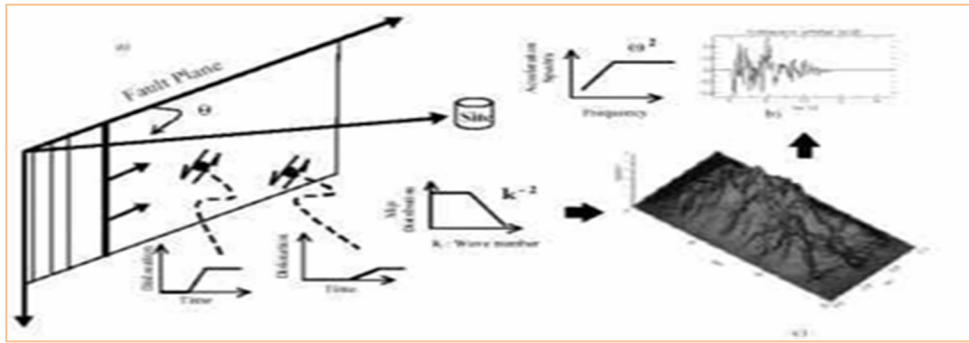
Yapay deprem kayıtları gerçek deprem kayıt kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır (Şekil 3.1). Bu tür yapay kayıtların parametrelerindeki değişkenlerden dolayı mutlaka duraylılık analizlerine dikkat edilmelidir.



Şekil 3.1: Yapay Deprem Kayıtları.

3.1.2 Benzeştirilmiş Deprem Kayıtları

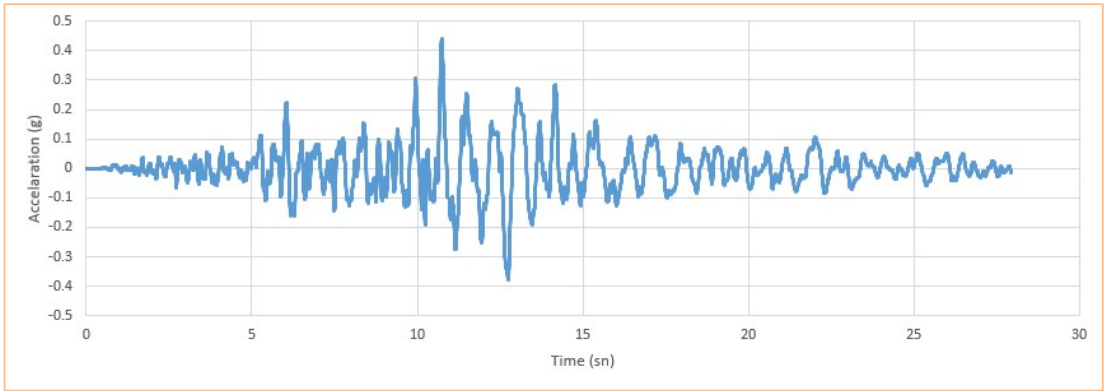
Bu tür kayıtlar, büyüklük ve mesafe gibi özelliklerine dayanarak meydana gelecek tahmini depreme dayanır. Depremi kaynağı, depremin yayıldığı ortam ve depremin ilerleyeceği zemin özelliklerini göz önünde bulunduran sismo-modellerden oluşturulur (Şekil 3.2). Bu aşamadaki en önemli kısım bu parametrelerin doğru olarak tanımlanması olarak göze çarpmaktadır.



Şekil 3.2: Simüle Edilmiş Deprem Kayıtları (Philippe Rossel, Jean-Jacques Wagner (2000))

3.1.3 Gerçekleşen Depremlerden Elde Edilen Kayıtlar

Gerçekleşen depremler neticesinde elde edilen kayıtlar, zemin hareketinin genel parametrelerini birebir karşıladığından diğer kayıt kaynaklarına oranla biz araştırmacılara tasarım vb. konularında daha fazla yardımcı olmaktadır. Daha önceden gerçekleşmiş bir depremin özellikleri gelişen dünyamızda birden fazla veri bankasında muhafaza edilmekte ve araştırmacılar bu kayıtlara oldukça rahat bir şekilde ulaşabilmektedir (Şekil 3.3). Bu nedenle ilgili alan için eğer yeterli kaynak mevcut ise gerçek bir deprem üzerinden değerlendirmeler yapılması her zaman öncelikli olmalıdır.



Şekil 3.3: Gerçek Deprem Kayıtları

3.2 Deprem Kayıtlarının Seçimi

Zaman tanım alanında bina taşıyıcı sistemlerinin deprem kuvvetinin doğru tayininde veri olacak ivme kayıtlarının seçimi yapılırken dikkate alınacak başlıca parametreler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Dizayn depremi ile uyumlu deprem büyüklükleri
- Faylanma mesafeleri
- Kaynak özellikleri
- Zemin sınıfı parametrelerinin dikkate alınması.

Faya çok yakın veya çok uzak depremlerin yer hareketi özellikleri diğer depremlerin yer hareketi özelliklerinden farklı olacağı unutulmamalı, seçilecek kayıtlarda bu durum da göz önünde bulundurulmalıdır. Verilen bu özellikleri en iyi şekilde yansıtabilecek sahaya özel deprem

tehlikesine en fazla katkıda bulunacak depremler irdelenmelidir. Bu işlem yapılırken deprem tehlikesi ayırıştırma işleminden de yararlanılabilir.

3.3 Yer Hareketi Ölçekleme Yöntemleri

Spektral eşleştirme tekniği seçilen bir ivme-zaman verisinin, zaman veya frekans tanım alanında ölçeklemesine dayanmaktadır. Kayıtları hedef spektrumuna yakın almak için sabit bir değerle çarpmak şeklinde ifade edilebilir.

Yer Hareketinin Frekans Tanım Alanında Ölçeklenmesi: Frekans içeriğinin hedef spektruma eşleşecek şekilde değiştirilmesi

Yer Hareketinin Zaman Tanım Alanında Ölçeklenmesi: Hedef tasarım spektrumuna uyacak dalgacıklar eklenmesi

Şeklinde tanımlanabilir.

3.4 PEER Veri tabanı

PEER veri tabanı, ABD Jeolojik Araştırmalar (USGS) ve Güney Kaliforniya Deprem Merkezi (SCEC) ile ortak olarak PEER-Lifelines Programı (PEER-LL) tarafından koordine edilen NGA araştırma projesinde güncellenmiş azalım ilişkilerinin geliştirilmesi için ana kaynak olarak geliştirilmiştir. (Chiou ve ark. 2006, 2008; Power ve ark., 2008). Veri tabanı, önceden var olan eş veri tabanının kapsamlı bir güncellemesini ve genişletilmesini temsil eder (Chiou ve ark., 2008). Zemin hareket kayıtları güçlü hareket ağları, veri tabanları ve uluslararası kaynaklardan seçilen kayıt setleri de dahil olmak üzere diğer güvenilir kaynaklardan oluşur. PEER NGA veri tabanı 173 deprem ve 1456 kayıt istasyonundan 3551 üç bileşenli kayıt içerir. Dahil edilmeyen birçok kayıt da bulunmaktadır. Dahil edilmeyen kayıtların özellikleri ise aşağıda sıralandığı biçimdedir;

- Aktif tektonik bölgelerde sığ kabuk depremleri dışındaki tektonik ortamlardan olduğu düşünölen kayıtlar
- Deprem kayıtları kötü tanımlanmış kayıtlar
- Bütün kayıt istasyonlarında elde edilen kayıtlar, serbest alan zemin yüzey koşullarına yeterince uygun kabul edilmez, ör. bodrum katlarda veya yüksek binaların zemin katlarında elde edilen kayıtlar
- Kayıt istasyonlarında zemin / jeolojik koşullar hakkında bilgi eksikliği
- Yalnızca bir yatay bileşene sahip kayıtlar
- Sensör yönleri ve arıza vuruşları ile ilgili net bilgileri olmayan kayıtlar
- Kalitelerinden şüphe edilen kayıtlar
- Yinelenen kayıtlar

3.4.1 Peer Veri tabanı Kayıt Arama Menüsü ve Açıklamaları

Peer veri tabanında fay tipi, deprem manyitüdü, fay düzlemlerine olan mesafeler gibi bilgiler girilerek istenen özelliklerde meydana gelmiş deprem verileri listelenebilmektedir (Şekil 3.4).

New Search

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile. You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : *RSN1,...RSNn*

Event Name :

Station Name :

Search Parameters:

Fault Type :

Magnitude : *min,max*

R_JB(km) : *min,max*

R_rup(km) : *min,max*

Vs30(m/s) : *min,max*

D5-95(sec) : *min,max*

Pulse :

Additional Characteristics:

Max No. Records : (*<=100*)

Initial ScaleFactor : *min,max*

Suite

Spectral Ordinate :

Damping Ratio :

Suite Average :

Scaling

Scaling Method :

MSE = Computed Weighted Mean Squared Error of record, and suite average, wrt target spectrum.

Weight Function

Used in both search and scaling when computing MSE. Values can be updated for rescaling. Intermediate points are interpolated with $W = f_{xn}(\log(T))$

Period Points : (*T1,T2, ... Tn*)

Weights : (*W1,W2, ... Wn*)

Şekil 3.4: Peer Veri Tabanı Ara yüzü

3.4.1.1 Magnitude (Manyitüd)

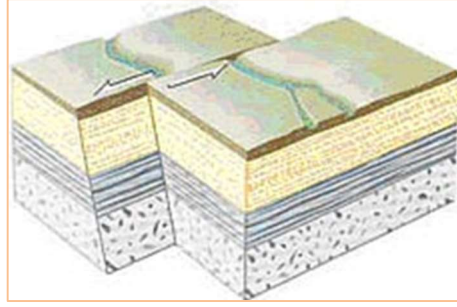
Deprem sırasında açığa çıkan enerjiyi ifade etmektedir. Elbette bu enerjiyi doğrudan ölçmek imkansızdır. Bu sebeple Richter 1900'lü yılların başında bulunduğu bir yöntemle depremlerin aletsel bir ölçüsü olan "Manyitüd" tanımlanmıştır. Richter, odak noktasından 100 km uzaklıkta ve kaya olarak tanımlanacak bir zemine yerleştirilmiş özel bir sismografla kaydedilmiş zemin hareketinin mikron cinsinden (1 mikron = 0.001 mm) ölçülen maksimum genliğinin 10 tabanına göre logaritmasını bir depremin "manyitüdü" olarak tanımlanmıştır.

3.4.1.2 Fault Type(Fay Tipi)

Yer kabuğundaki farklı ölçekteki kayma düzlemleri (üzerinde deprem meydana gelen ve hareket eden iki levha ya da levhacık arasındaki ara yüzey) fay olarak adlandırılır. Fay çeşitleri 4 ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar;

- **Doğrultu Atımlı Fay**

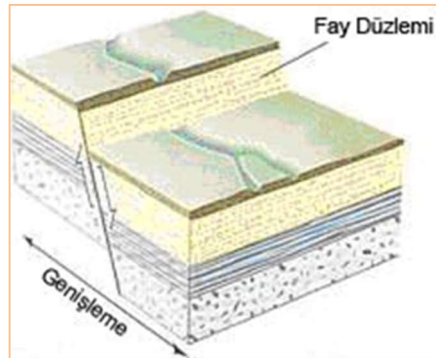
Bu tür fay düzlemleri, yeryüzünde 90 dereceye yakın dik bir konumda olan ve yerin içine doğru hafifçe eğimlenen yalnızca yatay atımın oluşturduğu yanal atımlı faylardır (Şekil 3.5). Bu faylar, atımlarına göre sağ ya da sol yönlü olabilirler. Kuzey Anadolu Fayı, sağ; Doğu Anadolu Fayı ise sol yönlü doğrultu atımlı faylardır.



Şekil 3.5: Doğrultu Atımlı Fay

- **Normal Atımlı Fay**

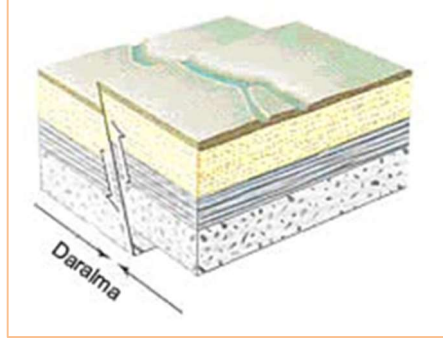
Bu tür faylarda fay düzleminin bir tarafındaki blok yükselirken diğer tarafındaki düşerek uzaklaşır (Şekil 3.6). Burada hareket yine göreceli olarak gelişmektedir. Bir başka deyişle, bir blok yükselirken diğeri yerinde durabilir ya da bir taraf yerinde dururken diğere düşebilir. Örneğin; 1970 Gediz ve 1995 Dinar depremi ile ilgili faylar bu türden normal atımlı faylardır.



Şekil 3.6: Normal Atımlı Fay

- **Ters Atımlı Fay**

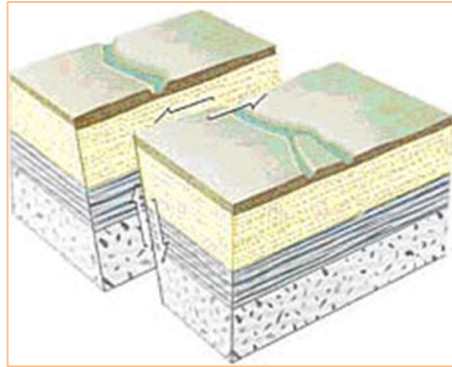
Bu tür faylar da düşey atımlı faylar olup, yalnızca fay düzlemi boyunca hareket eğim yönüne göre ters yönde olmakta ve bloklar birbirine göre yaklaşmaktadır (Şekil 3.7). Örneğin; 1975 Lice depremi ile ilgili faylar ters atımlı faylardır.



Şekil 3.7: Ters Atımlı Fay

- **Verev (Oblik) Atımlı Fay**

Fay düzlemi boyunca ortaya çıkan hareketin hem düşey hem de yatay yönde olduğu faylardır (Şekil 3.8).



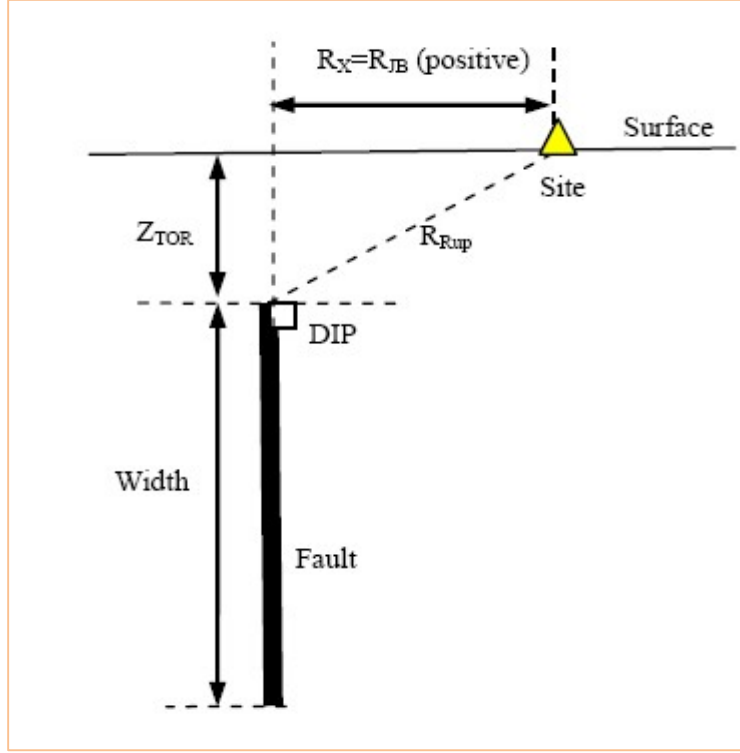
Şekil 3.8: Oblik Atımlı Fay

3.4.1.3 $R_{R_{jb}}$ (km)

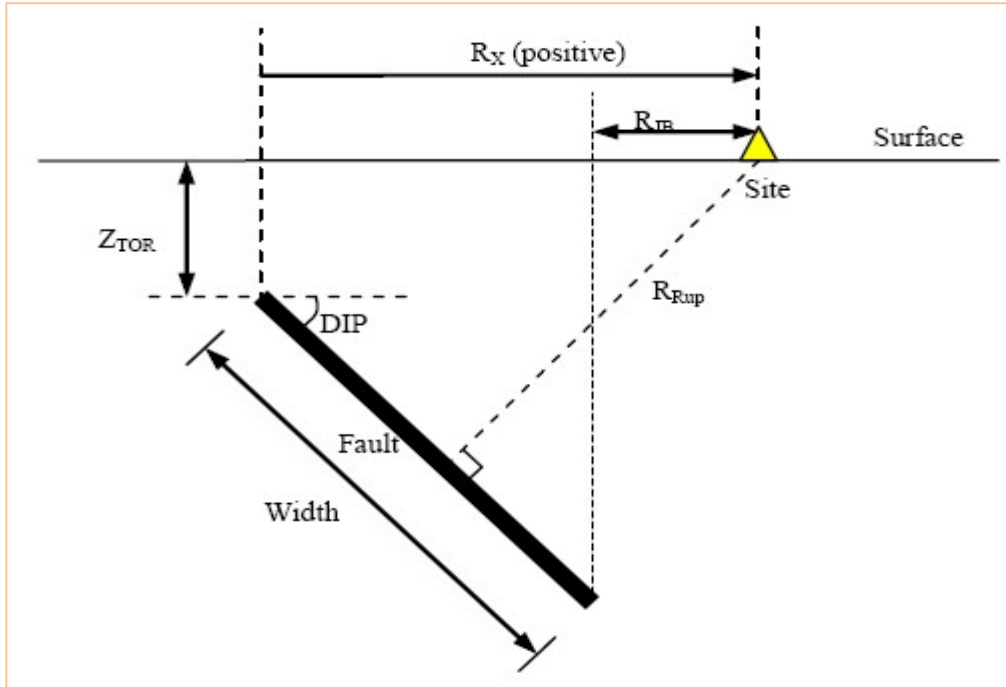
Fay kırılmasının yatay projeksiyonuna en kısa mesafedir.

3.4.1.4 R_{rup} (km)

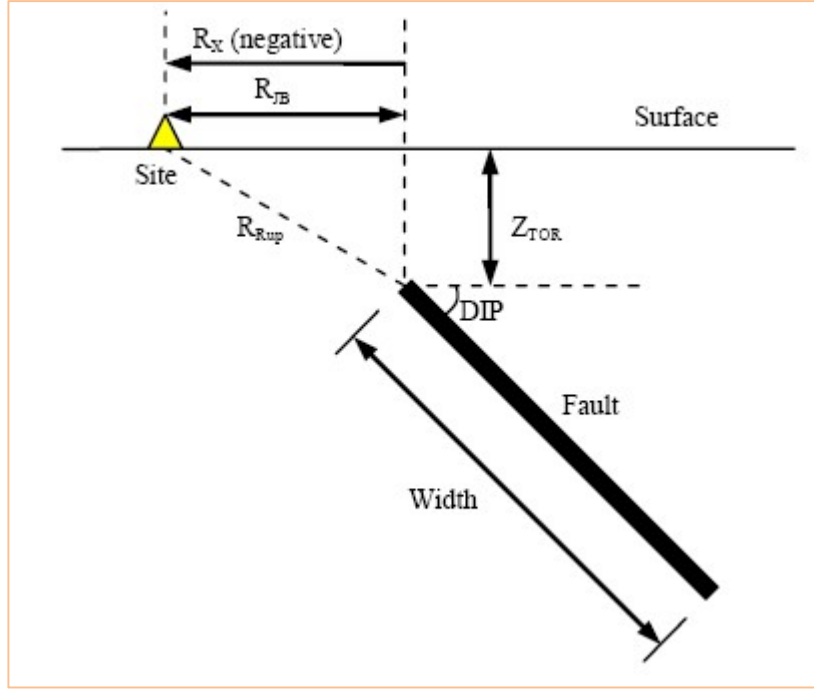
Kırılan fay düzlemine en kısa mesafedir (Şekil 3.9-3.11).



Şekil 3.9: Doğrultu Atımlı Fay İçin R_{fb} ve R_{rup}



Şekil 3.10: Normal ve Ters Atımlı Fay İçin R_{fb} ve R_{rup} (1)



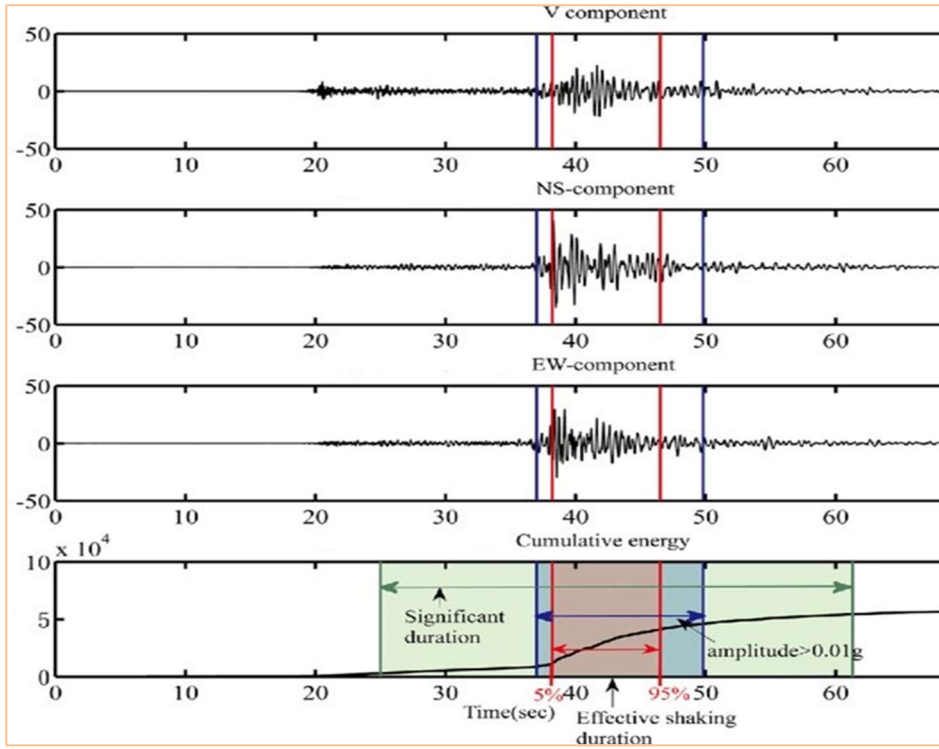
Şekil 3.11: Normal ve Ters Atımlı Fay İçin R_{jB} ve R_{rup} (2)

3.4.1.5 V_{s30} (m/s)

Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızıdır.

3.4.1.6 $D5-95$ (s)

Kayıtların önemli süresinin aralığıdır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: D5-95 (s)

3.4.1.7 Pulse (Atım)

Aranan kaydın atım özelliklerini ifade eder.

3.4.1.8 MSE'nin Hesaplanması

Hedef spektrum ile kaydedilmiş bir zaman serisinin tepki spektrumu arasındaki MSE, spektral ivmenin doğal logaritması arasındaki fark açısından hesaplanır. 0.01 saniye ile 10 saniye arasındaki süre aralığı, \ln (aralık, T_i) olarak eşit aralıklarla yerleştirilmiş çok sayıda noktaya bölünür. Ve hedef ile kayıt tepki spektrumları sırasıyla SA target (T_i) ve SA record (T_i) 'da her periyotta spektral ivmelerin sağlanması için enterpole edilir. Daha sonra belirlenen aralıkta aşağıdaki formül MSE olarak ifade edilir (Denklem 3.1);

$$MSE = \frac{\sum W(T_i) (\ln[SA\ target(T_i)] - \ln[SA\ record(T_i)])^2}{\sum W(T_i)} \quad (3.1)$$

3.5 Seçilen ve Ölçeklenen Depremlerin Özellikleri

Buradaki amaç inceleme alanının zemin davranış analizlerinde ihtiyaç olunan ana kaya seviyesindeki (ZD zemin sınıfında) kullanılacak deprem kayıtlarını üretmektir. Bunun için, inceleme alanı ve yakın çevresinin depremselliği çalışılmış, fayların yeri ve özellikleri ile odak mekanizmaları belirlenmiş, fayların atım şekli ve yönleri ayrı ayrı irdelenmiş ve buna göre 11 adet deprem kaydı seçilmiştir. Daha sonra zemin 1,2,3,4,5 için seçilen kayıtlar TBDY (2018)'de tanımlanan DD-2 deprem seviyesi ve ZD zemin sınıfı yatay ivme spektrumuna tam uyacak şekilde ölçeklendirilmiştir (Tablo 3.1-3.5).

Tablo 3. 1:Seçilen Deprem Kayıtlarının Özellikleri (Z1)

No	RSN	Ölçek Faktörü	Deprem Adı	İstasyon	Yıl	Magnitüd	Mekanizma	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	(V _s) ₃₀ (m/s)
E01	162	1,4789	Imperial Valley - 06	Calexico Fire Station	1979	6,53	SS	10,45	10,45	231
E02	1141	1,1302	Dinar, Turkey	Dinar	1995	6,4	N	0	3,36	220
E03	772	2,7863	Loma Prieta	Halls Valley	1989	6,93	RS	30,25	30,49	282
E04	996	2,1801	Northridge-01	LA - N Faring Rd	1994	6,69	R	12,42	20,81	255
E05	1106	0,5639	Kobe,Japan	KJMA	1995	6,9	SS	0,94	0,96	312
E06	1162	2,8665	Kocaeli, Turkey	Goynuk	1999	7,51	SS	31,74	31,74	347
E07	1615	2,1279	Duzce, Turkey	Lamont 1062	1999	7,14	SS	9,14	9,14	338
E08	3749	2,4555	Cape Mendocino	Fortuna Fire	1992	7,01	R	16,54	20,41	355
E09	1794	2,0314	Hector Mine	Joshua Tree	1999	7,13	SS	31,06	31,06	379
E10	728	2,3878	Superstition	Westmorland Fire	1987	6,54	SS	13,03	13,03	194
E11	4207	2,9598	Niigata, Japan	NIG017	2004	6,63	R	4,22	12,81	274

Tablo 3. 2: Seçilen Deprem Kayıtlarının Özellikleri (Z2)

No	RSN	Ölçek Faktörü	Deprem Adı	İstasyon	Yıl	Magnitüd	Mekanizma	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	(V _s) ₃₀ (m/s)
E01	162	14.282	Imperial Valley - 06	Calexico Fire Station	1979	6.53	SS	10.45	10.45	231
E02	1141	10.915	Dinar. Turkey	Dinar	1995	6.4	N	0	3.36	220
E03	772	26.908	Loma Prieta	Halls Valley	1989	6.93	RS	30.25	30.49	282
E04	996	21.054	Northridge-01	LA - N Faring Rd	1994	6.69	R	12.42	20.81	255
E05	1106	0.545	Kobe.Japan	KJMA	1995	6.9	SS	0.94	0.96	312
E06	1162	27.682	Kocaeli. Turkey	Goynuk	1999	7.51	SS	31.74	31.74	347
E07	1615	20.550	Duzce. Turkey	Lamont 1062	1999	7.14	SS	9.14	9.14	338
E08	3749	23.713	Cape Mendocino	Fortuna Fire	1992	7.01	R	16.54	20.41	355
E09	1794	19.618	Hector Mine	Joshua Tree	1999	7.13	SS	31.06	31.06	379
E10	728	23.060	Superstition	Westmorland Fire	1987	6.54	SS	13.03	13.03	194
E11	4207	28.583	Niigata. Japan	NIG017	2004	6.63	R	4.22	12.81	274

Tablo 3. 3: Seçilen Deprem Kayıtlarının Özellikleri (Z3)

No	RSN	Ölçek Faktörü	Deprem Adı	İstasyon	Yıl	Magnitüd	Mekanizma	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	(V _s) ₃₀ (m/s)
E01	162	14.307	Imperial Valley - 06	Calexico Fire Station	1979	6.53	SS	10.45	10.45	231
E02	1141	10.933	Dinar. Turkey	Dinar	1995	6.4	N	0	3.36	220
E03	772	26.954	Loma Prieta	Halls Valley	1989	6.93	RS	30.25	30.49	282
E04	996	21.090	Northridge-01	LA - N Faring Rd	1994	6.69	R	12.42	20.81	255
E05	1106	0.546	Kobe.Japan	KJMA	1995	6.9	SS	0.94	0.96	312
E06	1162	27.730	Kocaeli. Turkey	Goynuk	1999	7.51	SS	31.74	31.74	347
E07	1615	20.585	Duzce. Turkey	Lamont 1062	1999	7.14	SS	9.14	9.14	338
E08	3749	23.754	Cape Mendocino	Fortuna Fire	1992	7.01	R	16.54	20.41	355
E09	1794	19.651	Hector Mine	Joshua Tree	1999	7.13	SS	31.06	31.06	379
E10	728	23.099	Superstition	Westmorland Fire	1987	6.54	SS	13.03	13.03	194
E11	4207	28.633	Niigata. Japan	NIG017	2004	6.63	R	4.22	12.81	274

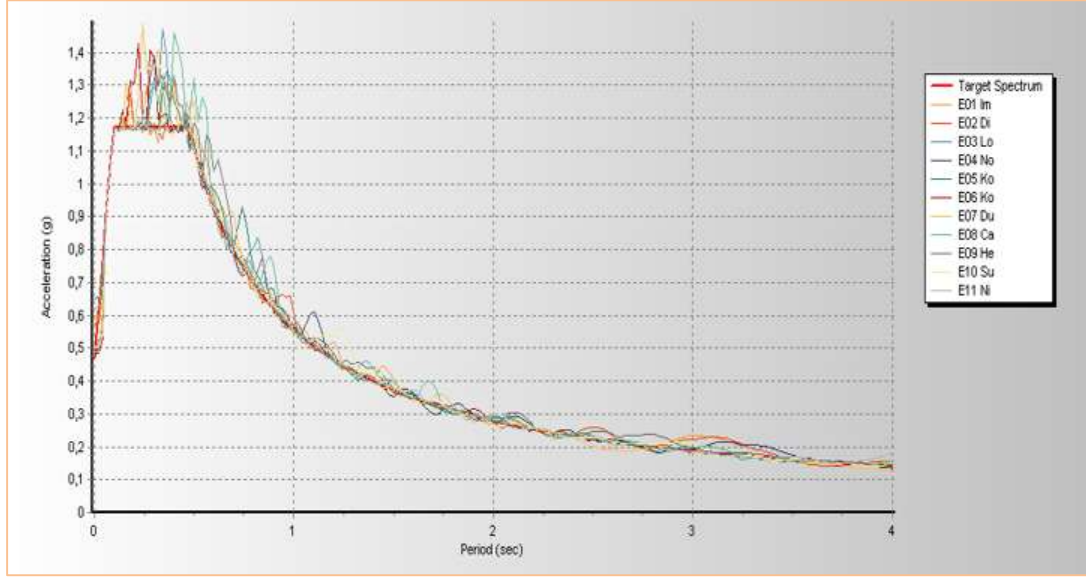
Tablo 3. 4: Seçilen Deprem Kayıtlarının Özellikleri (Z4)

No	RSN	Ölçek Faktörü	Deprem Adı	İstasyon	Yıl	Magnitüd	Mekanizma	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	(V _s) ₃₀ (m/s)
E01	162	15.070	Imperial Valley - 06	Calexico Fire Station	1979	6.53	SS	10.45	10.45	231
E02	1141	11.517	Dinar. Turkey	Dinar	1995	6.4	N	0	3.36	220
E03	772	28.392	Loma Prieta	Halls Valley	1989	6.93	RS	30.25	30.49	282
E04	996	22.215	Northridge-01	LA - N Faring Rd	1994	6.69	R	12.42	20.81	255
E05	1106	0.575	Kobe.Japan	KJMA	1995	6.9	SS	0.94	0.96	312
E06	1162	29.209	Kocaeli. Turkey	Goynuk	1999	7.51	SS	31.74	31.74	347
E07	1615	21.683	Duzce. Turkey	Lamont 1062	1999	7.14	SS	9.14	9.14	338
E08	3749	25.021	Cape Mendocino	Fortuna Fire	1992	7.01	R	16.54	20.41	355
E09	1794	20.700	Hector Mine	Joshua Tree	1999	7.13	SS	31.06	31.06	379
E10	728	24.331	Superstition	Westmorland Fire	1987	6.54	SS	13.03	13.03	194
E11	4207	30.160	Niigata. Japan	NIG017	2004	6.63	R	4.22	12.81	274

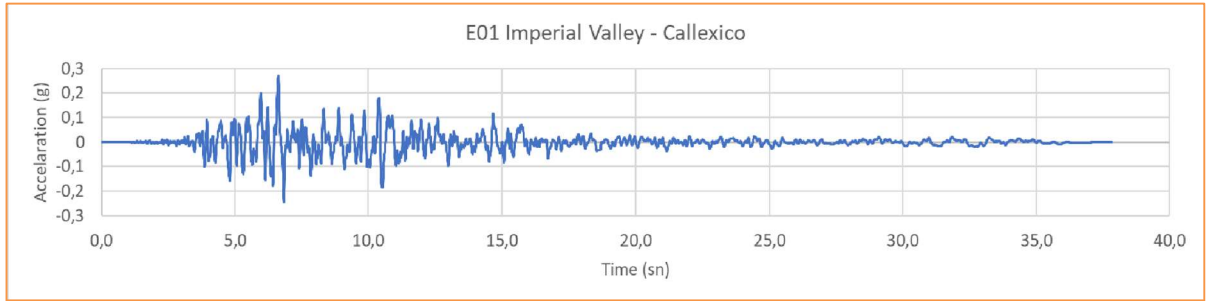
Tablo 3. 5: Seçilen Deprem Kayıtlarının Özellikleri (Z5)

No	RSN	Ölçek Faktörü	Deprem Adı	İstasyon	Yıl	Magnitüd	Mekanizma	R _{jb} (km)	R _{rup} (km)	(V _s) ₃₀ (m/s)
E01	162	14.443	Imperial Valley - 06	Calexico Fire Station	1979	6.53	SS	10.45	10.45	231
E02	1141	11.038	Dinar. Turkey	Dinar	1995	6.4	N	0	3.36	220
E03	772	27.211	Loma Prieta	Halls Valley	1989	6.93	RS	30.25	30.49	282
E04	996	21.291	Northridge-01	LA - N Faring Rd	1994	6.69	R	12.42	20.81	255
E05	1106	0.551	Kobe.Japan	KJMA	1995	6.9	SS	0.94	0.96	312
E06	1162	27.994	Kocaeli. Turkey	Goynuk	1999	7.51	SS	31.74	31.74	347
E07	1615	20.781	Duzce. Turkey	Lamont 1062	1999	7.14	SS	9.14	9.14	338
E08	3749	23.980	Cape Mendocino	Fortuna Fire	1992	7.01	R	16.54	20.41	355
E09	1794	19.839	Hector Mine	Joshua Tree	1999	7.13	SS	31.06	31.06	379
E10	728	23.319	Superstition	Westmorland Fire	1987	6.54	SS	13.03	13.03	194
E11	4207	28.905	Niigata. Japan	NIG017	2004	6.63	R	4.22	12.81	274

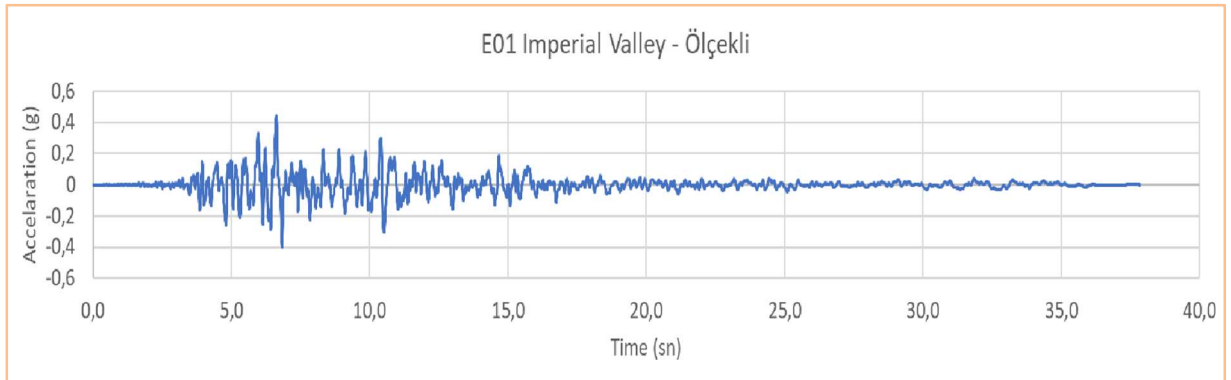
Seismomatch programı kullanılarak ölçeklendirilen deprem kayıtlarının depremin uygulanacağı ZD zemin sınıfına özel olarak çizilmiş spektrallara uyumluluğu sağlamıştır (Şekil 3.12). Ham kayıtlar ve eşitleme işlemi yapılarak elde edilen ölçeklenmiş kayıtlar Şekil 3.13 ve 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 12: ZD Spektrumuna Eşleştirilip Ölçeklenen 11 Deprem Kaydı (Seismomatch Programı)



Şekil 3. 13: Ham Deprem Kaydı



Şekil 3.14: Ölçeklenen Deprem Kaydı

4. ZEMİN PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Analizler kapsamında 5 farklı zemin seçilmiştir. Zeminlerin bütün geoteknik parametreleri Ekler kısmında tablolar şeklinde verilmiştir. Ayrıca bu bölümde Zemin 1 için bütün geoteknik parametreler hesaplanarak detaylı bir şekilde örnek hesap olarak verilmiştir.

İnşa edilmesi planlanan yapının temelini oturacağı zemininin statik, dinamik ve deprem etkileri göz önünde bulundurularak yapılan zemin araştırmalarından ortaya çıkarılan arazi zemin modeli ve temel zeminini oluşturan tabakaların geoteknik dizayn parametreleri ile temel tasarımına ilişkin değerlendirmelerin yer aldığı kısım aşağıda detaylıca ortaya konmuştur. İnceleme alanı olarak gerçek bir konum ve gerçek arazi deney sonuçları dikkate alınmıştır.

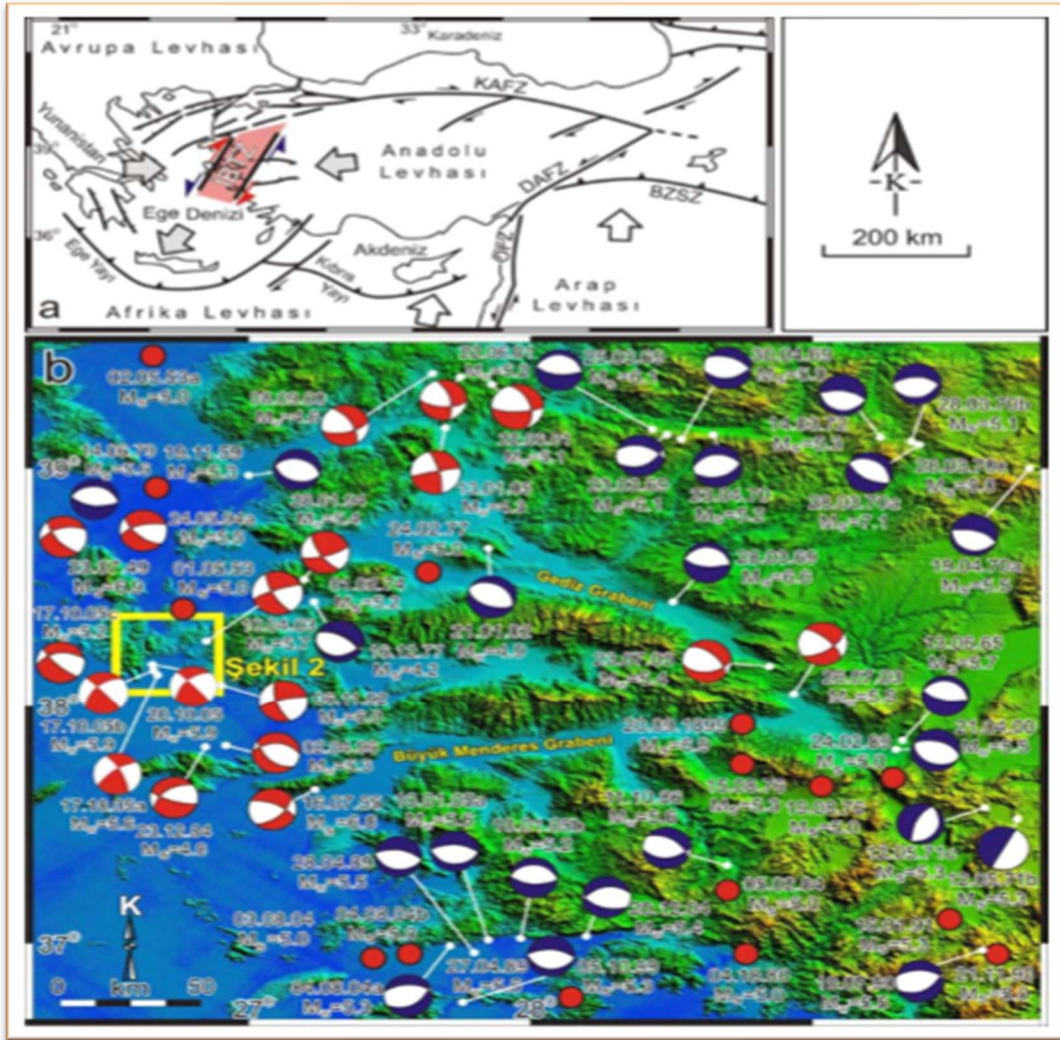
İnşaat sahası İzmir İli Karşıyaka ilçesi Bostanlı Mahallesi'nde olup iki tarafından bahçeli arka bahçesinden çekmeli ön tarafından yola üç metre olacak şekilde imarlandırılmıştır. Arazinin koordinatları AFAD sistemi üzerinden $38,4573^{\circ}$ X --- $27,1024^{\circ}$ Y olarak okunmuştur.

4.1 Yapı Alanının Bulunduğu Bölgenin Depremsellik ve Jeolojisi

4.1.1 Bölgenin Depremselliği

1899 Menderes depremi yüzeyde bıraktığı deformasyonlar açısından tarihteki önemli yerini almıştır. (Altunel 1999). 28 Mart 1969'daki Alaşehir depreminde 6 adet yüzey kırığı haritalanmıştır. Bunların en uzununu 12 km olarak gözlenmiştir. (Arpat ve Bingöl, 1969; Temiz ve diğ. 1998). 1 Ekim 1995 Dinar depremi de yüzeyde deformasyon oluşturması sebebiyle önem arz eden bir diğer depremdir. (Koral, 2000). $M_w=6.2$ büyüklüğündeki Dinar depremine ait yüzey deformasyonları 10 km'lik KB-uzanımlı bir zon boyunca Öncel ve diğ. (1998) tarafından haritalanmıştır. Tarih boyunca İzmir ili bölgesinde depremler can ve mal kaybına yol açmıştır. İzmir körfezi ve çevresinde 496 BC ile 1949 AD arasında orta büyüklükte yaklaşık 20 adet yıkıcı deprem saptanmıştır (Altınok ve diğ. 2005). Bunlardan en önemlisi 10 Temmuz 1688 depremidir (Poirier ve Taher, 1980). Bu depremde İzmir ilinin neredeyse yarısından fazlası hasar görmüştür. Bu depremi 1739'daki Foça ve 1788 yılındaki İzmir depremleri takip etmiştir. Yaklaşık 50 yıllık periyotlarla birbirini izleyen bu üç depremden sonra, aletsel dönemde bölge;

1992Doğanbey (6.0), 2003-Urla (5.7) ve 2005-Sığacık Körfezi (5.7, 5.8, 5.9) depremleriyle sarsılmıştır. Yukarıda da bahsedildiği gibi, İzmir ilinin içinde olduğu bölgede tarihten günümüze kadar yüzey deformasyonu meydana getiren depremlerin yaşandığı görülmüştür. Ancak bu depremlerin oluşturduğu yüzey deformasyonlarının detaylı analizi ve kayıt altına alınması önceden mümkün olmamakla beraber ancak 20. Yüzyılın ortalarından sonra başlamış ve özellikle son yıllarda gelişmekte olan sismik jeomorfoloji teknikleri ile daha da önem kazanmıştır. (Hasan SÖZBİLİR, Ökmen SÜMER, Bora UZEL, Yalçın ERSOY, Fuat ERKÜL, Uğur İNCİ, Cahit HELVACI, Çağlar ÖZKAYMAK). İzmir ili ve çevresi İzmir-Balıkesir Transfer Zonu olarak bilinen doğrultu-atımlı faylarca baskın bir zayıflık zonu içinde yer alır. Bu zonun son aktivitesi 17-20 Ekim 2005-Sığacık körfezi depremleriyle kanıtlanmıştır (Şekil 4.1).



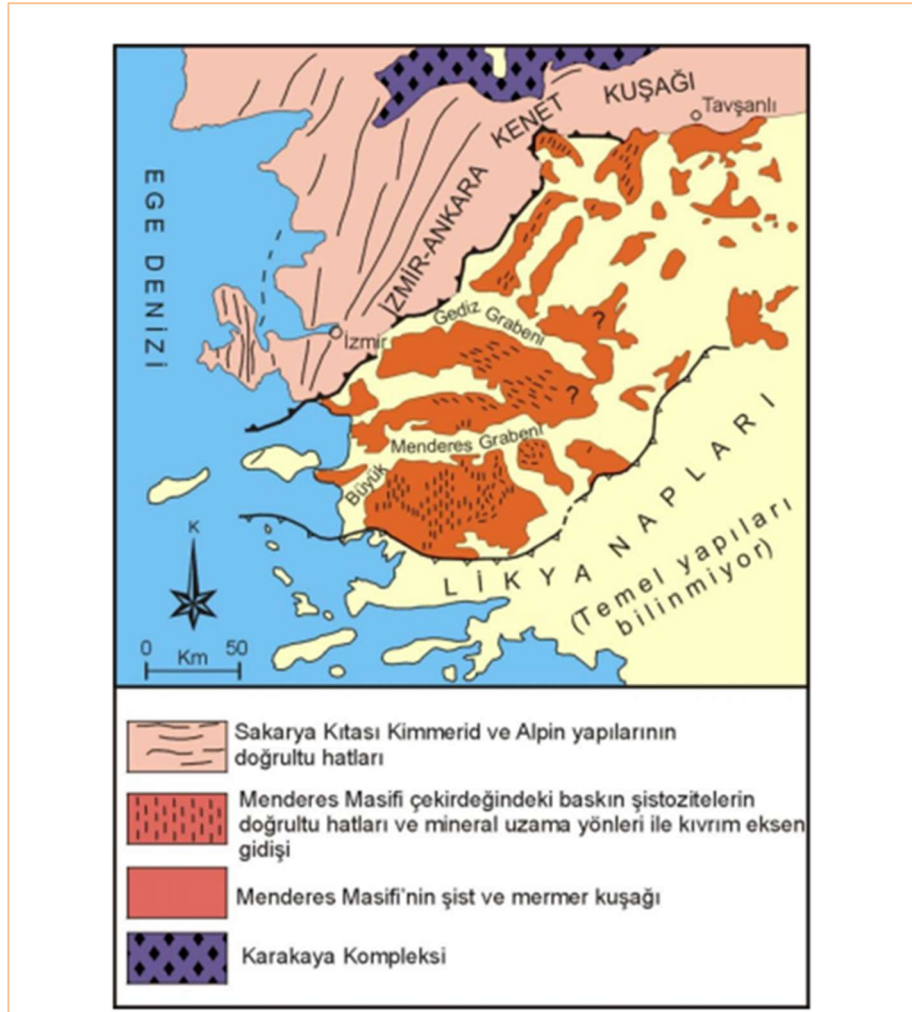
Şekil 4. 1: Türkiye’deki Depremlere Neden Olan Ana Fay Zonları

4.1.2 Bölgenin Jeolojisi

İnceleme alanı ve yakın çevresinde Prekambriyenden günümüze kadar oluşmuş çeşitli yaş ve türdeki kaya toplulukları yüzeyler Şekil 4.2’de verilmiştir. Aşağıda, bölgedeki kaya toplulukları paleotektonik dönem temel kayaları ile bunlar üzerinde örtü birimlerini oluşturan Neojen ve Kuvaterner birimleri olmak üzere iki grupta incelenir.

4.1.2.1 Temel Kaya Birimleri

İnceleme alanındaki paleotektonik dönem temel kaya birimleri Menderes masifi ve İzmir-Ankara Kenet Kuşağı olmak üzere iki grupta toplanır. Tüm Batı Anadolu’nun zeminsel temelini oluşturan Menderes masifi metamorfik kayalardan oluşur. Masifin çekirdeği yüksek derecede metamorfizma geçirmiş gnays ve şistlerden oluşur (Şengör ve diğerleri, 1984). Okay (2000)’da Menderes masifini oluşturan kaya birimlerinin stratigrafisi detay olarak ortaya konmuştur. Buna göre masifin çekirdeği Prekambriyen yaşlı gnayslardan oluşur. İstif üstte doğru Paleozoyik yaşlı mika-şistler, Permo-Karbonifer yaşlı metakuvarsit, siyah fillit ve koyu renkli rekristalize kireçtaşları ile süregelir. Bunların üzerine Mezozoyik yaşlı neritik kireçtaşları konumlanır. Paleosen ve Alt Eosen ise istifte rekristalize pelajik kireçtaşları ile temsil edilir. Menderes masifi metamorfik çekirdek karmaşık (core complex) olarak kabul görür (Bozkurt ve Park, 1994, 1997; Hetzel ve diğerleri, 1995). Çok evreli başkalaşım geçirmiş olan Menderes masifindeki esas metamorfizmanın yaşı 35-45 milyon yıl olarak önerilmiştir (Şengör ve diğerleri, 1984; Yılmaz, 1997, Yılmaz ve diğerleri, 2000). Metamorfizmayı Erken Miyosen’de bölgesel termal domlaşma izlemiş ve bu dom orojenik çökme sonucu hasarlar görerek masif çevresinde bölgesel genişlemeye yol açmıştır (Seyitoğlu ve Scott, 1991; Seyitoğlu ve diğerleri, 1992). Batı Anadolu fayları doğrultu hatları Şekil 4.3’te gösterilmiştir.



Şekil 4. 3: Batı Anadolu Fay Doğrultu Hatları

4.1.2.1 Neojen ve Kuvaterner

İzmir ve çevresinde Neojen ve Kuvaterner birimleri Menderes masifinin metamorfik birimleri ile İzmir-Ankara Kenet Kuşağına ait temel birimler üzerindeki örtü kaya katmanlarını oluşturmaktadır. Neojen yaşlı birimler genelde akarsu ve göl fasiyesinde gelişmiş çökel kayalar ile çeşitli türdeki volkanik kayalardan oluşur. İnceleme alanındaki Neojen kaya toplulukları İzmir kuzeyinde Foça-Aliğa-Menemen, İzmir güneyinde Urla, Seferihisar, Torbalı ve Gediz Grabeni çevresinde geniş yayımlıdır. Bölgedeki Neojen birimleri biri birine geçişli sedimanter kayalar ile volkanitlerden oluşan Alt Miyosen-Erken Pliyosen yaş aralığındaki kayalarla temsil edilir (Akyürek ve Soysal,1983; Kaya, 1979, 1981; Akdeniz ve diğerleri 1986; Yılmaz, 1997; Yılmaz ve diğerleri, 2000; Koçyiğit ve diğerleri, 1999; Genç ve diğerleri, 2001)

4.2 İnşaat Sahası ve Yapı Hakkında Bilgiler

İnşası planlanan yapı İzmir İli Karşıyaka İlçesi Bostanlı Mahallesi'nde kayıtlıdır (Şekil 4.4). İnşaat sahası düz bir topoğrafyada bulunmaktadır. Yapının tabii zemin kotları arasında önemsenecek bir kot farkı bulunmamaktadır. Mimari projesinin tabii zemin kotlarından (Vaziyet Planı) okunmuştur. En düşük tabii zemin kotu -1.12 en yüksek tabii zemin kotu -1,11 olarak onaylı mimari projesinden okunmuştur.



Şekil 4. 4: Çalışma Alanı Uydu Görüntüsü (Z1)

4.3 Mevcut Zemin Araştırmaları

Yapılan araştırmalar kapsamında 3 adet zemin sondajı yapılmıştır. Bu sondajlarda SPT ve PMT deneyleri yapılmış olup, örnek numuneler alınarak bu numuneler üzerinde laboratuvar deneyleri [Konsolidasyon Deneyi, Hidrometre Deneyi, Direk Kesme Kutusu Deneyi] gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu deneyler ile veri raporları jeoloji ve jeofizik mühendisi tarafından hazırlanmıştır. Bu raporlardaki değerler kullanılarak geoteknik parametreler hesaplanmıştır.

BYS>3 olmasından ve yapı oturma alanının <300m² olmasından ötürü yapı zemininden üç adet sondaj kuyusu açılmıştır.

Sondaj derinliğinin belirlenmesi için yapı dar kenarının (11.11 * 1.5 = 16.67 m) 1.5 katından daha az veya net gerilme artışının efektif gerilmenin %10 u olduğu derinlik seçilmiştir (şekil 4.5). Tam sonucu bulmak için yaklaşımsal çözüm yapılması gerektiğinden 17 m için hesaplanır. Yapı ağırlığı yaklaşık olarak 1850 ton. 17,0 m derinlik için;

$$\frac{775}{[(9.5 + 12) * (19 + 12)]} = 1.16 \frac{t}{m^2} \quad (13 \text{ m derinlikteki etkin gerilme})$$

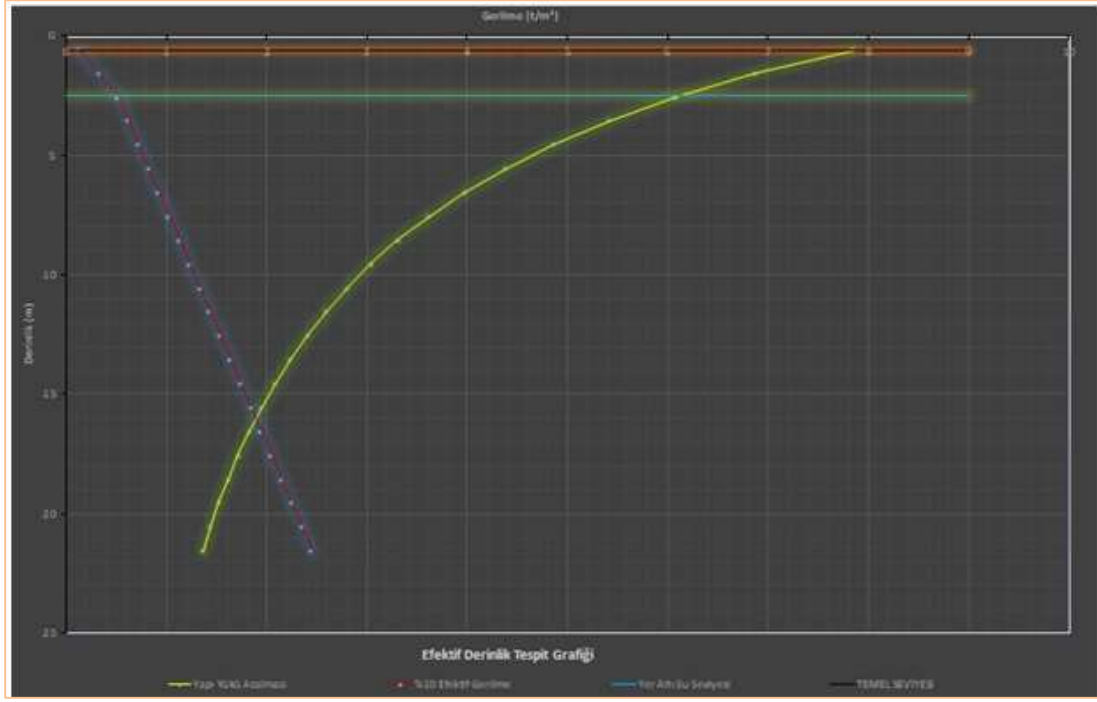
$$\%10 * (9 * (1.85 - 1) + 3 * 1.80) = 1.305 \frac{t}{m^2} \quad (13 \text{ m derinlikteki efektif \%10})$$

Ayrıca TBDY (2018) 16A.1.4'ün d bendine göre yer altı suyu bulunmadığından gerekli derinlik diğer maddelere göre belirlenir [Kil-Silt ve Kum Karışımı] (Tablo 4.1).

Tablo 4. 1: Etkin derinlik ve üst yapı genel bilgileri (Z1)

H	Yapının Yarattığı Gerilme	Efektif Gerilme (%10)
1	7.44	0.2
14	2.18	1.68
15	2.03	1.78
16	1.91	1.88
17	1.79	1.98
18	1.68	2.08
19	1.58	2.18
20	1.49	2.29
Etkin Derinlik 13 m Olarak Kabul Edilir.		

ÜST YAPI VE GENEL ZEMİN BİLGİLERİ		
Yapı Ağırlığı	1850	t
B	11.11	m
L	21.2	m
Df	0.6	m
YASS	2.5	m
γ_n	2.02	t/m ³
γ_{sat}	2.02	t/m ³



Şekil 4. 5: Efektif Derinlik Tespit Grafiği (Z1)

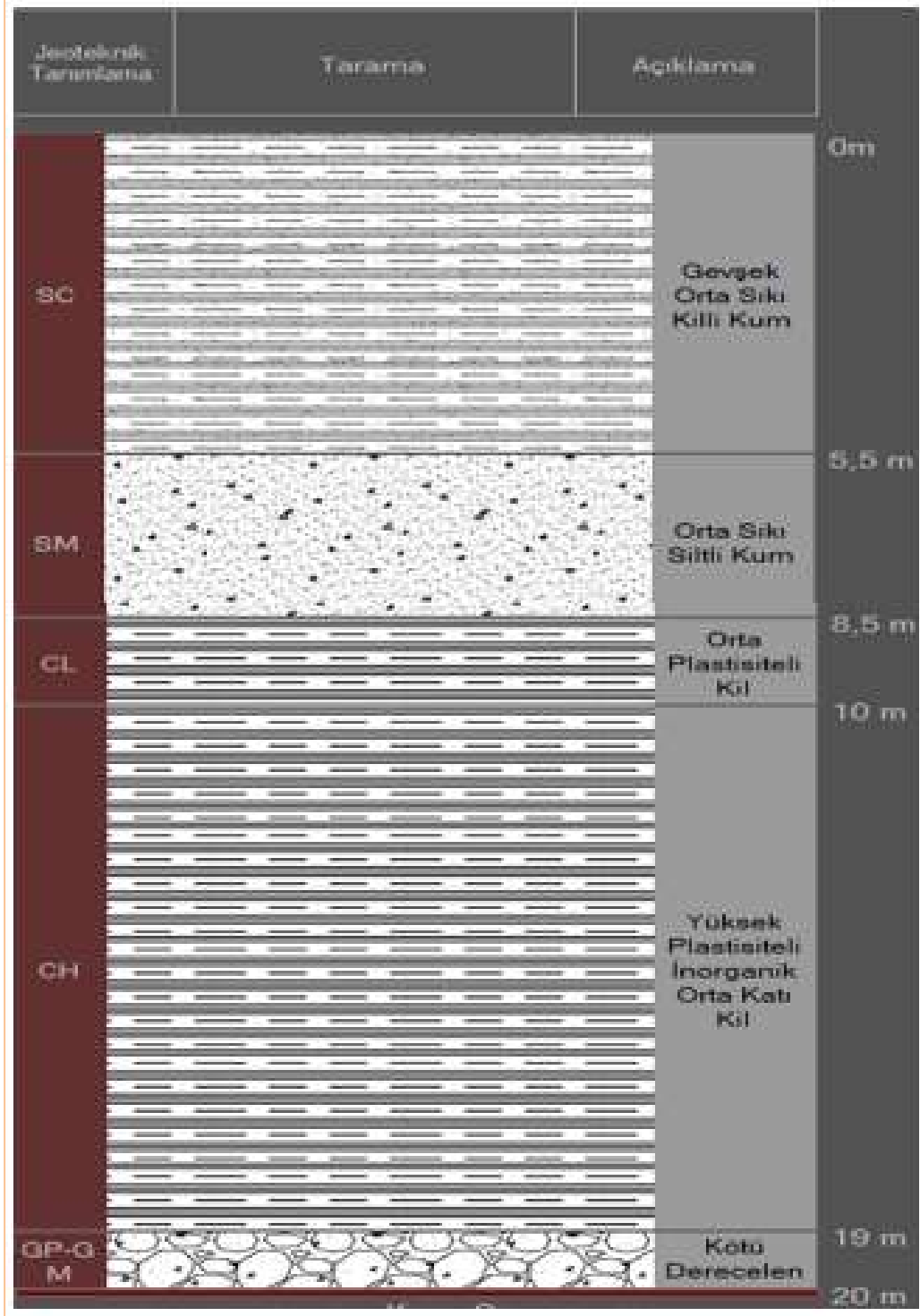
4.4 İdealize Zemin Profili ve Yeraltı Suyu Durumu

Zemin profili üzerinde yer altı suyu 2,5m derinlikte mevcuttur. Her türlü hesaplamada yer altı su seviyesi 2,50m kabul edilerek hesaplamalarda en kritik durum irdelenecektir. Bunun dışında zemin profili kapsamında;

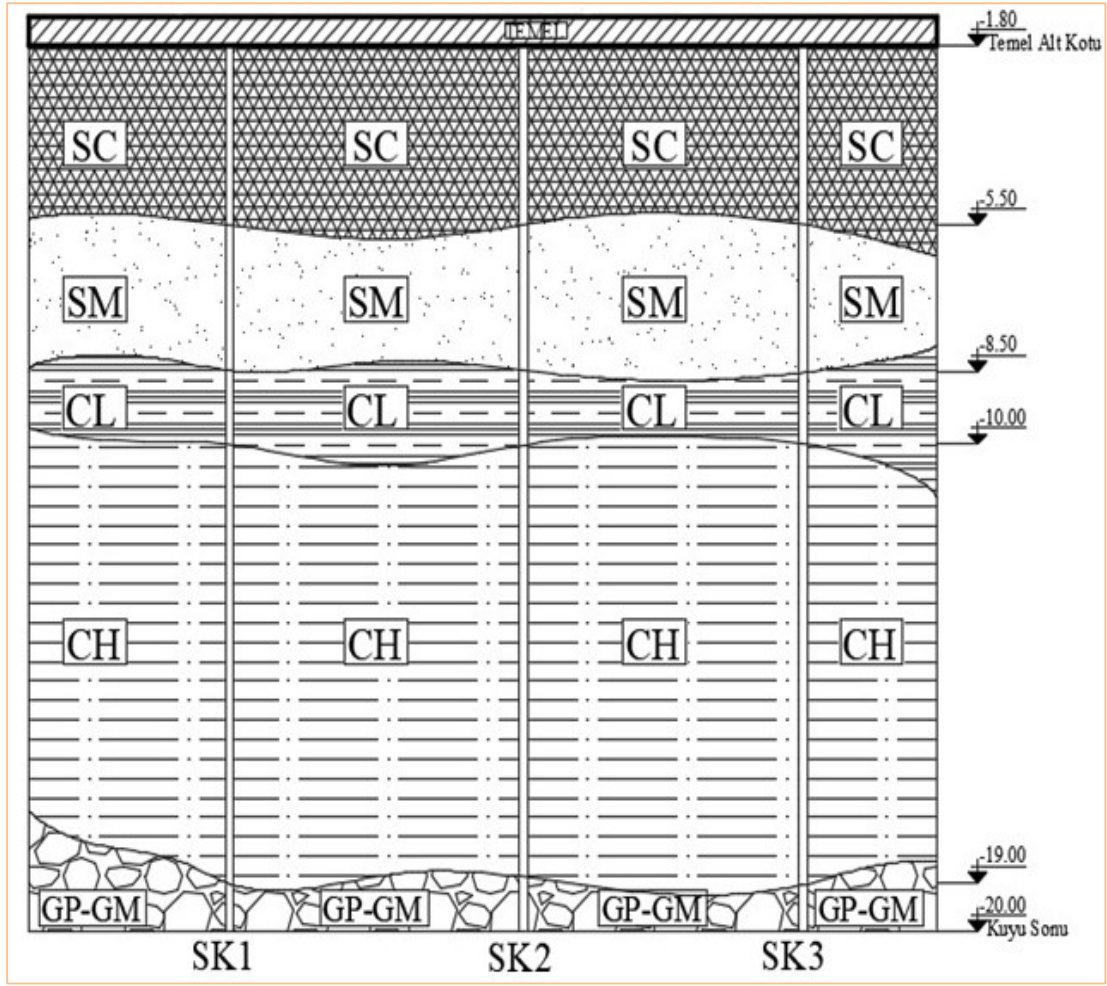
- 0,00 – 5,50 kotları arasında SC (Gevşek-Orta Sıkı Killi Kum) katmanı mevcuttur. Bu katmanın bir kısmı temel kazısı ile kalkıyor. Katman temel zemini olmak için uygundur.
- 5,50 – 8,50 kotları arasında SM (Orta Sıkı Siltli Kum) katmanı mevcuttur. Katman temel zemini olmak için uygundur.
- 8,50 – 10,00 kotları arasında CL (Orta Plastisiteli Yumuşak Kil) katmanı mevcuttur. Katman temel zemini olmak için uygundur.
- 10,00 – 19,00 kotları arasında CH (Yüksek Plastisiteli Orta Katı Kil) katmanı mevcuttur. Katman temel zemini olmak için uygundur.
- 19,00 – 20,00 kotları arasında GP-GM (Kötü Derecelenmiş Orta Sıkı Siltli Çakıl) katmanı mevcuttur. Katman temel zemini olmak için uygundur.

SK-1 sondaj logu da yukarıdaki idealize zemin özelliklerini kapsar.

SPT verileri analiz sonuçları güvenli tarafta kalacak şekilde kabul edilmiştir. Bu sebeple sıvılaşma üzerinde en kritik olan SK-1 sondajı (Şekil 4.6) idealize zemin profili olarak kabul edilir (Şekil 4.6).



Şekil 4. 6: İDEALİZE ZEMİN PROFİLİNİN (Yer Altı Suyu 2,5 m Derinlikten İtibaren Mevcut) [En Kritik Sondaj Logu SK-1] [Sıvılaşma].



Şekil 4. 7: SK-1, SK-1 , SK-1 Sondaj Log Kesiti [Yatay ölçek:1/50, Düşey Ölçek:1/100].

4.5 Geoteknik Tasarım Parametrelerinin Tespiti

Zeminin geoteknik tasarım parametrelerinin belirlenmesi için laboratuvar-saha deneyleri ve literatürde mevcut olan yaklaşımlar kullanılmıştır (Şekil 4.8). Aralıkların belirlenmesi için tüm SPT verileri her bir sondaj logu için TBDY (2018) 16B.2 SPT verilerinin düzenlenmesi şartına göre düzenlenmiş ve tablo olarak verilmiştir. SPT Değerleri sıvılaşma analizleri ve zemin sınıfı hesaplamalarında kullanıldığından verilmiştir.

4.5.1 Zemin Katmanlarının İncelenmesi

Zemin katmanlarının özellikleri Tablo 4.2’de detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4. 2: Zemini oluşturan katmanlar ve özellikleri (Z1)

Katman	Cins	Açıklama	h1 (m)	h2 (m)	γ_n (t/m ³)	γ_{doy} (t/m ³)	Wn (%)	LL	PL	PI	Φ	C (t/m ²)	mv	C _u (kN/m ²)	IDI (%)
katman1	SC	Gevşek Orta Sıkı Killi Kum	0	6	2	2.02	39	42	21	21	14	1		0	49
katman2	SM	Orta Sıkı Siltli Kum	6	9	1.7	1.72	35	0	0	NP	0	0		0	36
katman3	CL	Orta Plastisiteli Kil	9	10	2	1.98	41	48	24	24	0	0	0	62	97
katman4	CH	Yüksek Plastisiteli İnorganik Orta Katı Kil	10	19	1.8	1.84	41	59	26	33	10	3	0.034	78	96
katman5	GP-GM	Kötü Derecelenmiş Orta Sıkı Siltli Çakıl	19	20	2	2.02	18	0	0	NP	0	0		0	12

4.5.2 Standart Penetrasyon Testi ve SPT Düzeltmeleri

Standart penetrasyon deneyi ve düzeltmeleri Denklem (4.1) ve (4.2) kullanılarak yapılmıştır. Denklemlerde bulunan ilgili parametreler için Tablo 4.3’te bulunan düzeltme katsayıları kullanılmıştır.

$$N_{1,60} = N C_N C_R C_S C_B C_E \quad (4.1)$$

$$C_N = 9.78 \sqrt{\frac{1}{\sigma'_{V0}}} \leq 1.70 \quad (4.2)$$

Tablo 4. 3: SPT Düzeltme Katsayıları

Düzeltme Katsayısı	Değişken	Değer
C_R	3m ile 4m aralığında	0.75
	4m ile 6m aralığında	0.85
	6m ile 10m aralığında	0.95
	10m'den derin	1.00
C_S	Standart numune alıcı (iç tüpü olan)	1.00
	İç tüpü olmayan numune alıcı	1.10-1.30
C_B	Çap 65mm-115mm arasında	1.00
	Çap 150mm	1.05
	Çap 200mm	1.15
C_E	Güvenli tokmak	0.60-1.17
	Halkalı tokmak	0.45-1.00
	Otomatik darbeli tokmak	0.90-1.60

Zemin 1 için yapılan SPT verilerinin düzeltmeleri Tablo 4.4'te detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4. 4: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z1)

SPT	KOT	N 0 15	N 15 30	N 30 45	N_D	C_R	C_S	C_B	C_E	C_N	σ (t/m ²)	σ' (t/m ²)	N_{60}	$N_{1,60}$
spt1	1.5	1	2	1	3	0.8	1	1	1	1.7	3.03	3.03	3.3	5
spt2	3	2	1	2	3	0.8	1	1	1	1	6.06	5.56	3.3	3
spt3	4.5	5	4	6	10	0.9	1	1	1	1	9.09	7.09	11	13
spt4	6	2	5	7	12	1	1	1	1	1	11.97	8.47	13	16
spt5	7.5	3	4	6	10	1	1	1	1	1	14.55	9.55	11	12
spt6	9	1	2	1	3	1	1	1	1	1	17.26	10.76	3.3	3
spt7	10.5	2	1	2	3	1	1	1	1	1	20.16	12.16	3.3	3
spt8	12	2	2	1	3	1	1	1	1	1	22.92	13.42	3.3	3
spt9	13.5	2	2	2	4	1	1	1	1	1	25.68	14.68	4.4	5
spt10	15	3	2	2	4	1	1	1	1	1	28.44	15.94	4.4	5
spt11	16.5	2	3	7	10	1	1	1	1	1	31.2	17.2	11	13
spt12	18	6	3	4	7	1	1	1	1	1	33.96	18.46	7.7	9
spt13	19.5	18	12	14	26	1	1	1	1	0.7	36.81	19.81	29	24

4.5.3 SPT Verilerinin Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri

İnce dane içeriğine (*IDI*) göre düzeltilmiş darbe sayıları $N_{1,60f}$ Denklem (4.3) ve (4.4) ile hesaplanacaktır;

$$N_{1,60f} = \alpha + \beta N_{1,60} \quad (4.3)$$

$$\alpha = 0 ; \beta = 1 \quad (IDI \leq \%5)$$

$$\alpha = \exp[1.76 - (\frac{190}{IDI^2})] ; \beta = 0.99 + IDI^{1.5}/1000 \quad (\%5 < IDI \leq \%35)$$

$$\alpha = 5 ; \beta = 1.2 \quad (IDI > \%35) \quad (4.4)$$

Zemin 1 için yapılan SPT verilerinin ince dane içeriğine göre düzeltmeleri Tablo 4.5'te detaylı olarak verilmiştir.

Tablo 4. 5: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z1)

SPT	KOT	$N_{1,60}$	IDI	α	β	$N_{1,60f}$
spt1	1.5	5	49.1	5	1.2	11.06
spt2	3	3	49.1	5	1.2	9.72
spt3	4.5	13	49.1	5	1.2	20.79
spt4	6	16	36.4	5	1.2	24.38
spt5	7.5	12	36.4	5	1.2	20.2
spt6	9	3	96.5	5	1.2	9.51
spt7	10.5	3	95.6	5	1.2	9.75
spt8	12	3	95.6	5	1.2	9.75
spt9	13.5	5	95.6	5	1.2	11.34
spt10	15	5	95.6	5	1.2	11.34
spt11	16.5	13	95.6	5	1.2	20.84
spt12	18	9	95.6	5	1.2	16.09
spt13	19.5	24	11.9	1.519	1.031	26.35

4.5.4 Presiyometre Deneyi Sonuçlarının İrdelenmesi

Presiyometre deneyinden elde edilen basınç değeri ile kayma mukavemeti değeri Denklem (4.5) ile hesaplanmıştır.

$$C_u = 0.67 (P_{Ln})^{0.75} \quad (4.5)$$

P_{Ln} = Presiyometre net limit basıncı, kN/m^2 (Briaud 1992)

Presiyometre net limit basınç ortalamaları katmanlar için.

2.katman için 4,30 kg/cm²

3.katman için 5,80 kg/cm²

2. Katman için; $c_u = 0,67 * (4,76*10*9,807)^{0,75} = 62 \text{ kN/m}^2$

3. katman için; $c_u = 0,67 * (5,80*10*9,807)^{0,75} = 78 \text{ kN/m}^2$ olarak bulunur.

4.6 Zemin Sınıfı Belirlenmesi

Depremsellik verilerinin (S_{DS} ve S_{D1}) hesaplanabilmesi için TBDY (2018) 2.3.3.1 maddesinde gösterilen F_s ve F_1 değerlerinin belirlenmiş olması gerekmektedir. Bu değerlerin seçimi için ise yerel zemin sınıfının belirlenmiş olması gerekmektedir. Bu sebeple depremsellik değerlerinden önce yerel zemin sınıfı belirlenmesi yapılmıştır.

Tablo 4.6'da verilen zemin özellikleri değerleri, zemin profilinin temel ya da kazık başlığı alt kotundan itibaren otuz metrelik derinlik için tanımlanacaktır. Birbirinden çok açık bir biçimde farklı zemin katmanlarını içeren zemin profilleri var ise üst otuz metrede bulunan katmanlar, yeteri kadar alt tabakaya ayrılarak en üstte $i = 1$ ve en altta $i = N$ olacak şekilde sıralaması yapılacaktır. Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı $(V_s)_{30}$, ortalama standart penetrasyon darbe sayısı $(N_{60})_{30}$ ve ortalama drenajsız kayma dayanımı $(C_u)_{30}$ ile gerekli hesaplamalar yapılacaktır.

Tablo 4. 6: TBDY’ de Tanımlanan Yerel Zemin Sınıfları

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	Üst 30 metrede ortalama		
		(V_s) ₃₀ [m/s]	(N_{60}) ₃₀ [darbe /30 cm]	(c_u) ₃₀ [kPa]
ZA	Sağlam, sert kayalar	> 1500	–	–
ZB	Az ayrışmış, orta sağlam kayalar	760 – 1500	–	–
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrışmış, çok çatlaklı zayıf kayalar	360 – 760	> 50	> 250
ZD	Orta sıkı – sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları	180 – 360	15 – 50	70 – 250
ZE	Gevşek kum, çakıl veya yumuşak – katı kil tabakaları veya $PI > 20$ ve $w > \% 40$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ($c_u < 25$ kPa) içeren profiller	< 180	< 15	< 70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler: 1) Deprem etkisi altında çökme ve potansiyel göçme riskine sahip zeminler (sıvılaşabilir zeminler, yüksek derecede hassas killer, göçebilir zayıf çimentolu zeminler vb.), 2) Toplam kalınlığı 3 metreden fazla turba ve/veya organik içeriği yüksek killer, 3) Toplam kalınlığı 8 metreden fazla olan yüksek plastisiteli ($PI > 50$) killer, 4) Çok kalın (> 35 m) yumuşak veya orta katı killer.			

4.6.1 Ortalama Standart Penetrasyon Darbe Sayısına Göre Değerlendirme

Zemin 1 için ortalama SPT darbe sayısına göre zemin sınıfı Tablo 4.7’de belirlenmiştir.

Tablo 4. 7: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z1)

Katman	h1	h2	h	SPT_{ort}	h/SPT
katman1	0	5.5	4.9	5.87	0.835
katman2	5.5	8.5	3	12.1	0.248
katman3	8.5	10	1.5	3.3	0.455
katman4	10	19	9	5.68	1.584
katman5	19	20	1	28.6	0.035
				$\sum h/spt$	3.157

Temel derinliği	0.6m	Araştırma derinliği	20 m	Hesap derinliği	19.4m
------------------------	------	----------------------------	------	------------------------	-------

4.6.2 Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Değerlendirme

Zemin 1 için ortalama kayma dalgası hızına göre zemin sınıfı Tablo 4.8’de belirlenmiştir.

Tablo 4. 8: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z1)

Kalınlık	V_s Hızı	h/V_s
1.9	119	0.01597
1.3	133	0.00977
2.5	147	0.01701
2.9	170	0.01706
3.3	197	0.01675
3.7	214	0.01729
4.2	227	0.0185
4.6	234	0.01966
5	237	0.0211
$\sum h/V_s$		0.15311

Temel derinliği	0.6m	Araştırma derinliği	30m	Hesap derinliği	30m
------------------------	------	----------------------------	-----	------------------------	-----

4.6.3 Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Değerlendirmesi

Zemin 1 için ortalama drenajsız kayma dayanımına göre zemin sınıfı Tablo 4.9'da belirlenmiştir.

Tablo 4. 9: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z1)

Katman	h1	h2	C_u	c_u_h	h/c_u
katman1	0	5.5	0		0
katman2	5.5	8.5	0		0
katman3	8.5	10	62	1.5	0.0242
katman4	10	19	78	9	0.1154
katman5	19	20	0		0
				$\sum h/c_u$	0.1396

Temel derinliği	0.6m	Araştırma derinliği	20m	Hesap derinliği	194 m
------------------------	------	----------------------------	-----	------------------------	-------

Zemin 1 için belirlenen zemin sınıfları özet şeklinde Tablo 4.10'da belirlenmiştir.

Tablo 4. 10: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z1)

Yöntem	Değer	Koşul	Zemin Sınıfı
(V_s)₃₀	192	$360 > V_s > 180$	ZD
(N₆₀)₃₀	6.15	$N_{60} < 15$	ZE
(C_u)₃₀	75.23	$250 > C_{u60} > 70$	ZD

4.7 Sıvılaşmanın İrdelenmesi

Zemin profili üzerinde düşük miktar ve orta potansiyelde sıvılaşma mevcuttur. Zemin profilinin (3/20) %15 inde sıvılaşma potansiyeli mevcuttur. Tablo 4.11’de sıvılaşma verilmiş olup sıvılaşan alanın 6,00-7,50 metreler arasında bir yüzeyde olduğu görülmüştür. Sıvılaşma analizlerinde Mw değeri 6,5 olarak kullanılmıştır. Bölgede deprem kayıtları incelenirse son 100 yıl içerisinde oluşan en büyük deprem moment büyüklüğü 6,2 olarak görülür. Sıvılaşma analizleri için Denklem (4.6-4.11) kullanılmıştır. Tablo 4.11’de de zemin 1 için sıvılaşma analizi yapılmıştır.

$$r_d = 1 - 0.00765z \quad z \leq 9.15 \text{ m}$$

$$r_d = 1.174 - 0.0267z \quad 9.15 < z \leq 23 \text{ m}$$

$$r_d = 0.744 - 0.008z \quad 23 \text{ m} < z \leq 30 \text{ m}$$

$$r_d = 0.50 \quad z > 30 \text{ m} \quad (4.6)$$

$$CRR_{M7.5} = \frac{1}{34 - N_{1,60f}} + \frac{N_{1,60f}}{135} + \frac{50}{[10N_{1,60f} + 45]^2} - \frac{1}{200} \quad (4.7)$$

$$\tau_R = CRR_{M7.5} \cdot C_M \cdot \sigma'_{V0} \quad (4.8)$$

$$C_M = \frac{10^{2.24}}{M_W^{2.56}} \quad (4.9)$$

$$\tau_{DEPREM} = 0.65 \cdot \sigma_{V0} \cdot (0.4S_{DS}) r_d \quad (4.10)$$

$$\frac{\tau_R}{\tau_{DEPREM}} \geq 1.10 \quad (4.11)$$

Tablo 4. 11: Sıvılaşma Analizi (Z1)

SPT	$N_{1,60f}$	$CRR_{M7.5}$	σ' (t/m ²)	σ (t/m ²)	RD	τ	τ_{depr}	Sıvılaşma	Kot	Sonuç	Sınıf	PI
spt1	11.06	0.12	3.03	3.03	0.99	0.54	0.87	0.61	1.5	yok	SC	PI>%12
spt2	9.72	0.11	5.56	6.06	0.98	0.89	1.73	0.51	3	yok	SC	PI>%12
spt3	20.79	0.23	7.09	9.09	0.97	2.31	2.56	0.9	4.5	yok	SC	PI>%12
spt4	24.38	0.28	8.47	11.97	0.95	3.42	3.33	1.03	6	var	SM	NP
spt5	20.2	0.22	9.55	14.55	0.94	3	4	0.75	7.5	var	SM	NP
spt6	9.51	0.11	10.76	17.26	0.93	1.69	4.69	0.36	9	yok	CL	PI>%12
spt7	9.75	0.11	12.16	20.16	0.89	1.94	5.26	0.37	10.5	yok	CH	PI>%12
spt8	9.75	0.11	13.42	22.92	0.85	2.15	5.71	0.38	12	yok	CH	PI>%12
spt9	11.34	0.13	14.68	25.68	0.81	2.65	6.09	0.43	13.5	yok	CH	PI>%12
spt10	11.34	0.13	15.94	28.44	0.77	2.88	6.42	0.45	15	yok	CH	PI>%12
spt11	20.84	0.23	17.2	31.2	0.73	5.61	6.68	0.84	16.5	yok	CH	PI>%12
spt12	16.09	0.17	18.46	33.96	0.69	4.56	6.87	0.66	18	yok	CH	PI>%12
spt13	26.35	0.32	19.81	36.81	0.65	9.18	7.02	1.31	19.5	yok	GP-GM	NP

M_w	6.5	S_{ds}	1.12	C_M	1.442	a_{max}	0.448
-------	-----	----------	------	-------	-------	-----------	-------

Sıvılaşma olduğu için ZF olarak sınıflandırıldı ve sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıktı.

Zemin 2 için ;

Ortalama SPT, kayma dalgası hızı ve kayma mukavemetine göre zemin sınıfları belirlenmiştir (Tablo 4.12-4.17). Sıvılaştırma analizi Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4. 12: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z2)

SPT	KOT	N			N _D	C _R	C _S	C _B	C _E	C _N	σ (t/m ²)	σ' (t/m ²)	N ₆₀	N _{1,60}
		0-15	15-30	30-45										
spt1	1.50	4.00	5.00	4.00	9.00	0.75	1.20	1.00	1.10	1.70	2.64	2.64	9.90	15.00
spt2	3.00	4.00	4.00	4.00	8.00	0.75	1.20	1.00	1.10	1.36	5.28	5.28	8.80	10.00
spt3	4.50	2.00	2.00	3.00	5.00	0.85	1.20	1.00	1.10	1.11	7.92	7.92	5.50	6.00
spt4	6.00	4.00	3.00	3.00	6.00	0.95	1.20	1.00	1.10	1.00	10.64	9.14	6.60	7.00
spt5	7.50	6.00	7.00	8.00	15.00	0.95	1.20	1.00	1.10	0.97	13.34	10.34	16.50	18.00
spt6	9.00	8.00	8.00	10.00	18.00	0.95	1.20	1.00	1.10	0.92	16.10	11.60	19.80	20.00
spt7	10.50	10.00	6.00	10.00	16.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.87	18.86	12.86	17.60	18.00
spt8	12.00	11.00	11.00	14.00	25.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.83	21.78	14.28	27.50	27.00
spt9	13.50	18.00	16.00	21.00	37.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.79	24.71	15.71	40.70	38.00
spt10	15.00	20.00	18.00	23.00	41.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.76	27.41	16.91	45.10	41.00
spt11	16.50	R	R	R	75.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.73	30.11	18.11	82.50	72.00
spt12	18.00	R	R	R	75.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.71	33.03	19.53	82.50	69.00
spt13	19.50	R	R	R	75.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.68	35.96	20.96	82.50	67.00

Tablo 4. 13: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z2)

SPT	KOT	N _{1,60}	IDI	α	β	N _{1,60f}
spt1	1.5	15	11.8	1.485	1.031	17.1
spt2	3	10	11.8	1.485	1.031	12.57
spt3	4.5	6	11.8	1.485	1.031	7.91
spt4	6	7	61.9	5	1.2	14.02
spt5	7.5	18	16.4	2.868	1.056	22.17
spt6	9	20	16.4	2.868	1.056	24.74
spt7	10.5	18	8.2	0.344	1.013	18.98
spt8	12	27	8.2	0.344	1.013	27.98
spt9	13.5	38	20.9	3.762	1.086	45.53
spt10	15	41	20.9	3.762	1.086	48.38
spt11	16.5	72	15.8	2.715	1.053	79.2
spt12	18	69	15.8	2.715	1.053	76.37
spt13	19.5	67	15.8	2.715	1.053	73.81

Tablo 4. 14: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z2)

Katman	h1	h2	h	SPT_{ort}	h/SPT
katman1	0.00	6.00	5.40	8.07	0.67
katman2	6.00	7.50	1.50	6.60	0.23
katman3	7.50	10.50	3.00	18.15	0.17
katman4	10.50	13.50	3.00	22.55	0.13
katman5	13.50	16.50	3.00	42.90	0.07
katman6	16.50	20.00	3.50	82.50	0.04
				$\sum h/spt$	1.31

Tablo 4. 15: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z2)

Kalınlık	V_s Hızı	h/V_s
1.1	184	0.00598
2.8	190	0.01474
1.8	188	0.00957
2.9	209	0.01388
3.3	258	0.01279
3.7	291	0.01271
4.2	314	0.01338
4.6	326	0.01411
5.6	330	0.01697
$\sum h/V_s$		0.114

Tablo 4. 16: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z2)

Katman	h1	h2	C_u	c_u h	h/c_u
katman1	0	6	0		0
katman2	6	7.5	0		0
katman3	7.5	10.5	0		0
katman4	10.5	13.5	0		0
katman5	13.5	16.5	0		0
katman6	16.5	20	0		0
				$\sum h/c_u$	0

Tablo 4. 17: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z2)

Yöntem	Değer	Koşul	Zemin Sınıfı
$(V_s)_{30}$	263	$360 > V_s > 180$	ZD
$(N_{60})_{30}$	14.84	$N_{60} < 15$	ZE
$(C_u)_{30}$	0	$C_{u60} = 0$	Belirlenmedi

Tablo 4. 18: Sıvılaşma Analizi (Z2)

$N_{1,60f}$	$CRR_{M7.5}$	σ' (t/m ²)	σ (t/m ²)	RD	τ	τ_{depr}	Sıvılaşma	Kot	Sonuç	Sınıf	PI
17.1	0.18	2.64	2.64	0.99	0.69	0.79	0.87	1.5	yok	SM	NP
12.57	0.14	5.28	5.28	0.98	1.04	1.57	0.66	3	yok	SM	NP
7.91	0.1	7.92	7.92	0.97	1.09	2.32	0.47	4.5	yok	SM	NP
14.02	0.15	9.14	10.64	0.95	1.98	3.08	0.64	6	yok	CL	PI>%12
22.17	0.24	10.34	13.34	0.94	3.64	3.82	0.96	7.5	var	SM	NP
24.74	0.29	11.6	16.1	0.93	4.8	4.55	1.05	9	var	SM	NP
18.98	0.2	12.86	18.86	0.89	3.77	5.11	0.74	10.5	yok	GP-GM	NP
27.98	0.37	14.28	21.78	0.85	7.59	5.64	1.35	12	yok	GP-GM	NP
45.53	0.25	15.71	24.71	0.81	5.57	6.1	$N_{1.60} > 30$	13.5	yok	SM	NP
48.38	0.28	16.91	27.41	0.77	6.92	6.43	$N_{1.60} > 30$	15	yok	SM	NP
79.2	0.56	18.11	30.11	0.73	14.61	6.7	$N_{1.60} > 30$	16.5	yok	GC	PI>%12
76.37	0.54	19.53	33.03	0.69	15.13	6.95	$N_{1.60} > 30$	18	yok	GC	PI>%12
73.81	0.52	20.96	35.96	0.65	15.62	7.13	$N_{1.60} > 30$	19.5	yok	GC	PI>%12

M_w	6.5	S_{Ds}	1.16	C_M	1.442	a_{max}	0.464
-------	-----	----------	------	-------	-------	-----------	-------

Sıvılaşma olduğu için ZF olarak sınıflandırıldı ve sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıktı.

Zemin 3 için ;

Ortalama SPT, kayma dalgası hızı ve kayma mukavemetine göre zemin sınıfları belirlenmiştir (Tablo 4.19-4.24). Sıvılaştırma analizi Tablo 4.25’de verilmiştir.

Tablo 4. 19: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z3)

SPT	KOT	N			N _D	C _R	C _S	C _B	C _E	C _N	σ (t/m ²)	σ' (t/m ²)	N ₆₀	N _{1,60}
		0 15	15 30	30 45										
spt1	1.50	3.00	2.00	2.00	4.00	0.75	1.20	1.00	1.00	1.00	2.93	2.93	4.00	3.00
spt2	3.00	5.00	4.00	2.00	6.00	0.75	1.20	1.00	1.00	1.34	5.91	5.41	6.00	7.00
spt3	4.50	5.00	4.00	3.00	7.00	0.85	1.20	1.00	1.00	1.24	8.39	6.39	7.00	8.00
spt4	6.00	2.00	2.00	4.00	6.00	0.95	1.20	1.00	1.00	1.15	10.86	7.36	6.00	7.00
spt5	7.50	3.00	3.00	4.00	7.00	0.95	1.20	1.00	1.00	1.08	13.34	8.34	7.00	8.00
spt6	9.00	2.00	3.00	10.00	13.00	0.95	1.20	1.00	1.00	1.02	15.83	9.33	13.00	15.00
spt7	10.50	4.00	5.00	6.00	11.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	18.32	10.32	11.00	13.00
spt8	12.00	8.00	6.00	6.00	12.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	21.32	11.82	12.00	14.00
spt9	13.50	9.00	8.00	8.00	16.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	24.32	13.32	16.00	19.00
spt10	15.00	11.00	7.00	7.00	14.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	27.32	14.82	14.00	16.00
spt11	16.50	6.00	4.00	5.00	9.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.77	30.32	16.32	9.00	8.00
spt12	18.00	6.00	5.00	8.00	13.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.74	33.57	18.07	13.00	11.00
spt13	19.50	3.00	4.00	9.00	13.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.70	36.83	19.83	13.00	10.00
spt14	21.00	28.00	28.00	18.00	46.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.67	40.08	21.58	46.00	37.00

Tablo 4. 20: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z3)

SPT	KOT	N _{1,60}	IDI	α	β	N _{1,60f}
spt1	1.5	3	67.2	4.977	1.197	9.32
spt2	3	7	35	4.977	1.197	13.66
spt3	4.5	8	35	4.977	1.197	15.54
spt4	6	7	35	4.977	1.197	14.4
spt5	7.5	8	58	5	1.2	15.36
spt6	9	15	58	5	1.2	23.18
spt7	10.5	13	97	5	1.2	20.84
spt8	12	14	97	5	1.2	22.28
spt9	13.5	19	97	5	1.2	28.04
spt10	15	16	97	5	1.2	25.16
spt11	16.5	8	25	4.289	1.115	13.6
spt12	18	11	25	4.289	1.115	17.07
spt13	19.5	10	25	4.289	1.115	16.49
spt14	21	37	25	4.289	1.115	45.67

Tablo 4. 21: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z3)

Katman	h1	h2	h	SPT_{ort}	h/SPT
katman1	0.00	4.00	3.50	7.70	0.46
katman2	4.00	5.50	1.50	13.20	0.11
katman3	5.50	7.50	2.00	3.30	0.61
katman4	7.50	8.50	1.00	7.70	0.13
katman5	8.50	11.50	3.00	21.45	0.14
katman6	11.50	16.00	4.50	22.73	0.20
katman7	16.00	21.50	5.50	52.80	0.10
				$\sum h/spt$	1.74

Tablo 4. 22: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z3)

Kalınlık	V_s Hızı	h/V_s
3.3	152	0.02171
2.9	173	0.01676
3.3	197	0.01675
3.7	216	0.01713
4.2	229	0.01834
4.6	237	0.01941
8	240	0.03333
$\sum h/V_s$		0.143

Tablo 4. 23: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z3)

Katman	h1	h2	C_u	c_u h	h/c_u
katman1	0	3	80	0	0
katman2	3	7.5	0		0
katman3	7.5	10.5	0		0
katman4	10.5	16.5	115	6	0.0522
katman5	16.5	21.5	0		0
				$\sum h/c_u$	0.052

Tablo 4. 24: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z3)

Yöntem	Değer	Koşul	Zemin Sınıfı
(V _s) ₃₀	209	360 > V _s > 180	ZD
(N ₆₀) ₃₀	10.82	N ₆₀ < 15	ZE
(C _u) ₃₀	115	250 > C _{u60} > 70	ZD

Tablo 4. 25: Sıvılaşma Analizi (Z3)

$N_{1,60f}$	$CRR_{M7.5}$	σ' (t/m ²)	σ (t/m ²)	RD	τ	τ_{depr}	Sıvılaşma	Kot	Sonuç	Sınıf	PI
9.32	0.11	2.93	2.93	0.99	0.45	0.84	0.54	1.5	yok	CL	PI>%12
13.66	0.15	5.41	5.91	0.98	1.15	1.68	0.68	3	var	SM	NP
15.54	0.17	6.39	8.39	0.97	1.53	2.36	0.65	4.5	var	SM	NP
14.4	0.15	7.36	10.86	0.95	1.64	3.02	0.54	6	var	SM	NP
15.36	0.16	8.34	13.34	0.94	1.97	3.67	0.54	7.5	var	ML	NP
23.18	0.26	9.33	15.83	0.93	3.49	4.3	0.81	9	var	ML	NP
20.84	0.23	10.32	18.32	0.89	3.37	4.78	0.7	10.5	yok	CL	PI>%12
22.28	0.25	11.82	21.32	0.85	4.19	5.31	0.79	12	yok	CL	PI>%12
28.04	0.37	13.32	24.32	0.81	7.12	5.77	1.23	13.5	yok	CL	PI>%12
25.16	0.3	14.82	27.32	0.77	6.31	6.16	1.02	15	yok	CL	PI>%12
13.6	0.15	16.32	30.32	0.73	3.44	6.49	0.53	16.5	yok	GM	NP
17.07	0.18	18.07	33.57	0.69	4.73	6.79	0.7	18	yok	GM	NP
16.49	0.18	19.83	36.83	0.65	5.02	7.02	0.71	19.5	yok	GM	NP

M_w	6.5	S_{Ds}	1.16	C_m	1.442	a_{max}	0.464
-------	-----	----------	------	-------	-------	-----------	-------

Sıvılaşma olduğu için ZF olarak sınıflandırıldı ve sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıktı.

Zemin 4 için ;

Ortalama SPT, kayma dalgası hızı ve kayma mukavemetine göre zemin sınıfları belirlenmiştir (Tablo 4.26-4.31). Sıvılaştırma analizi Tablo 4.32’de verilmiştir.

Tablo 4. 26: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z4)

SPT	KOT	N			N _D	C _R	C _S	C _B	C _E	C _N	σ (t/m ²)	σ' (t/m ²)	N ₆₀	N _{1,60}
		0 15	15 30	30 45										
spt1	1.50	5.00	4.00	5.00	9.00	0.75	1.20	1.00	1.10	1.00	2.73	2.73	9.90	8.00
spt2	3.00	2.00	2.00	3.00	5.00	0.75	1.20	1.00	1.10	1.00	5.46	5.46	5.50	4.00
spt3	4.50	7.00	7.00	5.00	12.00	0.85	1.20	1.00	1.10	1.16	8.23	7.23	13.20	15.00
spt4	6.00	1.00	2.00	1.00	3.00	0.95	1.20	1.00	1.10	1.00	10.96	8.46	3.30	3.00
spt5	7.50	3.00	4.00	3.00	7.00	0.95	1.20	1.00	1.10	0.99	13.87	9.87	7.70	8.00
spt6	9.00	9.00	10.00	12.00	22.00	0.95	1.20	1.00	1.10	0.93	16.68	11.18	24.20	25.00
spt7	10.50	7.00	9.00	8.00	17.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.87	19.82	12.82	18.70	19.00
spt8	12.00	8.00	4.00	8.00	12.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.83	22.79	14.29	13.20	13.00
spt9	13.50	8.00	7.00	9.00	16.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.80	25.45	15.45	17.60	16.00
spt10	15.00	6.00	12.00	22.00	34.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.77	28.10	16.60	37.40	34.00
spt11	16.50	10.00	15.00	25.00	40.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.74	30.94	17.94	44.00	38.00
spt12	18.00	26.00	26.00	26.00	52.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.71	34.15	19.65	57.20	48.00
spt13	19.50	25.00	25.00	25.00	50.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.68	37.36	21.36	55.00	44.00
spt14	21.00	25.00	25.00	25.00	50.00	1.00	1.20	1.00	1.10	0.65	40.57	23.07	55.00	42.00

Tablo 4. 27: Spt Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z4)

SPT	KOT	N _{1,60}	IDI	α	β	N _{1,60f}
spt1	1.5	8	66.8	3.395	1.2	15.69
spt2	3	4	66.8	5	1.2	10.94
spt3	4.5	15	18.8	3.395	1.072	20.15
spt4	6	3	60.3	5	1.2	9.51
spt5	7.5	8	16.6	2.917	1.058	12.15
spt6	9	25	10.6	1.071	1.025	27.47
spt7	10.5	19	10.6	1.071	1.025	21.12
spt8	12	13	17	3.012	1.06	16.89
spt9	13.5	16	17	3.012	1.06	20.8
spt10	15	34	17	3.012	1.06	39.48
spt11	16.5	38	10.3	0.97	1.023	40.8
spt12	18	48	10.3	0.97	1.023	50.44
spt13	19.5	44	10.3	0.97	1.023	46.6
spt14	21	42	10.3	0.97	1.023	44.87

Tablo 4. 28: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z4)

Katman	h1	h2	h	SPT_{ort}	h/SPT
katman1	0.00	4.00	3.50	7.70	0.46
katman2	4.00	5.50	1.50	13.20	0.11
katman3	5.50	7.50	2.00	3.30	0.61
katman4	7.50	8.50	1.00	7.70	0.13
katman5	8.50	11.50	3.00	21.45	0.14
katman6	11.50	16.00	4.50	22.73	0.20
katman7	16.00	21.50	5.50	52.80	0.10
				$\sum h/spt$	1.74

Tablo 4. 29: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z4)

Kalınlık	V_s Hızı	h/V_s
1	132	0.00758
1.3	156	0.00833
3.3	170	0.01941
2.9	177	0.01638
3.3	185	0.01784
3.7	195	0.01897
4.2	202	0.02079
4.6	206	0.02233
5.7	207	0.02754
		$\sum h/V_s$
		0.15918

Tablo 4. 30: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z4)

Katman	h1	h2	C_u	c_u h	h/c_u
katman1	0	4	100	3.5	0.035
katman2	4	5.5	0		0
katman3	5.5	7.5	115	2	0.0174
katman4	7.5	8.5	0		0
katman5	8.5	11.5	0		0
katman6	11.5	16	0		0
katman7	16	21.5	0		0
				$\sum h/c_u$	0.05239

Tablo 4. 31: Belirlenen Zemin Sınıfları Özet (Z4)

Yöntem	Değer	Koşul	Zemin Sınıfı
(V _s) ₃₀	188	360 > V _s > 180	ZD
(N ₆₀) ₃₀	12.03	N ₆₀ < 15	ZE
(C _u) ₃₀	104.98	250 > C _{u60} > 70	ZD

Tablo 4. 32: Sıvılaşma Analizi (Z4)

N _{1,60f}	CRR _{M7.5}	σ' (t/m ²)	σ (t/m ²)	RD	τ	τ _{depr}	Sıvılaşma	Kot	Sonuç	Sınıf	PI
15.69	0.17	2.73	2.73	0.99	0.66	0.77	0.85	1.5	yok	CL	PI>%12
10.94	0.12	5.46	5.46	0.98	0.96	1.53	0.63	3	yok	CL	PI>%12
20.15	0.22	7.23	8.23	0.97	2.27	2.28	0.99	4.5	var	SM	NP
9.51	0.11	8.46	10.96	0.95	1.33	3	0.44	6	yok	CL	PI>%12
12.15	0.13	9.87	13.87	0.94	1.89	3.75	0.5	7.5	var	SM	NP
27.47	0.35	11.18	16.68	0.93	5.68	4.45	1.27	9	yok	GP-GM	NP
21.12	0.23	12.82	19.82	0.89	4.25	5.08	0.84	10.5	yok	GP-GM	NP
16.89	0.18	14.29	22.79	0.85	3.7	5.58	0.66	12	var	SM	NP
20.8	0.23	15.45	25.45	0.81	5.03	5.94	0.85	13.5	var	SM	NP
39.48	0.11	16.6	28.1	0.77	2.52	6.23	N _{1.60} > 30	15	-	SM	NP
40.8	0.15	17.94	30.94	0.73	3.89	6.51	N _{1.60} > 30	16.5	-	GP-GM	NP
50.44	0.31	19.65	34.15	0.69	8.73	6.79	N _{1.60} > 30	18	-	GP-GM	NP
46.6	0.26	21.36	37.36	0.65	8.04	7	N _{1.60} > 30	19.5	-	GP-GM	NP

M _w	6.5	S _{DS}	1.10	C _M	1.442	a _{max}	0.44
----------------	-----	-----------------	------	----------------	-------	------------------	------

Sıvılaşma olduğu için ZF olarak sınıflandırıldı ve sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıktı.

Zemin 5 için;

Ortalama SPT, kayma dalgası hızı ve kayma mukavemetine göre zemin sınıfları belirlenmiştir (Tablo 4.33-4.38). Sıvılaştırma analizi Tablo 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4. 33: SPT Verileri Düzeltmeleri (Z5)

SPT	KOT	N			N _D	C _R	C _S	C _B	C _E	C _N	σ (t/m ²)	σ' (t/m ²)	N ₆₀	N _{1,60}
		0-15	15-30	30-45										
spt1	1.50	4.00	4.00	3.00	7.00	0.75	1.20	1.00	1.00	1.00	2.93	2.93	7.00	6.00
spt2	3.00	5.00	4.00	4.00	8.00	0.75	1.20	1.00	1.00	1.29	5.85	5.85	8.00	9.00
spt3	4.50	6.00	6.00	5.00	11.00	0.85	1.20	1.00	1.00	1.07	8.48	8.48	11.00	12.00
spt4	6.00	9.00	7.00	6.00	13.00	0.95	1.20	1.00	1.00	0.98	11.18	10.18	13.00	14.00
spt5	7.50	12.00	9.00	9.00	18.00	0.95	1.20	1.00	1.00	0.92	13.93	11.43	18.00	18.00
spt6	9.00	9.00	10.00	9.00	19.00	0.95	1.20	1.00	1.00	0.88	16.67	12.67	19.00	19.00
spt7	10.50	9.00	9.00	11.00	20.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.84	19.42	13.92	20.00	20.00
spt8	12.00	10.00	11.00	10.00	21.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.80	22.16	15.16	21.00	20.00
spt9	13.50	8.00	8.00	12.00	20.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.77	24.91	16.41	20.00	18.00
spt10	15.00	4.00	3.00	3.00	6.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	27.65	17.65	6.00	7.00
spt11	16.50	4.00	3.00	3.00	6.00	1.00	1.20	1.00	1.00	1.00	30.52	19.02	6.00	7.00
spt12	18.00	8.00	9.00	7.00	16.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.69	33.38	20.38	16.00	13.00
spt13	19.50	7.00	8.00	7.00	15.00	1.00	1.20	1.00	1.00	0.67	36.25	21.75	15.00	12.00

Tablo 4. 34: SPT Verileri İnce Dane İçeriğine Göre Düzeltmeleri (Z5)

SPT	KOT	N _{1,60}	IDI	α	β	N _{1,60f}
spt1	1.5	6	74	0.97	1.023	12.56
spt2	3	9	10.3	0.97	1.023	10.48
spt3	4.5	12	10.3	0.97	1.023	13.28
spt4	6	14	18	3.234	1.066	18.71
spt5	7.5	18	18	3.234	1.066	23.45
spt6	9	19	18	3.234	1.066	23.49
spt7	10.5	20	18	3.234	1.066	24.66
spt8	12	20	18	3.234	1.066	24.78
spt9	13.5	18	18	3.234	1.066	22.96
spt10	15	7	96.2	5	1.2	13.64
spt11	16.5	7	96.2	5	1.2	13.64
spt12	18	13	20	3.615	1.079	17.95
spt13	19.5	12	20	3.615	1.079	16.62

Tablo 4. 35: Ortalama SPT Darbe Sayısına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z5)

Katman	h1	h2	h	SPT _{ort}	h/SPT
katman1	0.00	3.00	2.40	7.00	0.34
katman2	3.00	6.00	3.00	9.50	0.32
katman3	6.00	15.00	9.00	18.50	0.49
katman4	15.00	18.00	3.00	6.00	0.50
katman5	18.00	20.00	2.00	15.50	0.13
				$\sum h/spt$	1.77

Tablo 4. 36: Ortalama Kayma Dalgası Hızına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z5)

Kalınlık	V _s Hızı	h/V _s
1.1	114	0.00965
3.3	139	0.02374
1.3	158	0.00823
2.9	168	0.01726
3.3	200	0.0165
3.7	218	0.01697
4.2	236	0.0178
4.6	247	0.01862
5	252	0.01984
$\sum h/V_s$		0.149

Tablo 4. 37: Ortalama Drenajsız Kayma Dayanımına Göre Zemin Sınıfı Belirlenmesi (Z5)

Katman	h1	h2	C _u	c _u ·h	h/c _u
katman1	0	3	95	2.4	0.0253
katman2	3	6	0		0
katman3	6	15	0		0
katman4	15	18	100	3	0.03
katman5	18	20	0		0
				$\sum h/c_u$	0.055

Tablo 4. 38: Belirlenen Zemin Sınıfları Özeti (Z5)

Yöntem	Değer	Koşul	Zemin Sınıfı
(V _s) ₃₀	198	360 > V _s > 180	ZD
(N ₆₀) ₃₀	10.93	N ₆₀ < 15	ZE
(C _u) ₃₀	97.71	250 > C _{u60} > 70	ZD

Tablo 4. 39: Sıvılaşma Analizi (Z5)

$N_{1,60f}$	$CRR_{M7.5}$	σ' (t/m ²)	σ (t/m ²)	RD	τ	τ_{depr}	Sıvılaşma	Kot	Sonuç	Sınıf	PI
12.56	0.14	2.93	2.93	0.99	0.58	0.87	0.66	1.5	yok	CH	PI>%12
10.48	0.12	5.85	5.85	0.98	0.99	1.71	0.58	3	yok	SP-SM	NP
13.28	0.14	8.48	8.48	0.97	1.75	2.46	0.71	4.5	yok	SP-SM	NP
18.71	0.2	10.18	11.18	0.95	2.93	3.2	0.92	6	var	SM	NP
23.45	0.26	11.43	13.93	0.94	4.35	3.94	1.1	7.5	yok	SM	NP
23.49	0.26	12.67	16.67	0.93	4.84	4.66	1.04	9	var	SM	NP
24.66	0.29	13.92	19.42	0.89	5.73	5.21	1.1	10.5	yok	SM	NP
24.78	0.29	15.16	22.16	0.85	6.29	5.68	1.11	12	yok	SM	NP
22.96	0.26	16.41	24.91	0.81	6.06	6.08	1	13.5	var	SM	NP
13.64	0.15	17.65	27.65	0.77	3.73	6.42	0.58	15	yok	CH	PI>%12
13.64	0.15	19.02	30.52	0.73	4.02	6.72	0.6	16.5	yok	CH	PI>%12
17.95	0.19	20.38	33.38	0.69	5.62	6.94	0.81	18	yok	GM	NP
16.62	0.18	21.75	36.25	0.65	5.54	7.11	0.78	19.5	yok	GM	NP

M_w	6.5	S_{ds}	1.15	C_M	1.442	a_{max}	0.46
-------	-----	----------	------	-------	-------	-----------	------

Sıvılaşma olduğu için ZF olarak sınıflandırıldı ve sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapılması gerekliliği ortaya çıktı.

5. SEÇİLEN ZEMİNLERİN ÖZELLİKLERİ

5.1 ZEMİN 1

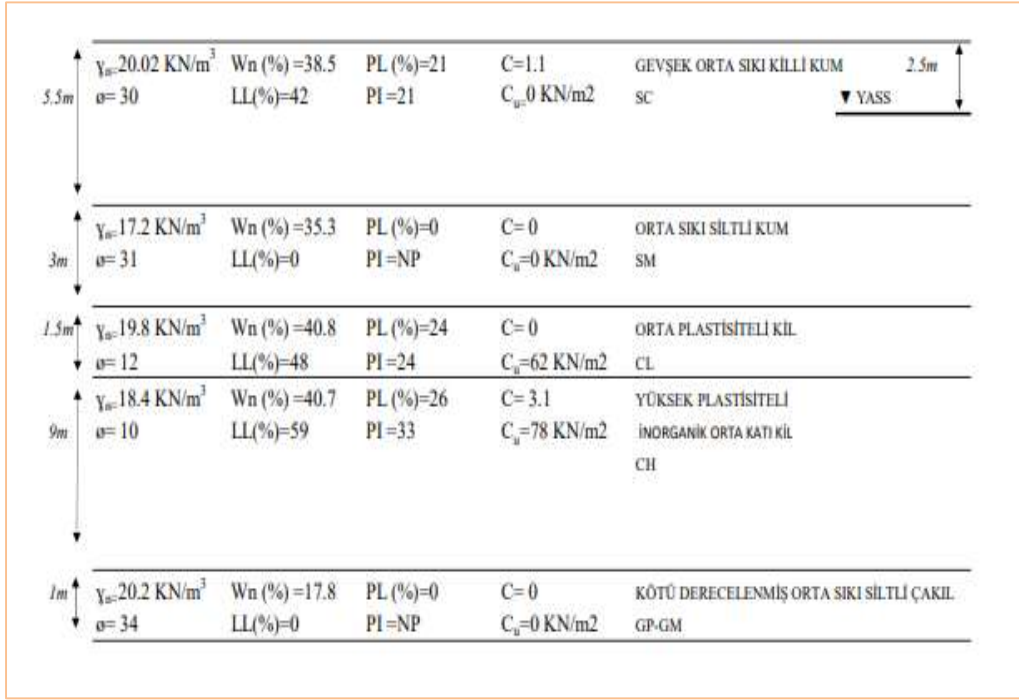
İnşası planlanan yapı İzmir İli Karşıyaka İlçesi Bostanlı Mahallesi'nde kayıtlıdır (Şekil 5.1). İnşaat sahası düz bir topoğrafyada bulunmaktadır. Yapının tabii zemin kotları arasında önemsenecek bir kot farkı bulunmamaktadır. Mimari projesinin tabii zemin kotlarından (Vaziyet Planı) okunmuştur. En düşük tabii zemin kotu -1.12 en yüksek tabii zemin kotu -1,11 olarak onaylı mimari projesinden okunmuştur.

(Enlem:38.4972° Boylam: 27.052°)

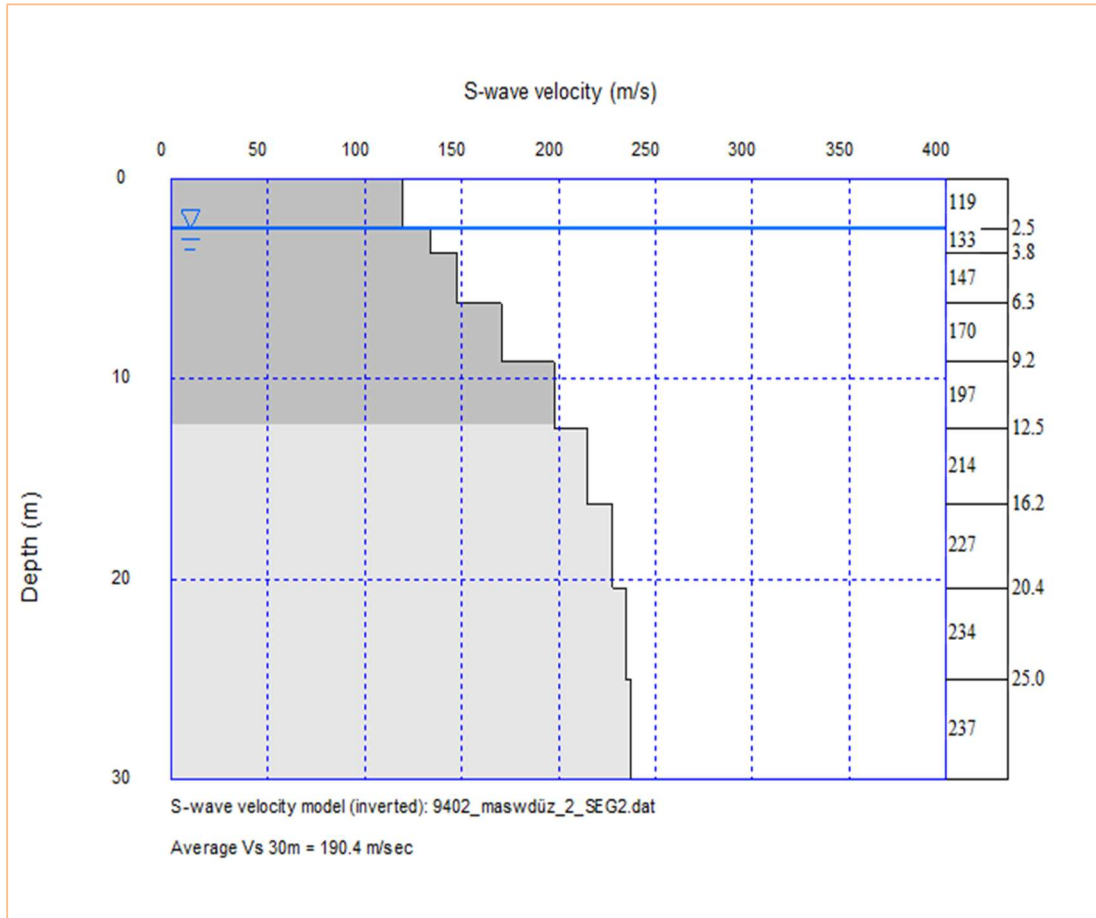


Şekil 5. 1: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z1)

Zemin 1 için sondaj logları göz önünde bulundurularak idealize zemin profili elde edilmiştir (Şekil 5.2). Kayma dalgası hızları, ilgili derinlikler için Şekil 5.3'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 2: İdealize Zemin Profili (Z1)



Şekil 5. 3: Kayma Dalgası Hızı (Z1)

5.2 ZEMİN 2

İnşası planlanan yapı İzmir İli, Karşıyaka İlçesi, Dedebaşı Mahallesi'nde, tapunun 32433 Ada 59 Parsel'ine kayıtlıdır (Şekil 5.2). Arsa inşa için ulaşılabilir durumdadır. Arazi çevresinde altyapı ve üstyapı tesisleri tamamlanmış durumdadır.

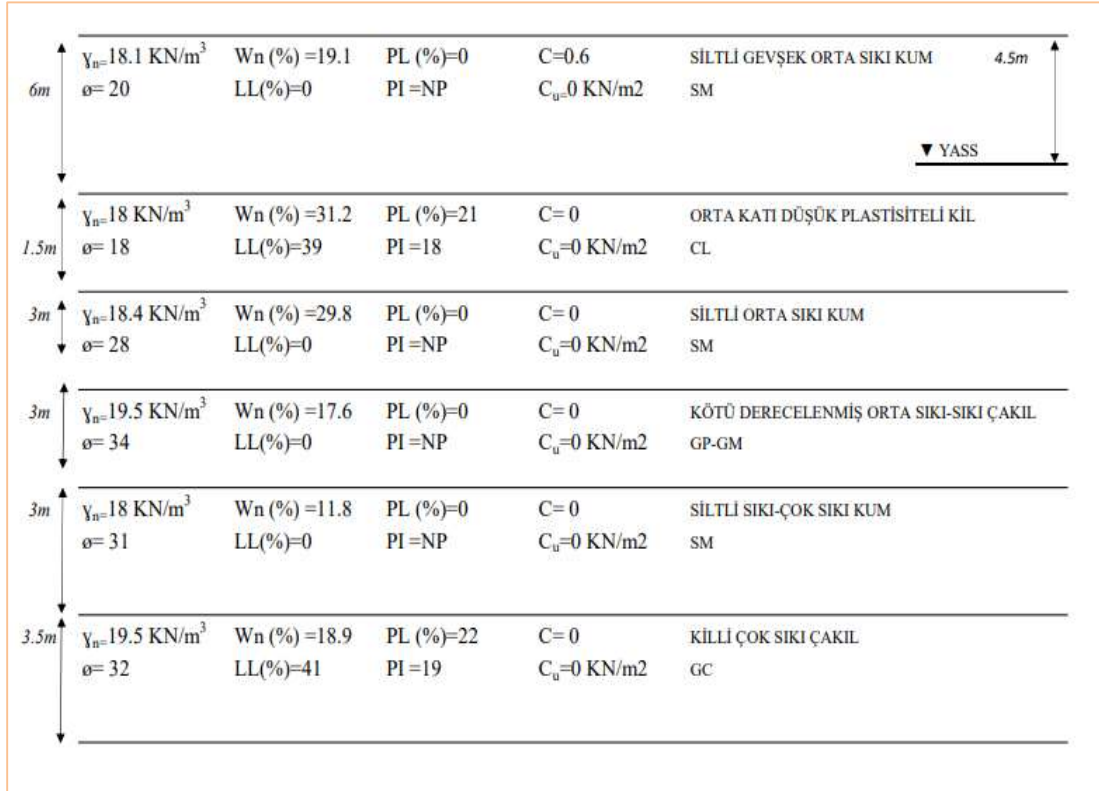
İnşaat yapılacak arazi düz bir topoğrafyaya sahiptir. Arsadaki en yüksek kot -0,91 m, en düşük kot ise -1,2 m'dir. Konu arsanın günümüze kadar boş arsa olarak kullanıldığı belirlenmiştir.

(Enlem:38.4645° Boylam: 27.1045°)

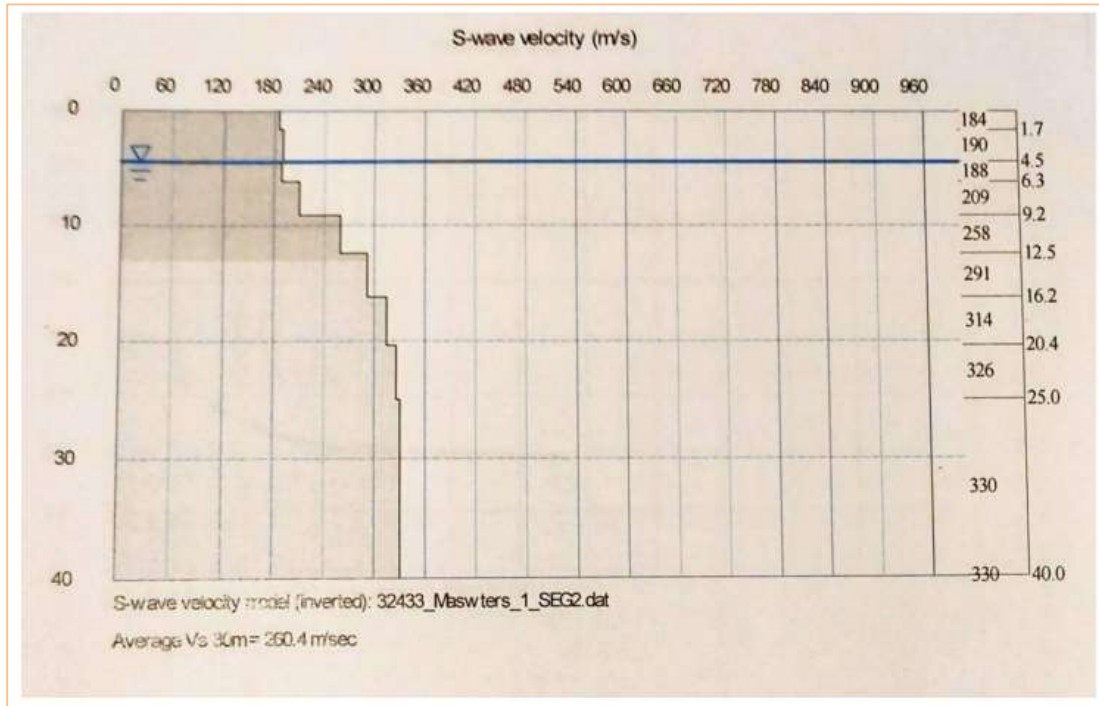


Şekil 5. 4: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z2)

Zemin 2 için sondaj logları göz önünde bulundurularak idealize zemin profili elde edilmiştir (Şekil 5.5). Kayma dalgası hızları, ilgili derinlikler için Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5. 5: İdealize Zemin Profili (Z2)



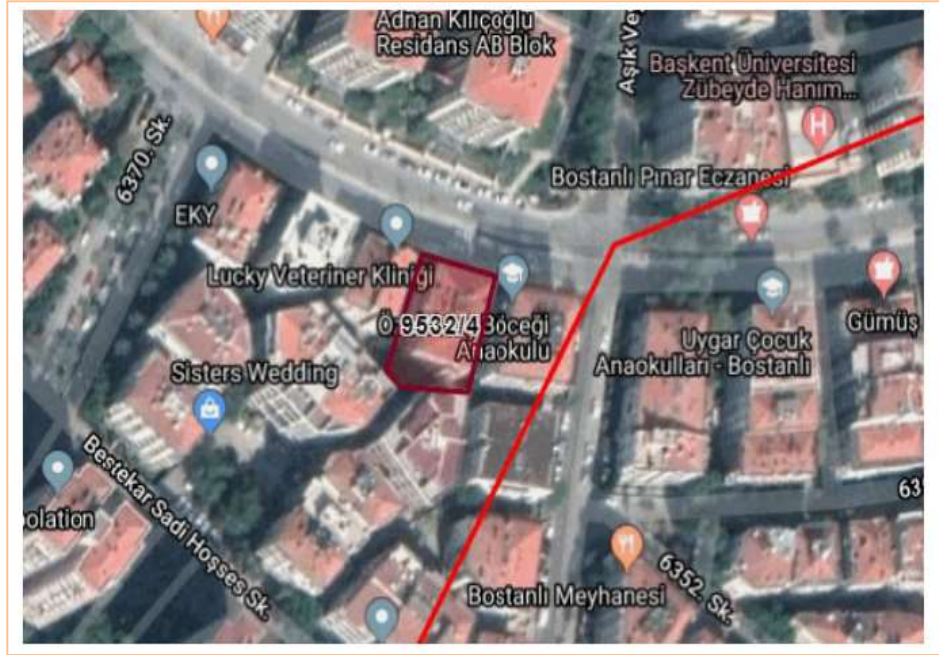
Şekil 5. 6: Kayma Dalgası Hızı (Z2)

5.3 ZEMİN 3

İnşası planlanan yapı İzmir İli, Karşıyaka İlçesi, Şemikler Mahallesi'nde, tapunun 9532 Ada 4 Parsel'ine kayıtlıdır (Şekil 5.3). Arsa inşa için ulaşılabilir durumdadır. Arazi çevresinde altyapı ve üstyapı tesisleri tamamlanmış durumdadır.

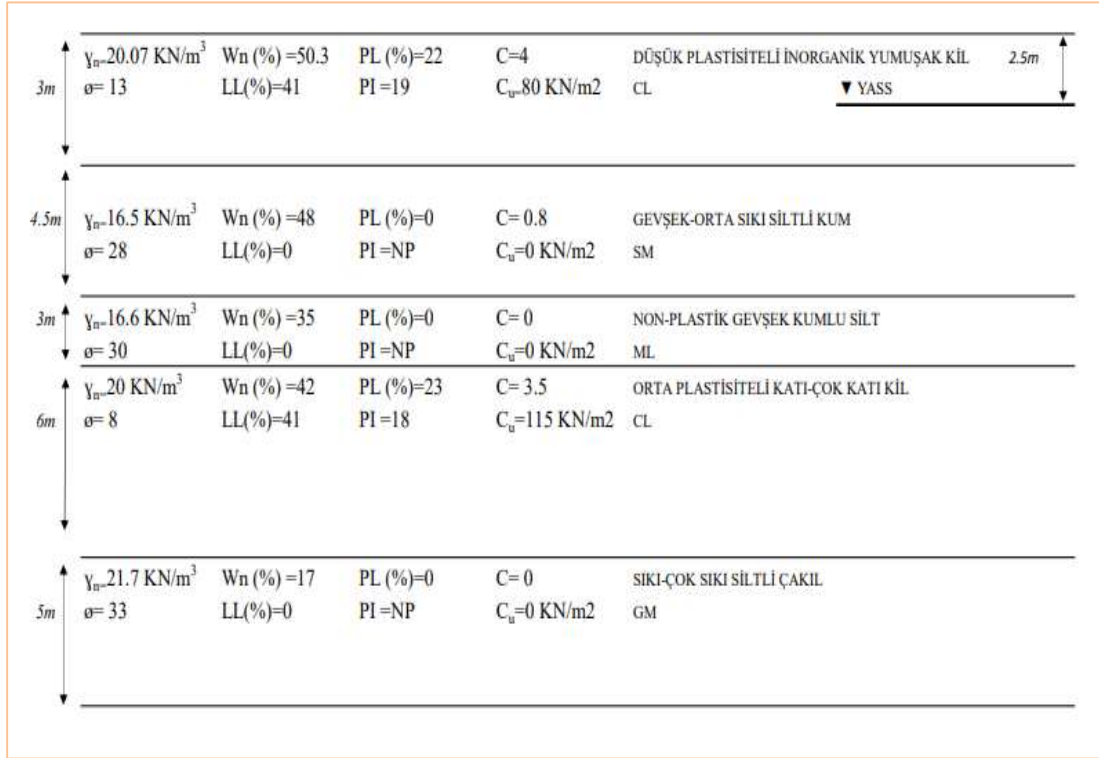
Konu parsel 732 m² boyutunda olup boyutları yaklaşık olarak; 22,67 m X 32,29 m uzunluğundadır. İnşaat yapılacak arazi düz bir topoğrafyaya sahiptir. Arsadaki en yüksek kot -0,59 m, en düşük kot ise -0,66 m'dir. Konu arsanın günümüze kadar boş arsa olarak kullanıldığı belirlenmiştir.

(Enlem:38.4636° Boylam: 27.0921°)

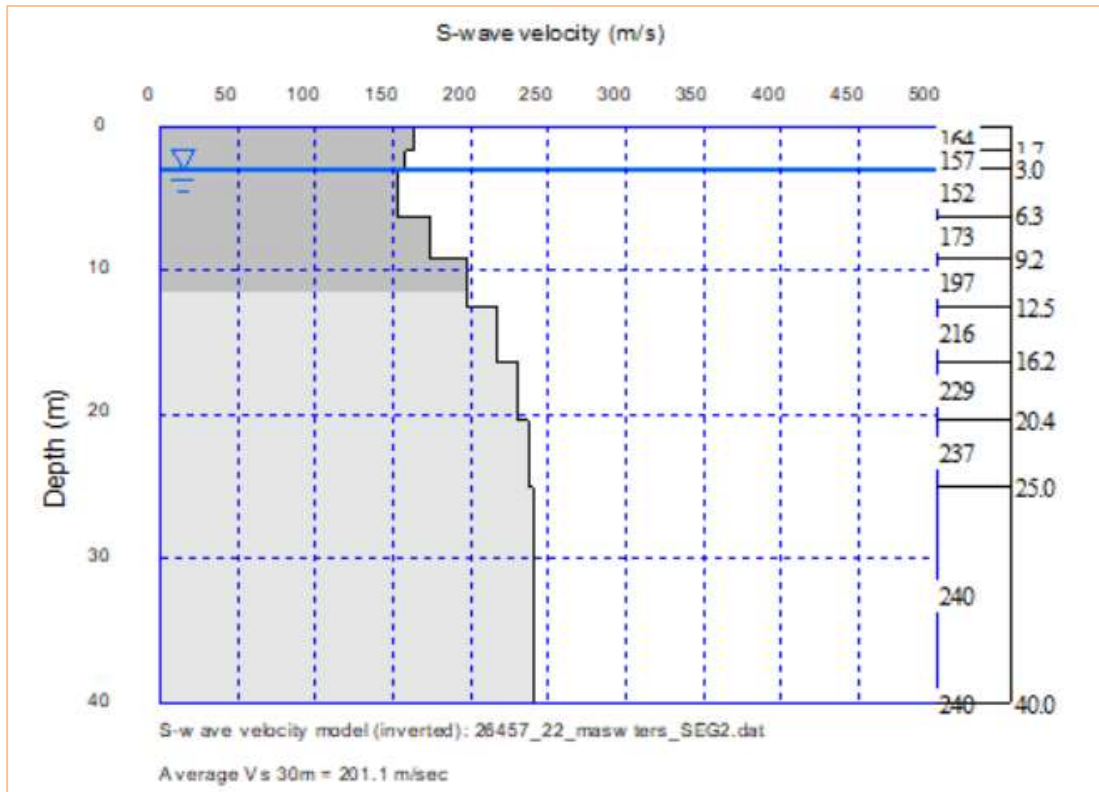


Şekil 5. 7: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z3)

Zemin 3 için sondaj logları göz önünde bulundurularak idealize zemin profili elde edilmiştir (Şekil 5.8). Kayma dalgası hızları, ilgili derinlikler için Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



Şekil 5. 8: İdealize Zemin Profili (Z3)



Şekil 5. 9: Kayma Dalgası Hızı (Z3)

5.4 ZEMİN 4

İnşası planlanan yapı İzmir İli Çiğli İlçesi Balatçık Mahallesi'nde, tapunun 33619 Ada 9 Parsel'ine kayıtlıdır (Şekil 5.4). İnşaat sahası düz bir topoğrafyada bulunmaktadır. Yapının tabii zemin kotları arasında önemsenecek bir kot farkı bulunmamaktadır. Mimari projesinin tabii zemin kotlarından (Vaziyet Planı) okunmuştur. En düşük tabii zemin kotu -0,43 en yüksek tabii zemin kotu -0,09 olarak onaylı mimari projesinden okunmuştur.

(Enlem:38.51753° Boylam: 27.0393°)

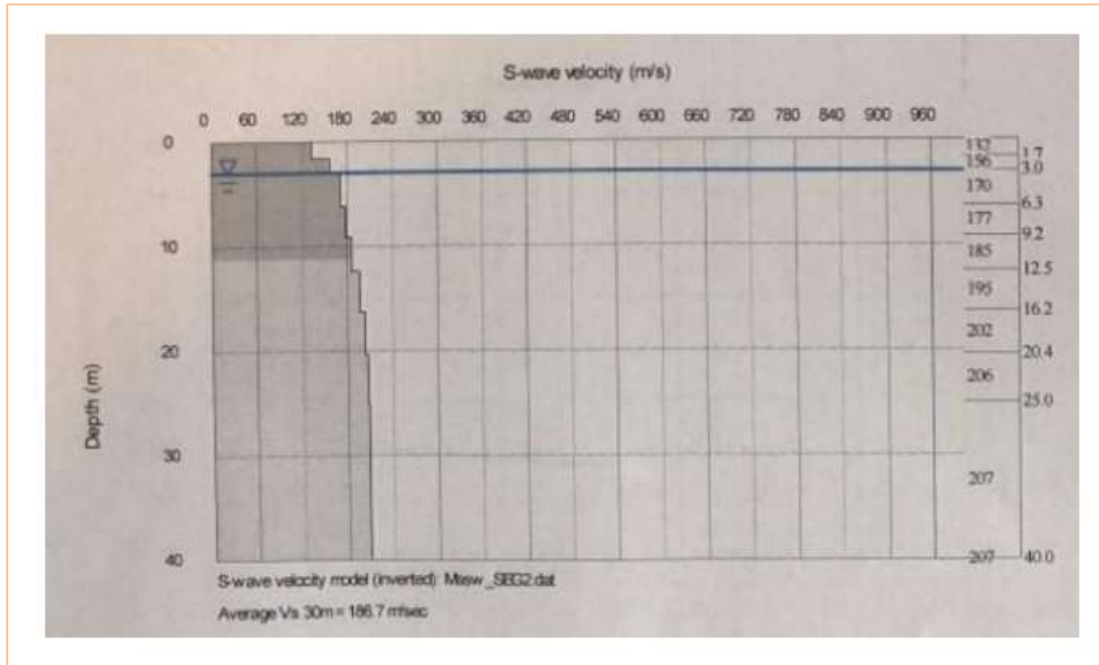


Şekil 5. 10: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z4)

Zemin 4 için sondaj logları göz önünde bulundurularak idealize zemin profili elde edilmiştir (Şekil 5.11). Kayma dalgası hızları, ilgili derinlikler için Şekil 5.12'de gösterilmiştir.

4m	$\gamma_n=19.5 \text{ KN/m}^3$ $\phi=11$	$W_n(\%)=21.2$ $LL(\%)=45$	$PL(\%)=18$ $PI=27$	$C=9.9$ $C_u=100 \text{ KN/m}^2$	AZ ÇAKILLI ORTA PLASTİSİTELİ ORTA KATI - KATI KİL CL	3.5m ▼ YASS
1.5m	$\gamma_n=17.6 \text{ KN/m}^3$ $\phi=22$	$W_n(\%)=15.2$ $LL(\%)=0$	$PL(\%)=0$ $PI=NP$	$C=0.6$ $C_u=0 \text{ KN/m}^2$	SİLTİLİ ÇAKILLI ORTA SIKI KUM SM	
2m	$\gamma_n=19.4 \text{ KN/m}^3$ $\phi=12$	$W_n(\%)=27$ $LL(\%)=47$	$PL(\%)=21$ $PI=26$	$C=9.2$ $C_u=115 \text{ KN/m}^2$	AZ ÇAKILLI ORTA PLASTİSİTELİ YUMUŞAK ORTA KATI KİL CL	
1m	$\gamma_n=17.7 \text{ KN/m}^3$ $\phi=24$	$W_n(\%)=20.9$ $LL(\%)=0$	$PL(\%)=0$ $PI=NP$	$C=0$ $C_u=0 \text{ KN/m}^2$	ÇAKILLI ORTA SIKI KUM SM	
3m	$\gamma_n=20.9 \text{ KN/m}^3$ $\phi=34$	$W_n(\%)=11.4$ $LL(\%)=0$	$PL(\%)=0$ $PI=NP$	$C=0$ $C_u=0 \text{ KN/m}^2$	SİLTİLİ KUMLU ORTA SIKI ÇAKIL GP-GM	
4.5m	$\gamma_n=17.7 \text{ KN/m}^3$ $\phi=30$	$W_n(\%)=22$ $LL(\%)=0$	$PL(\%)=0$ $PI=NP$	$C=0$ $C_u=0 \text{ KN/m}^2$	SİLTİLİ ÇAKILLI SIKI-ÇOK SIKI KUM SM	
5.5m	$\gamma_n=21.4 \text{ KN/m}^3$ $\phi=34$	$W_n(\%)=7.4$ $LL(\%)=0$	$PL(\%)=0$ $PI=NP$	$C=0$ $C_u=0 \text{ KN/m}^2$	SİLTİLİ KUMLU ÇOK SIKI ÇAKIL GP-GM	

Şekil 5. 11: İdealize Zemin Profili (Z4)



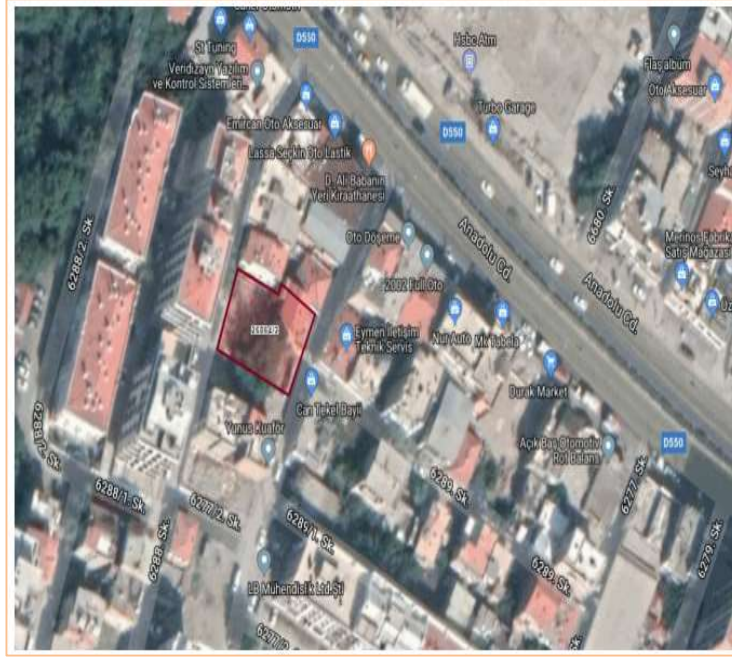
Şekil 5. 12: Kayma Dalgası Hızı (Z4)

5.5 ZEMİN 5

İnşası planlanan yapı İzmir İli, Karşıyaka İlçesi, Şemikler Mahallesi'nde, tapunun 26864 Ada 2 Parseline kayıtlıdır (Şekil 5.5). Arsa inşa için ulaşılabilir durumdadır. Arazi çevresinde altyapı ve üstyapı tesisleri tamamlanmış durumdadır.

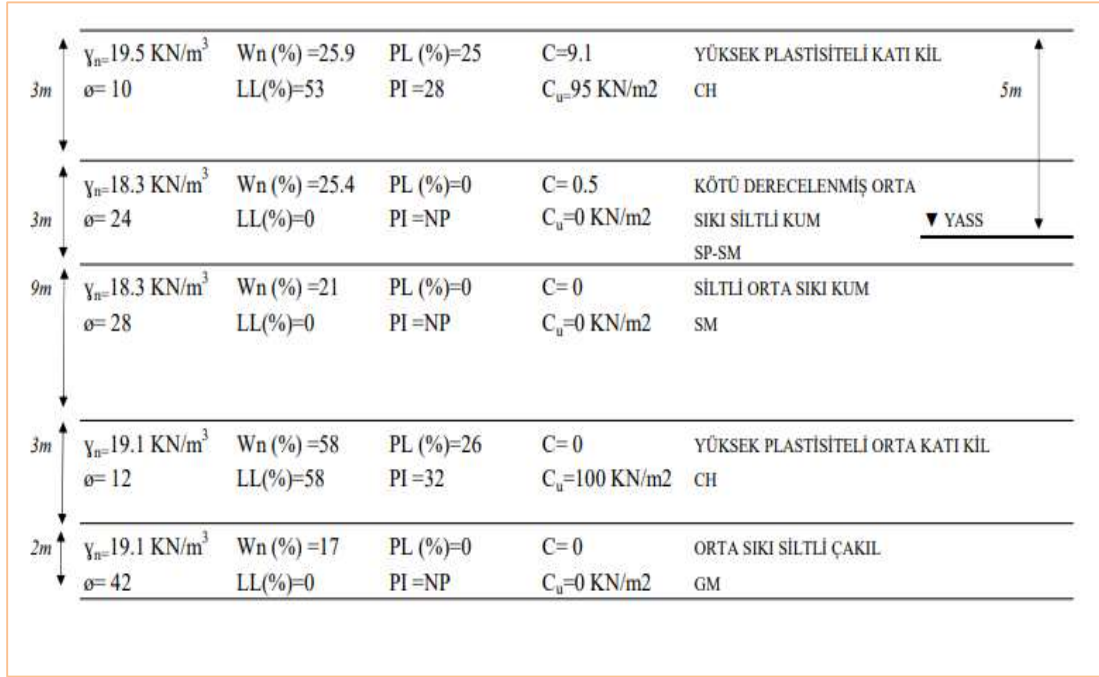
Konu parsel 561 m² boyutunda olup boyutları yaklaşık olarak; 21,23 m X 26,42 m uzunluğundadır. İnşaat yapılacak arazi düz bir topoğrafyaya sahiptir. Arsadaki en yüksek kot - 0,62 m, en düşük kot ise -1,20 m'dir. Konu arsanın günümüze kadar boş arsa olarak kullanıldığı belirlenmiştir.

(Enlem:38.4788° Boylam: 27.0928°)

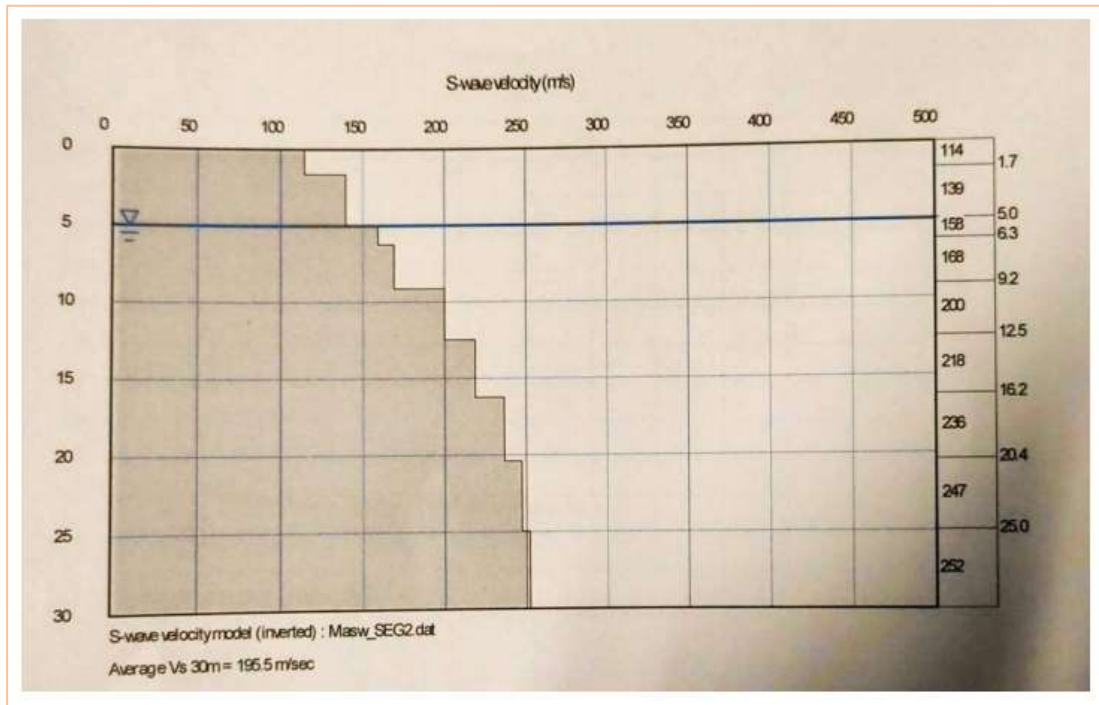


Şekil 5.13: Yapı Sahası Uydu Görüntüsü (Z5)

Zemin 5 için sondaj logları göz önünde bulundurularak idealize zemin profili elde edilmiştir (Şekil 5.14). Kayma dalgası hızları, ilgili derinlikler için Şekil 5.15'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 14: İdealize Zemin Profili (Z5)



Şekil 5. 15: Kayma Dalgası Hızı (Z5)

6. DEEPSOIL PROGRAMI İLE ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL OLMAYAN SAHAYA ÖZEL ZEMİN DAVRANIŞ ANALİZİ

6.1 DeepSoil Programı

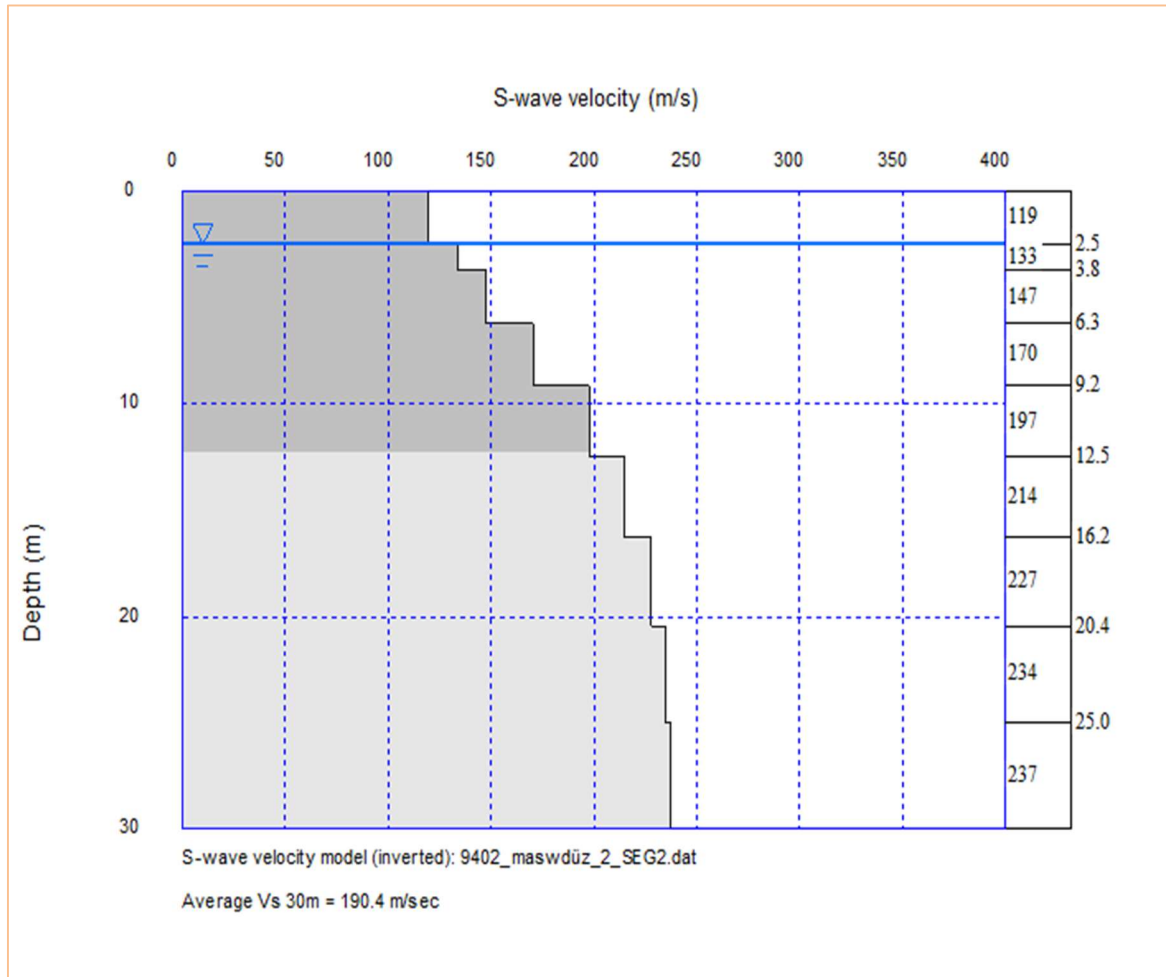
DeepSoil programı frekans ve zaman alanında çözüm yapması ve her geçen gün kullanıcılarının karşısına zemin davranış analizlerinde yardımcı olmak adına güncellemeler ile çıkması günümüzde oldukça tercih edilmesine neden olmuştur. Diğer programlar kullanılarak yalnızca eşdeğer doğrusal sahaya özel zemin davranışı analizleri yapılabilirken DeepSoil programı ile doğrusal hem de doğrusal olmayan sahaya özel zemin davranışı analizleri yapılabilmektedir. Bu nedenle son dönemlerde yapılan çalışmalarda DeepSoil programı öne çıkmaktadır. Frekans alanında doğrusal ve eşdeğer doğrusal analizler, zaman alanında ise doğrusal ve doğrusal olmayan analizleri yapabilme imkânı sunmaktadır. Zaman tanım alanında yapılacak nonlinear analizleri eşdeğer lineer analizler ile de desteklemektedir. Ayrıca bu analizleri yaparken aşırı boşluk suyu basıncını da dikkate alması zemin tabakalarının değerlendirilmesinde kullanıcılara farklı bir seçenek sunmaktadır. Yukarıda saymış olduğumuz nedenler ve deprem dalgalarının belirlenen zeminden başlayarak zemin yüzeyine doğru doğrusal olmayan zemin/kaya koşullarında nasıl değiştiğini belirlemek için tezimizde DeepSoil programı tercih edilmiştir.

6.1.1 Doğrusal olmayan sahaya özel davranış analizinin yapılması

Buradaki amaç, deprem dalgalarının ZD sınıfı zeminden başlayarak zemin yüzeyine doğru doğrusal olmayan zemin/kaya koşullarında nasıl değiştiğini belirlemektir. 11 Adet ivme kaydı ile (Kayıtların maksimum PGA değerini sağlayan yönleri analizlerde kullanılmıştır) nonlinear analizler yapılarak spektral ivme grafikleri incelenmiştir.

Zemin genel olarak kil (yumuşak ve orta katı), siltli kum (orta sıkı – sıkı), kötü derecelenmiş siltli çakıl (orta sıkı – sıkı – çok sıkı) katmanlarından oluşmaktadır. Zeminde kumların SPT N değerleri 7-34 arasındadır. Bununla birlikte, kayma dalgası hızı ilk 4 m’de 186 m/s, 4 m’den sonra 242 m/s, civarında ölçülmüştür. Kumlardaki kesme kutusu deneylerin kayma mukavemeti açısının 22^0 olduğu görülmektedir. Yeraltı su seviyesi ise yüzeyden 2,50 m aşağıdadır. Kayma dalgası hızları SPT N değerleri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 6.1’de görülen hesaplamalarda V_s değeri göz önüne alınmıştır.

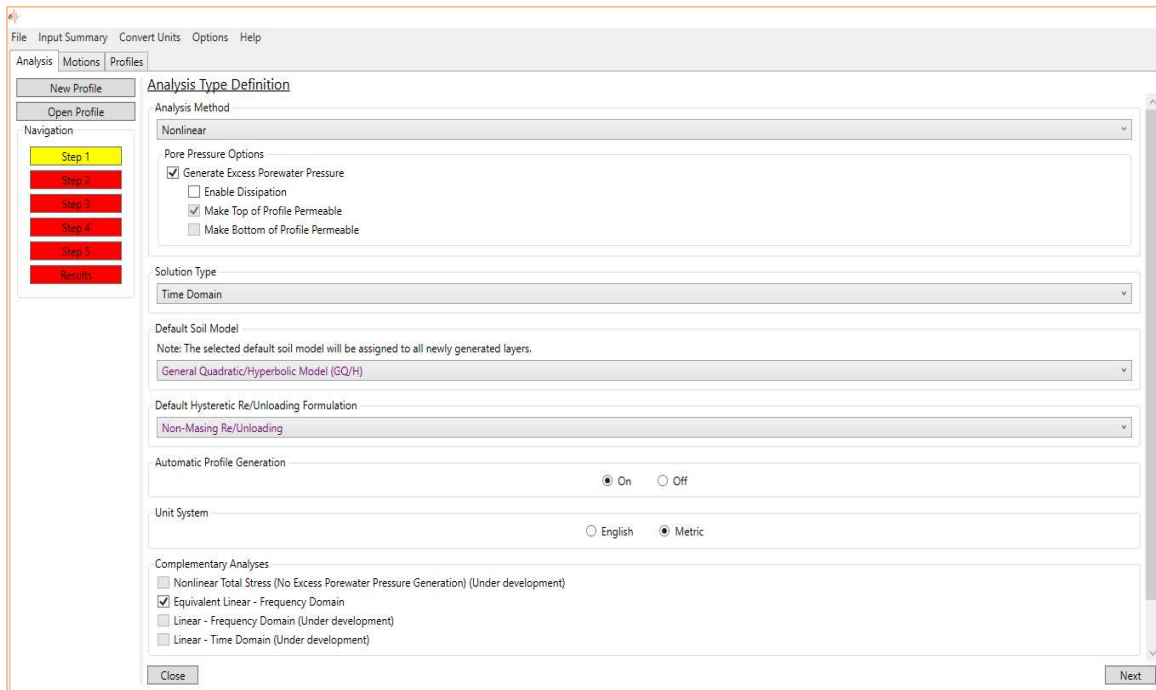
İnceleme alanında ilk 20 m’nin zemin profili sondaj loglarından, bütün kumlu birimlerin ölçülen ve tahmin edilen kayma dalgası hızları jeofizik mühendisi tarafından verilmiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6. 1: Hesaplarda Kullanılan Jeofizik Mühendisince Sahada Ölçülen ve Tahmin Edilen V_s Hızları

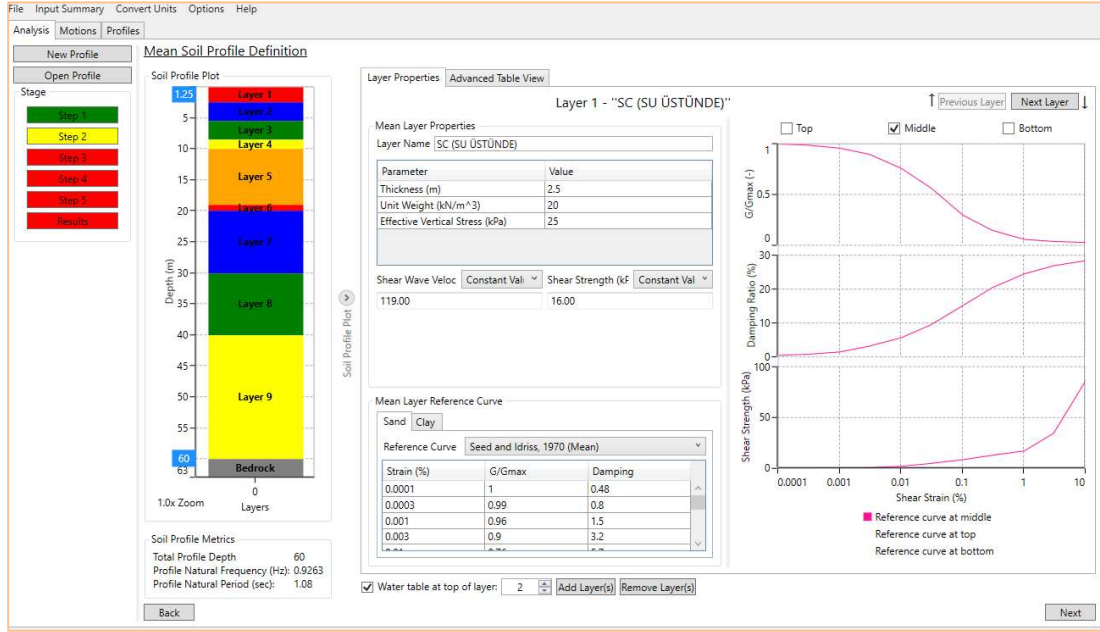
Sahaya özel zemin davranış analizi modeli oluşturulurken her zemin katmanının yatay zemin tabakalarında kayma birim şekil değiştirmesine bağlı olarak kayma modüllerinin ve eşdeğer histerik sönüm katsayılarının (TBDY 16.5.2.1) doğrusal olmayan değerleri şekildeki gibi tanımlanmıştır. Analiz zaman tanım alanında nonlineer analiz (TBDY 16.5.2.2) metodu ile yapılmıştır.

Analiz kapsamında aşırı boşluk suyu basıncı dikkate alınarak analiz duyarlılığı artırılmış olup sıvılaşmanın varlığı sebebi ile analizler zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz (TBDY 16.5.2.6) olarak yapılmıştır (Şekil 6.2).



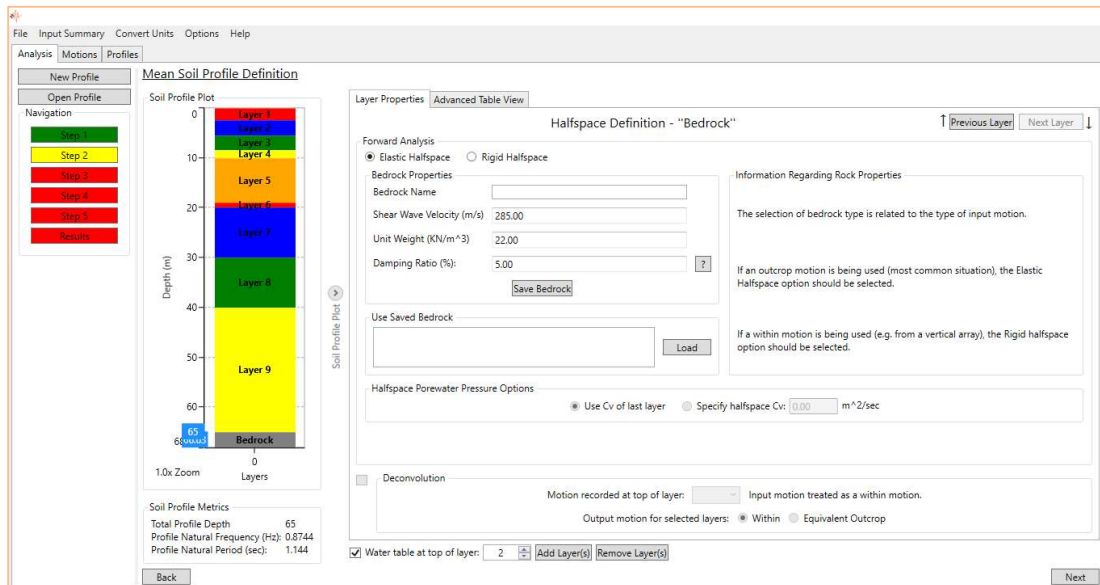
Şekil 6. 2: Analiz Tipi Seçimi

Analizlerde doğrusal olmayan analiz yöntemi seçilmiş aynı zamanda eşdeğer lineer çözüm ile de desteklenmiştir.

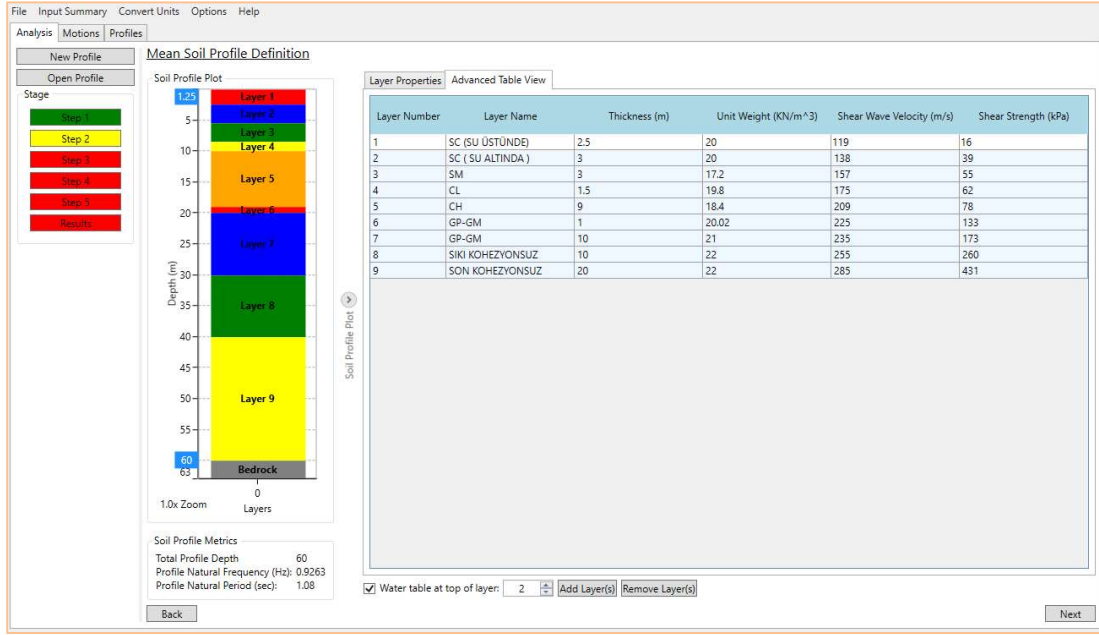


Şekil 6. 3: Katman Özelliklerinin Tanımlanması

İdealize zemin profili göz önüne alınarak katmanlar ve özellikleri Deepsoil programına tanımlanmıştır (Şekil 6.3,6.5). Bölgedeki çalışmalar kapsamında ana kayanın çok derinlerde (TBDY 2018 16.5.2.3 (b)) olduğu ve bu sebep ile yapının uzun kenarının 3 katından daha az olmayacak şekilde ZD zemin sınıfı ana kaya olarak tanımlanmıştır (Şekil 6.4). Ayrıca yeraltı su seviyesinin de bulunduğu katman tanımlanmıştır.



Şekil 6. 4: Anakaya Özelliklerinin Tanımlanması



Şekil 6. 5: Katman Özelliklerinin Tanımlanması (1)

Sönümleme ve kayma modülündeki birim şekil değiştirmesine bağlı değişim için Darendeli (2001) tarafından tanımlanan model seçilmiştir. Çevrimsel yük frekansı 1 Hz olarak tanımlanmıştır. Ko (yatay basınç katsayısı) parametresi PI ve OCR değerlerine dayanan ampirik bağlantılar kullanılarak tahmin edilmiştir. Her katmanın kesme dayanımı Mohr-Coulomb bağıntısı ile tahmin edilmiştir (Denklem 5.1, 5.2).

Kohezyonsuz dolgu ve kum katmanının kayma mukavemeti;

$$\tau_f = \sigma'_n \cdot \tan \phi' \quad (5.1)$$

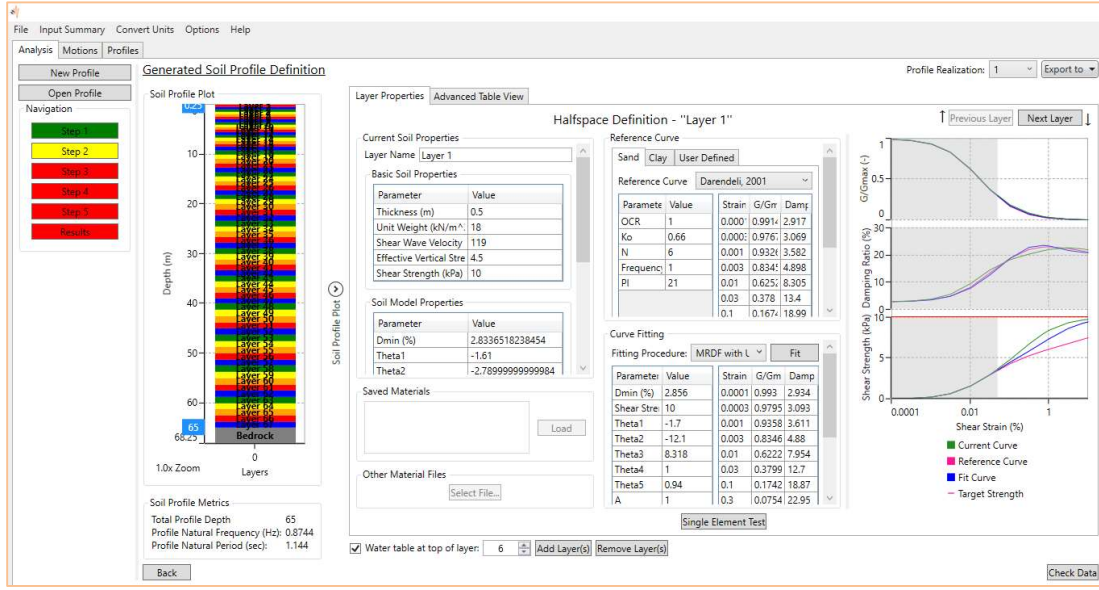
Kil için;

$$\tau_f = c_u \quad (5.2)$$

İle hesaplanmıştır.

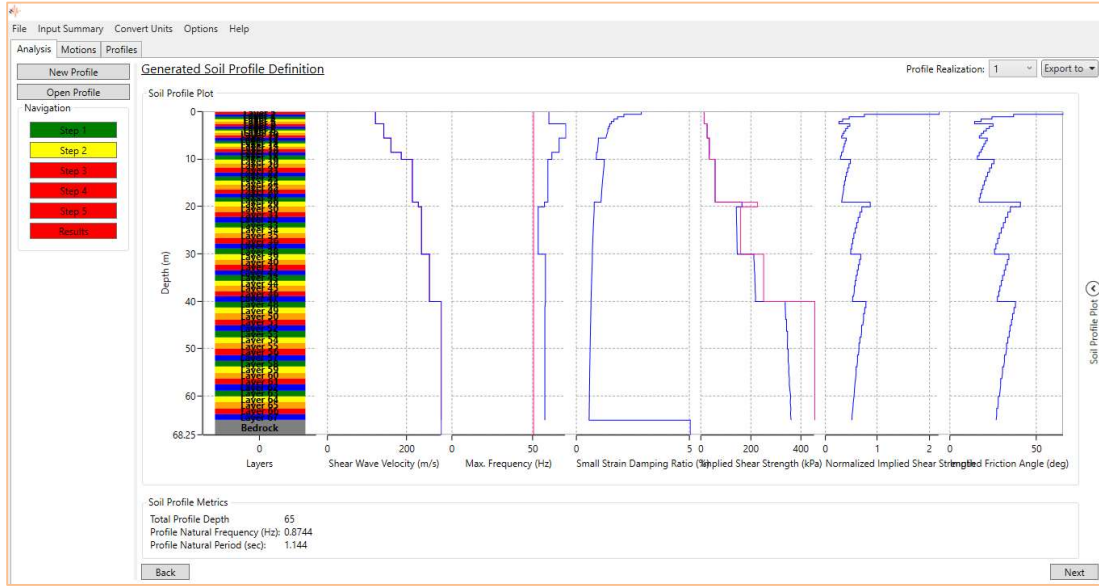
Burada σ'_n katman ortasındaki efektif jeolojik basıncı temsil etmektedir.

Tüm sistemde doğrusal olmayan modelin parametrelerinin belirlenmesinde yöntem olarak MRDF-UIUC seçilmiştir.

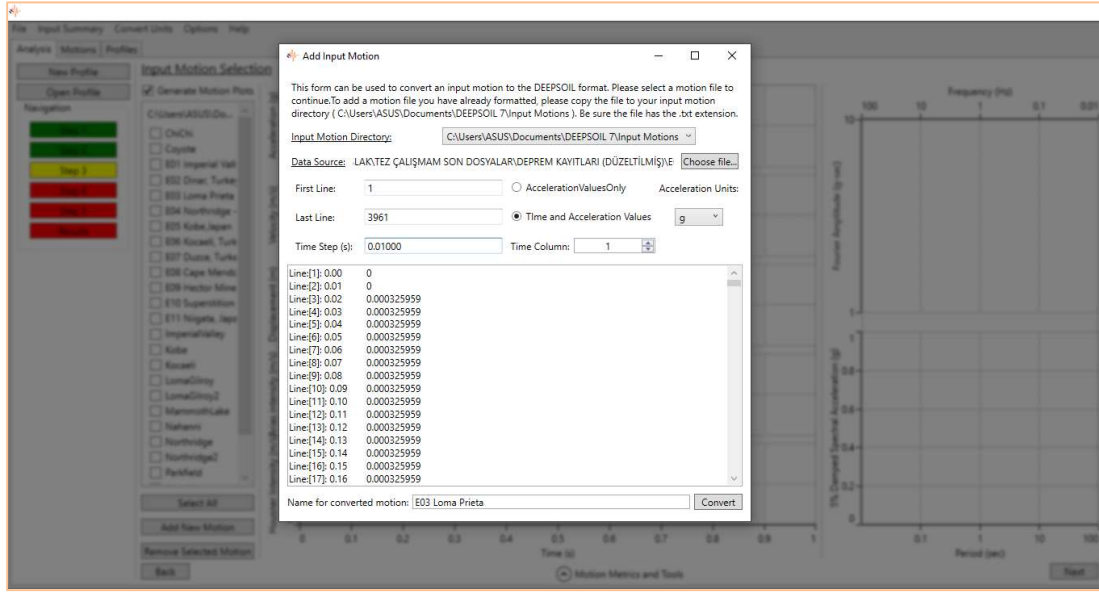


Şekil 6. 6: Katmanların Yeteri Kadar İnce Alt Tabakaya Bölünmesi

Analiz hassasiyetini artırmak amacı ile tanımlanan katmanlar Deepsoil programı tarafından küçük alt katmanlara bölünerek katman aralarındaki dinamik ve mekanik parametre değerlerinin değişimi için (TBDY 16.5.2.3 (c)) ince alt tabakalara ayrılmıştır (Şekil 6.6,6.7).

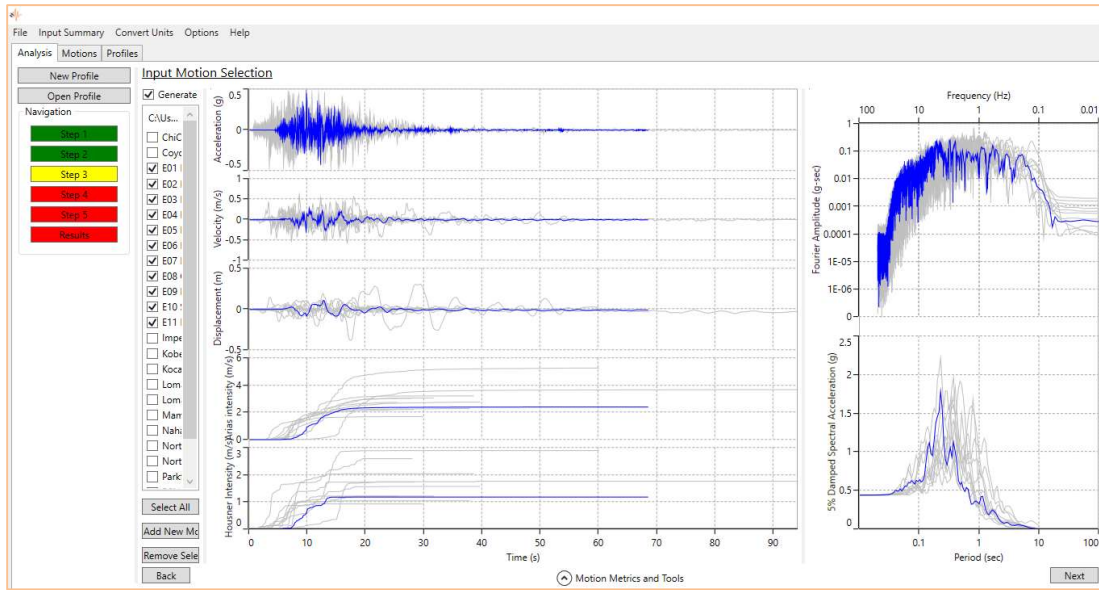


Şekil 6. 7: Zemin Tabaka Özellikleri



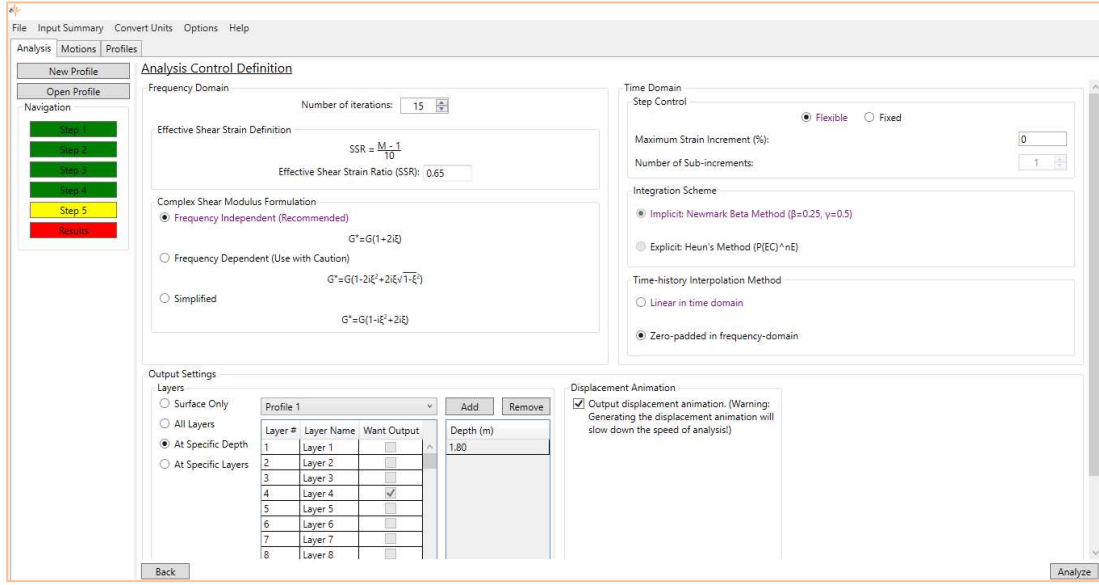
Şekil 6. 8: İvme Kayıtlarının Tanımlanması

Daha önceden ölçeklendirilmiş ivme kayıtlarını Deepsoil programına tanımlama işlemi deprem kaydı tanımlama menüsünden Add New Motion ile çıkan menüden zaman-ivme kısmı seçilip ivme kayıtlarının zaman aralığı girilerek gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.8).



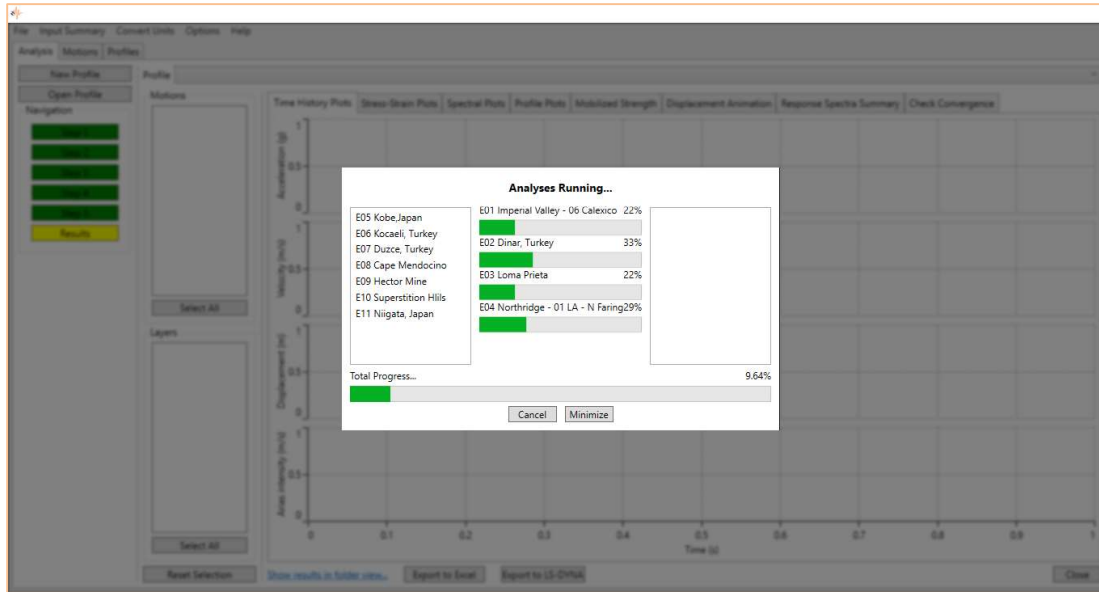
Şekil 6. 9: İvme Kayıtlarının Seçimi

Deprem kayıtlarının tanımlama işlemi gerçekleştirildikten sonra 11 deprem kaydı seçilerek analiz aşamasına geçilmiştir (Şekil 6.9).



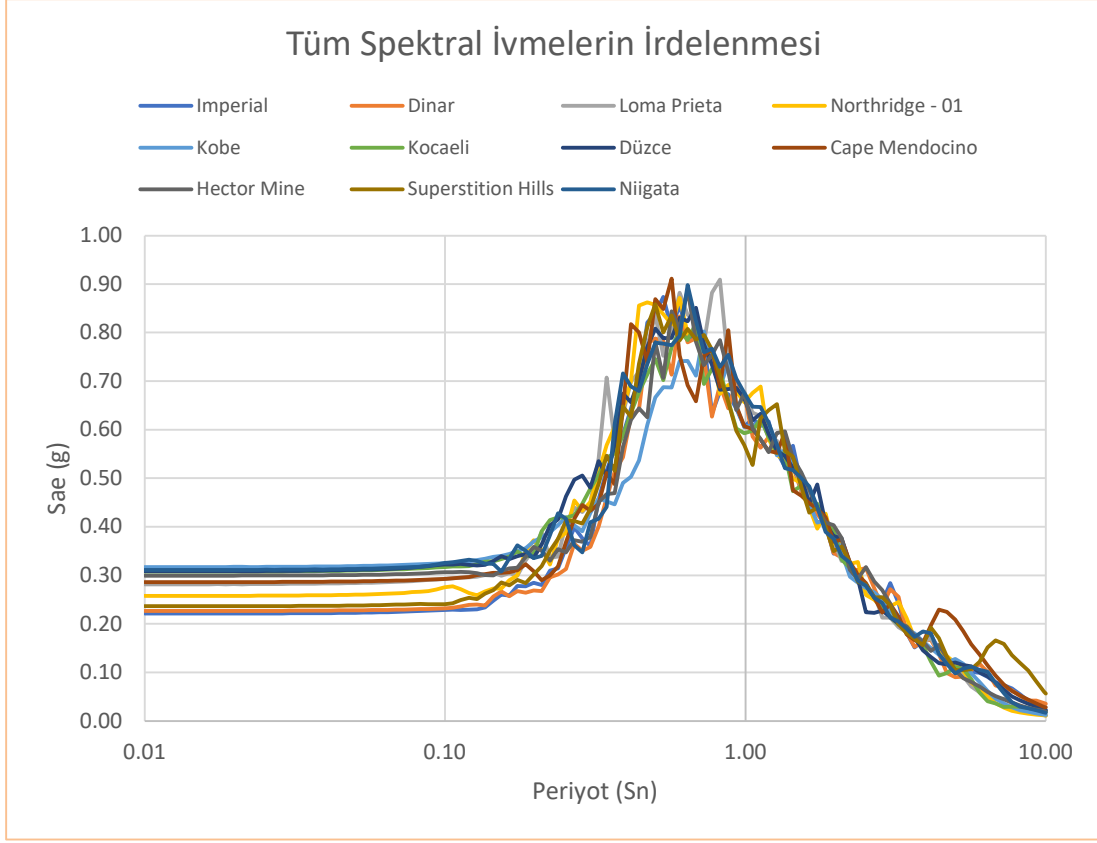
Şekil 6. 10: İvme Kaydının Elde Edilmek İstendiği Derinliğin Seçimi

Tepki analizi gerçekleştirilmeden önce her deprem kaydı için radye temel alt kotunda yer hareketi ivme kaydı elde edilmek istendiği için radye temel alt kotu (d=1.80 derinlikte) girilmiştir (Şekil 6.10).

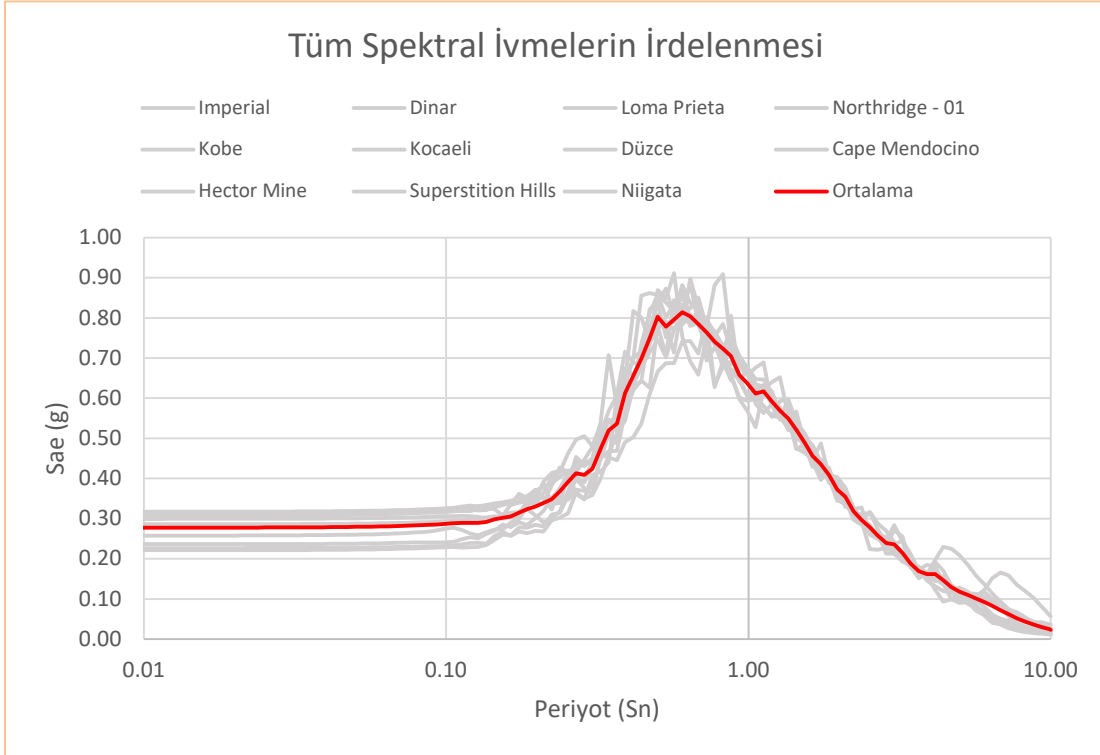


Şekil 6. 11: Analizin Gerçekleştirilmesi

Tepki analizi gerçekleştirilip 11 kayıt için yer hareketi ivme kayıtları elde edilmiş ayrıca zemin profili boyunca maksimum deplasman zarfı üretilmiştir (Şekil 6.11).

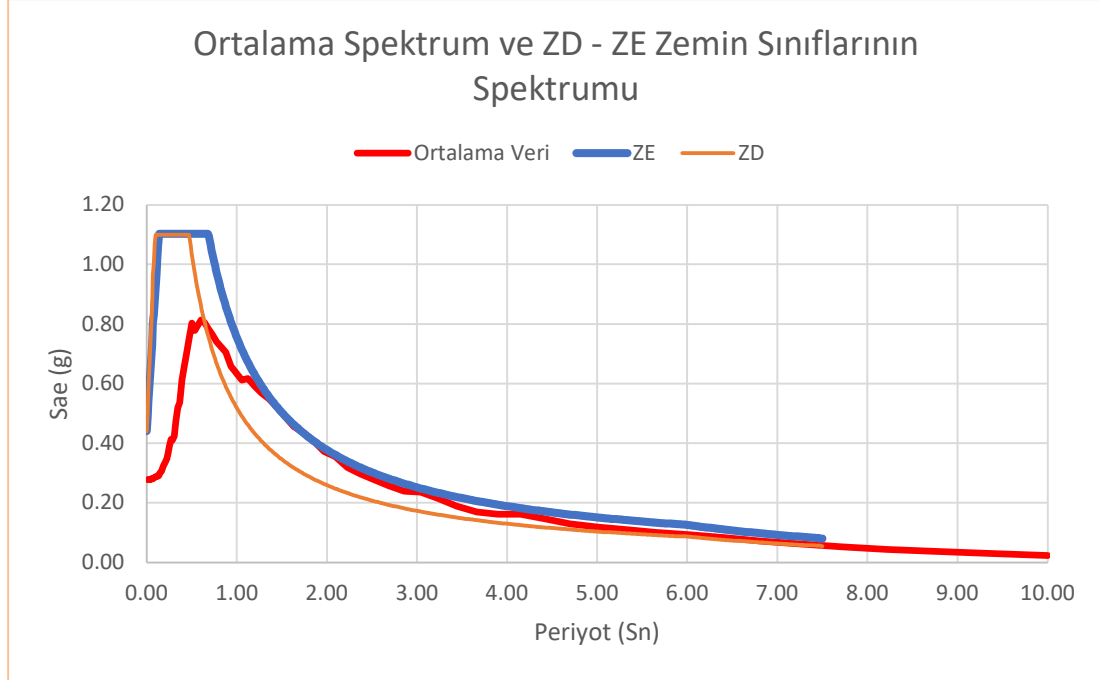


Şekil 6. 12: Tüm Spektral İvme Grafiği



Şekil 6. 13: Ortalama Spektrum

Elde edilen 11 periyot-spektral ivme grafiklerinin ortalaması alınmıştır. (Şekil 6.12,6.13). Şekil 6.14'te ortalama spektrum diğer zemin sınıfları ile elde edilen spektrum ile birlikte gösterilmiştir.



Şekil 6. 14: Ortalama Spektrum, ZD, ZE Birlikte Gösterimi

Spektral ivmelerin ortalamasından yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen F_S ve F_1 değerleri Tablo 6.1'de verilmiştir.

Tablo 6. 1: Ortalama Spektral İvme Parametreleri

S_S	1.04
S_1	0.253
F_S	0.736
F_1	2.358
S_{DS}	0.765
S_{D1}	0.597

Görüldüğü üzere F_S ve F_1 değerleri (TBDY2018 (2.3.4)) ve (TBDY2018(2.3.5))'te tanımlanan dizayn spektrumunun ordinatlarının %90'ından daha küçük olamayacağı için seçilen

F_s ve F_1 değerleri Tablo 6.2'de sınır koşullar gözetilerek güncellenmiştir ve spektral ivme değerleri güncellenen değerler üzerinden tablolaştırılmıştır (Tablo 6.3).

Tablo 6. 2: Ortalama Spektral İvme Parametreleri Sınır Koşullar

F_s	%90	0.948
F_1	%90	2.751

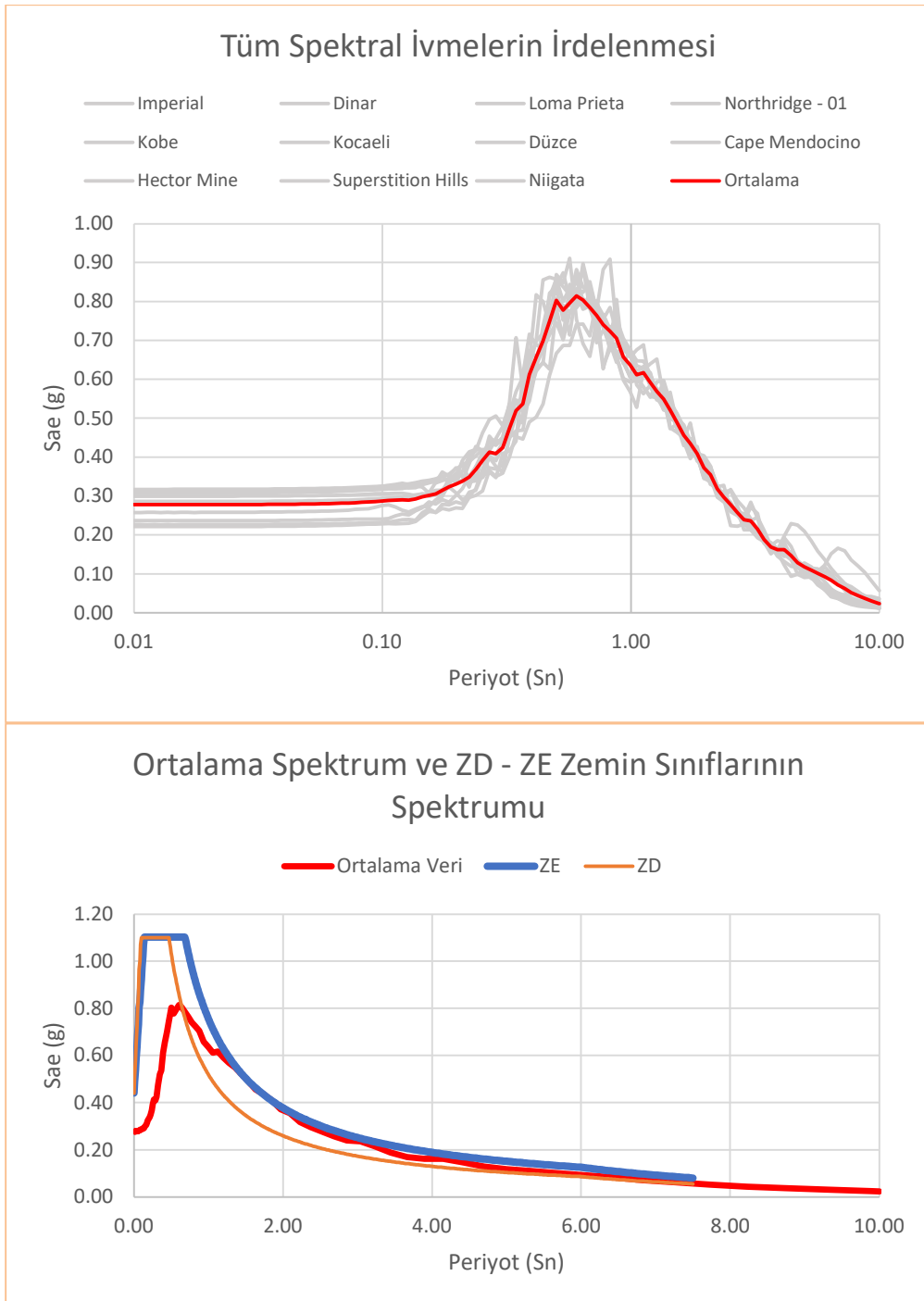
Tablo 6. 3: Ortalama Spektral İvme Nihai Değerleri

S_s	1.04
S_1	0.253
F_s	0.948
F_1	2.751
S_{DS}	0.986
S_{D1}	0.696
T_A	0.141
T_B	0.706

6.2 Analizler Sonucu Elde Edilen Tasarım Spektrum Değerleri

6.2.1 Zemin 1

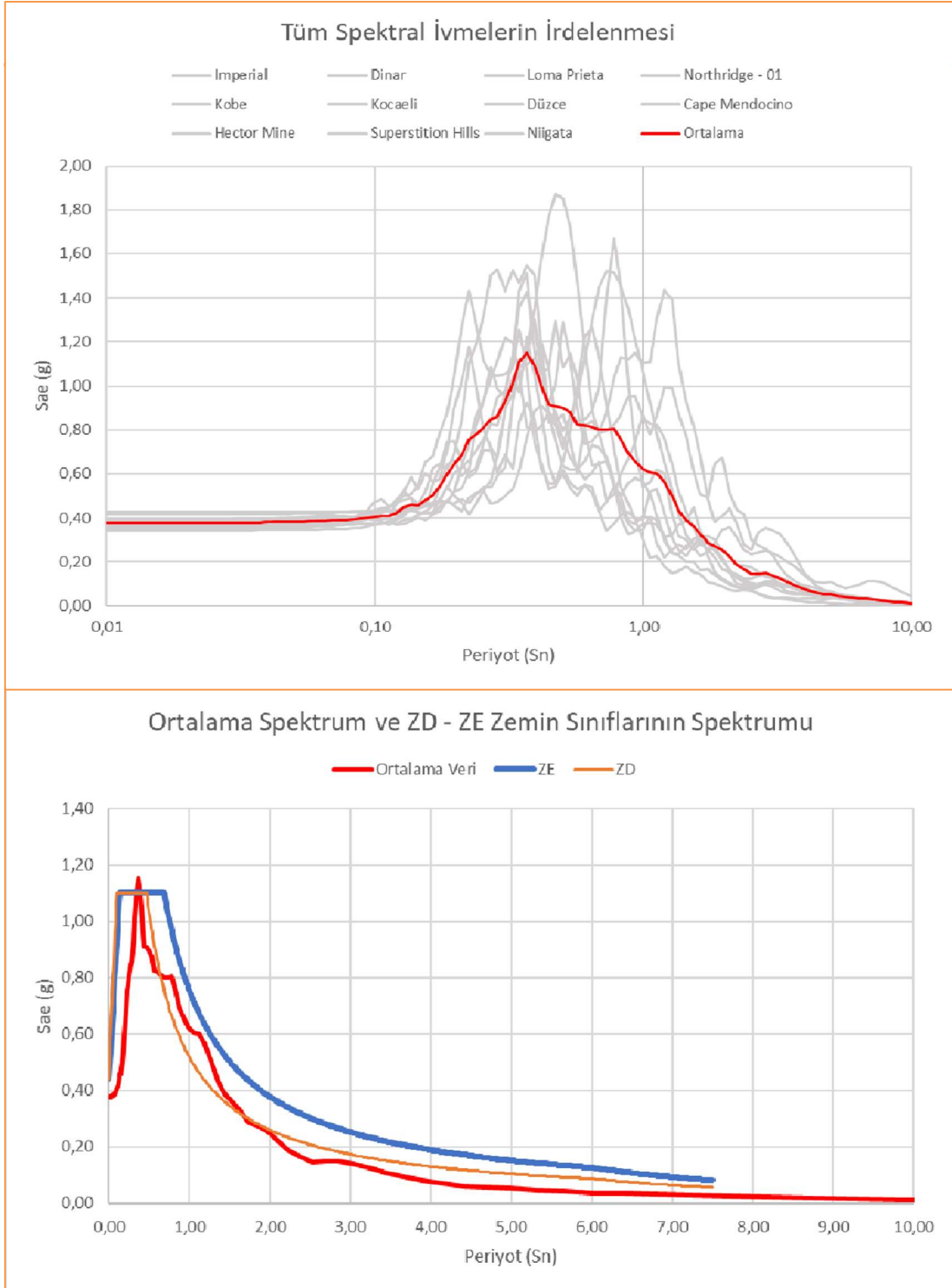
Zemin davranışı analizi ile tasarım spektrumu elde edilmiştir (Şekil 6.15).



Şekil 6. 15: Ortalama Spektrum (Z1)

6.2.2 Zemin 2

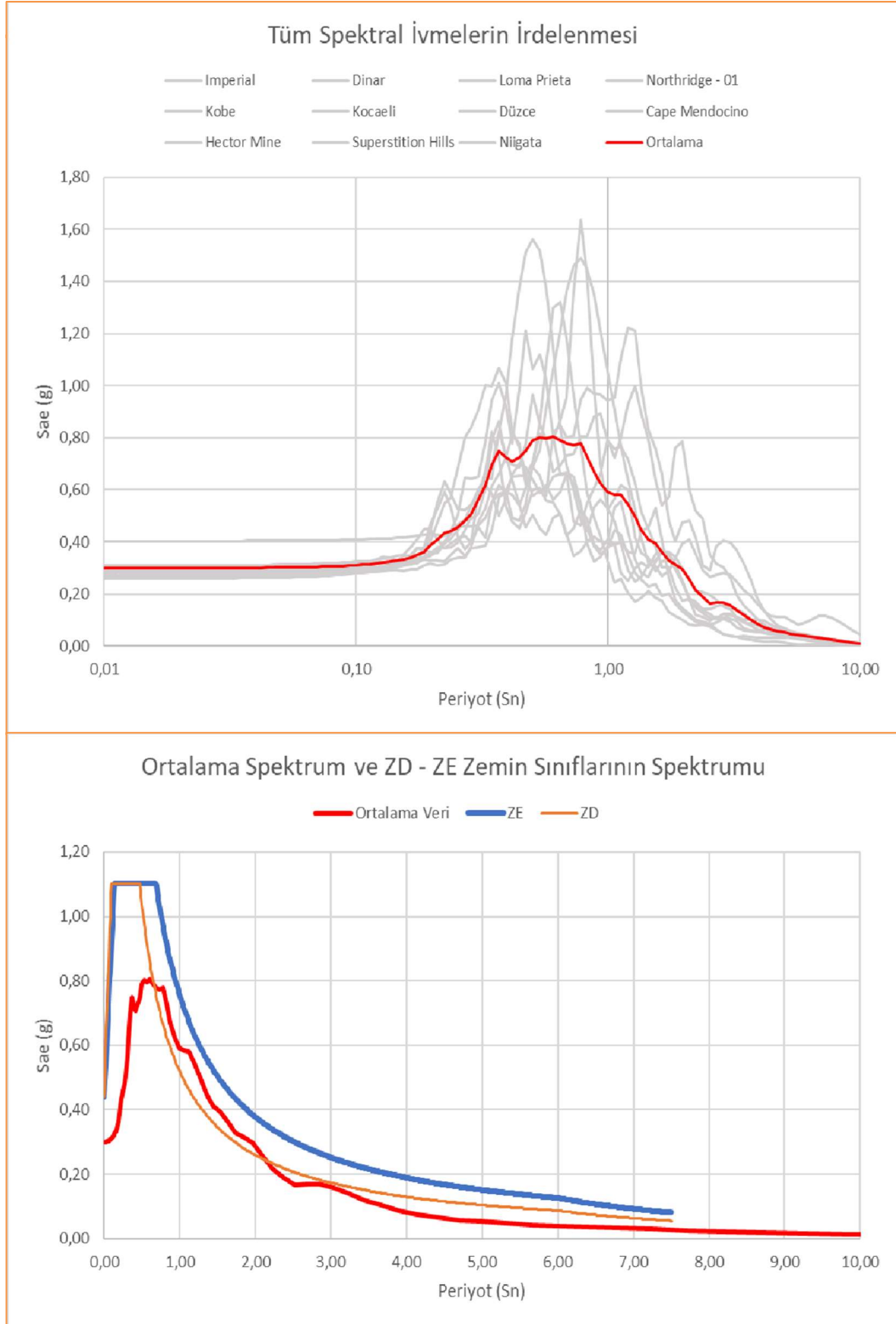
Zemin davranışı analizi ile tasarım spektrumu elde edilmiştir (Şekil 6.16).



Şekil 6. 16: Ortalama Spektrum (Z2)

6.2.3 Zemin 3

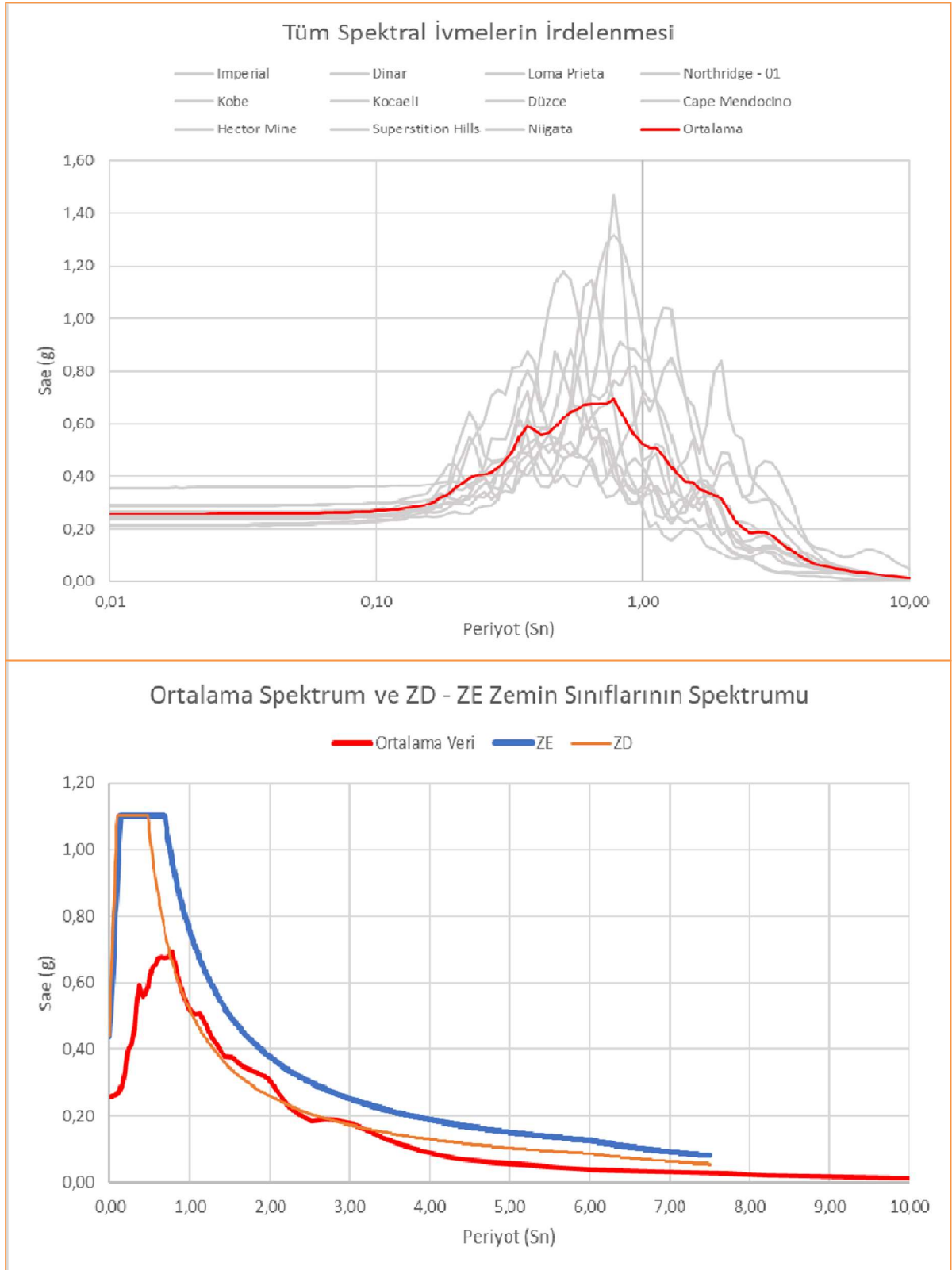
Zemin davranışı analizi ile tasarım spektrumu elde edilmiştir (Şekil 6.17).



Şekil 6. 17: Ortalama Spektrum (Z3)

6.2.4 Zemin 4

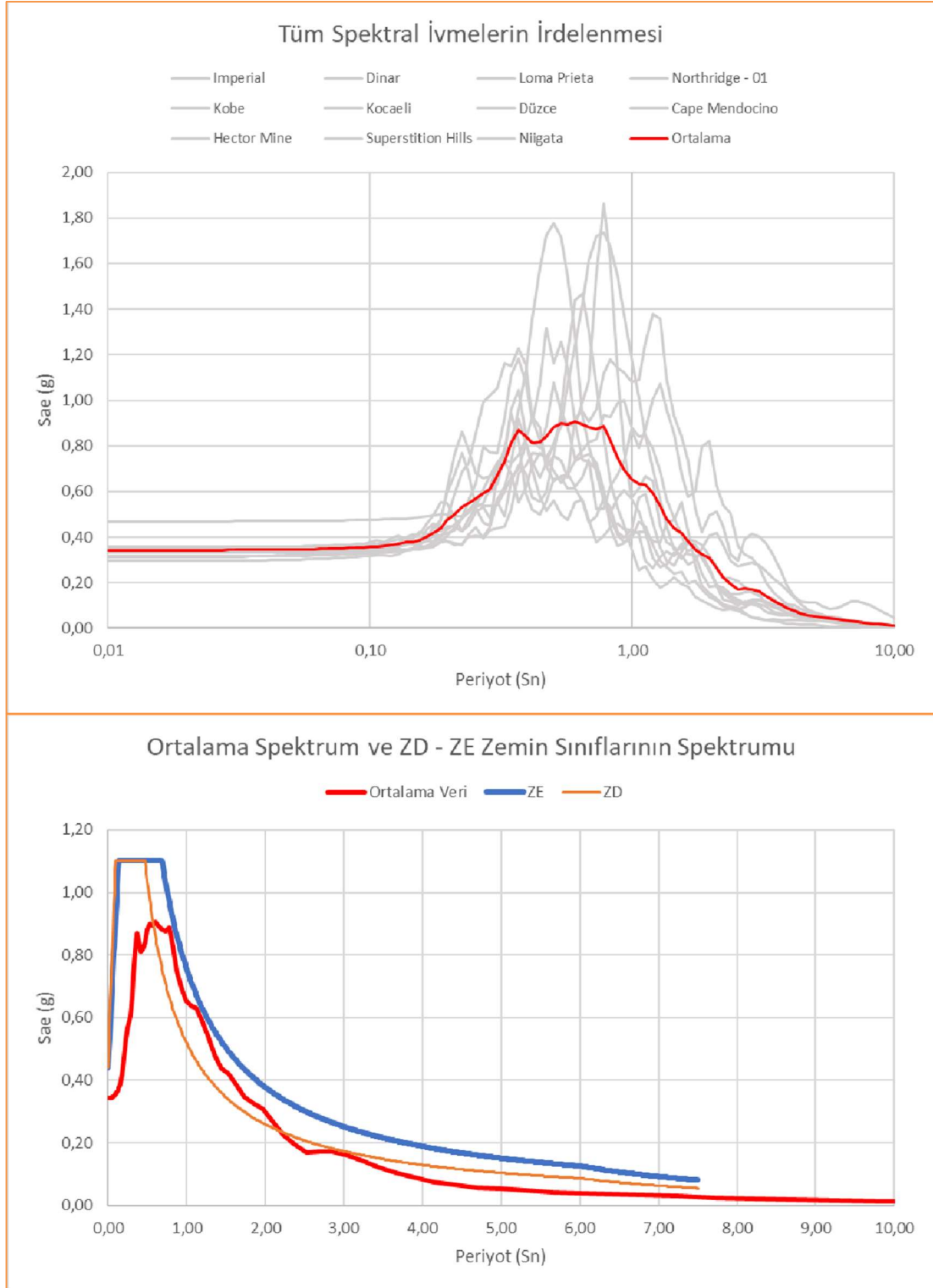
Zemin davranışı analizi ile tasarım spektrumu elde edilmiştir (Şekil 6.18).



Şekil 6. 18: Ortalama Spektrum (Z4)

6.2.5 Zemin 5

Zemin davranışı analizi ile tasarım spektrumu elde edilmiştir (Şekil 6.19).



Şekil 6. 19: Ortalama Spektrum (Z5)

6.2.6 Elde Edilen Spektrum Değerleri

Sahaya özel zemin davranışları analizleri neticesinde elde edilen tasarım spektrumu değerleri Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6. 4: Ortalama Spektral İvme ve Nihai Değerleri

		ZD	ORTALAMA SPEKTRUM	%90 KURALINA UYAN NİHAİ
ZEMİN 1	S _s	1.040	1.04	1.04
	S ₁	0.253	0.253	0.253
	F _s	1.084	0.736	0.948
	F ₁	2.094	2.358	2.751
	S _{DS}	1.127	0.765	0.986
	S _{DI}	0.530	0.597	0.696
	T _A	0.094	0.156	0.141
	T _B	0.470	0.780	0.706

		ZD	ORTALAMA SPEKTRUM	%90 KURALINA UYAN NİHAİ
ZEMİN 2	S _s	1.101	1.101	1.101
	S ₁	0.269	0.269	0.269
	F _s	1.060	0.856	0.917
	F ₁	2.062	2.31	2.31
	S _{DS}	1.167	0.943	1.01
	S _{DI}	0.555	0.621	0.622
	T _A	0.095	0.132	0.12
	T _B	0.475	0.658	0.62

		ZD	ORTALAMA SPEKTRUM	%90 KURALINA UYAN NİHAİ
ZEMİN 3	S _s	1.098	1.098	1.098
	S ₁	0.267	0.267	0.267
	F _s	1.061	0.683	1.022
	F ₁	2.066	2.223	2.965
	S _{DS}	1.165	0.75	1.122
	S _{DI}	0.552	0.594	0.792
	T _A	0.095	0.158	0.141
	T _B	0.474	0.792	0.706

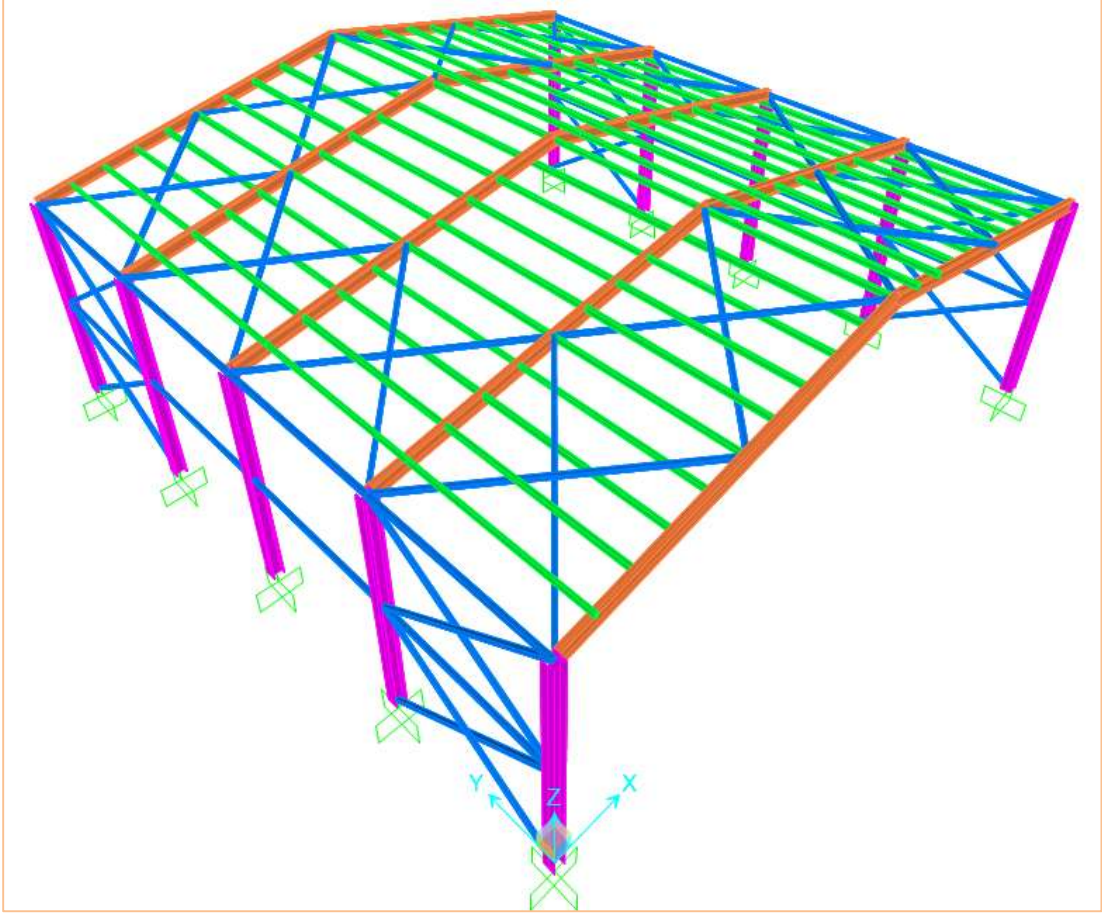
		ZD	ORTALAMA SPEKTRUM	%90 KURALINA UYAN NİHAİ
ZEMİN 4	S _s	1.009	1.009	1.009
	S ₁	0.246	0.246	0.246
	F _s	1.096	0.672	1.093
	F ₁	2.108	2.124	3.07
	S _{DS}	1.106	0.672	1.103
	S _{DI}	0.519	0.522	0.755
	T _A	0.094	0.155	0.137
	T _B	0.469	0.777	0.685

		ZD	ORTALAMA SPEKTRUM	%90 KURALINA UYAN NİHAİ
ZEMİN 5	S _s	1.081	1.081	1.081
	S ₁	0.263	0.263	0.263
	F _s	1.068	0.857	0.931
	F ₁	2.074	2.585	2.585
	S _{DS}	1.154	0.857	1.001
	S _{DI}	0.545	0.654	0.680
	T _A	0.095	0.153	0.136
	T _B	0.473	0.763	0.679

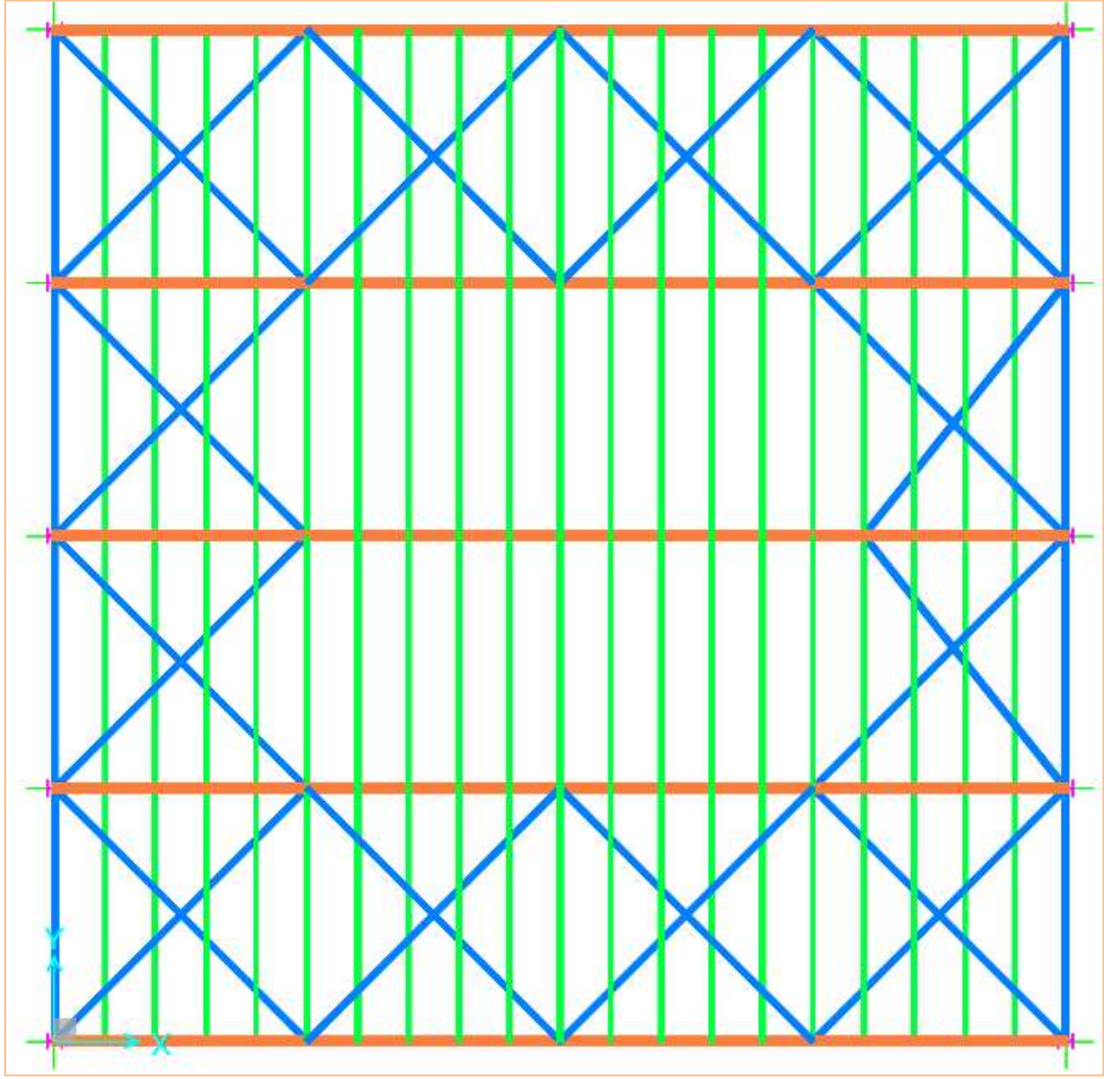
7. TASARLANAN ÇELİK YAPI

7.1 Çelik Yapı Modeli

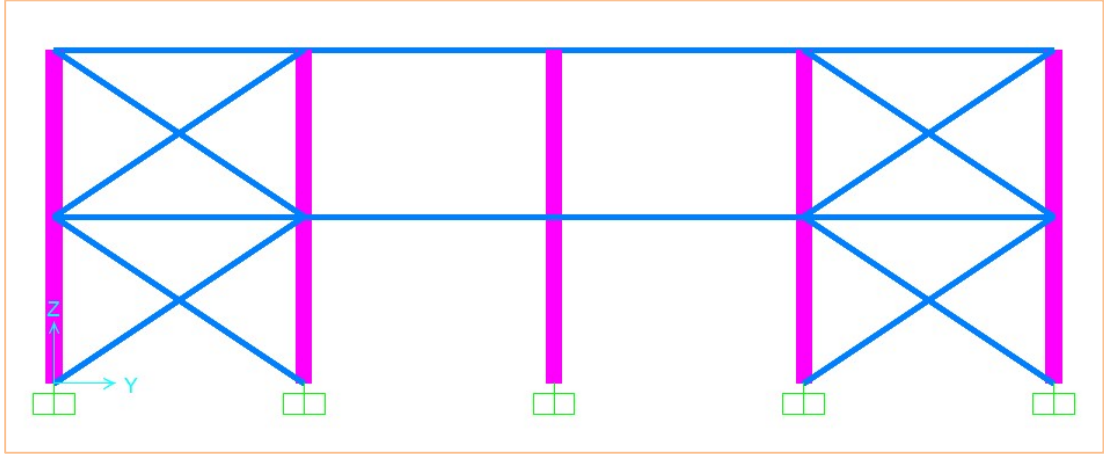
Yapı modeli aşağıda sunulan çelik binamızın boyutları; 20m*18m, kolon yüksekliği 6m, akslar arası mesafe 4.5m ve çatı eğimi %20 olacak şekilde Sap2000 programında modellenmiştir (Şekil 7.1-7.4).



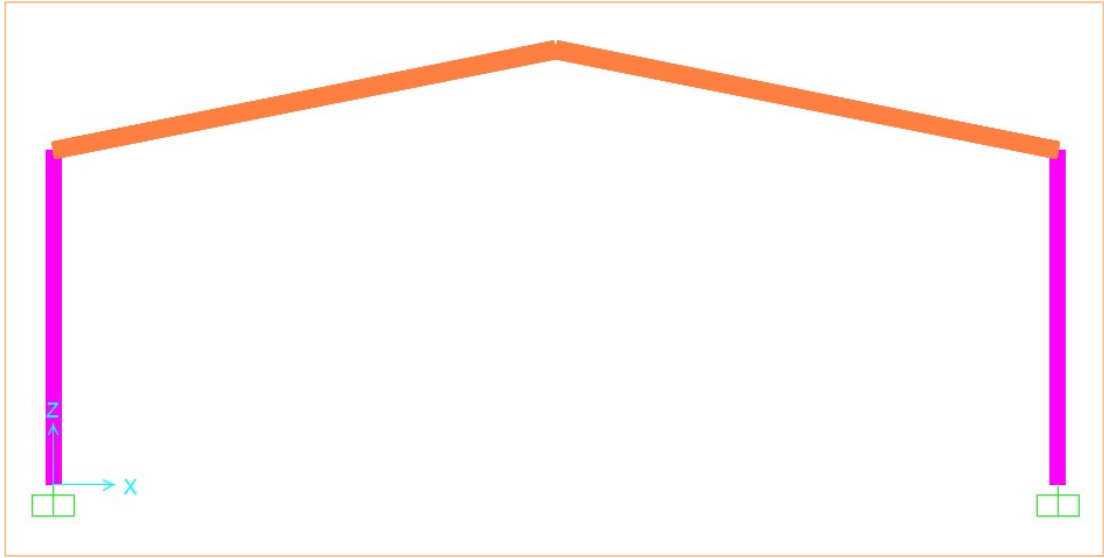
Şekil 7. 1: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (3D)



Şekil 7. 2: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (Çatı Planı)



Şekil 7. 3: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (A, B Kesiti)



Şekil 7. 4: Analizlerin Yapıldığı Çelik Yapı (1,2,3,4,5 Kesiti)

7.2 Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Yapımızda S235 ve S275 çelik sınıfı özelliklerine sahip yapı malzemesi kullanılmıştır (Tablo 7.1).

Tablo 7. 1: Standart Çelik Sınıfları

Standart Çelik Sınıfları	Karakteristik Kalınlık, t (mm)			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < t \leq 80$ mm	
	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)
S235	235	360	215	360
S275	275	430	255	410
S355	355	510	335	470
S450	440	550	410	550

Ayrıca tüm çelik sınıfları için;

- Elastisite Modülü $E = 200 \text{ kN/mm}^2$
- Kayma Modülü $G = 78.5 \text{ kN/mm}^2$
- Poisson Oranı $\nu = 0.30$
- Termal Genleşme Katsayısı $\alpha = 12 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$

Sap2000 programında Define-Materials sekmeleri takip edilerek malzeme özellikleri tanımlanmıştır (Şekil 7.5,7.6).

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: S275

Material Type: Steel

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9822

Mass per Unit Volume: 7.85

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.000E+08

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.400E-05

Shear Modulus, G: 76923077.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 275000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 430000.

Expected Yield Stress, Fye: 357500.

Expected Tensile Stress, Fue: 473000.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Şekil 7. 5: Sap2000 Programında Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması (S275)

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: S235

Material Type: Steel

Material Grade:

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9822

Mass per Unit Volume: 7.85

Units

KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E: 2.000E+08

Poisson, U: 0.3

Coefficient Of Thermal Expansion, A: 1.400E-05

Shear Modulus, G: 76923077.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 235000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 360000.

Expected Yield Stress, Fye: 329000.

Expected Tensile Stress, Fue: 396000.

Switch To Advanced Property Display

OK Cancel

Şekil 7. 6: Sap2000 Programında Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması (S235)

7.3 Yükler ve Yük Kombinasyonları

7.3.1 Yapı Yükleri

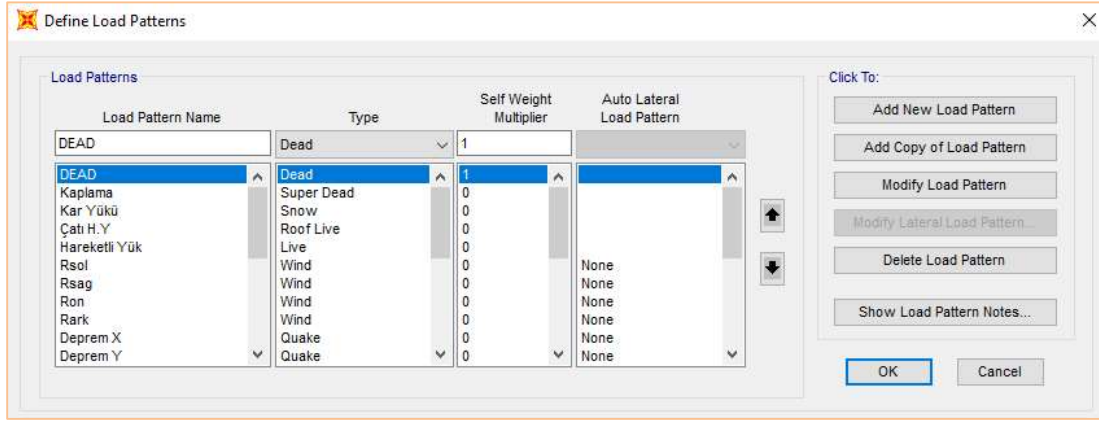
Yapıya etkileyen yükler kullanılarak, analiz ve tasarım için kombinasyonlar tanımlanmıştır. Öncelikle sabit düşey yükler (zati yükler ve kaplama ağırlıkları) G kombinasyonu adı ile hareketli düşey yükler (kar) ise Q kombinasyonu adı ile tanımlanmıştır (Tablo 7.2). Yapının süneklik, önem katsayısı düzeyi gibi özellikleri Tablo 7.3’de verilmiştir.

Tablo 7. 2: Sap2000 Programında Tanımlanacak Yüklerin Açıklamaları

Yük Adı	Tipi	Açıklama
DEAD	Dead	Yapı elemanlarının ağırlıklarını temsil eder.
KAPLAMA	Dead	Yapıya etkileyen kaplama yüklerini temsil eder.
KAR	Snow	Yapıya etkileyen kar yüklerini temsil eder.
RÜZGAR(R)	Wind	Yapıya etkileyen rüzgar yüklerini temsil eder.
HAREKETLİ	Live	Yapıya etkileyen hareketli yüklerini temsil eder.

Tablo 7. 3: Sap2000 Programında Tanımlanacak Yapının Kimliği

Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	3
Bina Önem Katsayısı	1
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	7
Hareketli Yük Katılım Katsayısı(n)	0.3
Süneklik Düzeyi	Yüksek
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı	
Rx	8
Ry	5
Dayanım Fazlalığı Katsayısı	3/2



Şekil 7. 7: Sap2000 Programında Yüğülerin Tanımlanması

Sap2000 programında yüğü Şekil 7.7’de gösterildiğı gibi tanımlanmıştır.

7.3.1.1 Yapıya Etki Ettirilen Yüğüler

- **Sabit Yüğüler**

Hesaplamalarda, 10 kgf/m² (0.45 mm trapez sac) kaplama yüğü alınmıştır.

- **Kar Yüğü**

TS 498’e göre tasarımı yapılan yapı 1. Derece (İzmir İli) kar yağışının olduğı bir bölgededir. Hesaplamalarda kar yüğü çatı kaplama plağı üzerine (Pko) = 75 kgf/m² olarak ilgili şartnameden elde edilmiştir.

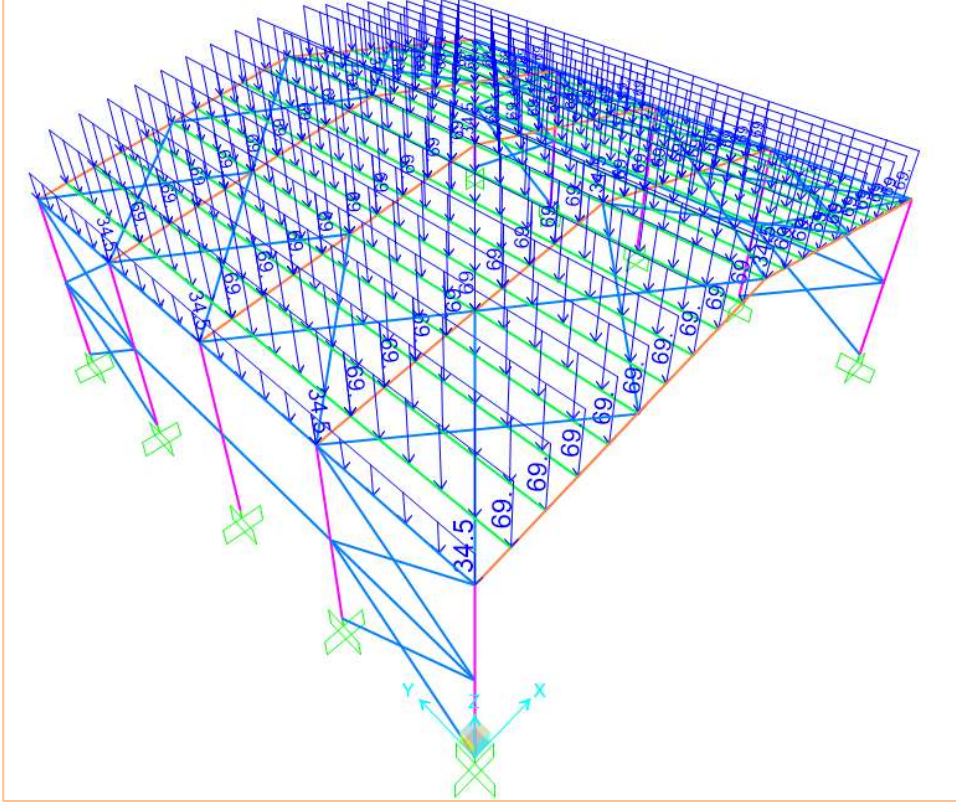
- **Rüzgar Yüğü**

$$q_w = \text{tasarım rüzgar yüğü} = 50 \text{ kgf/m}^2 \text{ (TS 498)}$$

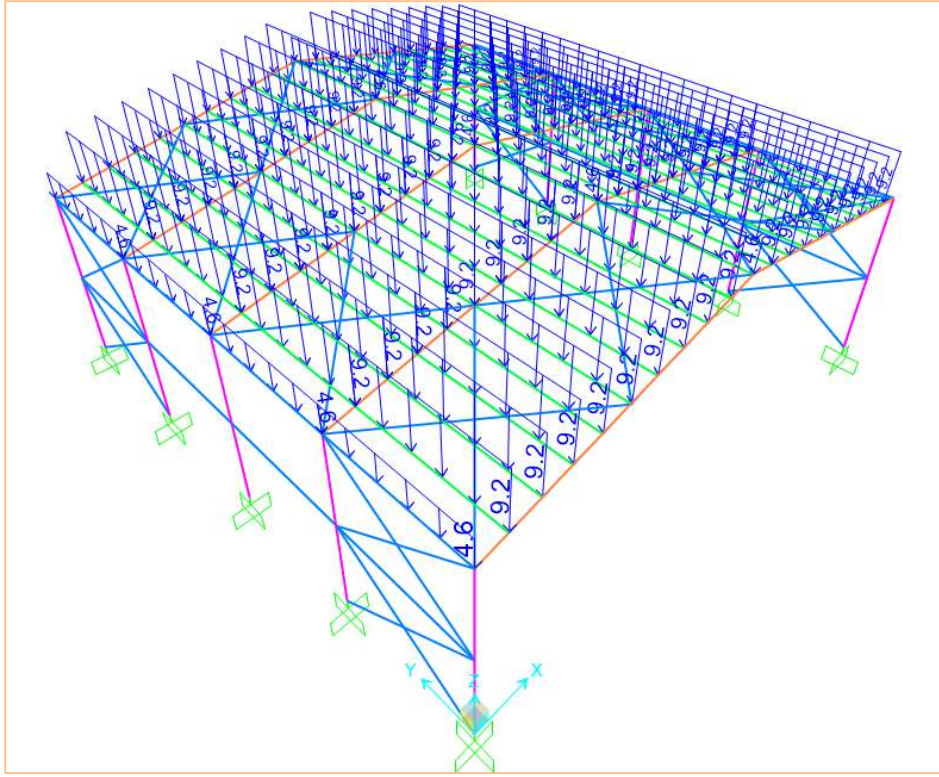
$$\text{Pozitif rüzgar durumunda} \quad : \quad 0.8 * 50 = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Negatif rüzgar (emme) durumunda} \quad : \quad 0.4 * 50 = 20 \text{ kg/m}^2$$

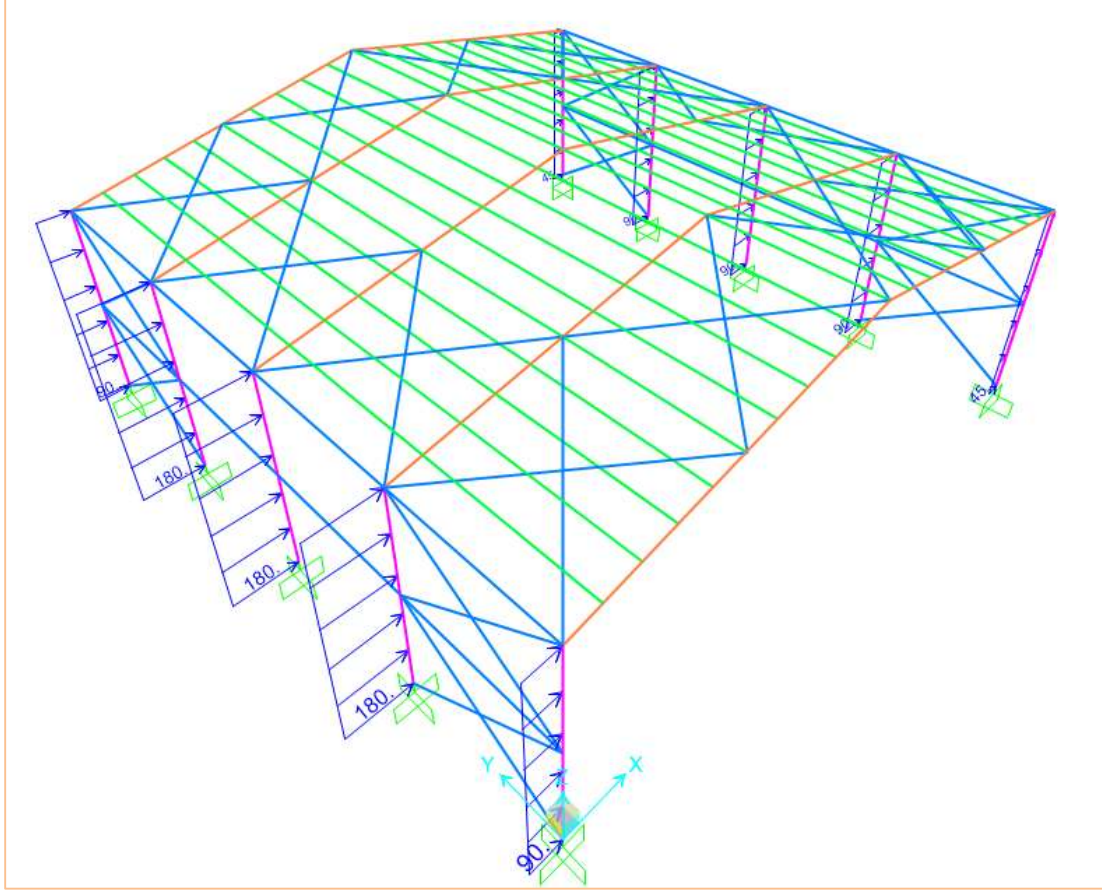
Sap2000 programında yüğüler, Şekil 7.8-7.10’da gösterildiğı gibi yapıya etki ettirilmiştir.



Şekil 7. 8: Kar Yükleme



Şekil 7. 9: Kaplama Yükleme



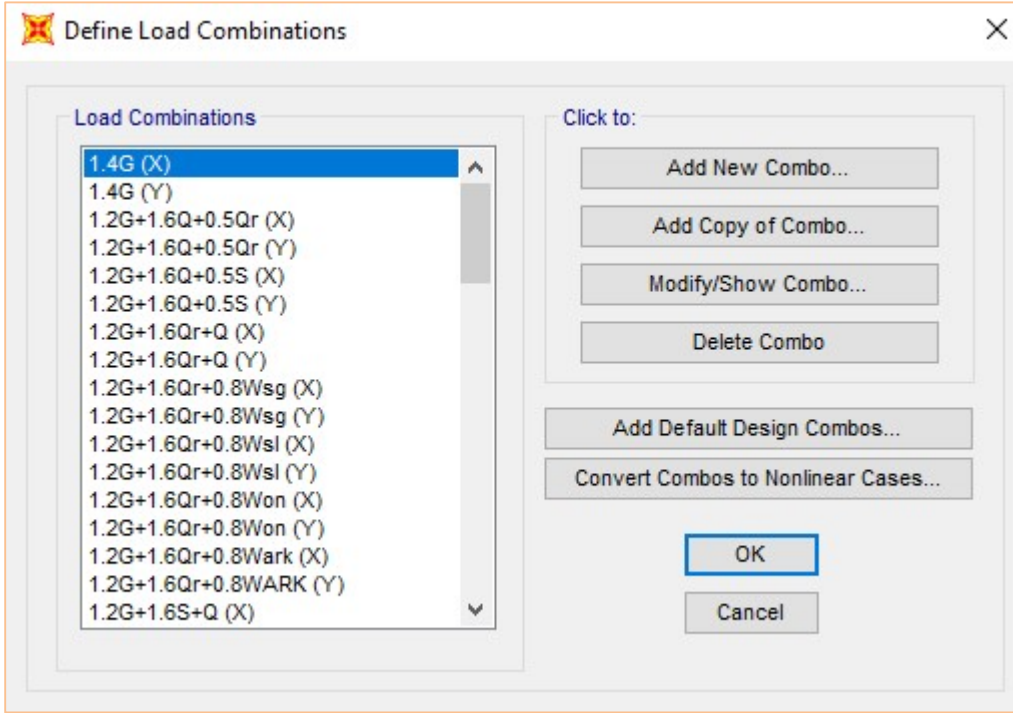
Şekil 7. 10: Rüzgar Yüklemesi

7.3.2 Yapı Yük Kombinasyonları

Yük ve dayanım katsayıları ile tasarım (YDKT) yöntemi tercih edilmiştir. Aşağıda tanımlanmış kombinasyonlar analiz ve tasarım için kullanılmıştır.

- 1.4G
- 1.2G+1.6 (Q_r veya S veya R)
- 1.2G+1.6Q+0.5 (Q_r veya S veya R)
- 1.2G+1.6 (Q_r veya S veya R)+ (Q veya 0.8W)
- 1.2G+1.0Q + 0.5 (Q_r veya S veya R)+ 1.6W
- 1.2G+1.0Q + 0.2S + 1.0E
- 0.9G+1.6W
- 0.9G+1.0E

Sap2000 programında yük kombinasyonları, Şekil 7.11’de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



Şekil 7. 11: Sap2000 Programında Kombinasyonların Tanımlanması

7.3.3 Deprem Kuvveti Hesabı İçin Spektrum Tanımlanması

Deprem kuvveti tanımlanırken TDTH'den alınan ZD ve ZE zemin sınıfına göre verileri edinilen tasarım spektrumları ile DeepSoil programında yapılan analizler neticesinde ZF zemin sınıfı için elde edilen ortalama spektrum Sap2000 programında tanımlanmıştır (Şekil 7.12, 7.13).

Azaltılmış elastik spektrum tanımı X ve Y yönü için Şekil 7.14 ve 7.15'te gösterildiği gibi tanımlanmıştır.

Rapor Başlığı:	Z1	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	38.4972°	
Boylam	27.052°	

Çıktılar

$S_s = 1.040$	$S_1 = 0.253$	$PGA = 0.424$	$PGV = 25.087$
---------------	---------------	---------------	----------------

S_s : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
 PGA : En büyük yer ivmesi [g]
 PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 7. 12: TDTH'den Elde Edilen Spektrum Katsayıları (Z1)

Response Spectrum TSC-2018 Function Definition

Function Name: TBDY 2018-R8 X

Function Damping Ratio: 0.05

Parameters:

0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 1.04

1 Sec Spectral Accel, S1: 0.253

Long-Period Transition Period: 6.

Site Class: ZD

Site Coefficient, Fs: 1.084

Site Coefficient, F1: 2.094

Design Spectrum Direction: Horizontal

Calculated Values for Response Spectrum Curve:

SDS = Fs * Ss: 1.1274

SD1 = F1 * S1: 0.5298

Define Function:

Period	Acceleration
0.	0.4509
0.094	1.1274
0.4699	1.1274
0.6	0.883
0.8	0.6622
1.	0.5298
1.2	0.4415
1.4	0.3784

Function Graph:

Display Graph: (0.2177 , 1.1274)

OK Cancel

Şekil 7. 13: Sap2000 Programında Spektrum Tanımlanması

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Deprem X Notes

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

CQC SRSS Absolute GMC NRC 10 Percent Double Sum

GMC f1: 1.
GMC f2: 0.
Periodic + Rigid Type: SRSS

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Standard - Acceleration Loading Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	TBDY 2018-	1.34
Accel	U1	TBDY 2018-R8	1.34

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05

Şekil 7. 14: Sap2000 Programında Azaltılmış Elastik Spektrumun Tanımlanması (X Yöntü)

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Deprem Y Notes

Load Case Type: Response Spectrum

Modal Combination:

CQC SRSS Absolute GMC NRC 10 Percent Double Sum

GMC f1: 1.
GMC f2: 0.
Periodic + Rigid Type: SRSS

Modal Load Case:

Use Modes from this Modal Load Case: MODAL

Standard - Acceleration Loading Advanced - Displacement Inertia Loading

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U2	TBDY 2018-	5.48
Accel	U2	TBDY 2018-R5	5.48

Show Advanced Load Parameters

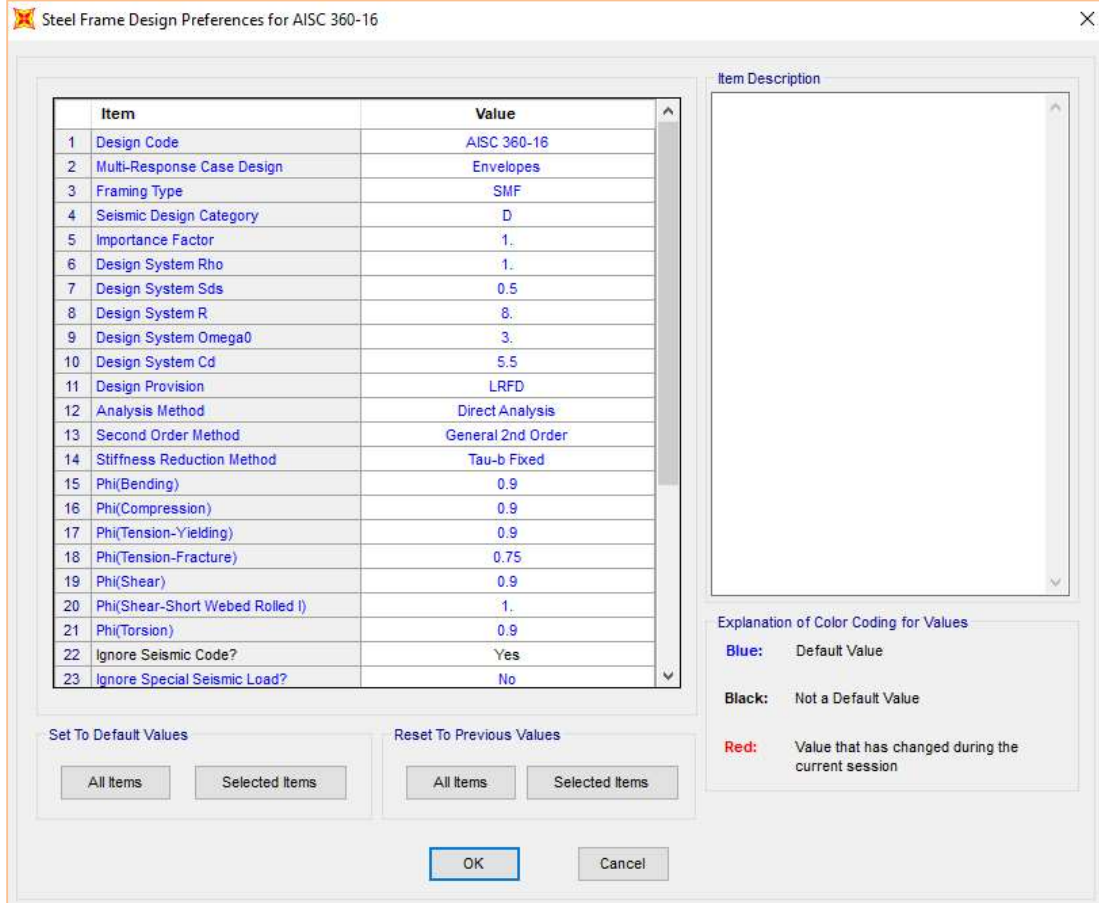
Other Parameters:

Modal Damping: Constant at 0.05

Şekil 7. 15: Sap2000 Programında Azaltılmış Elastik Spektrumun Tanımlanması (Y Yöntü)

7.4 Analiz ve Tasarım İçin Yönetmeliğin Seçilmesi

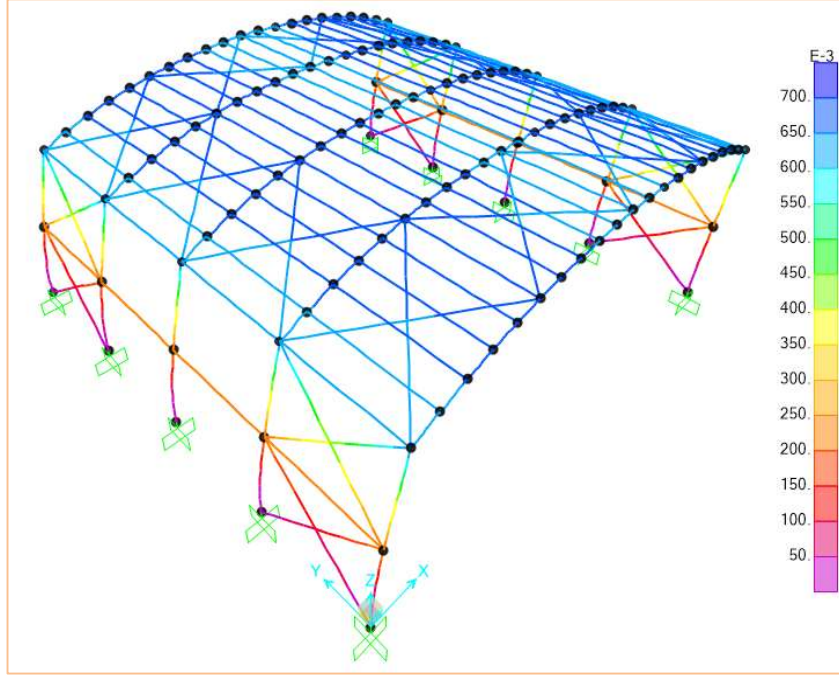
Yapımızın analiz ve tasarımının gerçekleştirilmesi hususunda yönetmeliğimizin yazılması aşamasında kaynak olarak referans alınan AISC 360-16 Amerikan yönetmeliği seçilmiştir (Şekil 7.16).



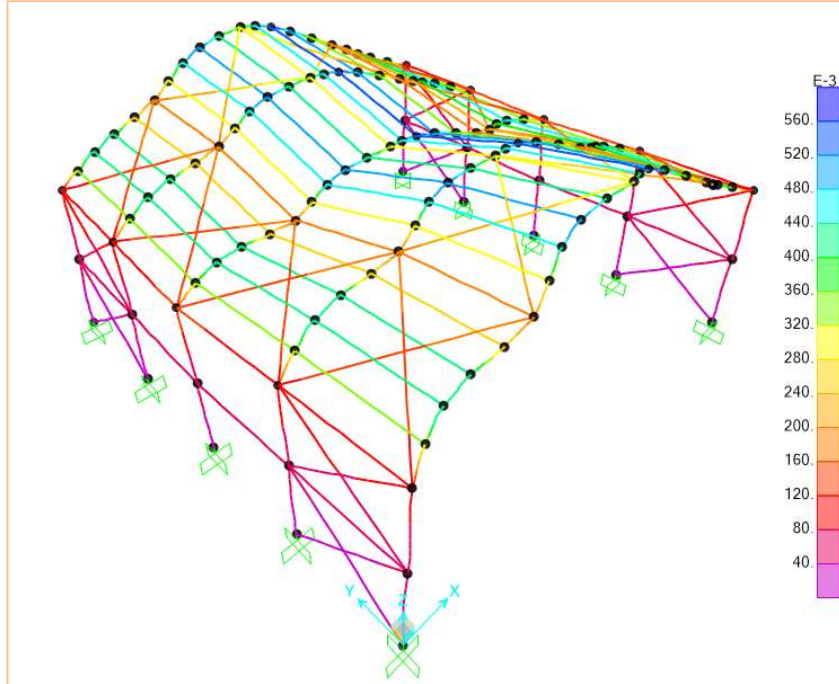
Şekil 7. 16: Sap2000 Programında Tasarım Yönetmeliğinin Seçilmesi

7.5 Analizden Elde Edilen Maksimum Deplasmanlar

Analiz sonrası maksimum deplasmanlar X ve Y yönü için elde edilmiştir (Şekil 7.17,7.18).



Şekil 7. 17: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar (X Yönü)

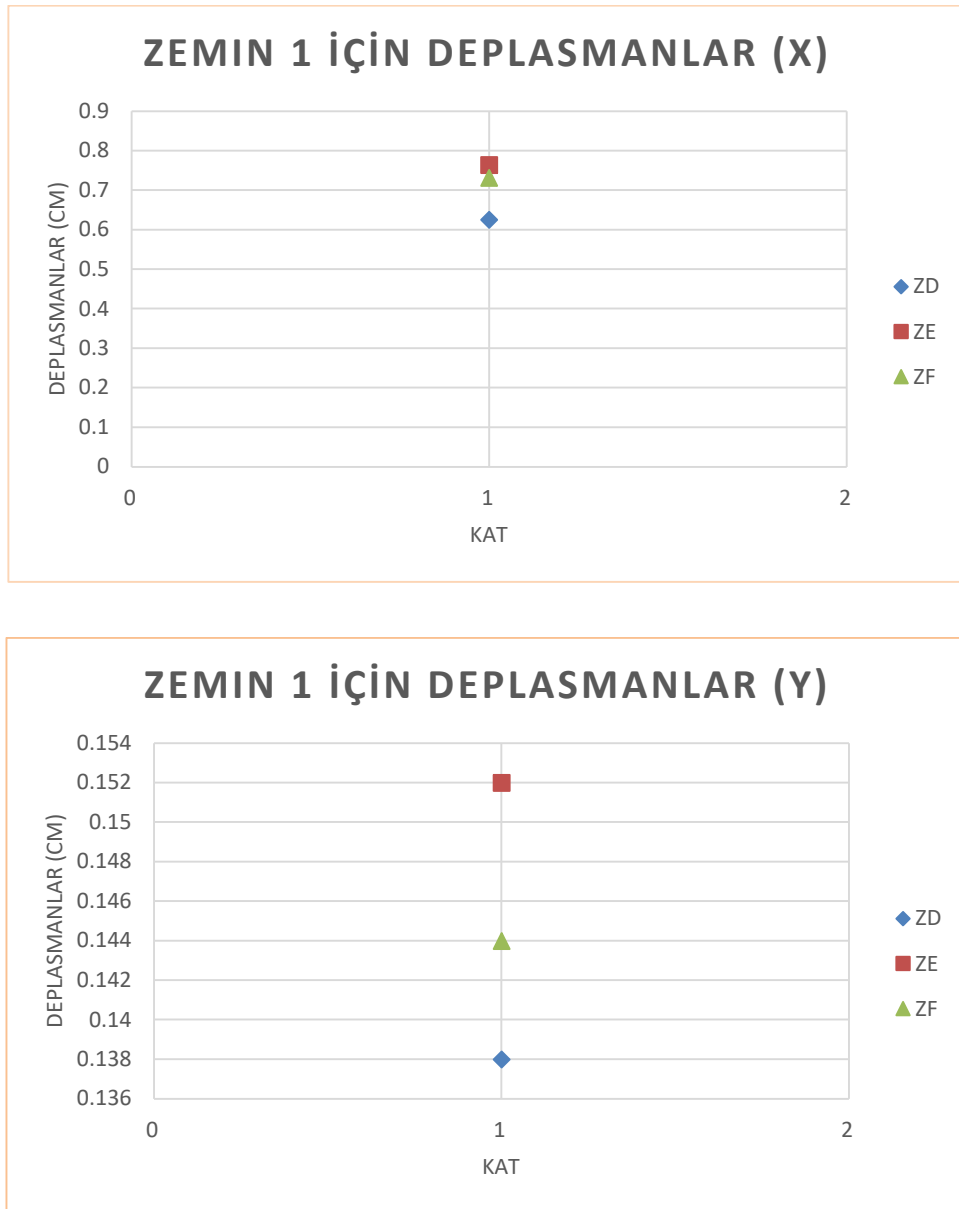


Şekil 7. 18: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Maksimum Gelen Deplasmanlar (Y Yönü)

7.5.1 Deplasmanlar

7.5.1.1 Zemin 1

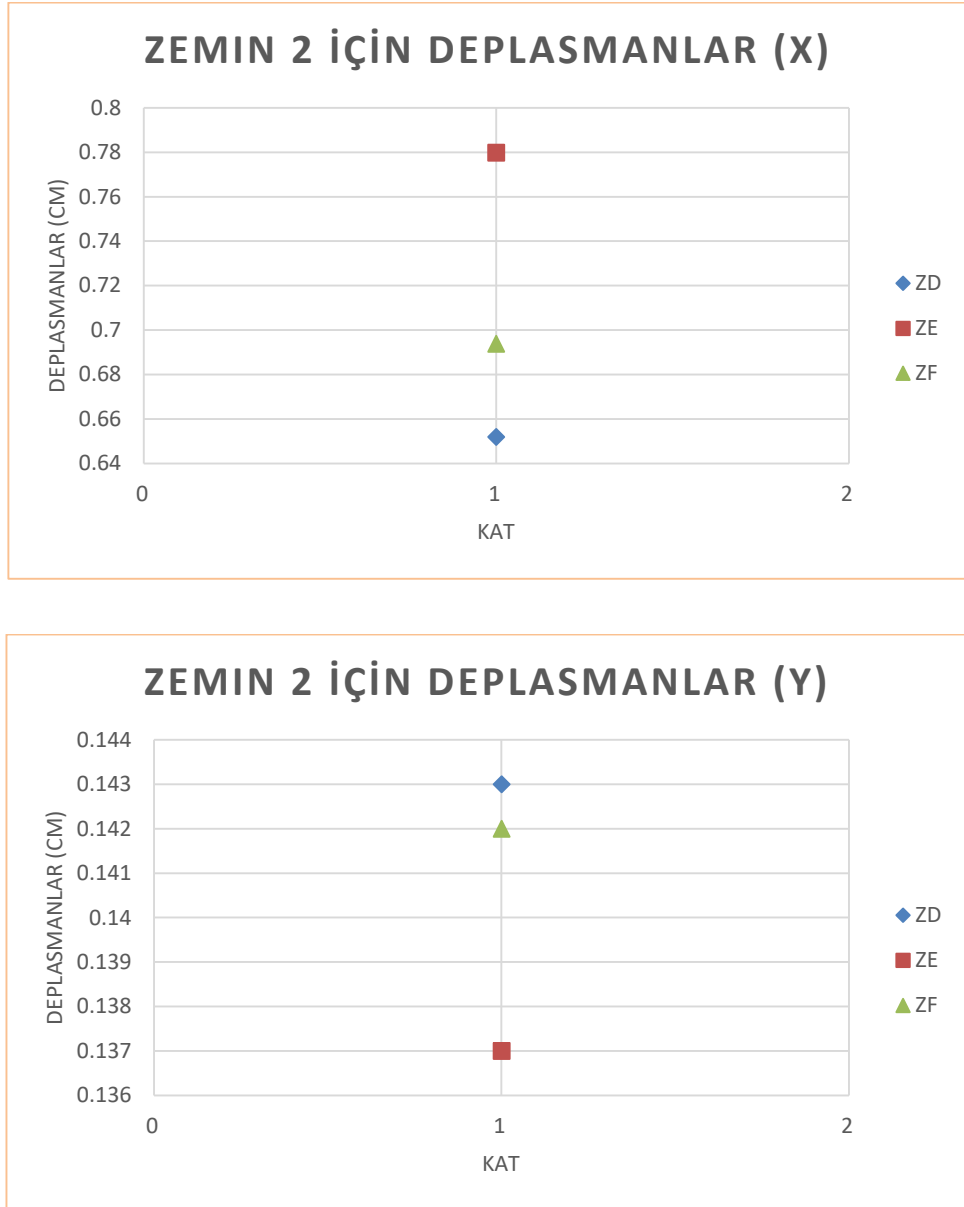
Zemin 1 için ZD, ZE ve sahaya özel zemin davranışı analizleri ile ZF zemin sınıfı için elde edilen tasarım spektrumlarıyla Sap2000 programında analizleri yapılan yapının maksimum deplasmanları X ve Y yönü için grafikleştirilmiştir (Şekil 7.19).



Şekil 7. 19: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z1)

7.5.1.2 Zemin 2

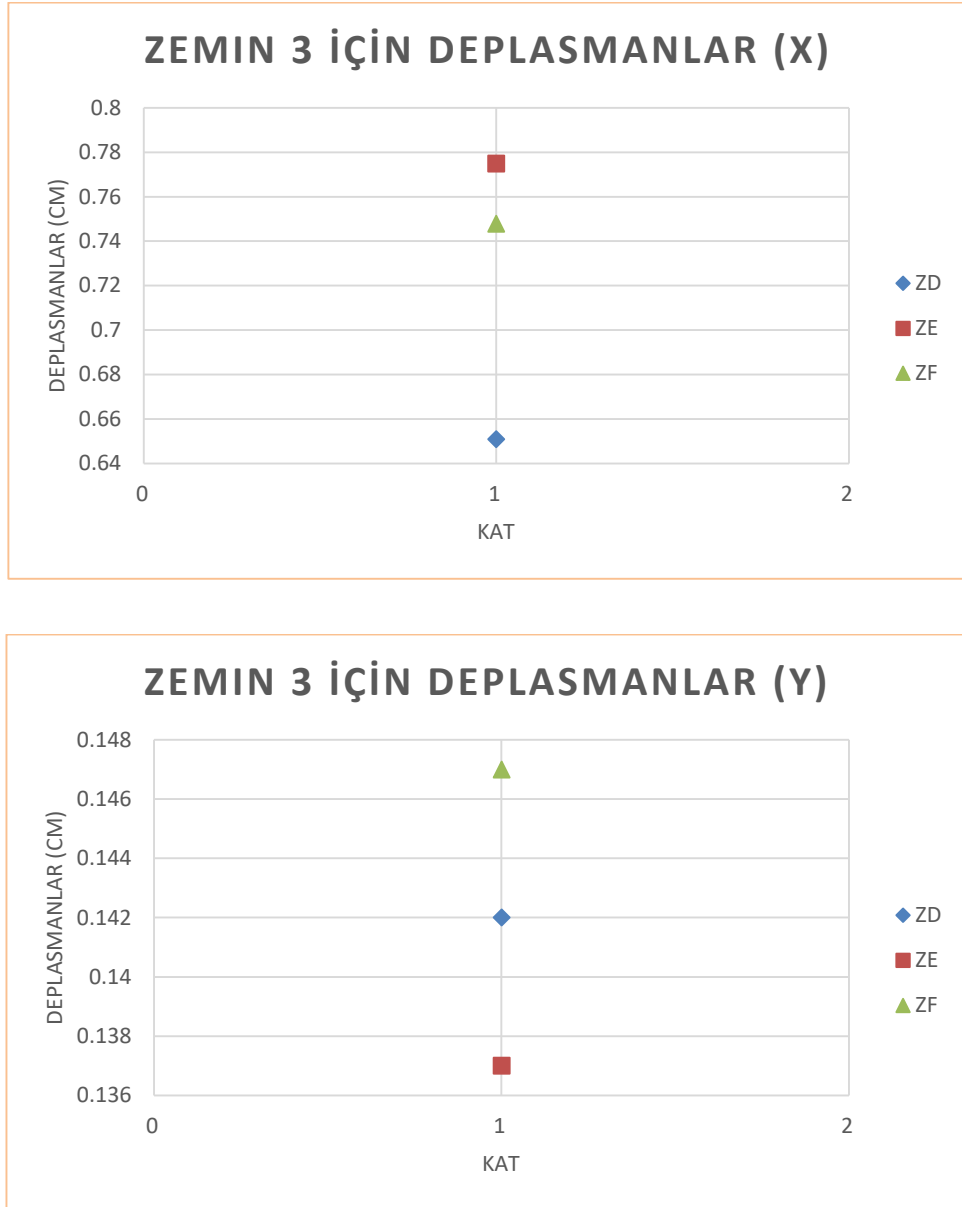
Zemin 2 için ZD, ZE ve sahaya özel zemin davranışı analizleri ile ZF zemin sınıfı için elde edilen tasarım spektrumlarıyla Sap2000 programında analizleri yapılan yapının maksimum deplasmanları X ve Y yönü için grafikleştirilmiştir (Şekil 7.20).



Şekil 7. 20: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z2)

7.5.1.3 Zemin 3

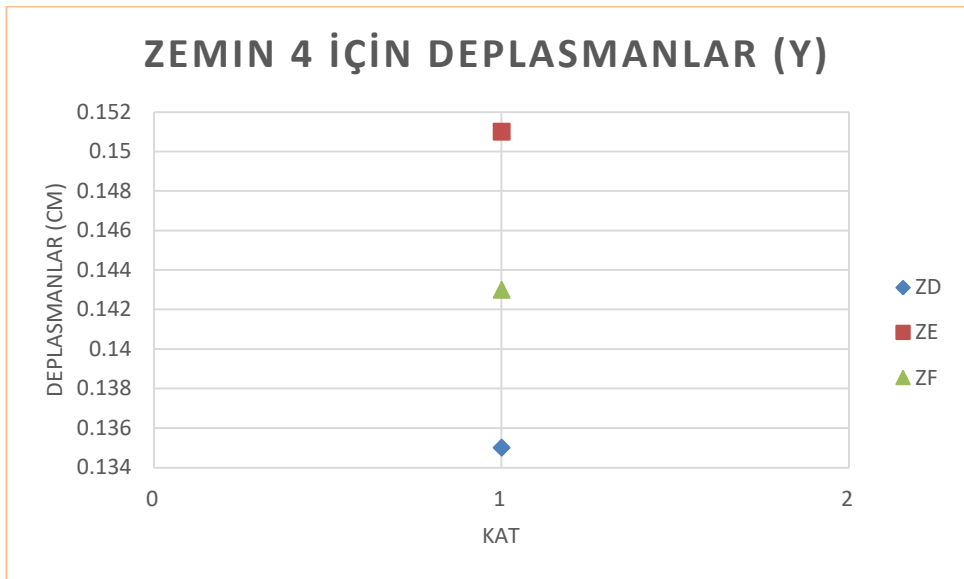
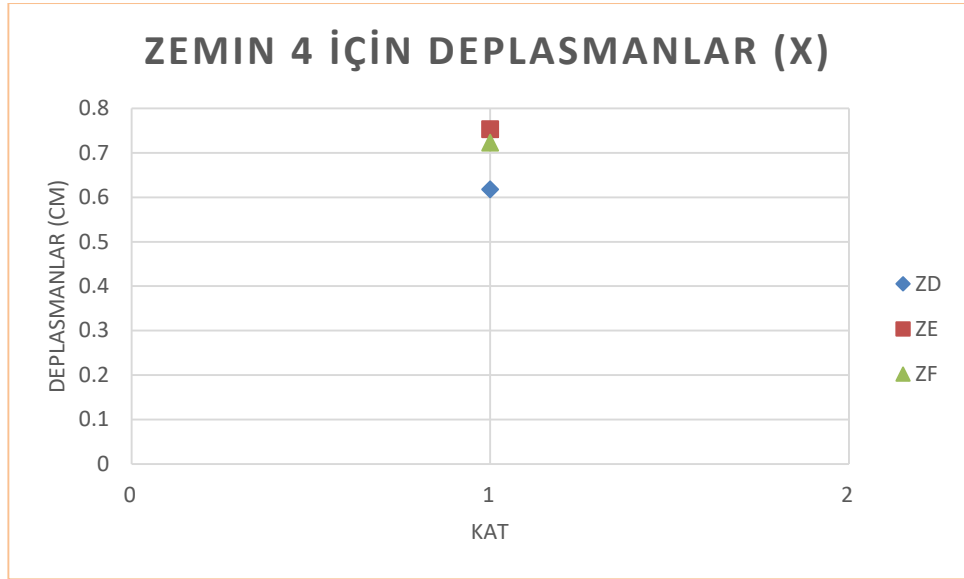
Zemin 3 için ZD, ZE ve sahaya özel zemin davranışı analizleri ile ZF zemin sınıfı için elde edilen tasarım spektrumlarıyla Sap2000 programında analizleri yapılan yapının maksimum deplasmanları X ve Y yönü için grafikleştirilmiştir (Şekil 7.21).



Şekil 7. 21: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z3)

7.5.1.4 Zemin 4

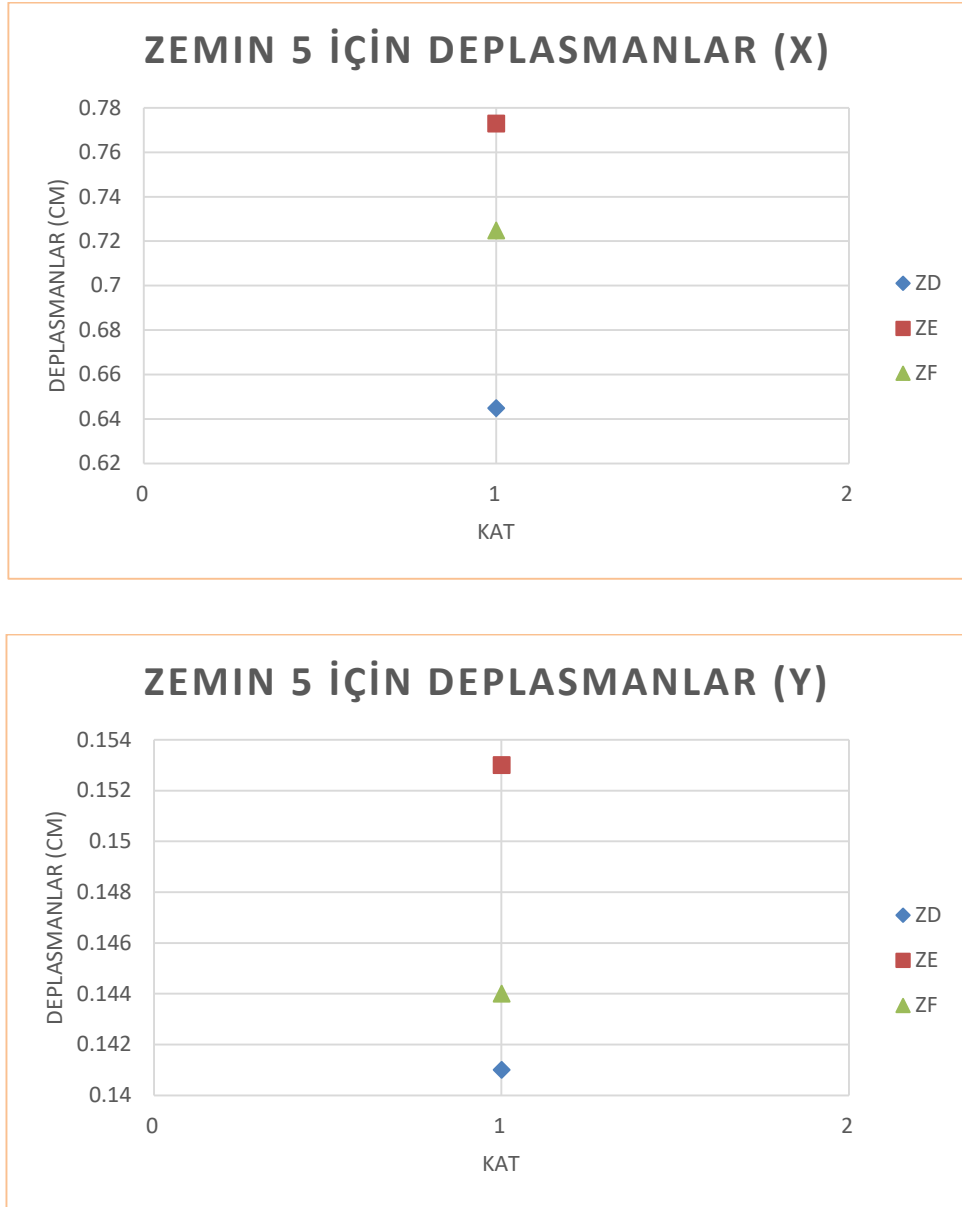
Zemin 4 için ZD, ZE ve sahaya özel zemin davranışı analizleri ile ZF zemin sınıfı için elde edilen tasarım spektrumlarıyla Sap2000 programında analizleri yapılan yapının maksimum deplasmanları X ve Y yönü için grafikleştirilmiştir (Şekil 7.22).



Şekil 7. 22: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z4)

7.5.1.5 Zemin 5

Zemin 5 için ZD, ZE ve sahaya özel zemin davranışı analizleri ile ZF zemin sınıfı için elde edilen tasarım spektrumlarıyla Sap2000 programında analizleri yapılan yapının maksimum deplasmanları X ve Y yönü için grafikleştirilmiştir (Şekil 7.23).



Şekil 7. 23: Deprem Hareketi Sırasında Meydana Gelen Maksimum Deplasmanlar X ve Y Yönü (Z5)

8. 2020 EGE DENİZİ DEPREMİ VE ZEMİNLERİN BULUNDUĞU BÖLGELERDE MEYDANA GELEN HASARLAR

2020 yılında meydana gelen Ege Denizi Depremi, 30 Ekim 2020 günü Türkiye saati ile 14.51'de gerçekleşti. Depremın merkez üssü Yunanistan'ın Sisam Adası açıklarında Türkiye'nin İzmir ilinin Seferihisar ilçesine 23 km mesafede bulunan bir konum olarak kayıtlara geçti. Meydana gelen bu yıkıcı deprem yerin 16,5 km altında, 6,9 Mw büyüklüğünde ve yaklaşık 16 saniye sürdü.

Türkiye ve Yunanistan'da toplam 119 kişinin ölümüne ve 1053 kişinin ise yaralanmasına neden oldu. 2020 yılında yeryüzünde meydana gelen depremler arasında en ölümcül deprem olarak kayıtlara geçti.

Bu tez çalışması sırasında incelenen zeminlerin bulunduğu İzmir ilini de etkileyen, kayıtlara '2020 Ege Denizi Depremi' olarak geçen yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Sahaya özel zemin davranışları neticesinde incelenen zeminlerde elde edilen sonuçların, yaşanan depremin incelenen bölgelerde oluşturduğu hasarlar ile tutarlılığı incelenmiştir.

Bu tez kapsamında incelenen çalışma alanlarının bulunduğu bölgelerde meydana gelen hasarlar; Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, AFAD ve İzmir Belediyesi tarafından hasar tespit çalışmaları yapılarak E-devlet platformu üzerinden erişime açılmıştır.

Aşağıda görüldüğü gibi ilçe ve mahalle ekranları seçilerek binalarda meydana gelen hasarlar listelenebilmektedir (Şekil 8.1, 8.2).

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
Hasar Tespit Sorgulama ve İtiraz İşlemleri

Bu hizmet Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı işbirliği ile e-Devlet Kapısı altyapısı üzerinden sunulmaktadır.

Bu hizmet tek aşamalıdır. Ekrandaki formu doldurup gönderdiğinizde işleminiz tamamlanacaktır.

< Geri

Adres İle Sorgulama

*İl
İzmir

*İlçe
KARŞIYAKA

*Mahalle
BOSTANLI

Şekil 8. 1: E-Devlet Platformu Hasar Tespit Sorgulama Ekranı (1)

türkiye.gov.tr

Size nasıl yardım edebilirim?

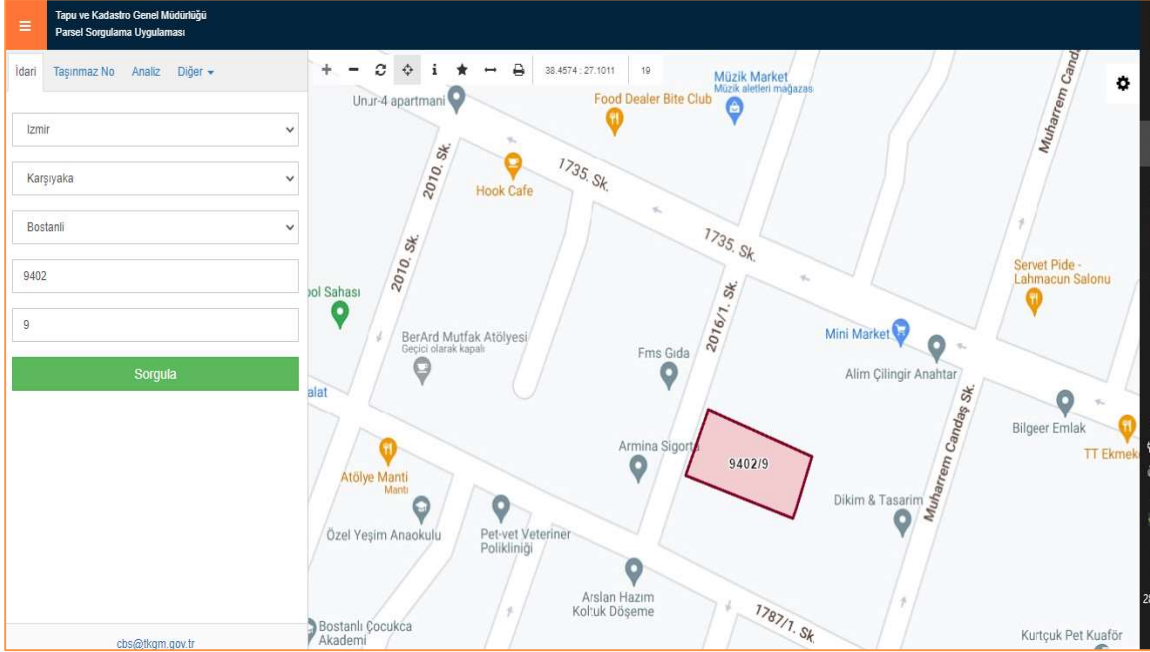
BARAN

Aski Kodu	İl	İlçe	Mahalle	Sokak	Bina Numarası	Durum	İtiraz Sonucu	Afet Adı	Afet Şiddeti	Afet Tarihi
NFJF6	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	-	-	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
UVJFG	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	12	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
FH48F	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	163	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
Z8JE4	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	171	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
AFNC6	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	173_1	Az Hasarlı	Hasarsız	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
TEJCH	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	173_2	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
DNHYT	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	175	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
Z3HDY	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	177	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
U8U3K	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	181	Hasarsız	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020
JJJER	İzmir	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1671	183	Az Hasarlı	Hasara İtiraz Yoktur	İzmir Depremi	6.60	30/10/2020

Şekil 8. 2: E-Devlet Platformu Hasar Tespit Sorgulama Ekranı (2)

8.1 ZEMİN 1

Zemin 1 için parsel sorgulama ekranı kullanılarak hasar tespit raporlarının alındığı sokaklar gösterilmiştir (Şekil 8.3).



Şekil 8.3: Parsel Sorgu Ekranı (Z1)

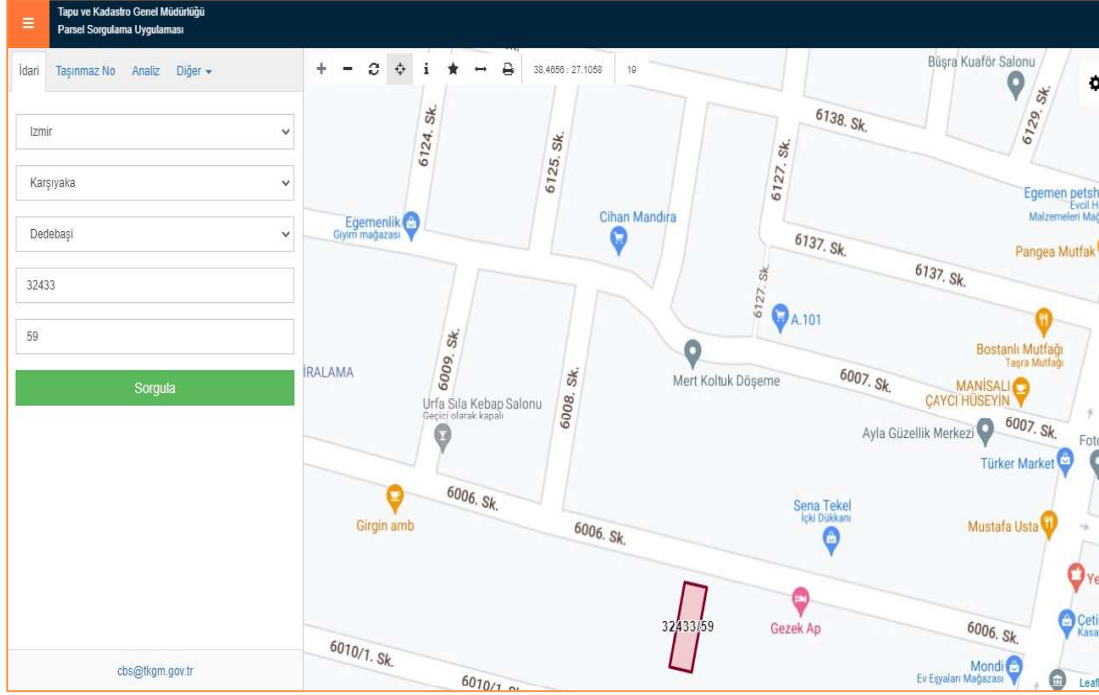
Zemin 1'in bulunduğu bölgede hasar tespit çalışmaları yapılan binalar ve bu binaların hasar tespit sonuçları Tablo 8.1'de verilmiştir.

Tablo 8. 1: İnceleme Alanı ve Çevresinde Ege Denizi Depreminde Meydana Gelen Hasarlar (Z1)

Aski Kodu	İl	İlçe	Mahalle	Sokak	Bina Numarası	Durum	Afet Adı	Afet Şiddeti	Afet Tarihi
VK26P	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	2016/1	11	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
2MPKM	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	2016/1	3	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
HJ3VH	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	2016/1	4	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
T8R6J	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	2016/1	6	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
G46F	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	103	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
VTYNZ	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	109	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6RPYT	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	111	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
3RCUZ	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	114	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
MU3TR	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	116	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
PD7UK	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	119	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
44BRF	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	121	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
BGT7G	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	129	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6HTRY	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	131	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
EDGCH	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	132	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
GZ3BZ	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	137	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
AJCFP	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	138	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
KBA83	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	139	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
J6PJ6	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	145	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
PMD2P	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	147	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
MARUD	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	1735	149	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020

8.2 ZEMİN 2

Zemin 2 için parsel sorgulama ekranı kullanılarak hasar tespit raporlarının alındığı sokaklar gösterilmiştir (Şekil 8.4).



Şekil 8. 4: Parsel Sorgu Ekranı (Z2)

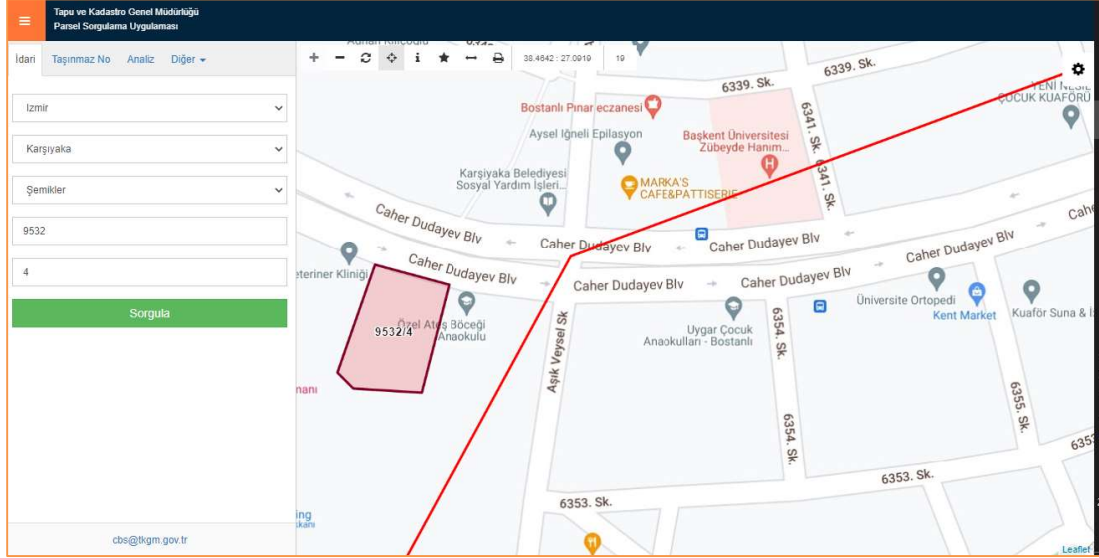
Zemin 2'nin bulunduğu bölgede hasar tespit çalışmaları yapılan binalar ve bu binaların hasar tespit sonuçları Tablo 8.2'de verilmiştir.

Tablo 8. 2: İnceleme Alanı ve Çevresinde Ege Denizi Depreminde Meydana Gelen Hasarlar (Z2)

Aski Kodu	İl	İlçe	Mahalle	Sokak	Bina Numarası	Durum	Afet Adı	Afet Şiddeti	Afet Tarihi
JETBP	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	10	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
FAUEG	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	12	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
JRM6B	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	14	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
8GK3R	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	16	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
ZYAEA	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	2	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
VC4JY	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	36	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
72YHM	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	5	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
RFVY3	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	6	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
TZ8BR	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	60	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
GKPBU	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	62_1	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
RPJTR	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	64	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
D7KMD	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	66	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
EDH6M	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	66A	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
TVDN7	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6007	68	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
GEHHP	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6125	6	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
A6Y2V	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6125	8	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6YECA	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6125	5	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
AETH8	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6125	7	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
G8FJM	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6125	2	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
8CR68	İZMİR	KARŞIYAKA	DEDEBAŞI	6125	3	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020

8.3 ZEMİN 3

Zemin 3 için parsel sorgulama ekranı kullanılarak hasar tespit raporlarının alındığı sokaklar gösterilmiştir (Şekil 8.5).



Şekil 8. 5: Parsel Sorgu Ekranı (Z3)

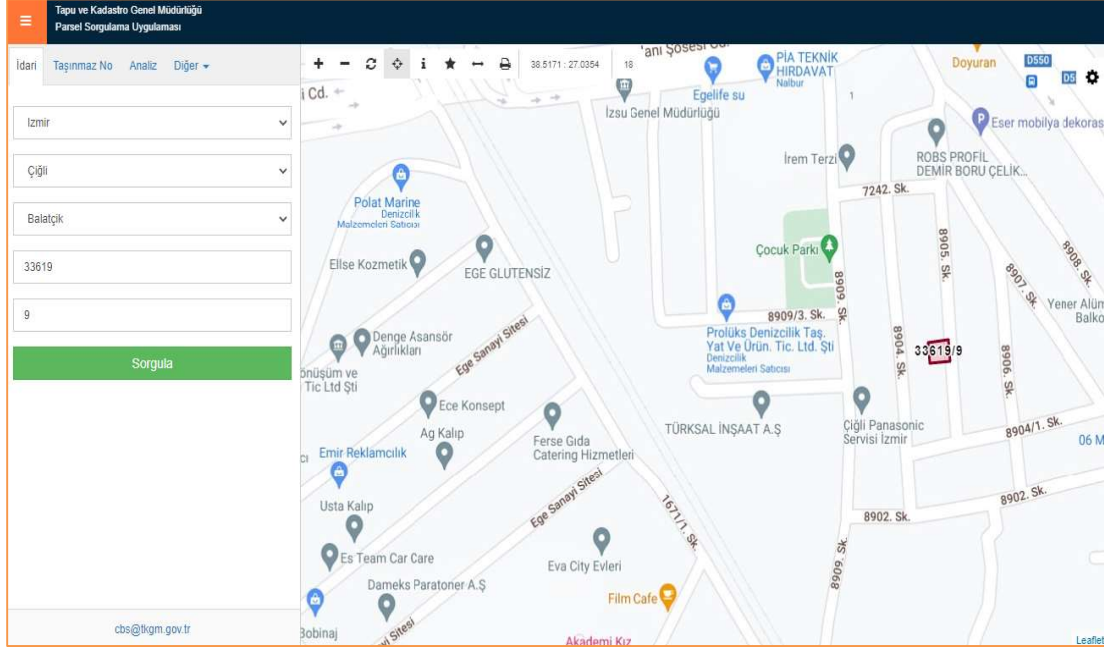
Zemin 3'ün bulunduğu bölgede hasar tespit çalışmaları yapılan binalar ve bu binaların hasar tespit sonuçları Tablo 8.3'de verilmiştir.

Tablo 8. 3: İnceleme Alanı ve Çevresinde Ege Denizi Depreminde Meydana Gelen Hasarlar (Z3)

Aski Kodu	İl	İlçe	Mahalle	Sokak	Bina Numarası	Durum	Afet Adı	Afet Şiddeti	Afet Tarihi
YFDET	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	10	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
CBTVB	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	12	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
Z37DK	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	14	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
4CZT8	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	16	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6GRZY	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	18	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
MR4BJ	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	24	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6AGD8	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	26	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
C77GN	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	4	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
ZM388	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	6	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
A3J4J	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	8	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
MY7VE	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	AŞIK VEYSEL	38	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
EJNHH	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	11	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
GVNMV	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	2	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6AGVG	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	2	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
Y2HPK	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	20	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
ZMDHY	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	22	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
E8BZP	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	3	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
KNVFA	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	4	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
FTHAZ	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	6	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
NB8N6	İZMİR	KARŞIYAKA	BOSTANLI	6353	7	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020

8.4 ZEMİN 4

Zemin 4 için parsel sorgulama ekranı kullanılarak hasar tespit raporlarının alındığı sokaklar gösterilmiştir (Şekil 8.6).



Şekil 8. 6: Parsel Sorgu Ekranı (Z4)

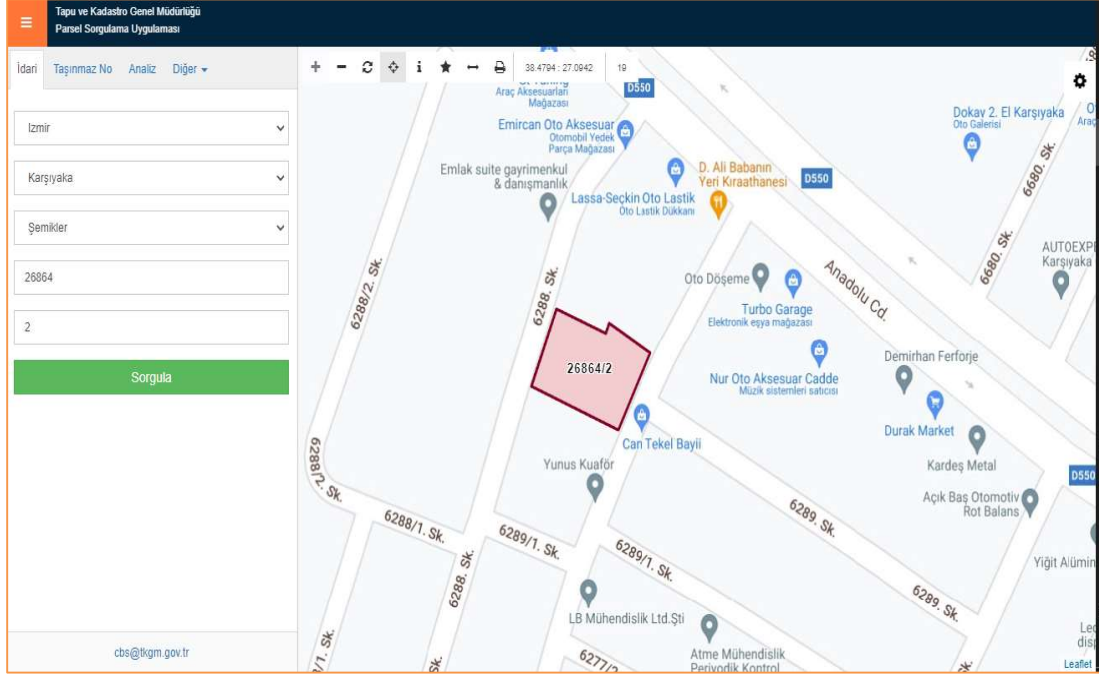
Zemin 4'ün bulunduğu bölgede hasar tespit çalışmaları yapılan binalar ve bu binaların hasar tespit sonuçları Tablo 8.4'de verilmiştir.

Tablo 8. 4: İnceleme Alanı ve Çevresinde Ege Denizi Depreminde Meydana Gelen Hasarlar (Z4)

Aski Kodu	İl	İlçe	Mahalle	Sokak	Bina Numarası	Durum	Afet Adı	Afet Şiddeti	Afet Tarihi
6VD4F	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	8905	4	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
RMHTU	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	8909	3	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
7JUJB	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	ANADOLU CADDESİ	1196	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
FFNZZ	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	ANADOLU CADDESİ	1325	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
HEE2H	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	ANADOLU CADDESİ	1313	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
ACCAJ	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	ANADOLU CADDESİ	1313A	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
4MUBK	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	ANADOLU CADDESİ	1385	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
JG2JF	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	ANADOLU CADDESİ	1385	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
P7Z72	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	24	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
TAMV3	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	1	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
V3T8B	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	10	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
AYP3E	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	11	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
BN4KU	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	12	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
H7N48	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	13	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6Y4PU	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	14	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
GTBC8	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	15	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
JC2VE	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	16	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
ZG78E	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	17	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
3C4NE	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	18	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
NVU6B	İZMİR	ÇİĞLİ	BALATÇIK	EGE SANAYİ SİTESİ	19	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020

8.5 ZEMİN 5

Zemin 5 için parsel sorgulama ekranını kullanılarak hasar tespit raporlarının alındığı sokaklar gösterilmiştir (Şekil 8.7).



Şekil 8. 7: Parsel Sorgu Ekranı (Z5)

Zemin 5'in bulunduğu bölgede hasar tespit çalışmaları yapılan binalar ve bu binaların hasar tespit sonuçları Tablo 8.5'de verilmiştir.

Tablo 8. 5: İnceleme Alanı ve Çevresinde Ege Denizi Depreminde Meydana Gelen Hasarlar (Z5)

Aski Kodu	İl	İlçe	Mahalle	Sokak	Bina Numarası	Durum	Afet Adı	Afet Şiddeti	Afet Tarihi
VN8EM	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	10_1	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
VKNMR	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	10B	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
HGZZN	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	2	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
JFC26	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	26,26A	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
NZ72N	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	28,28A	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
743MR	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	29	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
T3AJ3	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	3	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
CEDYR	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	38	Az Hasarlı	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
6B22E	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	5	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
TJ3BY	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	6	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
U23NC	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	7	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
FPEVM	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6288	1639_3	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
DV72H	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6289	1	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
CA2PE	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6289	12	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
HPEP7	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6289	14	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
Y7J8B	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6289	15	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
8VK3B	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6289	3	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
YBB32	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6,289	19	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
P6F43	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6289_1	64	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020
F8AM7	İZMİR	KARŞIYAKA	ŞEMİKLER	6289_1	8	Hasarsız	İzmir Depremi	6.9	30.10.2020

Hasar tespit sonuçlarının alındığı 5 farklı bölge için de yapılarda meydana gelen hasarlar ‘Hasarsız’ veya ‘Az hasarlı’ olarak kayıt altına alınmıştır. Analiz yapılan bölgelerde çoğunlukla ‘Hasarsız’ binaların varlığı E-devlet platformu üzerinden listelenmiştir. Sahaya özel zemin davranışları neticesinde tasarım spektrumları elde edilmiştir. Statik analizleri Sap2000 programında yapılan yapıların maksimum deplasman sonuçları neticesinde bölgeler için yapılan sismik çıkarımlar bu bağlamda hasar tespit sonuçları ile tutarlılık göstermiştir.

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye'nin deprem kuşağında olması sebebiyle yıllar içinde can ve mal kaybına uğradığı defalarca deneyimlenmiştir. Bu süreçte deprem gerçeğini kabullenmek, sonrasında ise anlamak ve bu yıkıcı etkisini yok denecek kadar azaltmak insanımızın yalnızca depremleri doğru yorumlamasından geçmektedir.

Bu aşamada deprem ile ilgili çalışmalar hayati önem arz etmektedir. Bu bağlamda ise yapılarımızın üzerine inşa edildiği zeminler ve bu zeminlerin deprem sırasında davranışları, yapıların doğru inşası konusunda detaylı irdelenmesi gereken bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır.

Depremselliği çalışılan 5 saha için de sınıflama meydana geldiği için 'ZF' zemin sınıfı tayini yapılmış sonrasında ise ilgili yönetmelik gereği sahaya özel zemin davranış analizleri yapılmıştır. Faylanma, frekans, kayma dalgası hızları gibi parametrelerin uyumluluk gösterdiği 11 adet deprem kaydı seçilerek, bu kayıtların TBDY (2018)'de belirtilen 'DD-2' deprem düzeyi ve 'ZD' (ana kaya kabulü) yerel zemin sınıfı spektrumuna tam uyacak şekilde ölçeklendirilmesi yapılmıştır.

Yapılan analizler sonucu tasarıma esas spektrumlar elde edilmiş; ZD ve ZE zemin sınıfı için elde edilen spektrumlar ile karşılaştırılmıştır. Sonrasında yönetmeliğin zorunlu kıldığı koşullar göz önünde bulundurularak nihai tasarım spektrumu elde edilmiş ve aynı saha için ZD, ZE ve ZF zemin sınıfı tasarım spektrumlarıyla Sap2000 programında modellenen çelik yapının deprem sırasında meydana gelecek maksimum deplasmanları karşılaştırılmıştır.

- Özellikle sınıflamanın meydana geldiği tabakalarda deprem dalgalarını söndürmesi sonucunda 11 deprem kaydının ortalaması ile elde edilen ortalama spektrumun ZE ve ZD sınıfı için belirlenen yatay ivme spektrumunun altında kaldığı saptanmıştır.
- Zeminlerin depremi büyütme özellikleri olduğu gibi incelenen zeminlerde de görüldüğü gibi söndürme özellikleri de vardır. Bu kapsamda TBDY (2018)'in sahaya özel zemin davranışı analizlerini 'ZF' zemin sınıfı için zorunlu, diğer

zemin sınıfları için de tasarımcının isteğine bırakmasının önemi tekrar gözlemlenmiştir.

- Elde edilen tasarım spektrumları neticesinde çelik bir yapı tasarlanmış ve aynı saha için ZD, ZE, ZF zemin sınıfı için elde edilen tasarım spektrumları Sap2000 programında tanımlanmıştır. Analizler sonucunda deprem sırasında meydana gelecek maksimum yapı deplasmanları hesaplanmıştır. Sonuçlar neticesinde 'ZF' zemin sınıfı tasarım spektrumunun kullanıldığı yapı modelinde yapıdaki maksimum deplasmanları 'ZD' ve 'ZE' zemin sınıfı spektrumları ile çözülen yapı modellerinin deplasman sonuçlarının arasında sonuçlar verdiği saptanmıştır.
- Sıvılaşma sebebiyle böyle bir durum oluşmasının 2 nedeni vardır. Birincisi, zeminin mukavemetini kaybetmesi sonucu zeminde görülen yüksek deformasyon ikincisi ise depremi sıvılaşan tabakada sönmüleyen zeminin depremin dinamik etkilerini yapıya aktaramamasıdır.
- 'ZF' sınıfı için elde edilen tasarım spektrumunun kullanılması geoteknik mühendisinin önereceği zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulanmasından sonra mümkündür. Zemin iyileştirme ön görülen bir alanda tasarım spektrumunun elde edilmesi yapıların doğru tasarımı açısından tek başına yeterli olmayacaktır.
- Tez çalışması yapıldığı sırada çalışmanın yapıldığı İzmir bölgesini etkileyen '2020 Ege Denizi Depremi' meydana gelmiştir. Sahaya özel zemin davranışı analizlerinin yapıldığı 5 farklı alandaki deprem sonrası hasarların, yapılan çalışma ile elde edilen sonuçlar ile tutarlılığı değerlendirilmiştir.
- Hasar tespit sonuçlarının alındığı 5 bölge için de yapılarda meydana gelen hasarlar 'Hasarsız' veya 'Az hasarlı' olarak kayıt altına alınmıştır. Sahaya özel zemin davranışları neticesinde tasarım spektrumları elde edilmiştir. Statik analizleri Sap2000 programında yapılan yapıların maksimum deplasman sonuçları neticesinde bölgeler için yapılan sismik çıkarımlar bu bağlamda hasar tespit sonuçları ile tutarlılık göstermiştir.

10. KAYNAKLAR

- [1] Abrahamson, N. A. (1992): Non-stationary spectral matching, *Seismol. Res. Lett.* 63, 30
- [2] Abrahamson, N.A., Silva, W.J. and Kamai, R. (2014): “Summary of the ASK14 Ground Motion Relation for Active Crustal Regions”, *Earthquake Spectra*, 30, 1025-1055
- [3] AFAD, (2018): ”Türkiye Deprem Tehlike Haritası Ara yüzü” web sayfası: <https://tdth.afad.gov.tr>
- [4] Akkar, S., Sandikkaya, M.A. and Bommer, J.J. (2014): “Empirical ground-motion models for point- and extended-source crustal earthquake scenarios in Europe and the Middle East”, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 12, 359-387
- [5] Alkaya D. Canakkale İli Merkez, Geoteknik Raporu ve Enjeksiyon Projesi, PAÜ, 2018
- [6] Alpan, I. (1970). The geotechnical properties of soils. *Earth-Science Reviews*, 6, 4-49.
- [7] Ambraseys N.N. and Jackson, J.A. (2000): “Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500”. *Geophys J Int*, 141(3):F1–F6.
- [8] Ambraseys, N.N. (2002): “The seismic activity of the Marmara Sea region over the last 2000 years”. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92-1, 1-18
- [9] Ambraseys, N.N. and Finkel, C. (1991): “Long-term seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea region”. *Terra Nova*, 3, 527-539
- [10] Boğaziçi Üni. Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü, web sayfası: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/> (Ziyaret Tarihi:11.09.2019)
- [11] Boulanger, R.W., Idriss, I.M. (2015): CPT-based liquefaction triggering procedure, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 142(2):04015065.
- [12] Bray, J. D., Macedo, J. (2017): 6th Ishihara lecture: Simplified procedure for estimating liquefaction induced building settlement, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 102: 215-231.
- [13] Canakkale Municipality Report (2013), “Geological and geotechnical investigation project of Canakkale”, (prepared for Buyuksarac et al (2013) for the municipality.)

- [14] Cubrinovski, M., Rhodes, A., Ntritsos, N., & Ballegooy, S. V. (2018): "System response of liquefiable deposits". Soil Dynamics and Earthquake Deepsoil V7.0: Nonlinear and Equivalent Linear Seismic Site Response of One-Dimensional Soil Columns, Illinois University
- [15] Hashash, Y.M.A., Musgrove, M.I., Harmon, J.A., Groholski, D.R., Phillips, C.A., and Park, D. (2016) "DEEPSOIL 6.1, User Manual"
- [16] Engineering, Pressed online. May 2018, <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.05.013>
- [17] Erdik, M., Demircioglu, M., Sesetyan, K., Durukal, E. and Siyahi, B. (2004): "Earthquake Hazard in Marmara Region, Turkey", 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Canada
- [18] Ergin, K., Güçlü, U. ve Uz, Z. (1967). Türkiye ve civarında deprem katalogu, İTÜ Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü Yay. 24, 169 s.
- [19] Hashash, Y.M.A., Musgrove, M.I., Harmon, J.A., Groholski, D.R., Phillips, C.A., and Park, D. (2016). "DEEPSOIL 6.1, User Manual". Urbana, IL, Board of Trustees of University of Illinois at Urbana-Champaign.
- [20] Hancock, J., J. Watson-Lamprey, N. A. Abrahamson, J. J. Bommer, A. Markatis, E. Mccoy, and R. Mendis (2006). An improved method of matching response spectra of recorded earthquake ground motion using wavelets, J. Earthq. Eng. 10, suppl. 001, 67–89.
- [21] Herece, E. (1990): "The fault trace of the 1953 Yenice-Gonen earthquake and the westernmost known extension of the NAF system in the Biga peninsula". Min Res Expl Bull Turkey, 111, 31-42.
- [22] Idriss, I. M., & Boulanger, R. W. (2008): "Soil Liquefaction during Earthquakes". Oakland: Earthquake Engineering Research Institute; 2nd edition.
- [23] Ishihara, K., Yoshimine, M. (1992) Evaluation of settlements in sand deposits following liquefaction during earthquakes, Soils and Foundations, Vol.32, No.1, pp.173-188.
- [24] Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K., & Yasuda, S. (1978): "A practical method for assessing soil liquefaction potential based on case studies at various sites in Japan". Proc., 2nd Int. Conf. on Microzonation, pp. 885-896, San Francisco.
- [25] Jefferies, M.G. & Davies, M.P. (1993) Use of CPTu to estimate equivalent SPT N60, Geotechnical Testing Journal, ASTM, 16, 4, 458-468.

- [26] Kalafat, D. (1989). Son yıllarda olmuş bazı depremlerin odak mekanizması açısından irdelenmesi, Deprem Araştırma Bül., 66, 6-20.
- [27] Kulhawy, F.H., Mayne, P.W., (1990): Manual on estimating soil properties for foundation design, Technical report, Electric power research institute.
- [28] Kürçer A., Chatzipetros A., Pavlides S., Syrides G., Vouvalidis K., Ateş Ö., et al. (2012): "An Assessment of the Earthquakes of Ancient Troy, NW Anatolia, Turkey", TECTONICS, vol.7, pp.171-200.
- [29] Lilhanand, K., and W. S. Tseng (1988). Development and application of realistic earthquake time histories compatible with multiple-damping design spectra, paper presented at 9th World Conference on Earthquake Engineering, Tokyo, Japan, 2–9 August 1988
- [30] Liquefact (2017): "Report on ground characterization of the four areas selected as testing sites by using novel technique and advances methodologies to perform in situ and laboratory tests", Istanbul University-Cerrahpasa University Report in Deliverable 2.1", Liquefact H2020 Project.
- [31] Liquefact (2019): "Methodology for assessment of earthquake-induced risk of soil liquefaction at the four European testing sites (microzonation)", Istanbul University-Cerrahpasa University Report in Deliverable 2.7", Liquefact H2020 Project.
- [32] Mayne, P.W. (2001). Stress-strain-strength-flow parameters from enhanced in-situ tests. Proc. Intl.
- [33] McKenzie, D., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 55, 217-254.
- [34] Musgrove, M., Harmon, J., Hashash, Y. M. A., Rathje, E. M. (2017). "Evaluation of the DEEPSOIL Software on the DesignSafe Cyberinfrastructure". Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 143, Issue 9.
- [35] Meghraoui, M., Aksoy, M.E., Akyüz, H.S., Fery, M.A., Dikbaş, A., ve Altunel, E., 2012. Paleosismology of the North Anatolian Fault at Güzelköy (Ganos segment, Turkey): Size and recurrence time of Earthquake ruptures west of the sea of Marmara, Geochemistry Geophysics Geosystems, doi:10.1029/2011GC003960.
- [36] Oztoprak, S., and Bolton, M.D. (2013). Stiffness of sands through a laboratory test database. Géotechnique, 63(1): 54-70.
- [37] Oztoprak, S., Oser, C., Sargin, S., Bozbey, I., Aysal, N., Ozcep, F., Kelesoglu, M.K and Almasraf, M. (2019): "Evaluation of system response and liquefaction damage

assessment tools applied to Adapazari cases in Kocaeli 1999 Earthquake". VII International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Rome, Italy, 705-716

[38] Öztoprak, S. , İnanır, O.E., İkizleri S.B., Huvaj, N. (2018): "Geoteknik arazi karakterizasyonu", ZMGM17, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 17. Ulusal Konferansı, İstanbul.

[39] PEER, "NGAWest-2 Deprem kayıtları veritabanı", Berkeley Üniversitesi Kaliforniya, ABD (Ziyaret Tarihi:12.07.2019) web sayfası: http://peer.berkeley.edu/peer_ground_motion_database

[40] Saltık, O. (1974): "Şarköy Mürefte sahaları jeolojisi ve petrol olanakları", TPAO report, 879

[41] Şaroğlu, F., Emre, Ö., ve Kuşcu, I. (1992). Türkiye Diri Fay Haritası. M.T.A., Ankara

[42] Seed, H. B., Tokimatsu, K., Harder, L. F., and Chung, R. M. (1985). "Influence of SPT Procedures in soil liquefaction resistance evaluations." Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, 111(12), 1425-1445.

[43] SHARE, AB Projesi web sayfası : <https://share.eu>

[44] Siyako, M., Bürkan, K.A. ve Okay, A.I., 1989. Biga ve Gelibolu yarımadalarının Tersiyer jeolojisi ve hidrokarbon olanakları (with English abstract), Bull. Turk. Assoc. Pet. Geol. 1, 183-199

[45] Sonmez, H. (2003): "Modification of the liquefaction potential index and liquefaction susceptibility mapping for a liquefaction-prone area (Inegol, Turkey)". Environmental Geology, 44, 862-871.

[46] Stafford, P.J., Strasser, F.O. and Bommer, J.J. (2008): "An evaluation of the applicability of the NGA models to ground-motion prediction in the Euro-Mediterranean region", Bull Earthquake Eng., 6, 149-177, DOI 10.1007/s10518-007-9053-2

[47] Taymaz, T., Jackson, J.A., ve McKenzie, D. (1991). Active tectonics of the north and central Aegean Sea, Geophysical Journal International, 106, 433-490

[48] TBDY (2018): "Deprem etkisi altında binaların tasarımı için esaslar", Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

[49] Tokimatsu, K., Seed, H.B., 1984, Evaluation of settlements in sands due to earthquake shaking, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 113, No. 8.

- [50] Tonkin & Taylor Ltd. (2013): “Liquefaction Vulnerability Study. Canterbury: EARTHQUAKE COMMISSION”.doi:https://www.eqc.govt.nz/sites/public_files/documents/liquefaction-vulnerability-study-final.pdf
- [51] Tsiambaos G. and N Sabatakakis (2011) “Empirical Estimation of Shear Wave Velocity from In Situ Tests on Soil Formations in Greece”, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 70,291–297.
- [52] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018).
- [53] Wang, W. (1979): “Some findings in soil liquefaction”. Beijing: Water conservancy and hydroelectric power scientific research Institute.
- [54] Yaltrak, C., Alpar, B. and Yüce, H. (1998): “Tectonic elements controlling the evolution of the Gulf of Saros (northeastern Aegean Sea, Turkey)”.*Tectonophysics*, 300(1), 227-248.
- [55] Yıldız, S.Ç., Özden, S., Tutkun, S.Z., Ateş, Ö., Poyraz, S.A., Yeşilyurt, S.K. ve Karaca, Ö. (2013): “Ganos Fayı Boyunca Geç Senozoyik Yaşlı Gerilme Durumları, KB Türkiye”, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt 56, Sayı 1.
- [56] Youd et al. (2001). Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshop on evaluation of liquefaction resistance of soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 127 (10), 817–833.
- [57] Zhang, G., Robertson, P. K., & Brachman, R. W. (2002): “Estimating liquefaction induced ground settlements from CPT for level ground”. *Canadian Geotechnical Journal*, 39(5), 1168-1180. doi:10.1139/T02-047

EKLER

11. EKLER

EK A

Tablo 6. 5: Tez kapsamında incelenen zeminlere ait DeepSOIL programına girilen bilgiler

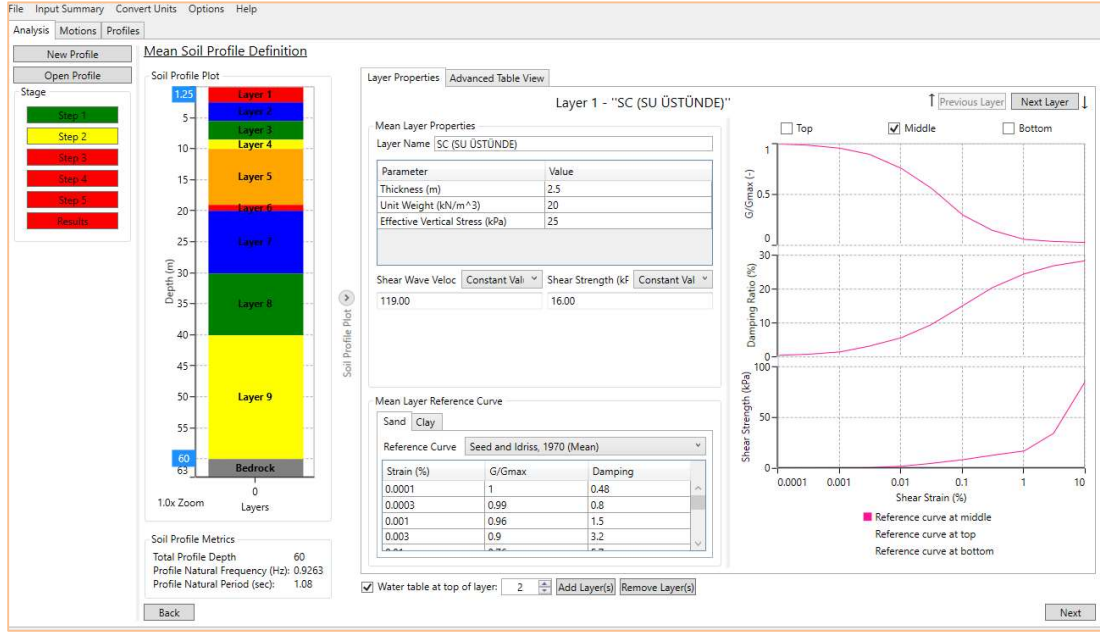
Birim	Kalınlık (m)	C_u (kN/m ²)	Birim Ağırlık(kN/m ³)	C	Orta Nokta	σ (kN/m ²)	ϕ	Tan (ϕ)	τ (kN/m ²)	ZEMİN 1
SC	2.5		20	1.1	1.25	25	30	0.58	15.53	
SC	3		20	1.1	1.5	65	30	0.58	38.63	
SM	3		17.2	0	1.5	90.8	31	0.6	54.56	
CL	1.5	62	19.8	0	0.75	108.95	12	0.21	62	
CH	9	78	18.4	3.1	4.5	154.1	10	0.18	78	
GP-GM	1		20.02	0	0.5	196.91	34	0.67	132.82	
GP-GM	10		21	0	5	256.92	34	0.67	173.29	
SIKI KOHEZYONSUZ	10		22	0	5	371.92	35	0.7	260.42	
SON KOHEZYONSUZ	20		22	0	10	551.92	38	0.78	431.21	

Birim	Kalınlık (m)	C_u (kN/m ²)	Birim Ağırlık(kN/m ³)	C	Orta Nokta	σ (kN/m ²)	ϕ	Tan (ϕ)	τ (kN/m ²)	ZEMİN 2
SM	4.5		18.1	0.6	2.25	40.73	20	0.36	15.42	
SM	1.5		18.1	0.6	0.75	87.53	20	0.36	32.46	
CL	1.5		18	0	0.75	99.6	18	0.32	32.36	
SM	3		18.4	0	1.5	118.2	28	0.53	62.85	
GP-GM	3		19.5	0	1.5	145.05	34	0.67	97.84	
SM	3		18	0	1.5	171.3	31	0.6	102.93	
GC	3.5		19.5	0	1.75	199.93	32	0.62	124.93	
GP-GM	40		22	0	20	456.55	35	0.7	319.68	

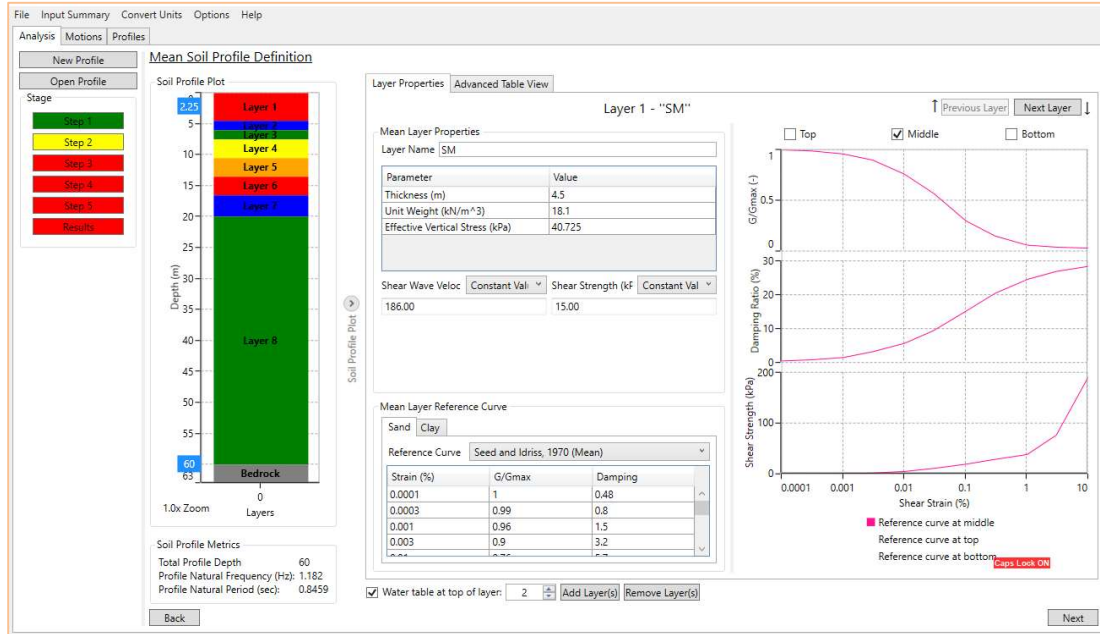
Birim	Kalınlık (m)	C _u (kN/m ²)	Birim Ağırlık(kN/m ³)	C	Orta Nokta	σ (kN/m ²)	ø	Tan (ø)	τ(kN/m ²)	ZEMİN 3
CL	2.5	80	20.7	4	1.25	25.88	13	0.23	9.97	
CL	0.5	80	20.7	4	0.25	54.43	13	0.23	16.57	
SM	4.5		16.5	0.8	2.25	71.73	28	0.53	38.94	
ML	3		16.6	0	1.5	96.25	30	0.58	55.57	
CL	6	115	20	3.5	3	136.15	8	0.14	115	
GM	13.5		21.7	0	6.75	245.13	33	0.65	159.19	
GP-GM	10		21	0	5	379.1	38	0.78	296.19	
SON GRANÜLER	20		22	0	10	554.1	40	0.84	464.95	

Birim	Kalınlık (m)	C _u (kN/m ²)	Birim Ağırlık(kN/m ³)	C	Orta Nokta	σ (kN/m ²)	ø	Tan (ø)	τ(kN/m ²)	ZEMİN 4
CL	3.5	100	19.5	9.9	1.75	34.125	11	0.2	16.53	
CL	0.5	100	19.5	9.9	0.25	70.625	11	0.2	23.63	
SM	1.5		17.6	0.6	0.75	78.7	22	0.4	32.4	
CL	2	115	19.4	9.2	1	93.8	12	0.2	115	
SM	1		17.7	0	0.5	107.05	24	0.4	47.66	
GP-GM	3		20.9	0	1.5	127.25	34	0.7	85.83	
SM	4.5		17.7	0	2.25	160.925	30	0.6	92.91	
GP-GM	5.5		21.4	0	2.75	209.6	34	0.7	141.4	
GP-GM	18.5		21.8	0	9.25	286.85	36	0.7	208.4	
SON GRANÜLER	20		22	0	10	521.25	36	0.7	378.7	

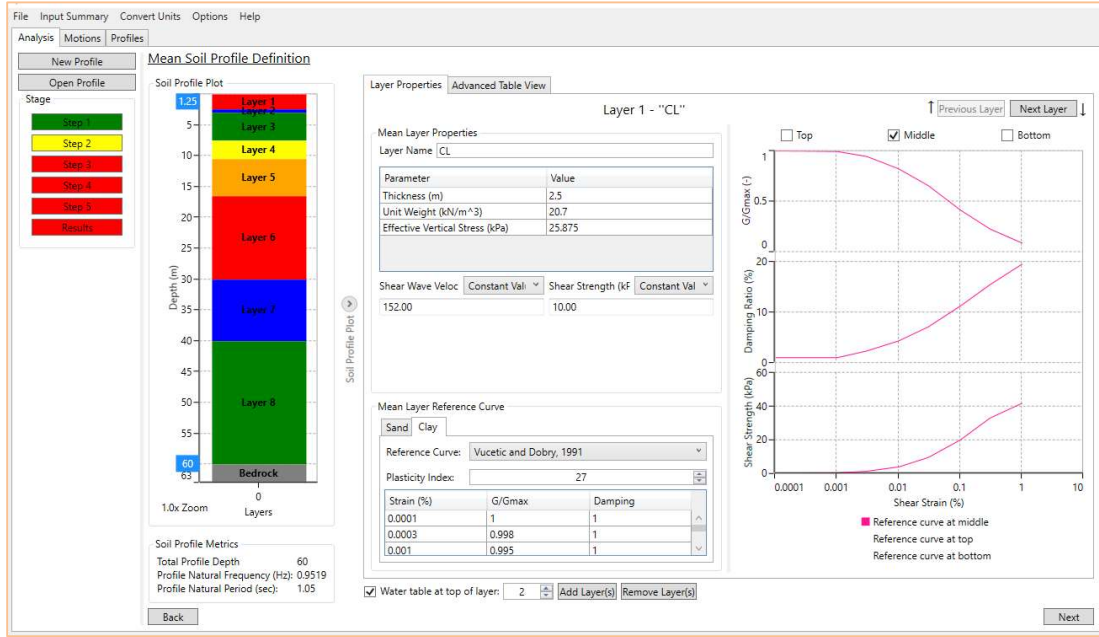
Birim	Kalınlık (m)	C _u (kN/m ²)	Birim Ağırlık(kN/m ³)	C	Orta Nokta	σ (kN/m ²)	ø	Tan (ø)	τ(kN/m ²)	ZEMİN 5
CH	3	95	19.5	9.1	1.5	29.25	10	0.2	14.26	
SP-SM	2		19.5	0.5	1	78	24	0.4	35.23	
SP-SM	1		18.3	0.5	0.5	101.65	24	0.4	45.76	
SM	9		18.3	0	4.5	143.15	28	0.5	76.11	
CH	3	100	19.1	0	1.5	194.15	12	0.2	100	
GM	2		19.1	0	1	216.9	42	0.9	195.3	
GM	10		20	0	5	276	44	1	266.5	
GRANÜLER SON	30		21.4	0	15	497	44	1	479.9	



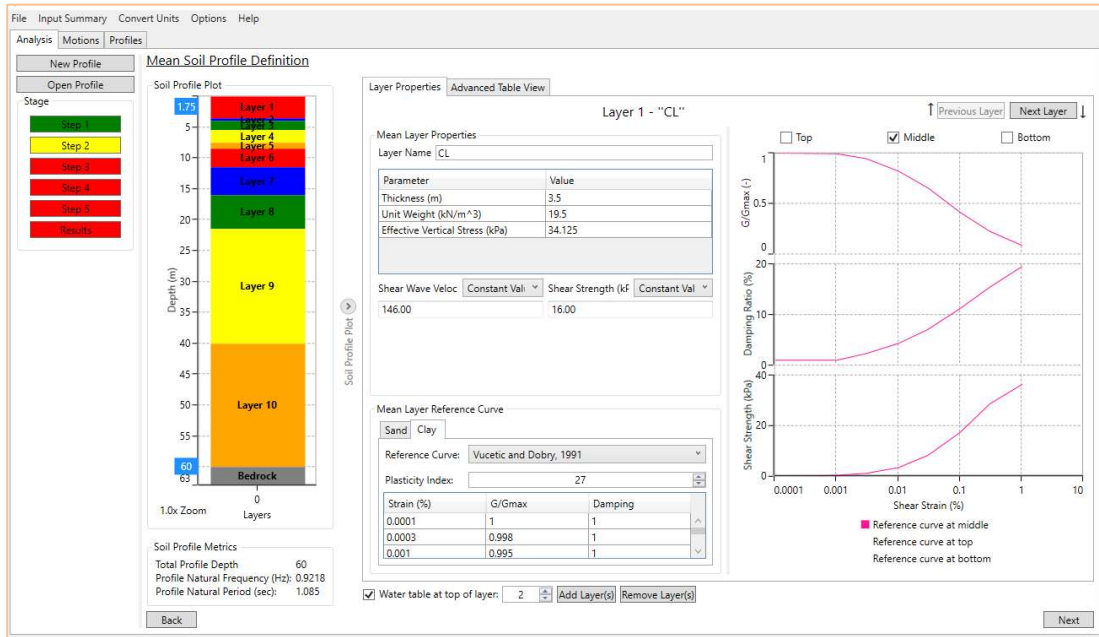
Şekil 7. 24: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z1)



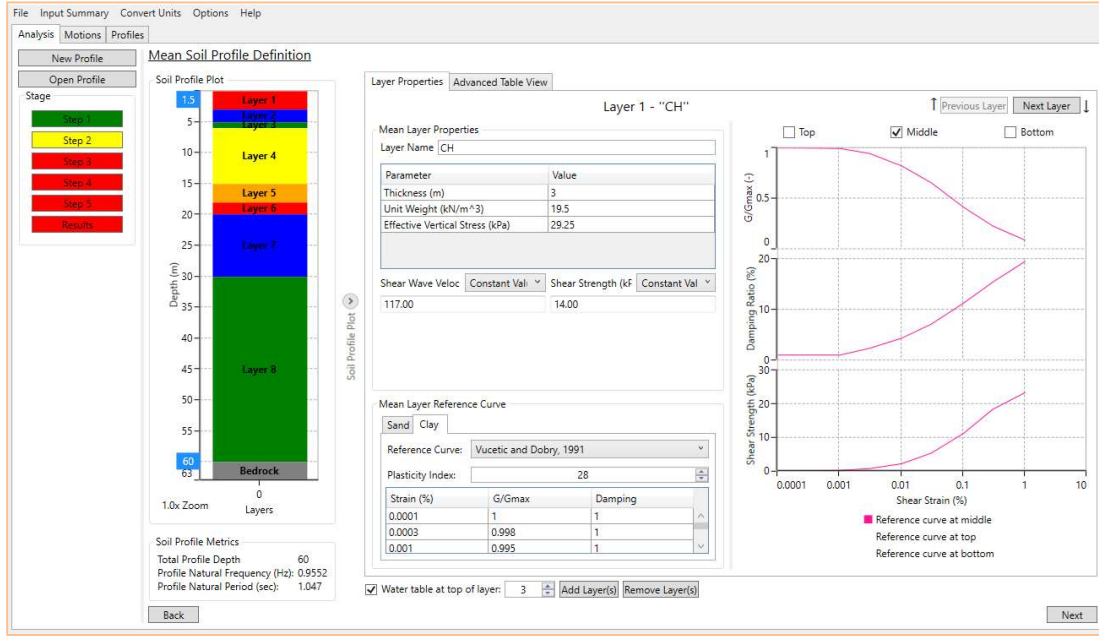
Şekil 7. 25: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z2)



Şekil 7. 26: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z3)



Şekil 7. 27: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z4)



Şekil 7. 28: Deepsoil Programında Katman Tanımlamaları (Z5)