

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İVME KAYITLARININ ÖLÇEKLENDİRİLMESİNİN ZAMAN  
TANIM ALANINDA ANALİZLERDEN ELDE EDİLEN  
MAKSİMUM ÖTELENME TALEPLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MACİDE KOÇ**

**DENİZLİ, ŞUBAT - 2019**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**İVME KAYITLARININ ÖLÇEKLENDİRİLMESİNİN ZAMAN  
TANIM ALANINDA ANALİZLERDEN ELDE EDİLEN  
MAKSİMUM ÖTELENME TALEPLERİNE ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MACİDE KOÇ**

**DENİZLİ, ŞUBAT - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Macide KOÇ tarafından hazırlanan “İvme Kayıtlarının Ölçeklendirilmesinin Zaman Tanım Alanında Analizlerden Elde Edilen Maksimum Ötelenme Taleplerine Etkisi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 15.02.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

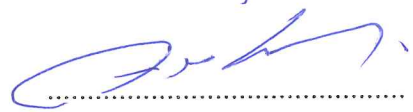
Jüri Üyeleri

İmza

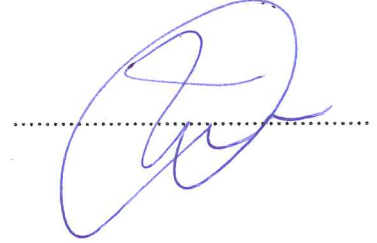
Danışman  
Prof. Dr. Ali Haydar KAYHAN  
Pamukkale Üniversitesi



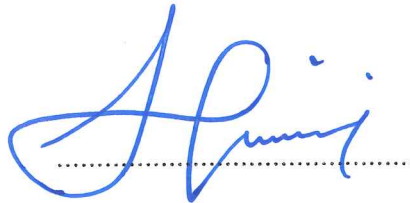
Üye  
Doç. Dr. Ferhat ERDAL  
Akdeniz Üniversitesi



Üye  
Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI  
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
27/02/2019 tarih ve 10/07 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez alışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından 2018FEBE039 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**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 atfedildiğini beyan ederim.**



**Macide KOÇ**

## ÖZET

**İVME KAYITLARININ ÖLÇEKLENDİRİLMESİNİN ZAMAN TANIM  
ALANINDA ANALİZLERDEN ELDE EDİLEN MAKSİMUM ÖTELENME  
TALEPLERİNE ETKİSİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MACİDE KOÇ  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ALİ HAYDAR KAYHAN)  
DENİZLİ, ŞUBAT - 2019**

Maksimum ötelenme talebi, deprem etkisi altındaki yapıların tasarımı ve/veya performans değerlendirmesi amacıyla kullanılan önemli parametrelerden biridir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ise maksimum ötelenme talebinin gerçeğe en yakın şekilde tahmin edilmesi için kullanılan en etkili yöntemdir. Analiz için kullanılacak ivme kaydı, analiz sonuçlarını doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla uygun ivme kayıtlarının seçilmesi, yapının deprem davranışının doğru olarak tahmin edilebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin de (TBDY) aralarında bulunduğu modern deprem yönetmeliklerinde, zaman tanım alanında analizde kullanılacak ivme kayıtlarının özellikleri ile ilgili tanımlamalar yerini almıştır.

Bu çalışmada, TBDY ile uyumlu olacak şekilde oluşturulmuş farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında analiz sonucunda, tek serbestlik dereceli sistemler için elde edilecek maksimum ötelenme taleplerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın diğer amacı, ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesinde kullanılan katsayıların mertebesinin ötelenme talepleri üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Bu amaçla, farklı periyot ve yatay dayanım oranına sahip 28 adet tek serbestlik dereceli sistemin doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler için, ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminler ile uyumlu 180 ivme kaydı seti kullanılmıştır. Her bir ivme setinde 11 ivme kaydı bulunmaktadır. Toplam 55440 zaman tanım alanında analiz yapılmıştır.

TBDY ile uyumlu bir ivme setinde yer alan ivme kayıtları kullanılarak hesaplanan maksimum ötelenme taleplerinin ortalamasının ve saçılımının, kullanılan ivme setine bağlı olarak rastgele değiştiği görülmüştür. Ayrıca, ötelenme taleplerinin set içerisindeki saçılımının dikkate değer biçimde yüksek olduğu görülmüştür. Ötelenme taleplerinin set içerisindeki saçılımı üzerinde ölçeklendirme stratejilerinin anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setleri için hesaplanan ortalama ötelenme taleplerinin saçılımı düşüktür.

**ANAHTAR KELİMELER: Zaman Tanım Alanında Analiz, Maksimum Ötelenme Talebi, İstatistiksel Değerlendirme, Tek Serbestlik Dereceli Sistemler**

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF SCALING OF GROUND MOTION RECORDS ON MAXIMUM DISPLACEMENT DEMANDS OBTAINED BY TIME HISTORY ANALYSIS**

**MSC THESIS**

**MACİDE KOÇ**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**CIVIL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: PROF. DR. ALİ HAYDAR KAYHAN)**

**DENİZLİ, FEBRUARY 2019**

The maximum displacement demand is one of the important parameters used for the seismic design and / or performance evaluation of structures under earthquake effect. Nonlinear time history analysis is the most efficient method for accurate estimation of maximum displacement demand. The ground motion record to be used for the analysis directly affects the results of the analysis. Therefore, the selection of appropriate ground motion records is of great importance for the correct estimation of the seismic behavior of the structures. In modern seismic codes, Turkish Building Earthquake Code (TBDY) is one of them, the regulations about time history analysis and selection of ground motion records for the analysis is given.

In this study, it was aimed to statistically evaluate the maximum displacement demands for single degree of freedom systems obtained by nonlinear time history analysis compatible with TBDY. The other aim of the study was to evaluate the effect of scaling of the ground motion records on maximum displacement demands. For this purpose, 28 single degree of freedom systems with different vibration periods and lateral strength ratios were considered. For the analysis of the single degree of freedom systems, 180 ground motion record sets compatible with local soil classes ZB, ZC and ZD defined in TBDY were used. Each of the set has 11 records. Totally, 55440 nonlinear time history analyses were performed.

The results show that the average and dispersion of the maximum displacement demands calculated using ground motion records in a record set were found to change randomly depending on the record set used for the analysis. In addition, the dispersion of the displacement demands within the record sets was significantly high. It was observed that scaling coefficient did not have a significant effect on the dispersion of the maximum displacement demands within the sets. It was also observed that the average of the maximum displacement demands calculated for different ground motion record sets compatible with the same target spectrum are low.

**KEYWORDS: Time History Analysis, Maximum Displacement Demand, Statistical Evaluation, Single Degree of Freedom Systems**

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ .....	v
SEMBOL LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemin Tanımı.....	2
1.2 Tezin Amacı .....	5
1.3 Literatür Çalışmaları.....	6
1.3.1 Ötelenme Taleplerinin Değerlendirildiği Çalışmalar .....	7
1.3.2 İvme Kaydı Seçimi ile İlgili Çalışmalar .....	12
1.4 Kapsam ve Yöntem .....	16
1.5 Tezin Organizasyonu.....	17
<b>2. ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ VE TEK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEMLER .....</b>	<b>19</b>
2.1 Giriş .....	19
2.2 Yapısal Analiz Yöntemleri .....	19
2.3 Doğrusal Olmayan Davranış .....	26
2.4 Doğrusal Olmayan Modelleme .....	27
2.5 Tek Serbestlik Dereceli Sistemlerin Hareket Denklemi.....	28
2.6 Çalışmada Kullanılan Tek Serbestlik Dereceli Sistemler .....	30
<b>3. TBDY İLE UYUMLU GERÇEK İVME KAYDI SETLERİ .....</b>	<b>32</b>
3.1 Giriş .....	32
3.2 TBDY’de Tanımlanan Zaman Tanım Alanında Analiz Koşulları .....	33
3.3 TBDY Tasarım İvme Spektrumları .....	35
3.4 İlave Kriterler ve Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı.....	39
3.5 TBDY ile Uyumlu İvme Kaydı Setleri.....	41
<b>4. DİNAMİK ANALİZ SONUÇLARI.....</b>	<b>47</b>
4.1 Giriş .....	47
4.2 TSD Sistemler için Dinamik Analiz Sonuçları .....	48
4.2.1 Maksimum Ötelenme Taleplerinin Saçılımı .....	52
4.2.2 Maksimum Ötelenme Taleplerinin Ortalaması.....	55
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>61</b>
<b>6. KAYNAKLAR.....</b>	<b>65</b>
<b>7. EKLER.....</b>	<b>73</b>
EK A. İvme Kaydı Setlerine ve Kayıtlara Ait Bilgiler.....	74
EK B. TSD Sistemler İçin Hesaplanan $\mu_m$ ve $CoV_m$ Değerleri .....	105
<b>8. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>108</b>



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 2.1: Binaya uygulanan tipik yatay yükleme ve tipik kapasite eğrisi .....	23
Şekil 2.2: İdealleştirilmiş gerilme-şekil değiştirme ilişkileri .....	26
Şekil 2.3: TSD sistemin matematiksel modeli .....	28
Şekil 2.4: Elastik-mükemmel plastik çevrimsel davranış modeli .....	31
Şekil 3.1: TBDY'ye göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri .....	38
Şekil 3.2: Zemin sınıfları için yatay elastik tasarım spektral ivmeleri.....	39
Şekil 3.3: ÖS1 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZB).....	43
Şekil 3.4: ÖS2 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZB).....	43
Şekil 3.5: ÖS3 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZB).....	44
Şekil 3.6: ÖS1 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZC).....	44
Şekil 3.7: ÖS2 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZC).....	45
Şekil 3.8: ÖS3 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZC).....	45
Şekil 3.9: ÖS1 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZD).....	45
Şekil 3.10: ÖS2 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZD).....	46
Şekil 3.11: ÖS3 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZD).....	46
Şekil 4.1: ÖS1 stratejisi ile elde edilen setlere ait $m_{\Delta}$ değerleri .....	52
Şekil 4.2: ÖS1 stratejisi ile elde edilen setlere ait $CoV_{\Delta}$ değerleri.....	52
Şekil 4.3: ZB ile uyumlu setlere ait $CoV_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması.....	53
Şekil 4.4: ZC ile uyumlu setlere ait $CoV_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması.....	53
Şekil 4.5: ZD ile uyumlu setlere ait $CoV_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması.....	54
Şekil 4.6: ZB ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması .....	56
Şekil 4.7: ZC ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması .....	57
Şekil 4.8: ZD ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması .....	57
Şekil 4.9: ZB ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ değerlerinin saçılımı .....	58
Şekil 4.10: ZC ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ değerlerinin saçılımı .....	59
Şekil 4.11: ZD ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ değerlerinin saçılımı.....	60

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 3.1: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	37
Tablo 3.2: 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	37
Tablo 3.3: TBDY’de tanımlanan yerel zemin sınıfları ve özellikleri. ....	38
Tablo 3.4: ZB sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri.....	41
Tablo 3.5: ZC sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri.....	42
Tablo 3.6: ZD sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri.....	42
Tablo 4.1: Örnek setler için $\Delta_{mak}$ , $m_{\Delta}$ , $CoV_{\Delta}$ değerleri .....	48
Tablo 4.2: ZB ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ ve $CoV_{\Delta}$ değerleri. ....	49
Tablo 4.3: ZC ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ ve $CoV_{\Delta}$ değerleri. ....	50
Tablo 4.4: ZD ile uyumlu setlere ait $m_{\Delta}$ ve $CoV_{\Delta}$ değerleri. ....	51
Tablo A.1: ZB için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	74
Tablo A.2: ZB için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	75
Tablo A.3: ZB için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	77
Tablo A.4: ZC için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	78
Tablo A.5: ZC için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	80
Tablo A.6: ZC için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	81
Tablo A.7: ZD için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	83
Tablo A.8: ZD için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	84
Tablo A.9: ZD için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri .....	86
Tablo A.10: ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler .....	88
Tablo A.11: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler .....	92
Tablo A.12: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler .....	99
Tablo B.1: ÖS1 ile elde edilen setler için $\mu_m$ (cm) ve $CoV_m$ değerleri.....	105
Tablo B.2: ÖS2 ile elde edilen setler için $\mu_m$ (cm) ve $CoV_m$ değerleri.....	106
Tablo B.3: ÖS3 ile elde edilen setler için $\mu_m$ (cm) ve $CoV_m$ değerleri.....	107

## SEMBOL LİSTESİ

$c$	: TSD sistemin sönümü
$C_{cr}$	: Kritik sönüm katsayısı
$CoV_{\Delta}$	: Maksimum ötelenme taleplerinin set için bulunan varyasyon katsayısı
$CoV_m$	: $m_{\Delta}$ değerlerinin varyasyon katsayısı
$F_1$	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
$F_s$	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
$F_y/W$	: Yatay dayanım oranı
$F_y$	: TSD sistemlerde yatay yük kapasitesi
$g$	: Yerçekim ivmesi
$k$	: TSD sistemin rijitliği
$k_o$	: TSD sistemin başlangıç rijitliği
$m$	: TSD sistemin kütlesi
$m_{\Delta}$	: Maksimum ötelenme taleplerinin set için bulunan ortalaması
$s_{\Delta}$	: Maksimum ötelenme taleplerinin set için bulunan standart sapması
$S_{ae}(T)$	: Yatay elastik tasarım spektral ivmeleri
$S_{D1}$	: 1.0 saniye periyot tasarım spektral ivme katsayısı
$S_{DS}$	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
$S_1$	: 1.0 saniye periyot harita spektral ivme katsayısı
$S_s$	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
$S(T)$	: Spektrum katsayısı
$t$	: Zaman
$T$	: Doğal titreşim periyodu
$T_A, T_B$	: Yatay elastik tasarım spektrumu köşe periyotları
$T_L$	: Sabit yerdeğiştirme bölgesi geçiş periyodu
$T_p$	: Binanın hâkim doğal titreşim periyodu
$W$	: Yapının deprem hesabına esas ağırlığı
$x$	: Yapının zamana bağlı deplasmanı
$\omega_d$	: Dairesel frekans
$\sigma$	: Normal gerilme
$\varepsilon$	: Eksenel birim şekil değiştirme
$\xi$	: Sönüm oranı
$\Delta$	: Deplasman
$\Delta_{mak}$	: Maksimum yatay ötelenme
$\mu_m$	: $m_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması
$\mu_{CoV}$	: $CoV_{\Delta}$ değerlerinin ortalaması

## ÖNSÖZ

Bu çalışmayı bana öneren, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımlarını esirgemeyen, hem akademik hem de ahlaki değerleri ile bana yol gösteren hocam, Prof. Dr. Ali Haydar KAYHAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez dönemi boyunca yardım ve destekleri ile yanımda olan, Araş. Gör. Ahmet DEMİR başta olmak üzere, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü akademik personeline çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, eğitim hayatım boyunca elini omzumda hissettiğim, her türlü zorlukları beraber aştığımız benim her şeyim olan annem Emine KOÇ'a ve tüm aileme sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2018FEBE039 nolu proje ile desteklenmiştir. Katkılarından dolayı Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Şubat 2019

Macide KOÇ  
(İnşaat Mühendisi)

*ANNEME...*

# 1. GİRİŞ

Geçmişte yaşanan büyük depremler, etkiledikleri yerlerde büyük yıkıma ve bunun sonucunda önemli can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Her sene meydana gelen depremlerin büyük çoğunluğu, yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirini zorladıkları levha sınırlarındaki dar kuşaklar üzerinde oluşmaktadır. Guatemala, Şili, Peru, Endonezya, İran, Çin, Meksika, Pakistan, Portekiz, İtalya, Japonya, Hindistan ve ABD gibi ülkeler, levha sınırlarında bulunan ve hasar ve kayıplara sebep olacak büyüklükte depremlerin görüldüğü ülkelerdir.

Türkiye, dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alır. Yüzölçümünün %42'si birinci derece deprem kuşağı üzerindedir. Deprem Bölgeleri Haritası'na göre (Özmen ve diğ. 1997), Türkiye yüzölçümünün %96'sı değişik düzeylerde deprem tehlikesine sahip alanlar içerisinde bulunmaktadır. Nüfusun %98'inin de bu bölgelerde yaşadığı bilinmektedir. 1900 yılından günümüze kadar, Türkiye'de meydana gelen depremler nedeniyle yaklaşık olarak 100,000 kişi yaşamını yitirmiş, 180,000 kişi yaralanmış ve 600,000 konut yıkılmış veya ileri derecede hasar görmüştür (Can ve Özmen 2010).

Görüldüğü gibi deprem, Türkiye'de ve dünyada bir doğa olayı olarak kaçınılmazdır. Fakat, çağdaş bilim ve teknolojiden faydalanarak depremlerde meydana gelecek hasarın tahmin edilebilmesi ve azaltılması için önlemler alınması, dolayısıyla meydana gelebilecek hasar ve can kayıplarını azaltmak mümkündür. Deprem mühendisliği açısından değerlendirildiğinde, depremi tanımak, depremin yapılara etkisini teorik ve deneysel çalışmalarla araştırmak ve araştırma sonuçlarını değerlendirmek önemli çalışma alanlarından. Araştırma sonuçları, gerek depreme dayanıklı yeni yapı tasarımı gerekse mevcut yapıların deprem performansının değerlendirilmesi ve depreme karşı güçlendirilmesine yönelik bilgilerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Son dönemlerde, deprem mühendisliği ile ilgili çalışmalarda performansa dayalı tasarım yaklaşımı ön plana çıkmıştır. Performansa dayalı tasarımın temel amaçlarından biri, yeni yapıların tasarımı veya mevcut yapıların değerlendirilmesi

için ile sismik hasarın daha gerçekçi olarak ifade edilebilmesidir. Performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile ilgili ilk temel dökümanlardan olan SEAOC Vision 2000'de (1995) tanımlanan tasarım yaklaşımlarından birisi de deplasmana dayalı tasarımdır. Bu yaklaşım geniş ölçüde benimsenmiş ve tasarım için hedef olarak maksimum çatı ötelenmesi, maksimum göreceli kat ötelenmesi, maksimum süneklik talebi gibi kavramlar kullanılmaya başlanmıştır (Ghobarah 2001). Benzer kavramlar mevcut yapıların performansının değerlendirilmesi amacıyla farklı performans seviyelerinin ve limit durumların tanımlanmasında da kullanılmıştır (Priestley ve diğ. 2007).

### **1.1 Problemin Tanımı**

Yapısal analiz için kullanılan paket program yazılımı konusundaki gelişmeler ve bilgisayarların bilgi işleme ve hesap yeteneklerinin hızlı bir şekilde artması sayesinde, çok serbestlik dereceli karmaşık yapı modellerinin zaman tanım alanında doğrusal elastik veya doğrusal elastik olmayan analizleri daha yaygın olarak yapılmaya başlanmıştır. Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının bulunduğu sayısal veri tabanlarının kolay ulaşılabilir hale gelmesi de zaman tanım alanında analiz için gerçek yer hareketi kayıtlarının daha fazla tercih edilmesine olanak sağlamıştır. Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center), kuvvetli yer hareketi veri bankasında bulunan deprem kayıtları kullanılan merkezlerden biridir. Burada, dünyanın çeşitli yerlerinde aktif tektonik faaliyet gösteren bölgelerde meydana gelen 92 sığ kabuksal depremden alınan 4.062 kayıt mevcuttur.

Depremin büyüklüğü, faylanma tipi, yerel zemin özellikleri, yer hareketinin süresi, depremin merkez üssü ile kayıt istasyonu arasındaki mesafe gibi özelliklere bağlı olarak yer hareketi kayıtları farklılaşmaktadır. Zaman tanım alanında analiz için kullanılacak yer hareketi kaydı ise analiz sonuçlarını ve buna bağlı olarak yapılacak tasarım ya da performans değerlendirmesini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, herhangi bir yapısal sistemin analizi için kullanılacak yer hareketi kaydının seçimi önemlidir. Yani, bir yapının bulunduğu bölgenin depremselliği ve yapının üzerinde bulunduğu yerel zemin koşulları ile uyumlu olacak şekilde yer hareketi kayıtlarının

seçilmesi, olası bir depremde o yapının göstereceği davranışı daha az hata ile tahmin edebilmek için gereklidir (Iervolino ve diğ. 2010; Kayhan ve diğ. 2011).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nin (TBDY 2018) de içinde bulunduğu modern deprem yönetmeliklerinin çoğunda tasarım ve performans değerlendirmesi için zaman tanım alanında analiz yönteminin de kullanılabilmesi öngörülmüş ve gerekli tanımlamalar yapılmıştır (DBYBHY 2007; EUROCODE-8 2004; FEMA-356 2000; ASCE 7-05 2006). Bu yönetmeliklerde, analiz için kullanılacak deprem yükleri bölgesel deprem tehlikesi ve yerel zemin koşulları ile uyumlu tasarım spektrumları ya da zaman tanım alanında analiz için seçilen ivme kayıtları ile temsil edilmektedir.

Zaman tanım alanında analiz için kullanılacak ivme kayıtları ile ilgili olarak tüm yönetmeliklerde aynı şekilde tanımlanmış detaylı koşullar yer almamaktadır. Bunun sebeplerinden birisi, zaman tanım alanında analizin mühendislik uygulamalarında nispeten yeni olması sebebi ile bu konuda yeterli bilgi birikiminin oluşmamış olmasıdır. Bu konudaki akademik araştırmaların da gelişim sürecinde olması sebebi ile yönetmeliklerde yer alacak ortak düzenlemeler için belirli bir zamana ihtiyaç olduğu söylenebilir. Dolayısıyla ivme kayıtlarının seçimi için genel olarak kabul gören ölçütler henüz ortaya konmamıştır.

Günümüzde zaman tanım alanında analiz ile ilgili fikir birliği, yönetmeliklerde tanımlanan tasarım spektrumları ile uyumlu olmak koşulu ile sentetik, yapay ya da gerçek ivme kayıtlarının kullanılabileceği konusundadır. Bunun yanı sıra, her yönetmelikte birkaç küçük koşul yer almaktadır. Yönetmeliklerde tanımlanan bölgesel tasarım spektrumları ile seçilen ivme kayıtlarının tepki spektrumlarının, belirli bir periyot aralığında uyumlu olması istenmektedir. Ancak, öngörülen periyot aralığı farklılık göstermektedir. Herhangi bir ivme kaydının tepki spektrumunun, belirli bir periyot aralığında, tasarım spektrumu ile uyumlu olması mümkün değildir. Bu sebeple, genellikle birden fazla ivme kaydı seçilmekte ve ölçeklendirilmektedir. Bu şekilde, seçilen ivme kayıtlarının spektrumlarının ortalaması ile tasarım spektrumunun uyumlu olması sağlanmaktadır.



Son dönemdeki çalışmalar göstermektedir ki; malzeme özellikleri, tasarım kabulleri ve deprem yer hareketi gibi sebeplerden kaynaklanan yapısal davranış belirsizliği içerisinde en büyük pay deprem yer hareketinindir (Padgett ve Desroches 2007). Esas olarak, depremden kaynaklanan yer hareketi hem konum hem de zaman olarak rastgele bir özellik göstermektedir. Bunun sebebi, fay kırılmalarına bağlı olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak ana kayaç ve zemin tabakalarından geçip herhangi bir yapının temel seviyesine ulaşıncaya kadar geçen sürecin doğasından kaynaklanan karmaşıklığıdır (Manolis 2002).

Zaman tanım alanında analiz için, örneğin TBDY’de tanımlanan koşullara ve tasarım ivme spektrumlarına uygun olarak seçilecek ve ölçeklendirilecek ivme kayıtlarından oluşan ivme kaydı setleri elde etmek mümkündür. Üstelik sayısal veri tabanlarındaki yüzlerce ivme kaydı içerisinde seçim yaparak, yönetmelik koşullarına uygun olacak şekilde birbirinden farklı ivme kaydı setleri oluşturmak da mümkündür (Iervolino ve diğ. 2008, Kayhan ve diğ. 2011, Kayhan 2012). Herhangi bir ivme seti için analiz sonucu elde edilecek yapısal tepkilerin ortalaması setteki ivme kayıtlarının her biri için elde edilecek analiz sonucuna bağlı olduğuna göre, yapısal tepkilerin ortalaması da kullanılacak ivme kaydı setine göre farklılık gösterecektir. Dolayısıyla, yapısal tepkilerin ortalaması yani tasarım ya da değerlendirme için kullanacağımız parametre, kullanılacak ivme kaydı setine göre değişen ve önceden tahmin edilemeyen bir rastgele değişken olmaktadır.

Belirli bir bölgedeki deprem tehlikesini temsil edecek şekilde ivme kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi önemlidir. İvme kayıtlarının etkin ve uygun bir şekilde seçilmesi deprem mühendisliğinin önemli çalışma konuları arasındadır. Modern deprem yönetmeliklerinde, dikkate alınan periyot aralığında bölgesel tasarım ivme spektrumları ile uyumlu olacak şekilde ivme kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi ile ilgili tanımlamalar yer almaktadır (Eurocode-8 1998, DBYBHY 2007, TBDY 2018).

Seçilen ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi amacıyla frekans tanım alanında veya zaman tanım alanında ölçekleme yöntemleri kullanılabilir. Frekans tanım alanında ölçekleme yönteminde ivme kaydının frekans içeriği değiştirilmektedir (Gasparini ve diğ. 1976, Carballo ve diğ. 2000). Bu durumda ivme

kaydının doğal özellikleri bozulduğundan, analiz sonucunda beklenmedik sonuçlarla karşılaşılması için dikkatli kullanılmalıdır. Zaman tanım alanında ölçekleme yönteminde ise kaydın sadece genliği değiştirilmektedir (Fahjan ve diğ. 2008, Naeim ve diğ. 2004, Iervolino ve diğ. 2008). Bu yöntem kullanılırken, ölçekleme katsayılarının uygun şekilde seçilmesine özen gösterilmelidir. Literatürde, yapısal analizlerde kullanılacak orjinal ivme kayıtları için seçilecek ölçeklendirme katsayılarının mertebesini ele alan çalışmalar mevcuttur. Genel olarak, orijinal kaydedilmiş hale yakın ivme kayıtlarının kullanılması amacıyla, mümkün mertebe düşük ölçeklendirme katsayılarının kullanılması tercih edilmektedir. Krinitzsky ve Chang (1977), eğer ivme kaydının ölçeklendirilmesi için 4 veya daha büyük ölçeklendirme katsayısı gerektiğinde bu kaydın kullanılmaması gerektiğini ifade etmektedir. Vanmarcke (1979), doğrusal elastik sistemler için ölçeklendirme katsayısının 4 ile sınırlandırılabilceğini ancak sınılaşma analizleri için bu katsayının 2 ile sınırlandırılmasını önermiştir. Şu ana kadar yapılan çalışmalarda da, ölçeklendirme katsayısının 2-4 arasında tercih edildiği söylenebilir (Bommer ve Acevedo 2004, Watson-Lamprey ve Abrahamson 2006).

Herhangi bir yapısal sistem, bulunduğu bölgenin depremselliği ve yerel zemin koşullarına bağlı olarak TBDY ile uyumlu olacak şekilde elde edilen farklı ivme kaydı setleri kullanılarak analiz edilirse, farklı setler için elde edilecek yapısal tepkilerin eğilimi ve saçılımı ne düzeyde olur? Farklı ivme setleri için elde edilecek yapısal tepkilerin eğilimi arasındaki fark hangi düzeydedir? Hem farklı setler için elde edilecek yapısal tepkilerin eğilimi ve saçılımı üzerinde hem de farklı ivme setleri için elde edilecek yapısal tepkilerin eğilimi arasındaki fark üzerinde, ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi için kullanılan ölçeklendirme katsayılarının mertebesinin bir etkisi var mıdır?

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu çalışmanın amaçlarından birisi, TBDY ile uyumlu olacak şekilde oluşturulmuş farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında analizler sonucunda elde edilecek ötelenme taleplerinin eğilimini ve saçılımını istatistiksel olarak değerlendirmektir. Çalışmanın diğer amacı ise, yapısal

analizlerden elde edilecek ötelenme taleplerinin eğilimi ve saçılımı üzerinde, ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesinde kullanılan ölçeklendirme katsayılarının mertebesinin etkisini değerlendirmektir. Bu amaçla, farklı titreşim periyodu ve yatay dayanım oranı özelliklerine sahip tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler ele alınmış ve bu sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler için farklı mertebede ölçeklendirme katsayılarına sahip ivme kaydı setleri kullanılmıştır.

TSD sistemler için, herhangi bir ivme setinde bulunan her bir ivme kaydı için ayrı ayrı maksimum ötelenme talepleri ( $\Delta_{mak}$ ) elde edilmiştir. Daha sonra her bir set için, setteki ivme kayıtları için elde edilen  $\Delta_{mak}$  değerlerinin ortalaması ( $m_{\Delta}$ ) ve standart sapması ( $s_{\Delta}$ ) hesaplanmıştır. Her bir ivme seti için hesaplanan  $m_{\Delta}$  ve  $s_{\Delta}$  değerleri ötelenme taleplerinin sırası ile eğilimini ve saçılımını değerlendirmek için dikkate alınmıştır.

### 1.3 Literatür Çalışmaları

Son yıllarda, yeni yapıların tasarımı ya da mevcut yapıların değerlendirilmesi alanında performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile ilgili olarak literatürde bulunan çalışmalardan bazıları, maksimum ötelenme ve görelî kat ötelenmesi taleplerinin elde edilmesi ve yorumlanması ile ilgilidir. Bu çalışmalarda yapısal analiz modelleri TSD sistemler, düzlem çerçeveler ya da üç boyutlu çerçeveler olarak dikkate alınmakta ve zaman tanım alanında analiz yöntemi ile ötelenme talepleri elde edilmektedir. Öte yandan, zaman tanım alanında analizlerde kullanılacak ivme kayıtlarının seçimi ile ilgili çalışmalar da literatürde yer almaktadır.

Tez çalışması ile uyumlu olarak bu kısımda, yapıların tasarım ve performans değerlendirmesi için zaman tanım alanında analiz yöntemi ile maksimum ötelenme ve görelî kat ötelenmesi taleplerinin elde edildiği ve değerlendirildiği çalışmalar ile ivme kayıtlarının seçimi ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir

### 1.3.1 Ötelenme Taleplerinin Değerlendirildiği Çalışmalar

SEAONC (1970) (Structural Association of Northern California), araştırma komitesi tarafından hazırlanan raporda, 1967 Venezuela depreminde kısmen göçen Charima binasının sismik davranışı zaman tanım alanında doğrusal hesap yöntemi ile analitik olarak değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde sismik taleplerin maksimum yer ivmesi değerinin dışında depremin birçok farklı karakteristik özelliğine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği belirtilmiştir. Çalışmada yüksek modların sismik davranışa olan etkilerinin de altı çizilmiştir.

Miranda (1999), çok katlı yapıların yatay deformasyon taleplerinin yaklaşık olarak tahmin edilebilmesi için bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem, maksimum ötelenme talebi ve maksimum görelî kat ötelenmesi talebinin hızlı bir şekilde tahminine olanak sağlamıştır. Çalışma amacı doğrultusunda dikkate alınan düzlem çelik çerçeve için, önerilen yaklaşık yöntem ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemin ötelenme talebinin tahmin edilmesinde iyi sonuçlar verdiği ve yeni yapıların ön tasarımında ya da mevcut yapıların hızlı değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilceği ifade edilmiştir.

Gupta ve Krawinkler (2000), çerçeve sistemlerin maksimum ötelenme ve maksimum görelî kat ötelenmesi taleplerinin birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral deplasman talebine bağlı olarak tahmin edilebilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Çalışma amacı doğrultusunda 9 çelik çerçevenin doğrusal ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri yapılmış ve ötelenme değerleri elde edilmiştir. Analizler için her biri 20 ivme kaydına sahip 3 ivme seti kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, maksimum ötelenme ve maksimum görelî kat ötelenmesi arasındaki ilişkinin, dikkate değer biçimde kat sayısına bağlı olduğu ifade edilmiştir.

Riddel ve diğ. (2002), TSD sistemlerin doğrusal olmayan zaman tanım analizi için 3 farklı çevrimsel davranış modeli (elastoplastik, bi-linear ve rijitlik azalması) kullanmıştır. Analizler için iki farklı ivme setinde toplam 95 ivme kaydı seçilmiştir. Çalışmada, elde edilen ötelenme taleplerinin ortalaması üzerinde kullanılan

çevrimsel modelin dikkate değer bir etkisi olmadığı, elastoplastik model ile ötelenme talebinin güvenli yönde kalacak şekilde tahmin edilebileceği ifade edilmiştir.

Korkmaz (2005), kapasite spektrumu yöntemi ile betonarme çerçeve yapılarının performans noktalarını belirlemiştir. Çalışmada 3, 5, 8 ve 15 katlı betonarme çerçeve yapılar ele alınmış, bu çerçeve yapılara üçgen ve dikdörtgen yanal yükleme tipleri ile itme analizi uygulanarak kapasite spektrumları elde edilmiştir. Ardından talep spektrumlarının elde edilmesi için dünya genelinden, yakın odaklı 8 farklı deprem seçilmiştir. Belirlenen talep spektrumları ve elde edilen kapasite spektrumları ile performans noktaları bulunmuştur.

Medina ve Krawinkler (2005), yakın fay ve ileri yönlenme etkisi olmayan yer hareketine maruz düzenli düzlem çerçevelerde ötelenme talepleri ve taleplerdeki belirsizliği incelemiştir. Çalışmada, sadece yer hareketinin frekans içeriğindeki farklılıkların belirsizliğe etkisi ele alınmıştır. Analizler için 40 ivme kaydı ile 3-18 katlı moment taşıyan düzlem çerçeveler kullanılmış, maksimum ve ortalama ötelenme talebi ile bunların yapı yüksekliği boyunca dağılımı değerlendirilmiştir. Ayrıca ötelenme talebinin yer hareketi şiddeti, baskın titreşim periyodu ve kat sayısına bağlılığı araştırılmıştır.

Garcia ve Miranda (2007), performansa dayalı tasarım için TSD sistemlerin maksimum ötelenme talebinin tahmini amacıyla kullanılacak olasılıksal bir yaklaşımın önerildiği bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, doğrusal olmayan davranış elastoplastik çevrimsel davranış modeli ile temsil edilmiş, analizlerde kaya ya da katı zeminlerde kaydedilen 240 ivme kaydı kullanılmıştır. Analiz sonuçları kullanılarak, doğrusal olmayan ötelenme oranının merkezi eğilimi ve değerlerin saçılımı değerlendirilmiştir. Ayrıca merkezi eğilim ve saçılımın tahmin edilebilmesi için basit bağıntılar önerilmiştir.

Mollaioli ve Bruno (2008), tek ve çok serbestlik dereceli sistemlerin doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri gerçekleştirilmiştir. Çok serbestlik dereceli sistemler düzlem çerçeveler ile temsil edilmiştir. Analizler için, boş sahada ya da iki kattan fazla yüksekliğe sahip olmayan binalarda bulunan kayıt istasyonlarında kaydedilen, 43 depreme ait toplam 868 gerçek ivme kaydı kullanılmıştır. Analiz

sonuçları üzerinde deprem büyüklüğü, kayıt istasyonu-deprem kaynağı mesafesi, yerel zemin durumu, süneklik, çevrimsel davranış parametrelerinin etkisi değerlendirilmiştir. Ayrıca, maksimum elastik ötesi ötelenme talebinin maksimum elastik ötelenme talebine oranı için basit bir denklem önerilmiştir.

Lin ve Miranda (2009), maksimum ötelenme talebinin tahmini için kullanılan eşdeğer doğrusal yöntemlerin performansının değerlendirilmesi amacı ile, periyodu 0.1s-3.0s arasında değişen elastoplastik davranışa sahip TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizler için 9 farklı depremden elde edilen 72 gerçek ivme kaydı kullanılmıştır. Zaman tanım alanında analiz ile elde edilen maksimum taleplerin eşdeğer doğrusal yöntem ile elde edilen taleplere oranının ortalaması ve saçılımı, periyot ve yatay dayanım oranının fonksiyonu olarak hesaplanmıştır.

Meral (2010), yüksek lisans tez çalışmasında, betonarme yapı stoğunu temsil eden düşük ve orta yükseklikteki betonarme binaların geçmiş depremlere ait ivme kayıtlarında oluşan yer değiştirme talepleri ile binaların mevcut kapasitelerini kıyaslayarak mevcut binaların performanslarını değerlendirmiştir. Çalışmada, düşük ve orta yükseklikteki binalar 2, 4 ve 7 katlı üç boyutlu betonarme binalar ile temsil edilmiştir.

Tekin (2010), yüksek lisans tez çalışmasında, TSD sistemlerin deprem tepkilerinin olasılıksal olarak tahminini amaçlamıştır. Çalışmada, titreşim periyodu 0.1s-5.0s arasında değişen TSD sistemler için hesaplanan maksimum tepkiye ait olasılık dağılımları önerilmiştir. Analizler için 51 depremden elde edilen toplam 317 ivme kaydına ait yatay bileşenler kullanılmıştır.

Fahjan ve diğ. (2011), 12 katlı bir betonarme yapının doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizini yaparak çatı ötelenmesi ve görelî kat ötelenmesi taleplerini incelemiştir. Bu amaçla, DBYBHY ile uyumlu 10 adet ölçeklendirilmiş gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. 7 depremden elde edilen sonuçların ortalaması, rastgele seçilen üçünün en büyüğü ve en düşük üç sonuç içerisinde en büyüğü alınarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizler için en az 7 deprem kaydı kullanılmasının ve

elde edilen sonuçlarının ortalamasının dikkate alınmasının daha doğru olacağı vurgulanmıştır.

Önür (2011), yüksek lisans tez çalışmasında, betonarme bina stoğunu temsil eden düşük ve orta yükseklikteki binalarda olası depremlerde oluşan deplasman taleplerini zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada mevcut binalar 2, 4 ve 7 katlı olarak temsil edilmiş ve 41 adet gerçek ivme kaydı kullanarak 984 adet zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz yapılmıştır.

Özmen (2011), doktora tez çalışmasında, Türkiye'deki mevcut betonarme yapıların genel dayanım ve deformasyon özelliklerinin belirlenmesi ve binalarda bulunan yapısal kusurların deprem performansı üzerindeki etkisinin değerlendirilmesini amaçlamıştır. Çalışmada, mevcut yapı stoğunu temsil eden üç boyutlu betonarme yapı modellerine ait eşdeğer TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler için farklı zeminlerde kaydedilen toplam 264 gerçek ivme kaydı kullanılmıştır. Değerlendirme amacıyla maksimum ötelenme talebi kullanılmıştır.

İnel ve diğ. (2013), Türkiye'deki mevcut bina stoğunun bir kısmını oluşturan 2, 4 ve 7 katlı betonarme binaları temsil eden üç boyutlu analiz modelleri ile bu binaların eşdeğer TSD modelleri için doğrusal elastik olmayan dinamik analiz ile elde edilen çatı seviyesi ötelenme taleplerini kıyaslamıştır. 19 gerçek ivme kaydı ve 24 üç boyutlu bina kullanılarak yapılan bu çalışma sonucunda, üç boyutlu modeller için elde edilenlere kıyasla eşdeğer TSD modeller için elde edilen ötelenme taleplerinin %20-40 oranında daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Kayhan ve Demir (2016a), DBYBHY ile uyumlu ivme setleri kullanarak TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizini gerçekleştirmiş ve elde edilen maksimum ötelenme taleplerini istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Bu amaçla, farklı doğal titreşim periyodu, yatay dayanım oranı ve çevrimsel davranış modeline sahip 36 adet TSD sistem dikkate alınmıştır. Doğrusal olmayan analizler için, Z1, Z2, Z3 sınıfı zeminlerin her biri ile uyumlu olacak şekilde yedi adet gerçek ivme kaydına sahip iki ivme kaydı seti kullanılmıştır. İvme seti içerisindeki

kayıtlardan elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, tüm TSD sistemler için dikkate değer bir saçılıma sahip olduğu görülmüştür. Ayrıca, farklı çevrimsel modeller için elde edilen taleplerin aynı ortalamaya sahip ana kitleden rastgele seçilmiş örnekler olduğu hipotezinin %95 güven düzeyi ile geçerli olduğu ifade edilmiştir.

Kayhan ve Demir (2016b) başka bir çalışmada, DBYBHY ile uyumlu farklı ivme kaydı setleri kullanarak düzlem çerçeveler için elde edilen maksimum ve görelî ötelenme taleplerini istatistiksel olarak incelemiştir. Çalışma kapsamında 3, 5 ve 7 katlı iki boyutlu betonarme çerçeveler dikkate alınmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, DBYBHY ile uyumlu farklı ivme kayıtları kullanıldığında farklı ötelenme talepleri elde edilebileceği görülmüştür. Bu sonucun dikkate alınan tüm zemin sınıfı ve betonarme çerçeve sistemler için geçerli olduğu ifade edilmiştir. İvme kayıtlarından elde edilen yapısal taleplerdeki saçılımın yüksek olduğu da çalışmanın sonuçlarından biridir.

Samanta ve Huang (2017), farklı ölçeklendirme metotlarının yüksek yapılardaki tepkilerin dağılımına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 34 katlı betonarme-çelik kompozit çerçeve sistemi kullanılmıştır. Çalışmada ivme kaydı çiftlerinin geometrik-ortalamasının ölçeklendirilmesi, her bir yer hareketlerinin ortalama spektrumla eşleştirilmesi, hedef spektral ivmeye birinci mod tabanlı ölçeklendirilmesi, maksimum-minimum ile uyumlu ölçeklendirme ve yüksek modların katkısını incelemek için spektrumla eşleştirilmesi yöntemi olmak üzere beş farklı ölçeklendirme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada, maksimum kat ivmeleri, ortalama kat spektral ivme değerleri ve maksimum görelî kat ötelenmelerinin medyan değerleri ele alınmıştır.

Palancı ve diğ. (2018), orta yükseklikteki betonarme binaları temsil eden beş katlı üç adet betonarme binanın doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizlerini gerçekleştirmiş ve maksimum global ötelenme oranı taleplerini istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Çalışmada, DBYBHY ile uyumlu olmak üzere, 7, 11 ve 15 ivme kaydına sahip farklı ivme kaydı setleri kullanılmıştır. İvme setinde yer alan kayıtlar için elde edilen ötelenme taleplerinin set içerisindeki saçılımının yüksek olduğu ve zemin sınıfının saçılım üzerinde bir etkisi olmadığı ifade edilmiştir. Ayrıca, belirli bir



sayıda gerçek ivme kaydına sahip bir katalogdan seçim yaparak elde edilecek ivme kaydı setleri için, sette yer alan ivme kaydı sayısının artması ile ötelenme taleplerinin saçılımının da arttığı, fakat set için hesaplanan ortalama ötelenme talebi üzerinde ivme kaydı sayısının herhangi bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır.

Kayhan ve diğ. (2018), DBYBHY ile uyumlu zaman tanım alanında analizlerden elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin istatistiksel olarak değerlendirildiği başka bir çalışmada, TSD sistemleri dikkate alınmıştır. Dikkate alınan her bir zemin sınıfı ile uyumlu olmak üzere 30'ar farklı ivme kaydı seti analizler için kullanılmıştır. Bu çalışmada da, ötelenme taleplerine ait saçılımın yüksek olduğu ifade edilmiştir. Doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz sonuçları karşılaştırılmış, sert zeminler üzerinde yer alan uzun periyoda sahip binaların deprem davranışının doğrusal olmayan statik analiz ile tahmininde özel bir dikkat gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca, yatay dayanım oranı ve periyot değerlerine bağlı olarak maksimum ötelenme talebinin tahmin edilmesi için doğrusal regresyon modelleri önerilmiştir.

### **1.3.2 İvme Kaydı Seçimi ile İlgili Çalışmalar**

Naeim ve diğ. (2004), belirli bir hedef spektrumla uyumlu ortalama ivme spektrumuna sahip ivme kaydı seti oluşturmak için, bir optimizasyon problemi olarak ele aldığı problemi genetik algoritmayı kullanarak çözmüş ve ivme kaydı setlerini elde etmiştir. Çalışma kapsamında 1496 adet ivme kaydı takımı kullanılmış ve 7 ivme kaydından oluşan ivme kaydı setleri üretilmiştir. Çalışmada ivme kaydı ölçekleme katsayıları 0.5-1.5 ve 0.2-2.5 arasında alınmıştır.

Baker ve Cornell (2005), her bir ivme kaydına ait spektral ivme,  $S_a(T_1)$  değerine göre ölçeklendirilen yer hareketlerinin spektrumları ve her bir yer hareketine ait spektrumların hedef spektrum ile daha iyi uyum sağladığında daha doğru yapısal tepkiler elde edileceğini belirtmiştir.

Fahjan (2008), deprem kayıtlarının seçilmesi ile ilgili genel yöntemleri ve kriterleri ayrıntılı olarak değerlendirmiştir. DBYBHY'de yer alan her bir sismik

bölge ve zemin sınıfı için belirlenen tasarım ivme spektrumuna uygun kayıtlar seçilirken depremin büyüklüğü, faylanma tipi ve zemin koşulları dikkate alınarak yapılan ön seçim sonrasında, DBYBHY’de tanımlanan yerel zemin sınıflarının her biri için 10 ivme kaydından oluşan ivme kaydı setleri elde edilmiştir.

Iervolino ve diğ. (2008), ivme setleri oluşturmak için Avrupa Kuvvetli Yer Hareketi Veritabanı’nda (Ambraseys ve diğ. 2004) bulunan kayıtlar arasından seçim yapmıştır. EUROCODE-8’de tarif edilen 5 zemin sınıfının her biri için, herhangi bir ivme kaydının iki yatay bileşeninden sadece birisinin seçildiği ve toplam 7 kayıttan oluşan ivme seti ile her kaydın iki bileşeninin de seçildiği ve toplam 14 kayıttan oluşan ivme takımı setleri elde edilmiştir.

Iervolino ve diğ. (2010), EUROCODE-8 ile uyumlu ivme kaydı setleri oluşturan REXEL adlı bilgisayar programı geliştirmiştir. Programda kayıtların seçileceği depremin maksimum ve minimum büyüklükleri ve faya olan mesafe ön seçim kriteri olarak kullanılabilir. Program, iki boyutlu analiz için 7 adet ivme kaydından oluşan, 3 boyutlu analiz için 7 adet ivme kaydı takımından oluşan setler oluşturabilmektedir.

Katsanos ve diğ. (2010) ivme kaydı seçimi için 2010 yılına kadar yapılan akademik çalışmalar ile ilgili olarak detaylı bir literatür araştırması yapılmıştır. Çalışmada literatürde var olan; spektrum ile uyumlu ivme kaydı seçimi, ivme kaydı özelliklerine dayalı ivme kaydı seçimi, yönetmelik kriterlerine dayalı ivme kaydı seçimi gibi konulardan oluşan çalışmalar ile ilgili geniş bilgi verilmiştir.

Jayaram ve diğ. (2011), koşullu ortalama spektrumun standart sapma değerlerini de dikkate alarak ivme kaydı seçiminde hedef spektrum olarak koşullu spektrum (Conditional Spectrum, CS) önermiştir. Çalışmada kullanılan koşullu ortalama spektrumun hem ortalaması hem de ortalama ve varyansı dikkate alınarak, bu iki farklı yöntem karşılaştırılmıştır. Çalışmada 40 adet benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılmış ve hedef spektrum için koşullu ortalama spektrum seçilmiştir. Çalışma sonuçlarını değerlendirmek için tek serbestlik dereceli sistemler ve 4 ve 20 katlı betonarme çerçeve sistemler dikkate alınmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, tek serbestlik dereceli sistemlerde ve betonarme çerçevelerde medyan tepkiler her iki

metot için benzer çıkarken, ortalama ve saçılım ise, ortalamanın yanında varyans da dikkate alındığında daha büyük çıkmıştır.

Kayhan ve diğ. (2011), EUROCODE-8 ile uyumlu ivme kaydı setleri elde edilen çalışmada 7 ivme kaydından oluşan ivme setleri için toplam 352 ivme kaydı arasından seçim yapmıştır. Zaman tanım alanında ölçekleme için ölçek katsayısı 0.5-2.0 arasında seçilmiştir. Ortalama spektrum ile hedef spektrum arasındaki oran ilgili periyot aralığında en fazla 1.1, en az 0.9 olacak şekilde ivme kayıtları seçilmiştir. EUROCODE-8’de tanımlanan zemin sınıflarının her biri için ölçeklendirilmiş ivme kayıtlarından oluşan 5 ayrı ivme kaydı seti elde edilmiştir.

Kayhan (2012), DBYBHY’te farklı zemin sınıfları için tanımlanmış elastik tasarım ivme spektrumları ile uyumlu olacak şekilde seçilen ve zaman tanım alanında ölçeklendirilen gerçek ivme kayıtlarından oluşan ivme kaydı setleri elde etmiştir. İvme setlerinde yer alan kayıt sayısı 10 ve 15 olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu şekilde, dikkate alınan her bir zemin sınıfı için 10 ayrı ivme kaydı seti oluşturulmuştur.

Katsanos ve Sextos (2013), analiz edilen yapıya özgü ivme kaydı seçimi yapan bir yazılım geliştirme amacı taşıyan çalışmalarında EUROCODE-8’de yer alan ivme kaydı seçim koşullarını da dikkate alan ISSARS adlı bir program geliştirmiştir. Programda, ivme kaydı seçimi 4 adımda yapılmaktadır. Bunlar; başlangıç ivme kaydı seçimi, optimizasyon kullanılarak ortalamanın spektrum ile uygun hale getirilmesi, dikkate alınan yapının performans analizi ve istenilen kriterlere uygun olarak bazı kayıtların setten çıkarılmasıdır. Çalışmada üçüncü adımda SAP2000 (SAP2000 2009) programı kullanılmıştır.

Zengin ve Akkar (2015) yaptıkları çalışmada, doğrusal olmayan yapısal tepkinin tahmininde kullanılacak yer hareketi kayıtlarının seçimi için yeni bir yöntem geliştirmişlerdir. Önerilen yöntemde ivme kaydı setleri hedef spektral talepteki saçılım değerine göre oluşturulmuştur. Çalışma da önerilen yöntemin uygunluğunu araştırmak için TSD sistemler kullanılmıştır. Çalışma sonuçları koşullu ortalama spektrum ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre önerilen ivme kaydı seçimine göre oluşturulacak setlerden elde edilecek medyan elastik deplasmanı %10 hata payı için

en az 25 adet deprem kaydı ile koşullu ortalama spektrumu kullanılırsa en az 15 adet ivme kaydı ile tahmin edilebilecektir.

Kayhan (2016), EUROCODE-8 ile uyumlu olarak ölçeklendirilmiş veya ölçeklendirilmemiş ivme kaydı setlerinin elde edilebilmesi için hibrit HS-Solver (Ayvaz ve diğ. 2009) algoritmasına dayanan bir yöntem önermiştir. Yöntemin uygulanmasına örnek olarak farklı zemin sınıfları dikkate alınarak, hem tek yönlü, hem de iki yönlü analizler için kullanılacak ivme kaydı setleri elde edilmiştir. Önerilen yöntemin, EUROCODE-8 ile uyumlu ivme kaydı setlerinin elde edilmesinde etkin bir araç olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Macedo and Castro (2017), ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirmesi için SeIEQ adlı bilgisayar programı geliştirmiştir. Çalışmada, ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirmesi için yaygın olarak kullanılan yönetmeliklerle uyumlu ivme kaydı seçimi ve son yıllarda önerilen ve kullanılan koşullu ivme spektrumları ile uyumlu ivme kaydı seçimi gerçekleştirilmiştir. Programda sırası ile sismolojik karakteristik, ön seçim ve ivme kaydı setlerinin oluşturulması basamakları işletilmektedir. Program ayrıca Avrupa'nın tüm bölgeleri için koşullu ivme spektrumunu oluşturmak amacı ile probabilistik sismik tehlike analizi de yapmaktadır.

Reyes ve diğ. (2018), üç boyutlu binaların doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri için ASCE 7-10 (2010) yönetmeliğinde yer alan ivme kaydı ölçeklendirme yaklaşımının geliştirilmesi amacıyla bir yöntem önermiştir. Yöntemin etkinliğinin değerlendirilmesi amacıyla dokuz adet planda düzensiz betonarme binanın analizleri gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin, özellikle planda düzensiz binaların deprem davranışının daha doğru tahmin edilebilmesi kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Shakeri ve diğ. (2018), yapının daha yüksek modlarının zaman tanım alanında analiz için seçilen ivme kayıtlarını ölçeklendirmedeki etkisinin dikkate alınması amacıyla, doğrusal olmayan statik analiz sonuçlarını gözönünde bulunduran yeni bir ölçeklendirme yöntemi önermiştir. Yöntem, eşdeğer TSD sistemin herhangi bir kayıttan elde edilecek maksimum yerdeğiştirmesinin, hedef yerdeğiştirmeye eşit olması esasına göre kaydın ölçeklendirilmesi esasına dayanmaktadır. Önerilen

yöntemin uygulanmasına örnek olması için, üçü düzenli ve biri düzensiz, dört yüksek yapının analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları, önerilen yöntemin önemli yüksek mod etkilerine sahip yapılar için sismik talep parametrelerinin tahmininde oldukça etkili olduğunu göstermiştir.

#### 1.4 Kapsam ve Yöntem

Tezin amacı doğrultusunda, TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Analizler, TBDY ile uyumlu ivme kaydı setleri kullanılarak yapılmıştır. Analizler sonucunda ivme setlerinde yer alan her bir ivme kaydı için maksimum ötelenme talepleri ( $\Delta_{mak}$ ) elde edilmiştir. Daha sonra maksimum ötelenme taleplerinin, set için ortalaması ( $m_{\Delta}$ ) ve standart sapması ( $s_{\Delta}$ ) hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılacak ivme kaydı setleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi temsil eden (TBDY’de tanımlanan DD-2 deprem düzeyi) ve Denizli il sınırları içerisinde bulunan bir konum dikkate alınarak elde edilmiştir. Türkiye Deprem Tehlike Haritası’ndan ilgili konum için alınan  $S_s$  ve  $S_l$  değerleri dikkate alınarak elde edilen tasarım ivme spektrumları (hedef spektrum) ile uyumlu olacak şekilde ivme kaydı setleri elde edilmiştir.

Yerel zemin sınıfları ZB, ZC ve ZD için tanımlanmış hedef spektrumlar ayrı ayrı dikkate alınmış ve her bir zemin sınıfı için 60 farklı ivme kaydı seti elde edilmiştir. İvme kaydı setleri üç farklı ölçeklendirme stratejisi kullanılarak ayrı ayrı elde edilmiştir: a) ölçeklendirme katsayıları 1.00’e eşittir, b) ölçeklendirme katsayıları 0.50-2.00 arasındadır ve c) ölçeklendirme katsayıları 0.25-4.00 arasındadır. Her bir ölçeklendirme stratejisi için 20 farklı ivme kaydı seti kullanılmıştır. Sonuç olarak analizlerde her bir zemin sınıfı için 60 ivme kaydı seti ve toplam 180 ivme kaydı seti kullanılmıştır. Her bir ivme kaydı setinde 11 ivme kaydı bulunmaktadır.

İvme setleri için kayıtlar Avrupa Kuvvetli Yer Hareketi Veritabanı (Ambraseys ve diğ. 2004), Resorce (Akkar ve diğ. 2014) ve PEER kuvvetli yer hareketi veri tabanından (Ancheta ve diğ. 2014) seçilmiştir.

Tez çalışmasında dikkate alınan TSD sistemlerin doğal titreşim periyodu 0.6s-1.2s arasında (0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2) değişmektedir. Sistemlerin yatay yük kapasitelerinin, deprem hesabına esas ağırlığına oranı, yatay dayanım oranı olarak tanımlanmaktadır ( $F_y/W$ ). Yatay dayanım oranı açısından da geniş bir aralığı taramak amacıyla, her bir doğal titreşim periyodu için 0.10 ile 0.19 arasında değişen (0.10, 0.13, 0.16, 0.19) yatay dayanım oranına sahip TSD sistemler dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, periyot ve yatay dayanım oranı dikkate alındığında, tez çalışmasında 28 adet TSD sistem kullanılmıştır.

TSD sistemlerin doğrusal olmayan davranışı için dikkate alınan model genelde akademik çalışmalarda referans model olarak kullanılan Elastik-Mükemmel Plastik (EMP) modeldir (FEMA 356 2000). ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminler dikkate alınarak elde edilen tüm ivme setleri için, bu TSD sistemlerin analizi yapılmıştır. Analizler için Prism v2.0.1 (Jeong ve diğ. 2010) programı kullanılmış ve analizlerde sönüm oranı %5 seçilmiştir. TSD sistemler için 55440 analiz gerçekleştirilmiştir.

## 1.5 Tezin Organizasyonu

Tezin birinci bölümünde, tez çalışmasında ele alınan problem tanımlanmış ve tez konusu ile ilgili olarak literatürde yer alan çalışmalardan örnekler verilmiştir. Ayrıca tezin amacı, kapsamı ve kullanılan yöntem açıklanmıştır.

İkinci bölümde, yapısal analiz için kullanılan yöntemler, doğrusal olmayan modelleme ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile ilgili bilgiler verilmiştir. Bu bölümde ayrıca, tez kapsamında kullanılacak olan TSD sistemler ile bu sistemlere ait doğrusal olmayan analiz modeli ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, TBDY'de yer alan, zaman tanım alanında analiz ve analizde kullanılacak ivme kayıtlarının özellikleri ile ilgili tanımlamalar verilmiştir.

Ayrıca, tez çalışmasında kullanılmak amacı ile TBDY ile uyumlu olacak şekilde elde edilen ivme kaydı setlerine ait bilgiler sunulmuştur.

Dördüncü bölümde, TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz sonuçları verilmiştir. Bu bölümde, maksimum ötelenme taleplerinin eğilimi ve saçılımı ile bu parametreler üzerinde ölçeklendirme katsayılarının etkisi değerlendirilmiştir.

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

## **2. ZAMAN TANIM ALANINDA ANALİZ VE TEK SERBESTLİK DERECELİ SİSTEMLER**

### **2.1 Giriş**

Bu bölümde, yapısal analizde kullanılan analiz yöntemleri, doğrusal olmayan modelleme, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ve çalışmada kullanılan tek serbestlik dereceli sistemler ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Özellikle büyük depremlerin gözlenebileceği bölgelerde yapıların deprem etkisi altında hiç hasar görmeden tasarlanabilmesi ekonomik açıdan pek mümkün değildir. Bu durumda, ekonomik tasarım çözümlerine ancak yapıda oluşabilecek hasarın baştan kabul edilmesi ile ulaşılabilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus ise, deprem sebebi ile oluşacak hasarın sınırlı ve deprem sonrasında giderilebilir mertebede olmasıdır. Özellikle can güvenliğinin kesinlikle sağlanması gerekir. Dolayısıyla, tasarım depremi etkisi altında yapıda hasar oluşmasına izin verilmekte ancak meydana gelecek hasarın hiçbir şekilde yıkılma ya da göçme riski yaratmaması beklenmektedir (Canbay ve diğ. 2008).

Yapıların tasarımı için gerekli veriler yani taşıyıcı sistem elemanlarında oluşması beklenen iç kuvvetler ve deformasyonlar, uygun olarak hazırlanacak yapısal modellerin belirlenen yükler altında analizi ile elde edilmektedir. İç kuvvetler ve deformasyonlara bağlı olarak tasarım ve kapasite kontrolleri yapılmaktadır. Yapısal analiz için kullanılan yöntemler genel olarak, yapıya etkiyen yüklerin ve malzeme davranışının dikkate alınmasında yapılan kabullere göre sınıflandırılmaktadır.

### **2.2 Yapısal Analiz Yöntemleri**

Malzeme davranışı ile ilgili kabule bağlı olarak analiz yöntemleri doğrusal elastik ve doğrusal elastik olmayan analiz olarak iki genel gruba ayrılabilir. Doğrusal



elastik analiz yöntemlerinde, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik davranış gösteren bir malzemedan oluştuğu kabul edilir. Doğrusal elastik olmayan analiz yöntemlerinde ise taşıyıcı sistem elemanlarının davranışında, malzemenin doğrusal olmayan davranışı da dikkate alınmaktadır. Bu iki genel analiz yöntemi de kendi içerisinde statik ve dinamik analizler olarak ikiye ayrılabilir. Statik analiz yöntemlerinde yapıya etkiyen yükler başlangıçta belirlenmekte ve analiz boyunca değişmemekte, dinamik analiz yöntemlerinde ise yapıya zamanla değişen yükler uygulanmaktadır. Yapısal analiz sonucunda elde edilmesi gerekli bilgilere bağlı olarak, uygulanacak analiz yöntemi seçilmektedir. Sonuç olarak yapısal analizler için dört genel başlıkta toplanabilecek ve aşağıda verilen analiz yöntemleri kullanılmaktadır:

- a. Doğrusal statik analiz
- b. Doğrusal dinamik analiz
- c. Doğrusal olmayan statik analiz
- d. Doğrusal olmayan dinamik analiz

Doğrusal yöntemler, yönetmeliklerin birçoğunda yer alan ve yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir: eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemi ve zaman tanım alanında doğrusal analiz. Bu yöntemlerden eşdeğer deprem yükü yöntemi statik, diğerleri ise dinamik analiz yöntemidir. Doğrusal yöntemler genel olarak kuvvet esaslı tasarım ya da değerlendirme amacı ile kullanılırlar. Analizler için, yapısal modelin oluşturulmasında kullanılacak taşıyıcı sistem geometrisi, eleman ön boyutları, malzeme özellikleri ve dikkate alınacak yükler gibi verilere ihtiyaç bulunmaktadır.

Doğrusal olmayan hesap yöntemlerine tek modlu itme yöntemleri, çok modlu itme yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi örnek olarak verilebilir. Bu yöntemler genel olarak şekil değiştirme esaslı (performans esaslı) tasarım ya da değerlendirme amacı için kullanılırlar. Doğrusal olmayan analizler için, doğrusal analizlerde taşıyıcı sistem modelini oluşturmak için gerekli bilgilere ek olarak, taşıyıcı sistem elemanlarının donatı düzenlerinin de bilinmesi

gerekir. Ek bilgiler, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışlarının modele yansıtılması için kullanılır. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin en önemli avantajı, hem taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal ötesi davranışlarının dikkate alınabilmesi, hem de artan yükler altında taşıyıcı sistem elemanları kapasitelerine ulaştıkça bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara nasıl dağıldığının değerlendirilebilmesidir.

Doğrusal statik analiz:

Doğrusal statik analiz, anlaşılması kolay ve uygulaması nispeten basit bir analiz yöntemidir. Taşıyıcı sistem modelinin analizlerinde düşey yükler ile beraber gerekiyorsa deprem ve rüzgar gibi etkiler birlikte ele alınır. Deprem ve/veya rüzgar yükleri, eşdeğer statik yüke dönüştürülerek taşıyıcı sistem modeline etkililir. Dikkate alınan yüklerin ortak etkisi altında, elemanlarda oluşan kesit tesirleri ve düğümlerde oluşan yer değiştirmeler belirlenir. Kuvvete dayalı yaklaşımlara esas oluşturan analiz, yürürlükte olan deprem yönetmeliklerinde belirtilen koşullara bağlı olarak yapılır. Yönetmeliklerde tanımlanan farklı yük kombinasyonları için yapılan analizler sonucunda maksimum kesit tesirleri ve yer değiştirmeler belirlenir. Bu bilgiler, eleman kapasite kontrolleri ve yer değiştirme ile ilgili olarak tasarım için gerekli kontroller amacıyla kullanılır.

TBDY’de tanımlanan Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, doğrusal statik analiz yöntemlerine bir örnektir. Yöntem, bazı kısıtlamalarla belirli tür taşıyıcı sistemlere uygulanabilmektedir. Yöntem binanın birbirine dik deprem doğrultularında binaya etkileyen depremler için ayrı ayrı uygulanmaktadır. Yöntemde, binanın gözönüne alınan deprem doğrultusunda, binaya etkileyen toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı için ilgili doğrultudaki hâkim titreşim modu gözönüne alınarak hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmesi ve binanın deprem hesabına esas toplam kütlesi dikkate alınmaktadır. Daha sonra katlara etkileyen eşdeğer deprem yükleri belirlenmektedir. Azaltılmış tasarım spektral ivmesi, yatay elastik tasarım spektral ivmesinin deprem yükü azaltma katsayısına bölümü ile elde edilmektedir. Doğrusal elastik deprem yüklerinin azaltılmasında esas alınacak deprem yükü azaltma katsayısı ise, yapının deprem etkisi altında ortaya çıkacak doğrusal olmayan davranışı göz önüne alınarak,

taşıyıcı sistem niteliğine bağlı olarak (taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve bina önem katsayısı ile tanımlanmaktadır) belirlenmektedir.

Doğrusal dinamik analiz:

Zamanla değişen yüklerin uygun biçimde yapısal analizde kullanılması için dinamik analiz yöntemleri kullanılmaktadır. TBDY’de tanımlanan Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi doğrusal dinamik analiz yöntemlerine örnektir. Bu yöntemlerin hesap tekniği tamamen elastik davranışa dayanır. TBDY’de, bu hesap yöntemlerinde hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı, birbirine dik deprem doğrultularında her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin büyüklüklerinin toplamının bina toplam kütlelerinin %95’inden daha az olmaması koşuluna göre belirlenmektedir.

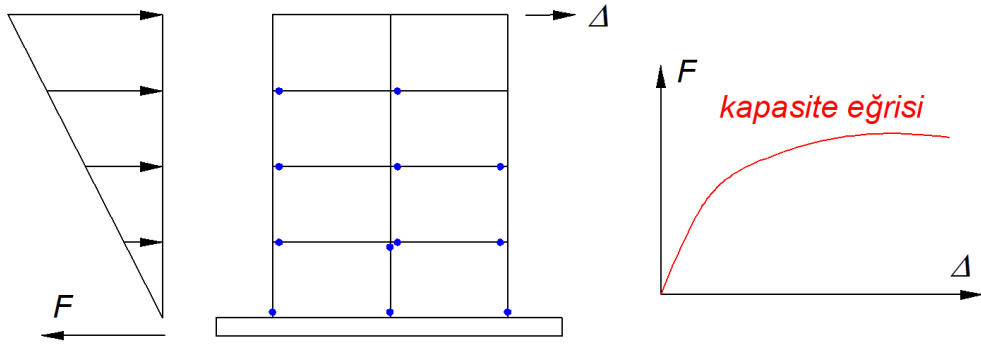
Mod Birleştirme Yöntemi’nde, verilen bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak gözönüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan, ancak eşzamanlı olmayan en büyük modal davranış büyüklükleri (yerdeğiştirme, görelî kat ötelenmesi, iç kuvvet bileşeni) daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilir.

Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi’nde, depremin eşzamanlı olarak birbirine dik iki yatay doğrultuda etkidiğinin gözönüne alınması durumunda, her bir titreşim moduna ait modal davranış büyüklükleri (yerdeğiştirme, görelî kat ötelenmesi, iç kuvvet bileşenleri) zaman tanım alanında modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan eşzamanlı modal davranış büyüklükleri daha sonra zaman tanım alanında doğrudan toplanarak davranış büyüklüklerinin zamana göre değişimi ve tasarımda esas alınmak üzere en büyük değerleri elde edilir. Bu yöntemde, mod katkıları doğrudan zaman tanım alanında toplandığından istatistiksel mod birleştirme kurallarının uygulanmasına gerek kalmamaktadır. Ayrıca, aynı anda birbirine dik yatay yer hareketi bileşenlerinin gözönüne alınabilmesi nedeni ile yaklaşık doğrultu birleştirmesi kurallarının uygulanmasına da gerek kalmamaktadır. Bu yöntem ile yapılacak doğrusal

hesaplarda en az 11 deprem yer hareketi takımı kullanılacaktır. Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sistemin birbirine dik asal eksenleri doğrultusunda aynı anda birlikte etki ettirilecektir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri  $90^\circ$  döndürülerek hesap tekrarlanacaktır. Davranış büyüklükleri, yapılan en az  $2 \times 11 = 22$  hesabın her birinden elde edilecek sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak bulunacaktır.

Doğrusal olmayan statik analiz:

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinde amaç olası bir depremde yapı elemanlarında meydana gelecek doğrusal elastik ötesi deformasyonların ve yapı davranışının daha gerçekçi olarak tahmin edilmesidir. Yapıların deprem etkisi altındaki doğrusal elastik olmayan yatay yük kapasitesini ve deplasman sünekliğini, deprem yer hareketinden bağımsız olarak hesaplayabilmek için statik itme analizi olarak adlandırılan bir yöntem geliştirilmiştir (ATC-40 1996). Bu yöntemde öncelikle yapıya, deprem hesabına esas düşey yükler uygulanır. Daha sonra ilgili deprem doğrultusunda uygun bir yatay yük dağılımı seçilir. Genellikle birinci mod şekli ile uyumlu dağılım veya yönetmeliklerde öngörülen yük dağılımları kullanılmaktadır. Seçilen yük dağılım şekli korunarak yatay yükler adım adım artırılır. Her bir adımda, yapının düğüm deplasmanları, elemanların iç kuvvetleri ve şekil değiştirmeleri hesaplanır. Her bir adımda belirli bir dağılım ile uygulanan toplam yatay yük ile yapının en üst katının yatay ötelenmesi arasındaki ilişkiyi gösteren eğriye kapasite eğrisi adı verilir. Kapasite eğrisi, artan yatay yük etkisi altında yapının sergileyeceği davranışı temsil eder. Şekil 2.1’de tipik ters üçgen yatay yük dağılımı ve bir yapı için elde edilmiş tipik bir kapasite eğrisi verilmiştir.



Şekil 2.1: Binaya uygulanan tipik yatay yükleme ve tipik kapasite eğrisi

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi yapı, nispeten düşük deprem yükleri etkisinde yani analizin ilk adımlarında doğrusal davranış göstermektedir. Deprem yükleri arttıkça taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışına bağlı olarak kapasite eğrisi değişmektedir. Eğrinin son noktası yapının yük taşıma kapasitesini koruduğu son duruma karşılık gelmektedir. Kapasite eğrisi, taşıyıcı sistemlerin yatay yük taşıma kapasitesi ve yatay deplasman yapabilme kapasitesinin göstergesi olmakla beraber yapının farklı deprem yüklemeleri altındaki davranışını da temsil etmektedir. Bu noktada, eğrinin düşey ekseninin farklı deprem etkilerini temsil ettiğini belirtmek gerekir.

Statik itme analizinde, yapının gözönüne alınan deprem etkisindeki durumu, oluşması beklenen çatı deplasmanı değeri elde edilerek kontrol edilir. Gözönüne alınacak depremi temsil eden etkiler ve ilgili yapısal tepkilerin hesabı için Kapasite Spektrumu Yöntemi (ATC-40 1996) ve Deplasman Katsayıları Yöntemi (FEMA-356 2000) gibi yöntemler geliştirilmiştir ve bu yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde doğrusal olmayan statik yöntemler çoğunlukla mevcut yapıların performans değerlendirmesinde kullanılmakla beraber depreme dayanıklı yapı tasarımında da kullanılmaya başlamıştır.

TBDY’de tanımlanan Tek Modlu İtme Yöntemleri ve Çok Modlu İtme Yöntemi, doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerine örnek olarak verilebilir. Bu yöntemlerde, öncelikle deprem dışı yüklemeler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve şekildeğiştirmeler ise, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak gözönüne alınacaktır. Bu yöntemler ile yapılan hesap sonucunda elde edilen sünek davranışa karşı gelen değerlendirmeye esas plastik şekildeğiştirmeler (örneğin plastik dönmeler) ile sünek olmayan (gevrek) davranışa karşı gelen iç kuvvetler, seçilen performans düzeyi için izin verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak şekildeğiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır.

Doğrusal olmayan dinamik analiz:

Deprem etkisi altındaki bir yapının doğrusal olmayan davranışını en gerçekçi biçimde tahmin edebilmek için zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi ile yapının doğrusal

elastik ötesi davranışı, yapı elemanlarının ve yapının hasar görme mekanizması, yapı elemanlarındaki deformasyonlara bağlı olarak yapıya etkiyen yüklerin yapı elemanları arasında yeniden dağılımı gibi konularda yapının gerçek davranışına en yakın sonuçların elde edilmesi mümkündür.

Bu yöntemde, yapıya etkiyen zamana bağlı yükler altında, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı göz önüne alınarak oluşturulan sistem hareket denklemini ifade eden diferansiyel denklem takımı adım adım çözülmektedir. Yani diferansiyel denklem takımı zaman artımları ile adım adım doğrudan integre edilmektedir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi gözönüne alınmaktadır. Analiz sırasında her bir adımda sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler hesaplanmaktadır. Böylece, bu büyüklüklerin deprem taleplerine karşılık gelen maksimum değerleri elde edilmektedir. Yapının yer hareketi etkisinde analizi için hem yapısal modelin hem de yer hareketinin temsil edilmesi gerekmektedir.

Eğer yapısal sistemin hareket esnasındaki konumu tek bir parametre ile temsil edilebilecekse o halde sistemin tek serbestlik dereceli olduğu kabul edilir. Genel olarak yapı sistemlerinin yer hareketi etkisindeki davranışı ise çok serbestlik dereceli sistemler olarak temsil edilecek analiz modelleri kullanılarak belirlenmektedir. Çok serbestlik dereceli sistemler ise gerektiğinde iki boyutlu gerektiğinde ise üç boyutlu olarak modellenmektedir (Celep ve Kumbasar 2004).

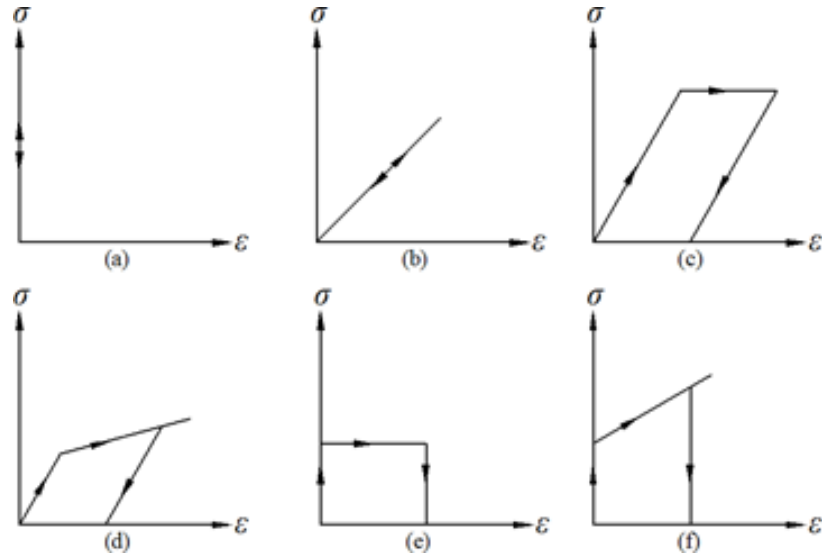
TBDY'ye göre, zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az onbir deprem yer hareketi takımı kullanılacaktır. Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı birbirine dik asal eksenleri doğrultusunda aynı anda birlikte etki ettirilecektir. Daha sonra ivme kayıtlarının eksenleri 90° döndürülerek hesap tekrarlanacaktır. Bu yöntemde de öncelikle deprem dışı yüklemeler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve doğrusal olmayan şekilde değişimler (yeni yapılan binalarda izin verilmez), deprem hesabında başlangıç değerleri olarak gözönüne alınacaktır. Sünek davranışa sahip elemanlarda değerlendirmeye esas şekilde değişim talepleri ile sünek davranışa sahip olmayan elemanlarda değerlendirmeye esas iç kuvvet talepleri,

yapılan analizlerin (en az  $2 \times 11 = 22$  analiz) her birinden elde edilen sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak hesaplanacaktır.

### 2.3 Doğrusal Olmayan Davranış

Doğrusal olmayan analizlerin en temel özelliği, daha önce de bahsedildiği gibi malzemenin ve dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışlarının analizlerde dikkate alınmasıdır. Dolayısıyla, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışının uygun bir şekilde analiz modelinde tanımlanması gerekir. Doğrusal olmayan davranış için temel veriler ise malzemenin gerilme-şekil değiştirme ilişkilerinden elde edilir.

Doğada bulunan malzemelerin gerçek gerilme-şekil değiştirme ilişkisi genel olarak doğrusal değildir ve malzeme özelliğine bağlı olarak karmaşık bir değişim sergiler. Malzemelerin bütün özelliklerini göz önüne alan bir teori kurup hesap yapmak pratik bakımdan çok zordur. Bu nedenle, malzemelerin etkin özellikleri göz önüne alınarak değişik yaklaşıklık seviyelerinde sonuç elde edebilmek amacı ile basit malzeme idealleştirmeleri yapılır. Şekil 2.2’de tek eksenli gerilme halinde yapılan idealleştirilmeden bazıları verilmiştir (Bakioğlu, 2001).



Şekil 2.2: İdealleştirilmiş gerilme şekil değiştirme ilişkileri

Şekil 2.2 (a)'da verilen rijit malzemede gerilme arttığında veya azaldığında şekil değiştirme gözlenmezken (b)'de verilen gerilme-şekil değiştirme ilişkisi doğrusaldır ve yük arttıkça artan elastik deformasyon gözlenir. Yük kaldırıldığında ise elastik deformasyon döner. (c)'de elasto-plastik davranış söz konusudur. Cisim akma sınırına kadar elastik davranış sergiler, akma sınırından sonra ise plastik davranış gözlenir. Uygulanan yük kaldırıldığında, elastik deformasyon geri dönerken plastik deformasyonlar kalır. Akma sınırından sonra pekleşme gözlenen elasto-plastik davranışta (d) ise akma sınırından sonra gerilmeler sabit kalmamakta, artmaktadır. Rijit plastik davranış ile (e), pekleşen plastik davranış (f) özellikleri birbirine benzemektedir. İkisinde de akma anına kadar elastik deformasyon gözlenmemektedir. Bu iki davranışın farkı plastik bölgede deformasyon artarken gerilmenin artıp artmayacağıdır.

Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı da kullanılan malzemelerin yani betonun ve donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme ilişkilerine bağlıdır.

Betonun gerilme-şekil değiştirme eğrisi, betonun sargılı olup olmadığı yani yanal basınç etkisinin bulunup bulunmadığı, betonun basınç dayanımı, enine donatının hacimsel oranı, yükleme hızı ve biçimi gibi çok sayıda parametreden etkilenmektedir. Bu sebepten dolayı her durumu temsil eden tek bir gerilme-şekil değiştirme eğrisinin tanımlanması mümkün değildir. Ancak doğrusal olmayan davranışın belirlenebilmesi için de betonun gerilme-şekil değiştirme eğrilerine ihtiyaç vardır. Literatürde betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi için birçok model önerilmiştir (Kent ve Park 1969, Mander ve diğ. 1988, Sheikh ve Uzumeri 1982).

## 2.4 Doğrusal Olmayan Modelleme

Doğrusal olmayan analiz için, yapısal modelde yer alan taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışının da tanımlanması gerekir. Bunun için yapı geometrisi, malzeme, taşıyıcı sistem elemanının enkesit boyutları, yükler, düğümlere ilişkin sınır şartları vb. yanında taşıyıcı sistem elemanlarının boyuna ve enine donatı düzenlerinin bilinmesi gerekmektedir.

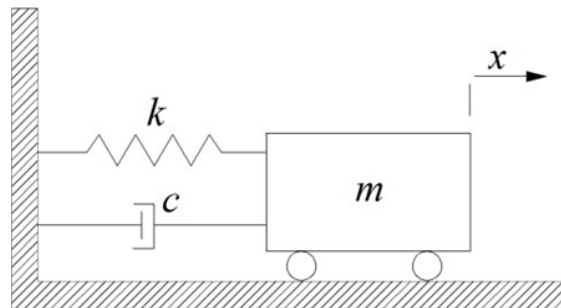


Çubuk elemanlardan oluşan taşıyıcı sistemlerde, elemanların doğrusal olmayan davranışı, elemanların uç noktalarında tanımlanan plastik mafsallarla temsil edilmektedir. Plastik mafsal özellikleri ise analiz esnasında elemanlarda oluşacak kesit tesirleri ve deformasyonlara bağlı olarak belirlenmektedir. Eksenel yükün ihmal edilebildiği kirişlerde eğilme mafsallarının, eksenel yükün de davranış üzerinde etkili olduğu kolon ve perdelerde ise eksenel yük ile eğilme momentlerinin etkileşiminin gözönüne alınabildiği mafsallar tanımlanmalıdır. Taşıyıcı sistem elemanlarına etkiyen kesme kuvvetinin de gözönüne alınması gereken durumlarda kesme mafsallarının da tanımlanması gerekir.

Taşıyıcı sistem elemanlarının plastik mafsal özelliklerinin belirlenmesinde dikkate alınacak mafsal türüne bağlı olarak kuvvet – deplasman ilişkisi kullanılmaktadır.

## 2.5 Tek Serbestlik Dereceli Sistemlerin Hareket Denklemi

Serbestlik derecesi, yapının titreşim durumundaki konumunun belirlenmesi için gerekli olan parametre sayısıdır. Eğer bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa bu tür sistemlere tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler denilmektedir. TSD sistemlerin davranışını mesnet şartları ve hareket denkleminin başlangıç şartları dikkate alınarak elde edilen çözümler belirler (Celep ve Kumbasar 2004). Şekil 2.3’de TSD sistemin titreşiminin matematiksel modeli verilmiştir. Şekilde,  $x$  yapının zamana bağlı deplasmanını ifade etmektedir.



Şekil 2.3: TSD sistemin matematiksel modeli

TSD sistemlerin titreşiminde temel bileşenler rijitlik ( $k$ ), kütle ( $m$ ), sönüm katsayısı ( $c$ ) ve dış kuvvettir (örneğin deprem yer hareketi). Burada sönüm enerji tüketim mekanizmasını, dış kuvvet ise hareketin kaynağını temsil etmektedir. TSD sistemin dinamik davranışının belirlenebilmesi için bu sistemin hareket denkleminde ihtiyaç vardır. Yer hareketi etkisindeki doğrusal elastik TSD sistemin dinamik davranışı Denklem 2.1 ile verilmiştir. Denklemde  $-m\ddot{x}_g(t)$  terimi, yapının kütleline etkiyerek titreşime sebep olan dış kuvveti temsil etmektedir ve yer hareketinin ivmesi ile kütleli çarpımı ile elde edilmektedir. Denklem 2.1'in doğrusal olmayan davranışa sahip sistemlere de uygulanabilmesi için, denklemde doğrusal elastik sistem için rijitlik ile ilgili yay kuvveti yerine, doğrusal olmayan davranışı da içeren yay kuvveti fonksiyonunun yazılması gerekir.

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = -m\ddot{x}_g(t) \quad (2.1)$$

Sönüm, titreşimi etkileyen temel parametrelerden birisidir. Denklem 2.2 ile verilen kritik sönüm katsayısından daha yüksek sönüme sahip sistemler titreşim hareketi gösteremezler. Daha düşük sönüme sahip sistemlerde ise sistemin titreşim periyodu Denklem 2.3 ile hesaplanmaktadır. Denklem 2.3'te  $\omega_d$  sönümlü titreşim yapan sistemin dairesel frekansını ifade etmektedir.

$$C_{cr} = 2\sqrt{mk} \quad (2.2)$$

$$T = 2\pi/\omega_d \quad (2.3)$$

TSD sistemlerde, analizde kullanılacak sönüm oranı Denklem 2.4 ile ifade edilmektedir.

$$\zeta = c/C_r \quad (2.4)$$

Denklem 2.1 ile ifade edilen diferansiyel hareket denkleminin çözümü için değişik yöntemler kullanılabilir. Klasik çözüm için, hareket denkleminin başlangıç koşulları da dikkate alınarak iki kere integrasyonu gerekmektedir. Başka bir yöntem olarak uygulanan kuvvet bir dizi sonsuz kısa süreli olarak temsil edilebilir. Böylelikle, sistemin belirli bir  $t$  anında, zamana bağlı kuvvete tepkisi, sisteme o zamana kadar etkiyen tüm itkilere tepkilerin toplamı olarak bulunabilir. Bu yaklaşım,

Duhamel İntegrali olarak bilinen denklemin çözümüdür. Ancak belirtmek gerekir ki burada bahsedilen iki yöntem de sadece doğrusal elastik davranan TSD sistemlere ait hareket denklemlerinin çözümünde kullanılabilir. Dolayısıyla, deprem etkisi altında doğrusal olmayan davranış göstereceği öngörülen sistemlere ait hareket denklemlerinin çözümünde kullanılamazlar (Chopra 1995).

Diferansiyel denklemlere sayısal çözüm üretmek için kullanılan sayısal integrasyon yöntemleri, yer hareketinin gelişigüzel değişebildiği veya TSD sistemin doğrusal olmayan davranışa sahip olduğu durumlarda kullanılacak yöntemlerdir. Bu yöntemler, analitik tanımlama için oldukça karmaşık olan ve ancak sayısal olarak tanımlanabilecek yük etkileri altındaki sistemlerin analizinde de kullanılabilir (Chopra 1995). Newmark (1959) tarafından önerilmiş olan sabit ortalama ivme yöntemi bu yöntemlerden birisidir.

Tez çalışmasında, doğrusal olmayan TSD sistemlerin yer hareketi etkisindeki hareket denkleminin çözümü için sayısal integrasyon yöntemi kullanan Prism v2.0.1 isimli programdan (Jeong ve diğ. 2000) faydalanılmıştır.

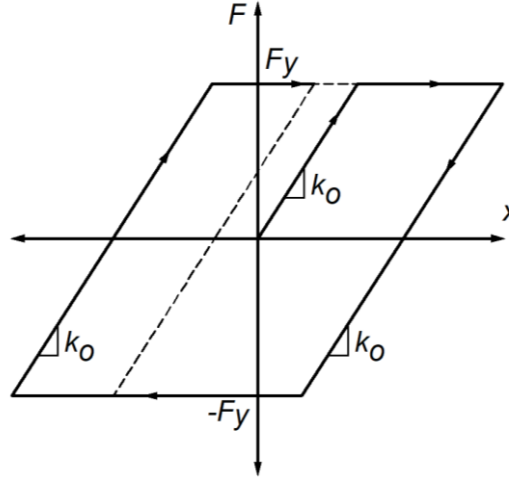
## 2.6 Çalışmada Kullanılan Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Çalışmada dikkate alınan tek serbestlik dereceli (TSD) sistemlerin doğal titreşim periyodu ( $T$ ) 0.6s-1.2s arasında (0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2) değişmektedir. TSD sistemlerin yatay yük kapasitelerinin ( $F_y$ ), deprem hesabına esas ağırlığına ( $W$ ) oranı, yatay dayanım oranı ( $F_y/W$ ) olarak tanımlanmaktadır. Yatay dayanım oranı açısından da geniş bir aralığı taramak amacıyla, her bir doğal titreşim periyodu için 0.10 ile 0.19 arasında değişen (0.10, 0.13, 0.16, 0.19) yatay dayanım oranına sahip sistemler dikkate alınmıştır. Bu şekilde, farklı  $T$  ve  $F_y/W$  değerine sahip 28 TSD sistem ele alınmıştır. Hareket denkleminin çözümü için yapılan analizlerde, sönüm oranı  $\xi=0.05$  seçilmiştir.

Yapının doğrusal olmayan davranışının derecesini gösteren en önemli parametrelerden biri yer hareketi sonucu yapıya giren enerji miktarıdır. Bu enerjinin bir parçası olan çevrimsel enerji, çevrimsel davranış yoluyla dağıtılır ve doğrudan

yapısal hasarla ilgilidir. Bu sebepten dolayı, çevrimsel enerji tasarım parametresi olarak kullanılabilir (Bertero ve Teran 1994).

Bu çalışmada, TSD sistemlerin doğrusal olmayan davranışını temsil eden çevrimsel davranış modeli olarak elastik-mükemmel plastik model (EMP) dikkate alınmıştır. EMP, genellikle referans davranış modeli olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.4'de EMP modele ait çevrimsel davranış için yük-deplasman ilişkisi ( $F-x$ ) görülmektedir. Elastik davranışın sonunda akma dayanımına ( $F_y$ ) ulaşılmakta ve akma noktasından sonra dayanımda bir artış olmaksızın elastik deplasmanlar yanında plastik deplasmanlar da meydana gelmektedir. Yük boşalması esnasında ise, elastik şekil değiştirmeler geri dönerken plastik şekil değiştirmeler geri dönmeyerek kalmaktadır. Yükleme ve yük boşalması esnasında rijitlikte ( $k_o$ ) bir değişim oluşmamaktadır (Celep 2008).



**Şekil 2.4:** Elastik - Mükemmel Plastik çevrimsel davranış modeli

### 3. TBDY İLE UYUMLU GERÇEK İVME KAYDI SETLERİ

#### 3.1 Giriş

Yapısal modellerin zaman tanım alanında analizi, deprem etkisi altındaki yapıların tepkisinin tahmin edilebilmesi için kullanılan analiz yöntemlerinden birisidir. Malzemenin davranışı ile ilgili olarak yapılan kabule göre bu analiz doğrusal elastik ya da doğrusal elastik olmayan şekilde yapılabilmektedir. Doğrusal elastik analizde, yapının deprem esnasında ortaya çıkabilecek doğrusal elastik ötesi davranışı, yapı elemanlarının ve yapının hasar görme mekanizması, plastik mafsal oluşumlarına bağlı olarak yapıya etkiyen yüklerin yapı elemanları arasında yeniden dağılımı gibi konularda bilgi almak mümkün değildir. Bu bilgiler detaylı olarak ancak doğrusal elastik olmayan malzeme davranışı da dikkate alınarak yapılacak zaman tanım alanında analiz ile elde edilebilmektedir (Katsanos ve diğ. 2010). Zaman tanım alanında analiz için kullanılacak ivme kayıtları üç farklı şekilde elde edilmektedir: (1) tasarım spektrumları ile uyumlu olacak şekilde yapay olarak, (2) sismik kaynak ve dalga yayılımı özellikleri dikkate alınarak benzetim yolu ile ve (3) gerçek depremlerden (Abrahamson 1993; Bommer ve Acevedo 2004; Boore 2003). Kuvvetli yer hareketi kayıtlarının bulunduğu sayısal veri tabanlarının kolay ulaşılabilir hale gelmesi zaman tanım alanında analiz için gerçek yer hareketi kayıtlarının daha fazla tercih edilmesine olanak sağlamıştır.

Depremin büyüklüğü, faylanma tipi, yerel zemin özellikleri, yer hareketinin süresi, depremin merkez üssü ile kayıt istasyonu arasındaki mesafe gibi özelliklere bağlı olarak yer hareketi kayıtları birbirinden farklı olmaktadır. Analizde kullanılacak yer hareketi kaydı ise analiz sonuçlarını ve buna bağlı olarak tasarım ya da performans değerlendirmesini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla, analiz için kullanılacak yer hareketi kaydının seçimi önemlidir. O halde, bir yapının bulunduğu bölgenin depremselliği ve yapının üzerinde bulunduğu yerel zemin koşulları ile uyumlu olacak şekilde yer hareketi kayıtlarının seçilmesi, olası bir depremde o

yapının göstereceği davranışı daha az hata ile tahmin edebilmek için gereklidir (Iervolino ve diğ. 2010; Kayhan ve diğ. 2011).

18 Mart 2018 tarihinde yayınlanan ve 1 Ocak 2019’da yürürlüğe giren TBDY’nin de içinde bulunduğu modern deprem yönetmeliklerinin çoğunda tasarım ve performans değerlendirmesi için zaman tanım alanında analiz yönteminin de kullanılabilmesi öngörülmüş ve gerekli tanımlamalar yapılmıştır (TBDY 2018, Eurocode-8 2004, ASCE 2003, GB 2001). Analiz için kullanılacak deprem yükleri bölgesel deprem tehlikesi ve yerel zemin koşulları ile uyumlu tasarım spektrumları ya da zaman tanım alanında analiz için seçilen ivme kayıtları ile temsil edilmektedir.

Modern deprem yönetmeliklerinde, yönetmeliklerde tanımlanan tasarım spektrumları ile uyumlu olmak koşulu ile sentetik, yapay ya da gerçek ivme kayıtlarının kullanılabilmesi konusunda bir fikir birliği bulunmaktadır. Yönetmeliklerde tanımlanan bölgesel tasarım spektrumları ile seçilen ivme kayıtlarının tepki spektrumlarının, belirli bir periyot aralığında uyumlu olması istenmektedir. Herhangi bir ivme kaydının tepki spektrumunun, tasarım spektrumu ile tam olarak uyumlu olması mümkün değildir. Bu sebeple, genellikle birden fazla ivme kaydı seçilmekte ve gerektiğinde ölçeklendirilmektedir. Bu şekilde, seçilen ivme kayıtlarının spektrumlarının ortalaması ile tasarım spektrumunun uyumlu olması sağlanmaktadır. Yapı modellerinin zaman tanım alanında analizleri için genel olarak en az üç ivme kaydının kullanılması önerilmektedir. Eğer en az yedi ivme kaydı kullanılırsa, analizler sonucu elde edilecek yapısal tepkilerin ortalaması sismik tasarım veya performans değerlendirmesi amacı ile kullanılabilir. Daha az ivme kaydı kullanıldığında ise yapısal tepkilerin maksimumunun tasarım ve/veya performans değerlendirmesi için dikkate alınması öngörülmektedir (Bommer ve Ruggeri 2002, Beyler ve Bommer 2007). TBDY’de analizler için kullanılması gereken minimum ivme kaydı sayısı 11’e çıkarılmıştır.

### **3.2 TBDY’de Tanımlanan Zaman Tanım Alanında Analiz Koşulları**

TBDY Madde 2.5.1.2’de belirtildiği gibi zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri

fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında bir veya iki ve üç boyutlu deprem hesabı için gerekli deprem yer hareketlerinin seçimi ve ölçeklendirilmesi için gerekli kurallar aşağıda tanımlanmıştır:

- Deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları, yerel zemin koşulları dikkate alınarak yapılacaktır.
- Binanın bulunduğu bölgede tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu geçmiş deprem kayıtlarının mevcut olması durumunda öncelikle bu kayıtlar kullanılacaktır. Sahaya özel deprem tehlikesine en fazla katkıda bulunan depremlere ait büyüklük ve fay uzaklığı bilgilerinin belirlenmesi için deprem tehlikesi ayırıştırma işleminden yararlanılabilir.
- Bir veya iki boyutlu hesap için seçilecek deprem kayıtlarının ve üç boyutlu hesap için seçilecek deprem kaydı takımlarının sayısı en az on bir olacaktır. Aynı depremden seçilecek kayıt veya kayıt takımı sayısı üçü geçmeyecektir.
- Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  ( $T_p$ , binanın hakim doğal titreşim periyodu) arasındaki genliklerinin, yatay elastik tasarım spektrumu veya sahaya özel elastik ivme spektrumu ile tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre, deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir.
- Üç boyutlu hesap için seçilen her bir deprem kaydı takımının iki yatay bileşenine ait spektrumların kareleri toplamının karekökü alınarak bileşke yatay spektrum elde edilecektir. Seçilen tüm kayıtlara ait bileşke spektrumların ortalamasının  $0.2T_p$  ve  $1.5T_p$  arasındaki genliklerinin, tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerine oranının 1.3'ten daha küçük olmaması kuralına göre, deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir. Bu periyot aralığı yalıtımlı

binalar için değişebilir. Her iki yatay bileşenin ölçeklendirilmesi aynı ölçek katsayıları ile yapılacaktır.

- Serbest zemin analizinde kullanılacak deprem kayıtlarının veya kayıt takımlarının ölçeklendirilmesinde, bina hâkim doğal titreşim periyodunun üst sınırı  $2T_p$  olarak alınacaktır.
- Mevcut deprem verileri ile bina özelliklerinin gerekli kılması ve sahaya özel deprem yer hareketi spektrumu belirlenmesi durumunda, binanın belirli sayıda titreşim periyodu ile ilişkilendirilen koşullandırılmış ortalama spektrumlardan yararlanılarak, deprem kayıtlarının analiz sonuçlarında daha az saçılma sağlayacak şekilde seçilerek ölçeklendirilmesi yoluna gidilebilir.

### 3.3 TBDY Tasarım İvme Spektrumları

Modern deprem yönetmeliklerinde, deprem yer hareketleri ülke genelinde deprem tehlike haritaları ile tanımlanmaktadır. Deprem tehlikesi kesin olarak belirlenemediği için, bu haritalarda olasılıksal bir olgu olarak dikkate alınır. Bu şekilde, herhangi bir yerde veya bölgede, gözönüne alınan belirli bir zaman diliminde, depremi tanımlayan herhangi bir yer hareketi parametresinin (örneğin maksimum yer ivmesi, maksimum spektral ivme, maksimum spektral yerdeğiştirme gibi) belirli bir büyüklüğe ulaşması veya onu aşması olarak tanımlanır.

TBDY’de tasarım ve/veya performans değerlendirmesinde dikkate alınmak üzere dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır: DD-1, DD-2, DD-3 ve DD-4. Bu deprem yer hareketi düzeyleri sırası ile çok seyrek, seyrek, sık ve servis depremleri olarak ifade edilmiştir. Deprem yer hareketi düzeyleri, ilgili spektral büyüklüklerin belirli bir zaman içerisinde aşılma olasılıkları ile tanımlanmıştır. DD-2 deprem düzeyi, standart tasarım yer hareketi olarak belirlenmiştir ve bu depreme ait spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %10’dur. Tanımlanan deprem düzeylerini temsil eden veriler ise TBDY ile beraber 1 Ocak 2019’da yürürlüğe giren ve internet üzerinden ulaşılabilen Türkiye Deprem Tehlike Haritası’nda yer



almaktadır (<https://tdth.afad.gov.tr>). Haritada, deprem tehlikesi parametresi olarak kısa periyot ve 1.0s periyottaki spektral ivmeler kullanılmaktadır. Bu parametreler, dört farklı deprem düzeyi için de ayrı ayrı tanımlanmıştır ve tasarım ivme spektrumları bu parametrelere göre belirlenmektedir.

TBDY’de benimsenen performansa göre değerlendirme ve tasarım ilkesine göre belirli binalarda gözönüne alınan deprem düzeyine bağlı olarak hesap ve tasarım yapılması gerekmektedir.

Deprem yer hareketini temsil eden spektrumlar, göz önüne alınan belirli bir deprem düzeyi için referans zemin koşulları esas alınarak %5 sönüm oranı için, harita spektral ivme katsayılarına ve yerel zemin etki katsayılarına bağlı olarak standart biçimde veya sahaya özel deprem tehlikesi analizleri ile özel olarak tanımlanmıştır.

Harita spektral ivme katsayıları, birbirine dik iki yatay doğrultudaki deprem etkilerinin geometrik ortalamasına karşı gelir. Belirli bir deprem yer hareketi düzeyi için referans zemin koşulu esas alınarak %5 sönüm oranı için Türkiye Deprem Tehlike Haritaları’nda verilen harita spektral ivmelerinin yerçekimi ivmesine bölünmesi ile boyutsuz olarak tanımlanmıştır. Bu katsayılar kısa periyot bölgesi için  $S_S$  ve 1.0 saniye periyot için  $S_I$  olarak ifade edilmiştir. Dolayısıyla,  $S_S$  ve  $S_I$  değerleri, Türkiye’de herhangi bir enlem ve boylamda bulunan bir bölge için göz önüne alınan deprem düzeyine bağlı olarak belirlenmektedir.

Harita spektral ivme katsayıları yardımı ile Denklem 3.1 ve Denklem 3.2’de gösterildiği gibi tasarım spektral ivme katsayıları  $S_{DS}$  ve  $S_{DI}$ ’e dönüştürülmektedir.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (3.1)$$

$$S_{DI} = S_I F_I \quad (3.2)$$

Denklem 3.1 ve Denklem 3.2’de yer alan  $F_S$  ve  $F_I$  yerel zemin katsayılarını ifade etmektedir ve yerel zemin sınıfı ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak sırası ile Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de verilmiştir. Harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal entegrasyon yapılabilir.

**Tablo 3.1:** Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı $F_S$					
	$S_S \leq 0.25$	$S_S = 0.50$	$S_S = 0.75$	$S_S = 1.00$	$S_S = 1.25$	$S_S \geq 1.50$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
ZC	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2
ZD	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
ZE	2.4	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

**Tablo 3.2:** 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı $F_I$					
	$S_I \leq 0.10$	$S_I = 0.20$	$S_I = 0.30$	$S_I = 0.40$	$S_I = 0.50$	$S_I \geq 0.60$
ZA	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZB	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
ZC	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4
ZD	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

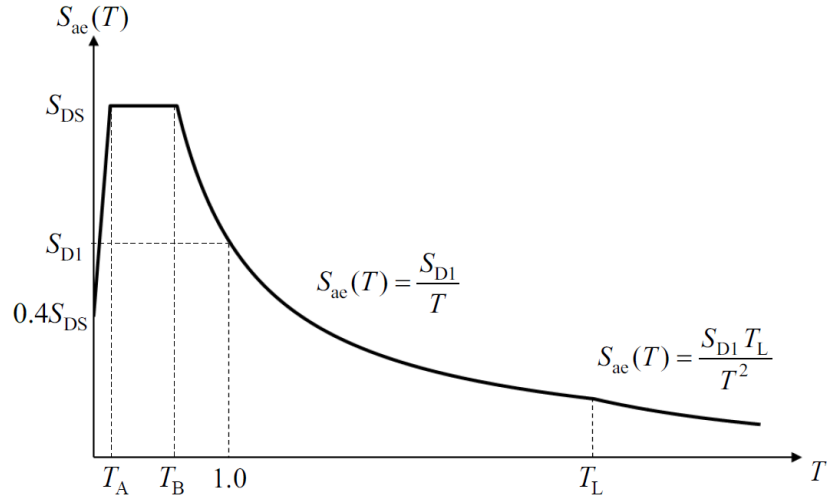
Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarı ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri  $S_{ae}(T)$ , doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden Denklem 3.3 ile tanımlanmıştır (Şekil 3.1).

$$\begin{aligned}
S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} & 0 \leq T \leq T_A \\
S_{ae}(T) &= S_{DS} & T_A \leq T \leq T_B \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & T_B \leq T \leq T_L \\
S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & T_L \leq T
\end{aligned} \tag{3.3}$$

Denklem 3.3'te yer alan, yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotları  $T_A$  ve  $T_B$ , sırasıyla Denklem 3.4 ve Denklem 3.5 ile tanımlanmıştır. Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu  $T_L=6s$  alınacaktır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.4}$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \tag{3.5}$$



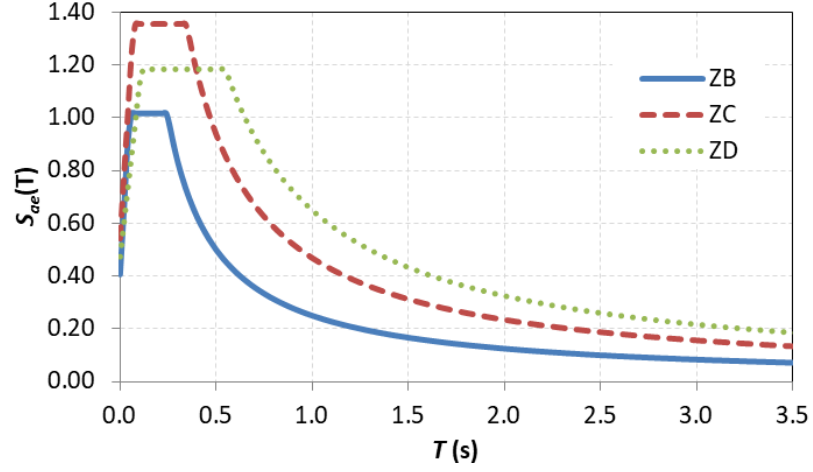
**Şekil 3.1:** TBDY'ye göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

Bu çalışmada, TBDY ile uyumlu ivme kaydı setlerinin oluşturulması amacıyla dikkate alınacak tasarım spektrumlarının belirlenmesi için DD-2 deprem düzeyi dikkate alınmıştır. Bu deprem düzeyi için, Türkiye Deprem Tehlike Haritası'ndan seçilen bir konuma ait harita spektral ivme katsayıları  $S_S=1.129$  ve  $S_I=0.260$  olarak okunmuştur. Bu değerlere bağlı olarak zemin sınıflarına ait yatay elastik tasarım spektral ivmelerinin çizilmesi amacıyla gerekli değerler (tasarım spektral ivme katsayıları, yerel zemin etki katsayıları) hesaplanmıştır. Daha sonra Denklem 3.3, Denklem 3.4 ve Denklem 3.5 ile spektral ivme değerleri elde edilmiştir. TBDY'de ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE olarak tanımlanan yerel zemin sınıflarına ilişkin özellikler Tablo 3.3'te verilmiştir.

**Tablo 3.3:** TBDY'de tanımlanan yerel zemin sınıfları ve özellikleri

Yerel Zemin Sınıfı	Zemin Cinsi	$(V_s)_{30}$ (m/s)	$(N_{60})_{30}$ (darbe/30 cm)	$(c_u)_{30}$ (kpa)
ZA	Sağlam, sert kayalar	>1500	-	-
ZB	Az ayrılmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, 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 $20 > PI$ ve $\% 40 > w$ koşullarını sağlayan toplamda 3 metreden daha kalın yumuşak kil tabakası ( $c_u < 25$ kpa) içeren profiller	$\leq 180$	<15	<70
ZF	Sahaya özel araştırma ve değerlendirme gerektiren zeminler			

Çalışmada ele alınan konum ve deprem düzeyi için, yine bu çalışmada dikkate alınan ZB, ZC ve ZD yerel zemin sınıflarına ait yatay elastik tasarım spektral ivmeleri elde edilmiş ve Şekil 3.2’de verilmiştir. Şekil 3.2’de her bir zemin için verilen yatay elastik tasarım spektrumu, ilgili zemin sınıfı ile uyumlu ivme kaydı setlerinin elde edilmesi amacıyla hedef spektrum olarak ayrı ayrı ele alınmıştır.



Şekil 3.2: Zemin sınıfları için yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

### 3.4 İlave Kriterler ve Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı

Bilindiği gibi, depremlere ait kayıtların bulunduğu sayısal veri tabanlarında elde edilen gerçek ivme kayıtlarının özelliklerinden, deprem büyüklüğü, fay tipi, deprem kaynağına olan mesafeleri gibi özellikler değişkenlik göstermektedir. Çalışmada, ivme kayıtlarının tasarım ivme spektrumuna uygun olarak seçilmesi için öncelikle, kayıt istasyonlarının faya olan mesafeleri ve deprem büyüklüğü ile ilgili kriterler dikkate alınarak bir ivme kaydı kataloğu oluşturulmuştur.

Tez çalışmasında kullanılan ivme kayıtları Avrupa Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı (Ambraseys ve diğ. 2004), Resorce (Akkar ve diğ. 2014) ve PEER kuvvetli yer hareketi veri tabanından (Ancheta ve diğ. 2014) indirilmiştir. Her bir zemin sınıfı için yukarıda bahsedilen veri tabanlarında yer alan ivme kayıtlarından ayrı ayrı katalog oluşturulmuştur. Örneğin ZB ile ilgili katalogta sadece bu zemin sınıfı ile uyumlu zeminlerde kaydedilen kayıtlar yer almıştır. İvme kaydı kataloglarının oluşturulması için yukarıda bahsedilen veri tabanlarından kayıtların

elde edildiği depremin büyüklüğü en az 5.0 ve kayıtların kaydedildiği istasyonların faya olan uzaklıkları 10-60 km arasında olan kayıtlar kullanılmıştır. ZB zemin sınıfı için oluşturulan katalog için üç kuvvetli yer hareketi veri tabanından da kayıtlar alınmış, ZC ve ZD zemin sınıfları için oluşturulan kataloglar için sadece PEER kuvvetli yer hareketi veri tabanında yer alan kayıtlar kullanılmıştır. Özet olarak, ZB zemin sınıfı kataloğunda 203 ivme kaydına ait 406 yatay bileşen, ZC zemin sınıfı kataloğunda 1053 ivme kaydına ait 2106 yatay bileşen ve ZD zemin sınıfı kataloğunda 782 ivme kaydına ait 1564 yatay bileşen bulunmaktadır.

Yerel zemin sınıfları ile uyumlu ivme kaydı setlerini elde etmek için, katalogda yer alan ve ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen ivme kayıtları, ilgili zemin sınıfları için oluşturulacak ivme kaydı setlerinde kullanılmıştır. Örneğin, ZB ile uyumlu ivme setleri için sadece ZB sınıfı ivme kataloğu içerisinde seçim yapılmıştır. Herhangi bir ivme setinde, aynı yer hareketine ait iki yatay bileşenden sadece birinin yer alması, böylelikle ivme seti içerisinde daha fazla yer hareketinin temsil edilebilmesi sağlanmıştır.

Daha önce de belirtildiği gibi çalışmanın amaçlarından birisi ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi için kullanılan ölçeklendirme katsayılarının mertebesinin, ivme kaydı setlerinde yer alan kayıtlar için elde edilen yapısal tepkiyi temsil eden parametrelerden olan maksimum ötelenme talebinin eğilimi ve saçılımı üzerindeki etkisini değerlendirmektir. Bu amaçla, birbirinden farklı üç farklı ölçeklendirme stratejisi için ayrı ayrı ivme kaydı setleri elde edilmiş ve analizler için kullanılmıştır. ÖS1 stratejisi ölçeklendirme katsayılarının 1.0'e eşit olmasını yani asıl olarak ölçeklendirilmemiş orjinal ivme kayıtlarına sahip ivme kaydı setlerinin elde edilmesini öngörmektedir. Ölçeklendirme katsayılarının ÖS2 stratejisinde 0.50-2.00 arasında olması, ÖS3 stratejisinde ise 0.25-4.00 arasında olması sağlanmıştır.

TBDY'de, hedef spektrum ile hedef spektrumla uyumlu olacak şekilde elde edilecek ivme kaydı setine ait ortalama spektrum arasındaki oranı için alt sınır ilgili periyot aralığında 1.00 olarak tanımlanmış ancak herhangi bir üst sınır tanımlanmamıştır. Tez çalışmasında, ortalama spektrum ile hedef spektrum arasındaki uyumun daha artırılması amaçlanmıştır. Bu sebeple söz konusu oranın 1.00-1.20 aralığında olması sağlanmıştır.

### 3.5 TBDY ile Uyumlu İvme Kaydı Setleri

ZB, ZC, ZD yerel zemin sınıfının her biri için farklı ölçeklendirme stratejileri kullanılarak, 60 ivme seti elde edilmiştir. Diğer bir deyişle, her bir yerel zemin sınıfı için ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 strateji kullanılarak 20 ivme kaydı seti ayrı ayrı elde edilmiştir. Toplamda, her biri 11 ivme kaydına sahip 180 ivme kaydı seti analizler için kullanılmıştır. Elde edilen ivme kaydı setlerine örnek olarak, her bir ölçeklendirme stratejisi için ilk sete ait bilgiler sırası ile Tablo 3.4, Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da verilmiştir. Tablolarda, set içinde yer alan ivme kayıtlarının kodu ve yatay bileşeni ile ölçeklendirme katsayıları yer almaktadır. Çalışmada kullanılan 180 ivme kaydı setinde yer alan kayıtların kodu ve ölçeklendirme katsayıları Ek-A'da verilmiştir. Ek-A'da ayrıca, ivme kaydı setinde yer alan ivme kayıtlarına ait deprem, depremin büyüklüğü, depremin tarihi, kaydedildiği istasyon bilgileri verilmiştir.

**Tablo 3.4:** ZB sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri

ÖS1 - SET1		ÖS2 - SET1		ÖS3 - SET1	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
6344-X	1.000	5789-X	1.612	1901-Y	2.188
246-X	1.000	615-Y	1.448	8167-Y	2.225
629-X	1.000	5087-X	0.697	1878-Y	3.107
59-Y	1.000	5272-Y	1.147	798-Y	2.252
554-X	1.000	616-Y	1.793	641-X	0.624
6448-Y	1.000	467-Y	1.492	5270-X	1.844
879-Y	1.000	7158-Y	0.576	246-Y	0.933
195-Y	1.000	5038-Y	1.537	3954-Y	1.532
358-Y	1.000	7089-X	1.430	383-X	3.675
3548-Y	1.000	6348-X	0.818	193-Y	1.208
6336-Y	1.000	5824-X	1.907	5085-X	2.107

ZB sınıfı zeminler için Tablo 3.4'te verilen gerçek ivme kaydı setleri incelendiğinde, her bir ölçeklendirme stratejisi için öngörülen ölçeklendirme katsayısı sınırlarının sağlandığı görülmektedir. Örneğin, ÖS2 stratejisi için elde edilen sette ölçeklendirme katsayısı 0.50-2.00 arasında iken ÖS3 stratejisi için elde edilen sette ölçeklendirme katsayısı 0.25-4.00 arasındadır. Herhangi bir depreme ait iki yatay bileşenden sadece birinin herhangi bir ivme kaydı setinde yer aldığı da görülebilir. Benzer durum, Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da bilgileri verilen, sırasıyla ZC ve ZD için elde edilen ivme kaydı setleri için de geçerlidir. Ayrıca EK-A da

görüldüğü gibi bazı ivme kayıtlarının birden fazla ivme seti içerisinde yer aldığı görülmektedir.

**Tablo 3.5:** ZC sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri

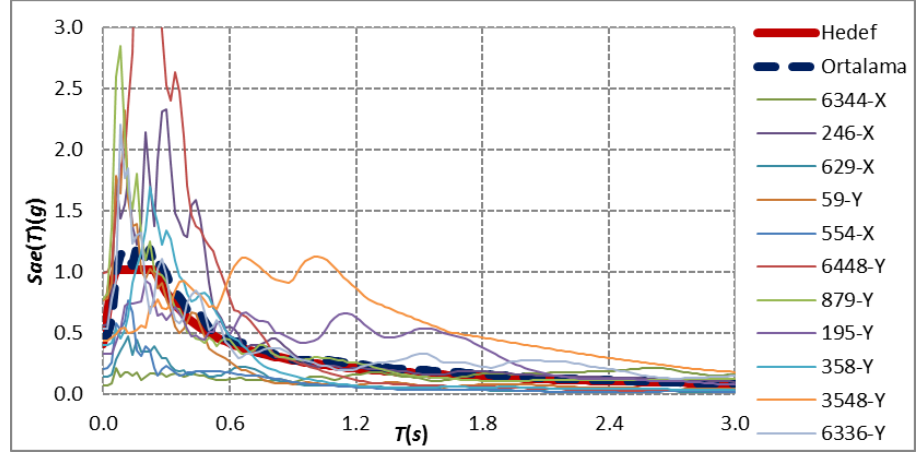
ÖS1 - SET1		ÖS2 - SET1		ÖS3 - SET1	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1086-X	1.000	825-X	1.971	8486-Y	2.512
982-X	1.000	292-Y	1.130	3744-Y	3.031
825-Y	1.000	4103-X	1.741	57-X	2.854
4218-Y	1.000	4864-X	1.676	1135-Y	3.274
5478-Y	1.000	4133-Y	1.609	881-Y	2.431
1197-Y	1.000	1501-Y	1.721	5775-Y	3.798
963-X	1.000	5478-X	1.380	1510-Y	2.415
4211-X	1.000	4073-X	0.995	4316-Y	2.464
4219-Y	1.000	3932-Y	1.368	4867-Y	0.763
5663-Y	1.000	139-Y	1.691	4377-X	2.679
1520-X	1.000	802-X	1.795	952-X	2.721

Görüldüğü gibi, Tablo 3.4, Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da örnek olarak verilen ivme setleri, bu çalışmada yer alan tüm kriterler sağlanacak şekilde elde edilmiştir. Ek-A'da bilgileri verilen toplam 180 ivme kaydı seti için de bu durum geçerlidir.

**Tablo 3.6:** ZD sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri

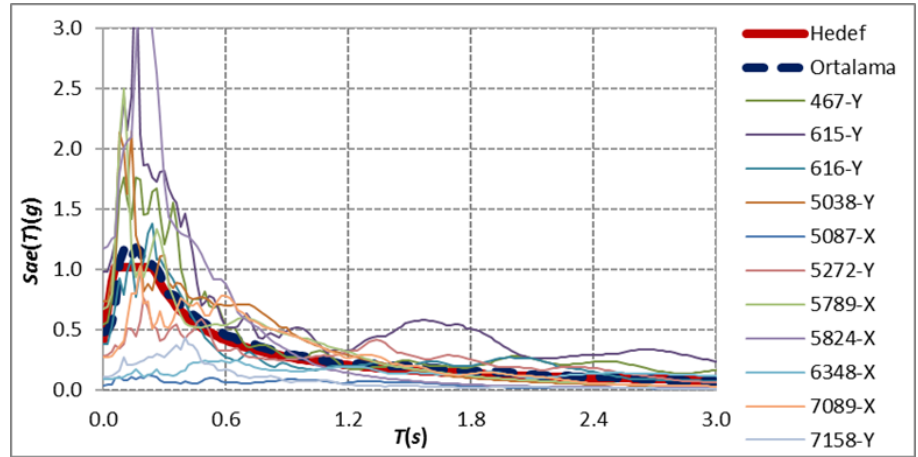
ÖS1 - SET1		ÖS2 - SET1		ÖS3 - SET1	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
6927-X	1.000	169-X	1.879	184-Y	1.055
165-X	1.000	4074-X	1.670	558-Y	3.255
1003-X	1.000	6927-X	1.722	4861-Y	1.667
4895-Y	1.000	180-Y	1.997	3754-X	2.928
126-Y	1.000	723-X	1.842	988-X	3.034
5264-Y	1.000	1203-X	1.599	4159-X	1.712
721-X	1.000	1044-Y	1.280	1233-X	3.135
180-Y	1.000	8102-Y	1.577	723-X	0.363
4894-X	1.000	5827-X	1.870	126-Y	2.130
1063-Y	1.000	5817-X	1.676	172-Y	3.869
767-X	1.000	770-Y	1.935	5786-X	2.894

Şekil 3.3'te ZB sınıfı için ÖS1 stratejisi dikkate alınarak elde edilen ve bilgileri Tablo 3.4'te verilen ilk sette yer alan kayıtlara ait spektrum, ivme setine ait ortalama spektrum ve hedef spektrum verilmiştir. Görüldüğü gibi, ivme setine ait ortalama spektrum ile hedef spektrum arasında, istenilen uyum sağlanmıştır.



Şekil 3.3: ÖS1 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZB)

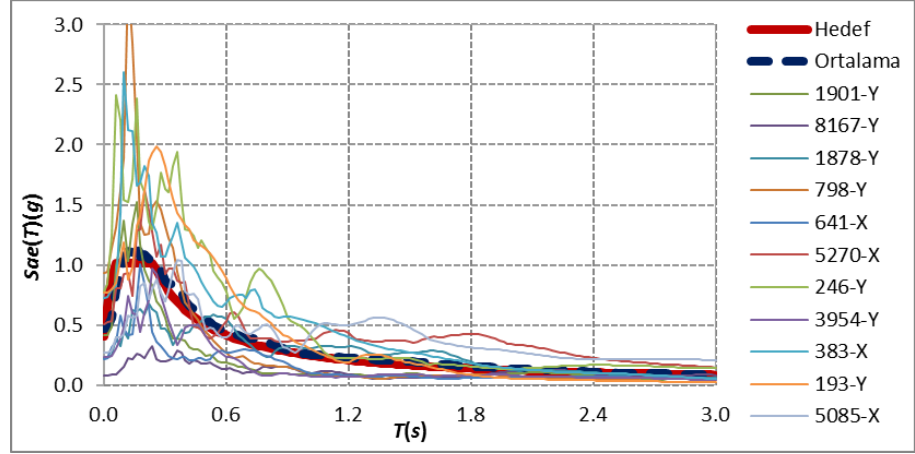
Şekil 3.4 ve Şekil 3.5'te ise ZB için ÖS2 stratejisi ve ÖS3 stratejisi dikkate alınarak elde edilen ilk ivme setlerinde yer alan kayıtlara ait spektrumlar, sete ait ortalama spektrum ve hedef spektrum örnek olarak verilmiştir. Bu setlerde yer alan ivme kayıtlarına ait bilgiler de Tablo 3.4'te yer almaktadır.



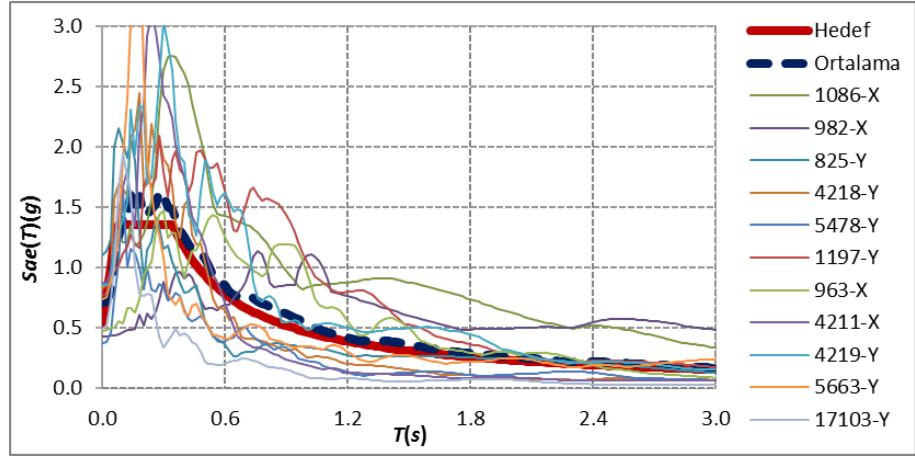
Şekil 3.4: ÖS2 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZB)

Şekil 3.6'da ZC sınıfı için ÖS1 stratejisi dikkate alınarak elde edilen ve bilgileri Tablo 3.5'te verilen ilk sette yer alan ivme kayıtlarına ait spektrum, ivme kaydı setine ait ortalama spektrum ve hedef spektrum görülmektedir. Görüldüğü gibi, bu zemin sınıfı için de ivme setine ait ortalama spektrum ile hedef spektrum arasında istenilen uyum sağlanmıştır.





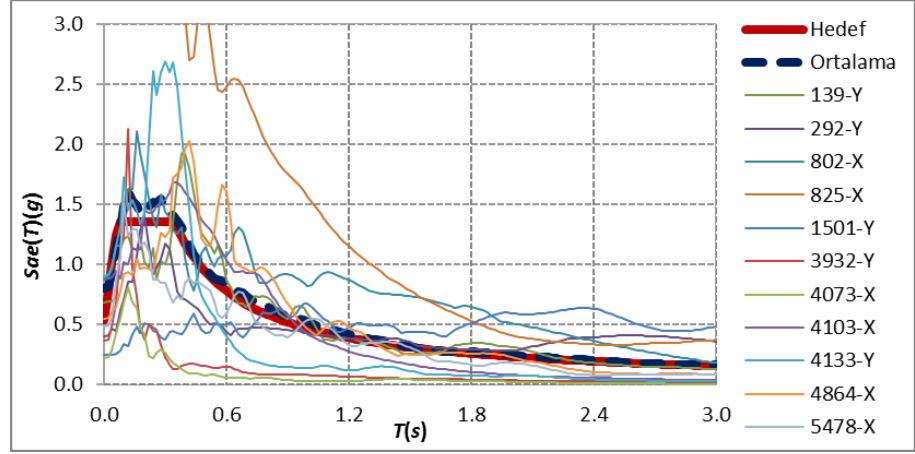
Şekil 3.5: ÖS3 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZB)



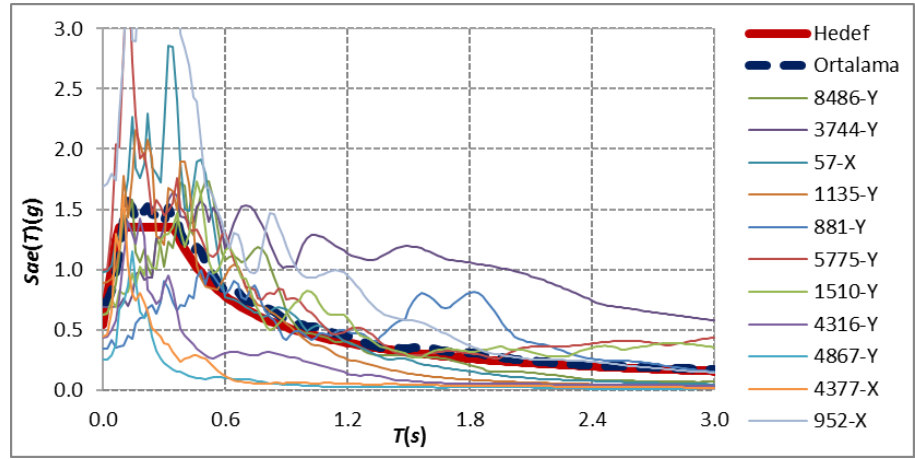
Şekil 3.6: ÖS1 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZC)

Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de ZC için ÖS2 ve ÖS3 stratejisi dikkate alınarak elde edilen ilk setlerde yer alan ivme kayıtlarına ait spektrumlar, ivme setine ait ortalama spektrum ve hedef spektrum örnek olarak verilmiştir. Bu setlerde yer alan ivme kayıtlarına ait bilgiler Tablo 3.5’te yer almaktadır.

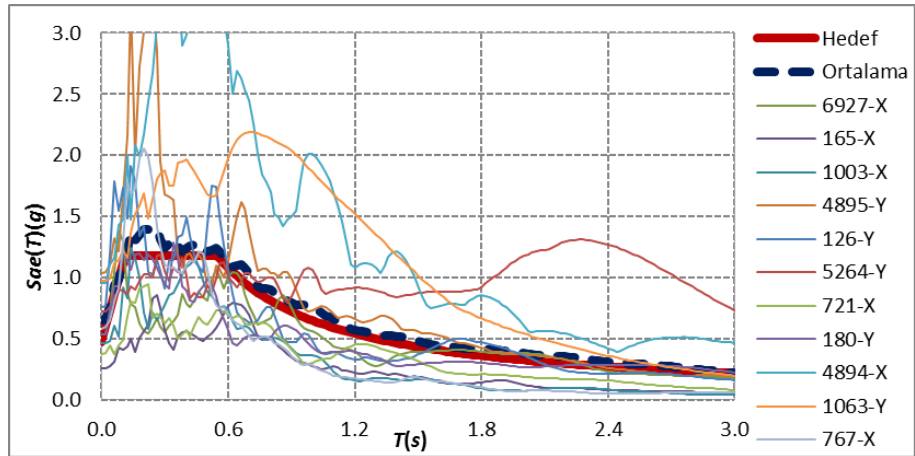
Şekil 3.9’da ZD sınıfı için ÖS1 stratejisi dikkate alınarak elde edilen ve bilgileri Tablo 3.6’da verilen ilk sette yer alan ivme kayıtlarına ait spektrum, ivme kaydı setine ait ortalama spektrum ve hedef spektrum görülmektedir. Görüldüğü gibi, bu zemin sınıfı için de ivme setine ait ortalama spektrum ile hedef spektrum arasında istenilen uyum sağlanmıştır.



Şekil 3.7: ÖS2 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZC)

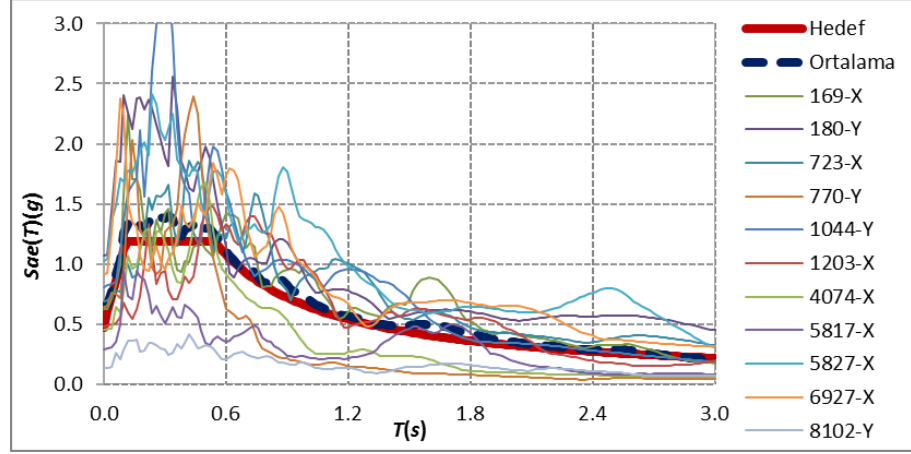


Şekil 3.8: ÖS3 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZC)

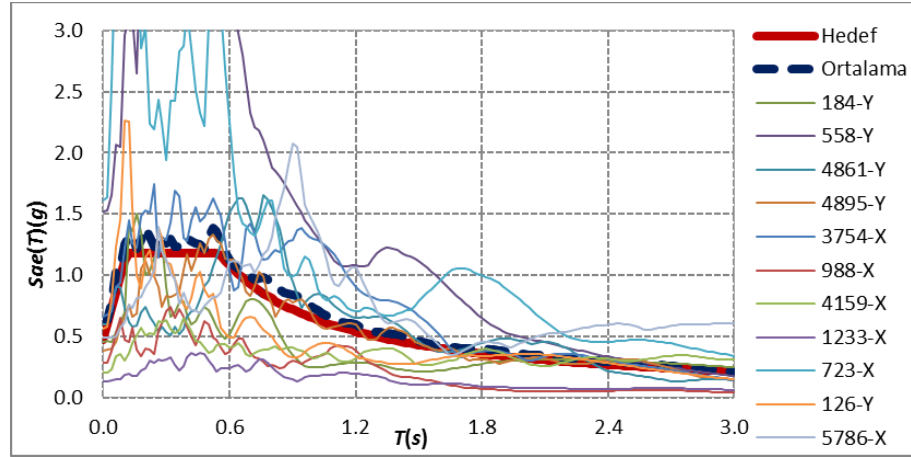


Şekil 3.9: ÖS1 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZD)

Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de yerel zemin sınıfı ZD için ÖS2 ve ÖS3 stratejisi dikkate alınarak elde edilen ilk setlere ait spektrumlar ile hedef spektrum örnek olarak verilmiştir. Bu setlerde yer alan ivme kayıtlarına ait bilgiler Tablo 3.6’da yer almaktadır.



Şekil 3.10: ÖS2 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZD)



Şekil 3.11: ÖS3 stratejisi ile elde edilen ilk sete ait spektrumlar (ZD)

## 4. DİNAMİK ANALİZ SONUÇLARI

### 4.1 Giriş

TBDY ile uyumlu olacak şekilde elde edilen ivme kaydı setleri kullanılarak, TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiş ve maksimum ötelenme talepleri ( $\Delta_{mak}$ ) elde edilmiştir.

Tez çalışmasında ele alınan TSD sistemlerin periyodu ( $T$ ) 0.60s-1.20s arasında, yatay dayanım oranı ( $F_y/W$ ) ise 0.10-0.19 arasında değişmektedir. Bu sistemlerin doğrusal olmayan analizleri için çevrimsel model olarak elastik–mükemmel plastik (EMP) model kullanılmıştır. Bu şekilde, birbirinden farklı 28 adet TSD sistem dikkate alınmıştır.

Analizler için kullanılacak ivme kaydı setleri TBDY’de tanımlanan ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminler dikkate alınarak oluşturulmuştur. Her zemin sınıfı için, üç ayrı seçim stratejisi ile (ÖS1, ÖS2 ve ÖS3) 20’şer ivme kaydı seti kullanılmıştır. 11 ivme kaydına sahip 180 farklı ivme seti için toplam 1980 ivme kaydı kullanılmıştır.

28 TSD ve 1980 ivme kaydı dikkate alındığında toplam 55440 zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz gerçekleştirilmiştir.

TBDY’ye göre zaman tanım alanında analiz için bir veya iki boyutlu hesap amacıyla seçilecek bir ivme seti içerisindeki deprem kayıtlarının sayısı en az 11 olacaktır. 11 ivme kaydı kullanılarak yapılacak analizlerden elde edilecek yapısal tepkilerin (bu çalışmada  $\Delta_{mak}$ ) ortalaması ( $m_{\Delta}$ ) sismik tasarım veya performans değerlendirmesi için kullanılabilir. Tez çalışmasının amacı doğrultusunda her bir TSD sistem ve ivme seti için  $n=11$  adet  $\Delta_{mak}$  değerinin ortalaması olan  $m_{\Delta}$  değeri Denklem 4.1 ile hesaplanmıştır. Herhangi bir set için maksimum ötelenme taleplerinin  $m_{\Delta}$  etrafındaki saçılımının değerlendirilmesi amacıyla, her bir TSD sistem ve ivme seti için standart sapma ( $s_{\Delta}$ ) ve varyasyon katsayısı değerleri de

( $CoV_{\Delta}$ ) sırasıyla Denklem 4.2 ve Denklem 4.3 kullanılarak hesaplanmıştır. Saçılımı temsil eden parametre olarak birimsiz  $CoV_{\Delta}$  değeri kullanılmıştır.

$$m_{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{mak,i} \quad (4.1)$$

$$s_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_{mak,i} - m_{\Delta})^2} \quad (4.2)$$

$$CoV_{\Delta} = \frac{s_{\Delta}}{m_{\Delta}} \quad (4.3)$$

## 4.2 TSD Sistemler için Dinamik Analiz Sonuçları

Bu kısımda, öncelikle değerlendirme amacı ile kullanılan istatistiksel parametrelerin hesabına ilişkin örnek verilmiştir. Örnek hesaplar, seçilen bir TSD sistem için ( $T=0.6s$  ve  $F_y/W=0.10$ ), ÖS1 stratejisi kullanılarak ZB, ZC ve ZD sınıfı zemin ile uyumlu olacak şekilde elde edilen ilk setler için yapılmıştır. Tablo 4.1’de  $n=11$  kayıt için elde edilen  $\Delta_{mak}$  değerleri (birimi cm) ile bu değerler kullanılarak her bir set için hesaplanan  $m_{\Delta}$  (birimi cm) ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri görülmektedir. Bu şekilde, tüm TSD sistemler ve ivme setleri için  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri hesaplanmıştır.

**Tablo 4.1:** Örnek setler için  $\Delta_{mak}$ ,  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri

$n$	ZB	ZC	ZD
1	1.04	28.52	18.11
2	3.22	28.25	4.10
3	1.69	9.50	5.81
4	1.56	5.85	21.34
5	1.65	2.67	18.53
6	3.72	19.23	45.28
7	2.76	20.74	11.44
8	6.84	4.81	11.71
9	6.01	13.98	64.07
10	20.87	7.11	29.82
11	4.42	2.51	6.91
$m_{\Delta}$	4.89	13.02	21.56
$CoV_{\Delta}$	1.15	0.75	0.86

Tez çalışmasında kullanılan TSD sistemler içerisinde örnek olarak seçilen bir TSD sistem için ( $T=0.6s$  ve  $F_y/W=0.10$  olan) ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 stratejileri kullanılarak elde edilen ivme setlerine ait  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri, zemin sınıfı ZB, ZC ve ZD için, sırası ile Tablo 4.2, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te verilmiştir.

**Tablo 4.2:** ZB ile uyumlu setlere ait  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri ( $T=0.6s$ ,  $F_y/W=0.1$ )

Set No	ÖS1		ÖS2		ÖS3	
	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$
1	4.89	1.15	6.08	0.64	4.77	0.64
2	5.76	0.72	4.88	0.64	7.05	1.01
3	5.70	0.75	6.93	0.70	6.42	0.63
4	4.80	0.99	5.37	0.46	5.93	0.96
5	5.72	1.00	5.60	0.88	4.38	0.69
6	4.60	0.84	6.31	0.72	6.12	0.90
7	6.08	0.73	6.53	0.93	5.31	0.52
8	4.77	0.80	6.18	0.86	5.38	0.82
9	5.55	0.67	4.93	0.40	5.29	0.84
10	7.46	1.17	4.46	0.84	6.33	0.77
11	4.69	0.79	7.23	1.11	5.35	0.63
12	5.23	0.77	5.47	0.97	4.79	0.68
13	4.94	0.77	5.36	1.03	5.92	0.62
14	5.70	0.77	5.07	0.72	5.69	0.80
15	4.63	1.00	4.72	0.89	5.57	0.96
16	4.64	0.86	5.32	0.78	5.77	0.67
17	5.09	0.84	4.70	0.98	5.97	1.05
18	5.96	0.86	4.73	0.48	4.79	0.70
19	4.07	0.76	5.49	0.60	5.88	0.94
20	4.54	0.80	6.27	0.90	6.10	0.91

Tablo 4.2'de ZB sınıfı zemin ile uyumlu ivme setleri için verilen sonuçlar,  $T=0.6s$  ve  $F_y/W=0.10$  olan TSD sistem için  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin kullanılan ivme setine bağlı olarak rastgele değiştiğini göstermektedir. Örneğin ÖS1 stratejisi ile elde edilen ve aynı hedef spektrum ile uyumlu olan ilk üç sete ait  $m_{\Delta}$  değerleri sırası ile 4.89cm, 5.76cm ve 5.70cm olarak hesaplanmıştır. Bu üç sete ait  $CoV_{\Delta}$  değerleri ise sırası ile 1.15, 0.72 ve 0.75 olarak hesaplanmıştır. Burada, ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 stratejilerinin her biri için ayrı ayrı elde edilen ivme setlerinin tamamının, ZB sınıfı zemine ait hedef spektrum ile uyumlu olduğunu hatırlatmak gerekir. Yani, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setleri kullanıldığında, farklı  $m_{\Delta}$  değerlerinin elde

edilebileceği anlaşılmaktadır. Benzer durum,  $CoV_{\Delta}$  değerleri için de geçerlidir. Öte yandan  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin yüksek olması,  $\Delta_{mak}$  değerlerinin  $m_{\Delta}$  etrafındaki saçılımının yüksek olduğunu göstermektedir. ZB sınıfı zemin ile uyumlu setler için kısaca özetlenen durum, Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'te, sırası ile ZC ve ZD sınıfı zeminler ile uyumlu setler için hesaplanan  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri için de geçerlidir.

**Tablo 4.3:** ZC ile uyumlu setlere ait  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri ( $T=0.6s$ ,  $F_y/W=0.1$ )

Set No	ÖS1		ÖS2		ÖS3	
	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$
1	13.02	0.75	14.80	1.09	20.51	1.14
2	11.88	0.72	13.85	1.00	13.88	0.94
3	12.99	0.86	12.67	0.91	9.94	1.30
4	10.55	0.78	11.10	0.72	10.01	1.05
5	11.98	0.77	12.77	1.16	15.07	1.04
6	13.42	0.85	13.69	0.55	23.24	1.22
7	12.53	0.65	12.04	0.90	11.31	1.33
8	11.81	0.86	11.65	1.00	14.98	1.04
9	10.43	0.80	17.87	1.04	14.09	1.01
10	11.30	0.84	13.11	0.92	14.90	1.01
11	10.83	0.82	12.66	1.12	15.01	0.90
12	11.92	0.83	9.60	0.69	13.99	1.02
13	11.60	0.91	10.32	0.91	13.99	1.11
14	12.75	0.71	12.90	0.87	11.08	0.70
15	13.60	0.90	9.97	1.06	16.29	1.24
16	12.76	0.47	12.68	0.78	11.31	0.86
17	12.53	0.77	11.00	0.79	12.38	0.93
18	14.76	0.85	14.40	0.89	12.02	1.22
19	11.37	0.82	13.45	0.84	15.05	1.32
20	12.07	0.74	13.06	1.05	13.64	1.14

Burada örnek olarak  $T=0.6s$  ve  $F_y/W=0.10$  olan TSD sistem kısaca özetlenen sonuçlar, her biri aynı hedef spektrumla uyumlu olan farklı ivme setleri için elde edilen  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin rastgele değiştiğini ve bu sebeple, bir değerlendirme yapmak gerektiğini ortaya koymaktadır.

Aynı hedef spektrumla uyumlu setler için hesaplanan  $m_{\Delta}$  değerlerinin değişimine örnek olarak, Şekil 4.1'de,  $T=0.6s$  ve  $F_y/W=0.10$  olan TSD sistem için ÖS1 stratejisi kullanılarak elde edilen setlere ait  $m_{\Delta}$  değerleri grafik olarak

verilmiştir. Görüldüğü gibi herhangi bir zemin sınıfı ile uyumlu 20 ivme setine ait  $m_{\Delta}$  değerleri birbirinden farklıdır. Örneğin, ZB sınıfı zemin ile uyumlu 20 sete ait  $m_{\Delta}$  değerleri 4.07cm ile 5.24cm arasında değişmekte iken, bu değerler ZC sınıfı zemin için 10.43cm ile 14.76cm ve ZD sınıfı zemin için 16.72cm ile 24.20cm arasında değişmektedir. 20 sete ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması ZB, ZC ve ZD sınıfı zemin için sırası ile 5.24cm, 12.20cm ve 21.15cm bulunmuştur.

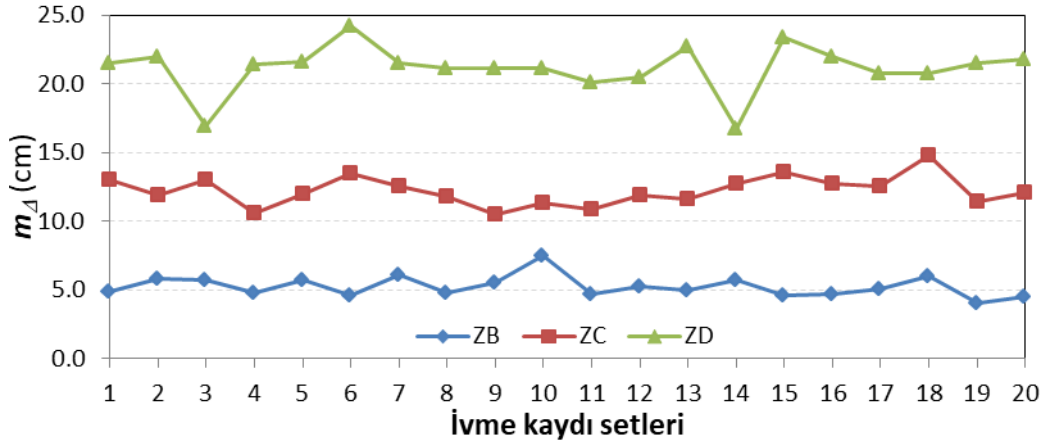
**Tablo 4.4:** ZD ile uyumlu setlere ait  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri ( $T=0.6s$ ,  $F_y/W=0.1$ )

Set No	ÖS1		ÖS2		ÖS3	
	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$	$m_{\Delta}$	$CoV_{\Delta}$
1	21.56	0.86	18.77	0.81	18.77	0.71
2	21.98	0.82	21.36	0.86	14.48	0.57
3	16.95	0.64	17.68	1.10	15.40	0.83
4	21.39	0.87	20.05	0.75	19.70	1.24
5	21.63	0.96	20.89	1.02	18.17	0.88
6	24.20	0.71	19.41	0.82	18.96	0.66
7	21.50	0.91	17.50	0.89	20.49	0.82
8	21.17	0.81	18.87	0.68	18.01	1.17
9	21.17	0.86	17.90	0.76	18.94	1.18
10	21.17	0.84	24.02	0.82	25.23	1.11
11	20.08	0.81	20.63	0.86	25.78	0.98
12	20.52	0.81	17.38	1.05	19.86	1.32
13	22.72	0.85	19.97	0.94	22.89	1.22
14	16.72	0.66	20.86	0.95	26.01	1.01
15	23.43	0.75	20.17	0.98	19.90	1.02
16	22.02	0.85	22.03	0.85	19.61	1.10
17	20.74	0.87	17.24	0.94	28.72	0.96
18	20.74	0.88	18.79	0.80	23.38	1.02
19	21.49	0.83	18.89	0.87	14.98	1.04
20	21.81	0.86	19.04	0.79	18.06	1.17

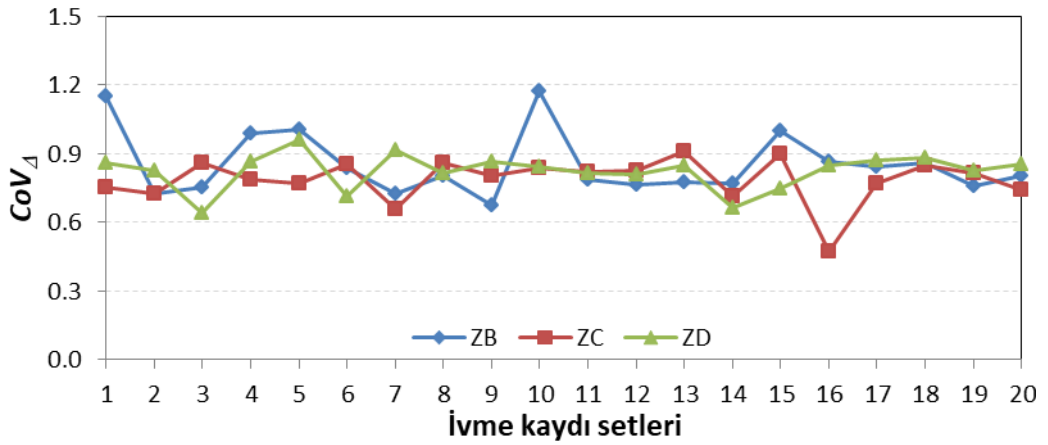
Aynı hedef spektrumla uyumlu setlere ait  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin değişimine örnek olarak ise, Şekil 4.2’de, yine  $T=0.6s$  ve  $F_y/W=0.10$  olan TSD sistem için ÖS1 stratejisi kullanılarak elde edilen setlere ait  $CoV_{\Delta}$  değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi herhangi bir zemin sınıfı ile uyumlu 20 sete ait  $CoV_{\Delta}$  değerleri de birbirinden farklıdır. Bu değerler, ZB, ZC ve ZD sınıfı zemin için sırasıyla 0.67-1.17, 0.47-0.91



ve 0.64-0.96 arasında değişmektedir. 20 sete ait  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması ZB, ZC ve ZD sınıfı zemin için sırası ile 0.85, 0.79 ve 0.82 bulunmuştur.



Şekil 4.1: ÖS1 stratejisi ile elde edilen setlere ait  $m_{\Delta}$  değerleri (( $T=0.6s$ ,  $F_y/W=0.1$ ))



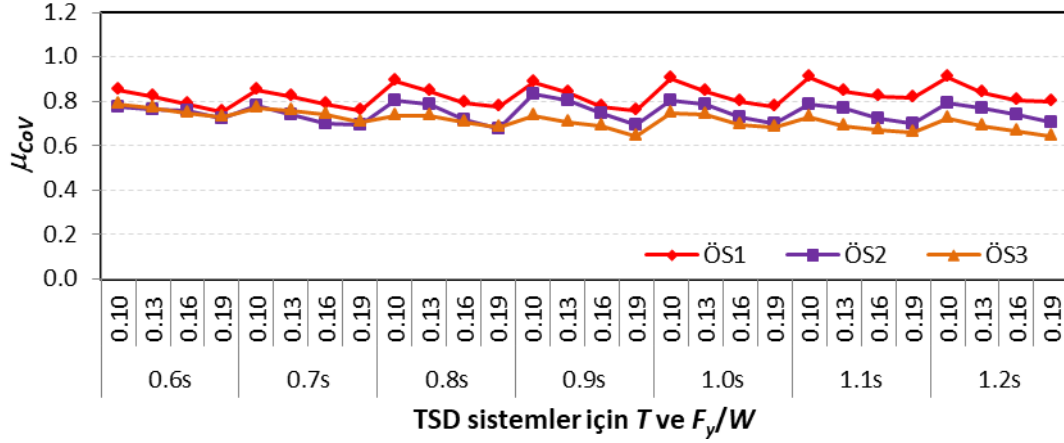
Şekil 4.2: ÖS1 stratejisi ile elde edilen setlere ait  $CoV_{\Delta}$  değerleri (( $T=0.6s$ ,  $F_y/W=0.1$ ))

#### 4.2.1 Maksimum Ötelenme Taleplerinin Saçılımı

Tüm TSD sistemler ve ivme setleri için  $CoV_{\Delta}$  değerleri hesaplanmış ve ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin ( $\Delta_{mak}$ ),  $m_{\Delta}$  etrafındaki saçılımı değerlendirilmiştir.

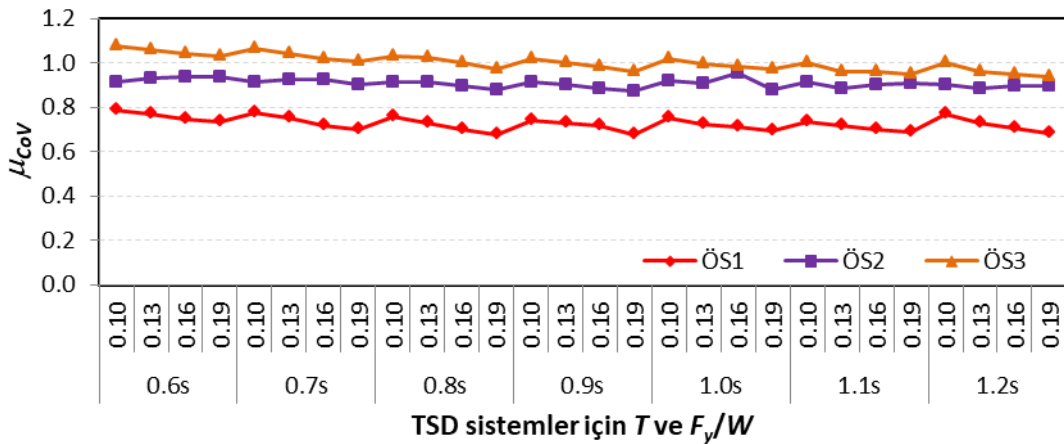
Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te sırası ile ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminler ile uyumlu setler için hesaplanan  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması ( $\mu_{CoV}$ ), çalışmada

kullanılan ölçeklendirme stratejilerine göre ayrı ayrı verilmiştir. Belirtmek gerekir ki, bu şekillerde herhangi bir TSD sistem ve ölçeklendirme stratejisi için verilen  $\mu_{CoV}$  değeri, 20 set için hesaplanan  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir.



Şekil 4.3: ZB ile uyumlu setlere ait  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması

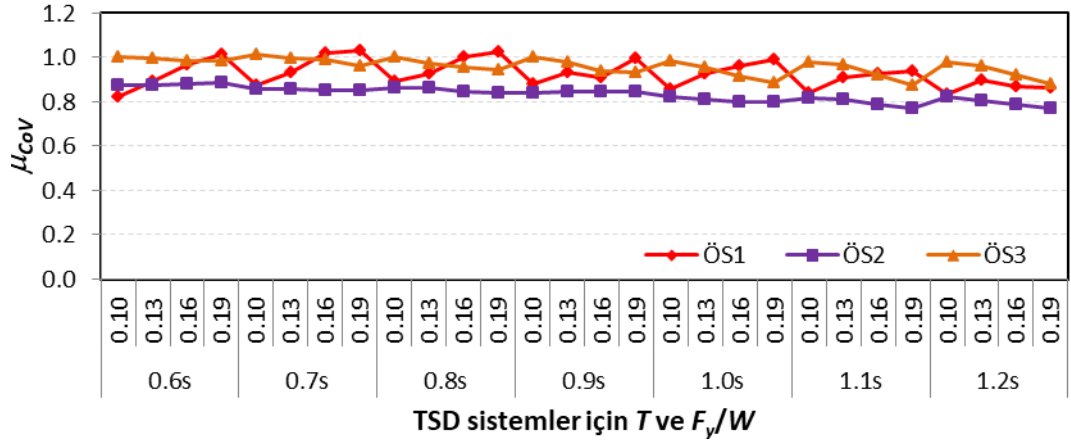
Şekil 4.3 incelendiğinde, ZB sınıfı zeminlerle uyumlu setler dikkate alınarak hesaplanan  $\mu_{CoV}$  değerlerinin 0.6-1.0 arasında rastgele değiştiği görülmektedir. Periyot değerinin saçılım üzerinde bir etkisi olmadığı da görülmektedir. Genel olarak, ölçeklendirme stratejileri açısından bakıldığında, birbirine yakın  $\mu_{CoV}$  değerlerinin elde edildiği, ÖS1 stratejisi için saçılımın diğer stratejilere göre az da olsa daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 4.4: ZC ile uyumlu setlere ait  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması

Şekil 4.4 incelendiğinde, ZC sınıfı zeminlerle uyumlu setler dikkate alınarak hesaplanan  $\mu_{CoV}$  değerlerinin ölçeklendirme stratejilerine göre biraz daha ayrıştığı gözlenmektedir. Bu zemin sınıfı için Şekil 4.3'te ZB sınıfı zemin için gözlenen durumun aksine, ÖS1 stratejisi için daha düşük  $\mu_{CoV}$  değerleri, ÖS3 stratejisi için ise daha yüksek  $\mu_{CoV}$  değerleri elde edilmiştir. ZC zemin sınıfı için de periyodun saçılım üzerinde belirgin bir etkisi olmadığı söylenebilir.

Şekil 4.5 incelendiğinde, ZC sınıfı zeminlerle uyumlu setler dikkate alınarak hesaplanan  $\mu_{CoV}$  değerleri üzerinde de periyodun belirgin bir etkisi olmadığı görülmektedir. Bu zemin sınıfı için, ölçeklendirme stratejileri için saçılım birbirine yakın olmakta birlikte ÖS2 stratejisi için saçılımın diğer stratejilere göre az da olsa daha düşük olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 4.5: ZD ile uyumlu setlere ait  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması

Şekil 4.3, 4.4 ve 4.5'te özetlenen sonuçlar, ivme setlerinde yer alan ivme kayıtları için elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin saçılımının yüksek olduğunu göstermektedir. Çalışmada ele alınan TSD sistemler ve zemin sınıfları için geçerli olmak üzere, herhangi bir set için hesaplanacak  $CoV_{\Delta}$  için beklenen değerin 0.60 ve üzeri olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum ölçeklendirme stratejilerinin üçü için de geçerlidir. Bilindiği gibi, TBDY ile uyumlu ivme kaydı seçiminde sete ait ortalama spektrum ile hedef spektrum arasında bir uyum gözetilirken, ivme kayıtlarının her birine ait spektrum ile hedef spektrum arasında bir uyum gözetilmemektedir. Bunun sonucu olarak, herhangi bir periyot değeri için ivme

kayıtlarına ait spektrum değerlerinin saçılımı kontrol edilememekte ve yüksek olabilmektedir. Buna bağlı olarak bu kayıtlardan oluşan ivme seti kullanılarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin saçılımı da yüksek olmaktadır.

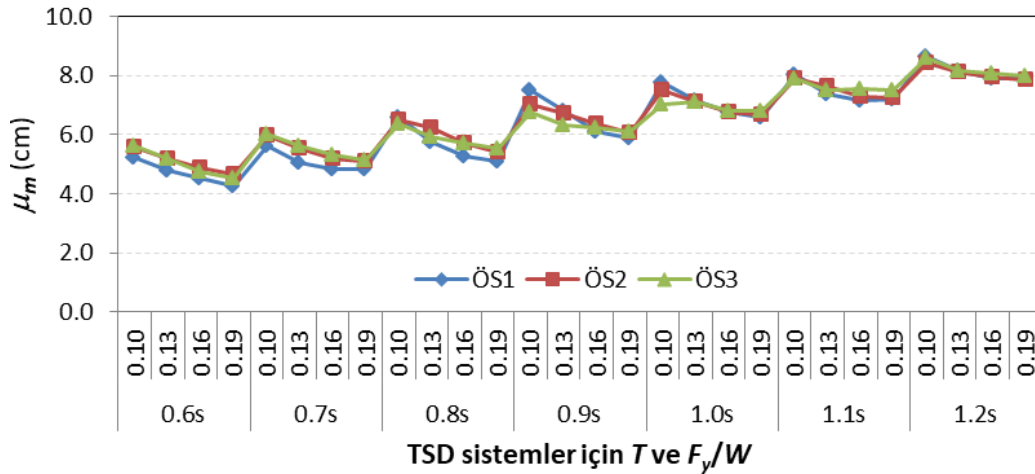
Yönetmeliklerle uyumlu ivme kaydı setleri için elde edilen ötelenme taleplerine ait saçılımın yüksek olduğunu ifade eden başka çalışmalar da mevcuttur (Katsanos ve diğ. 2010). Kayhan ve Demir (2016a), DBYBHY ile uyumlu ivme setleri kullanarak TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizini gerçekleştirmiş ve elde edilen maksimum ötelenme taleplerini istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Çalışmada, ivme seti içerisindeki kayıtlardan elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, dikkate değer bir saçılıma sahip olduğu ifade edilmiştir. Kayhan ve Demir (2016b) başka bir çalışmada, DBYBHY ile uyumlu farklı ivme kaydı setleri kullanarak düzlem çerçeveler için elde edilen maksimum ve göreceli ötelenme taleplerini istatistiksel olarak incelemiştir. Çalışma kapsamında 3, 5 ve 7 katlı iki boyutlu betonarme çerçeveler dikkate alınmıştır. İvme kayıtlarından elde edilen ötelenme taleplerindeki saçılımın yüksek olduğu da çalışmanın sonuçlarından biridir.

Ölçeklendirme katsayısının mertebesi ile maksimum ötelenme taleplerinin saçılımı arasında anlamlı bir ilişki bulunduğunu söylemek zordur. ZB, ZC ve ZD ile uyumlu setler için birbirine yakın  $\mu_{CoV}$  değerleri elde edilmiştir. Öte yandan, “ölçeklendirme katsayısı aralığı arttığında  $\mu_{CoV}$  değerleri artmaktadır/azalmaktadır” şeklinde ifade edilecek bir durum gözlenmemiştir.

#### **4.2.2 Maksimum Ötelenme Taleplerinin Ortalaması**

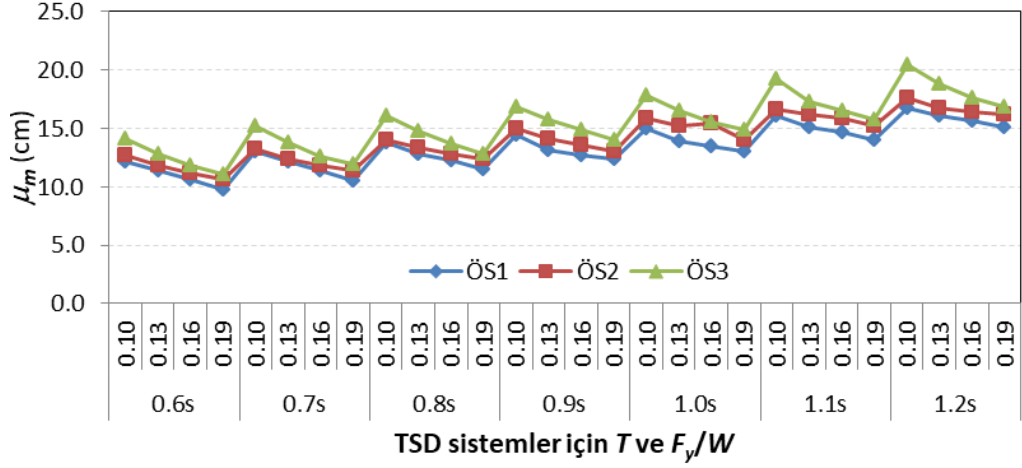
Şekil 4.1’de, örnek olarak seçilen bir TSD sistem için, aynı zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için elde edilecek  $m_{\Delta}$  değerlerinin birbirinden farklı olduğu gösterilmiş idi. TBDY’ye göre,  $m_{\Delta}$  değeri, zaman tanım alanında analiz ile elde edilecek yapısal tepkilerin ortalaması olarak, tasarım veya performans değerlendirmesi için dikkate alınacak değeri ifade etmektedir. Bu sebeple, tüm TSD sistemler ve ivme setleri için  $m_{\Delta}$  değerleri hesaplanmış ve  $m_{\Delta}$  değerleri üzerinde ölçeklendirme stratejilerinin etkisi değerlendirilmiştir.

Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de sırası ile ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminler ile uyumlu setler için hesaplanan  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması ( $\mu_m$ ), ölçeklendirme stratejilerine göre ayrı ayrı verilmiştir. Bu şekillerde herhangi bir TSD sistem ve ölçeklendirme stratejisi için verilen  $\mu_m$  değeri, ilgili TSD sistem için 20 sete ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalamasını temsil etmektedir. Bu değer, istatistiksel olarak, ilgili TSD sistem ve ölçeklendirme stratejisi ile elde edilecek herhangi bir ivme seti için hesaplanacak  $m_{\Delta}$ ’nin beklenen değerini de ifade etmektedir.



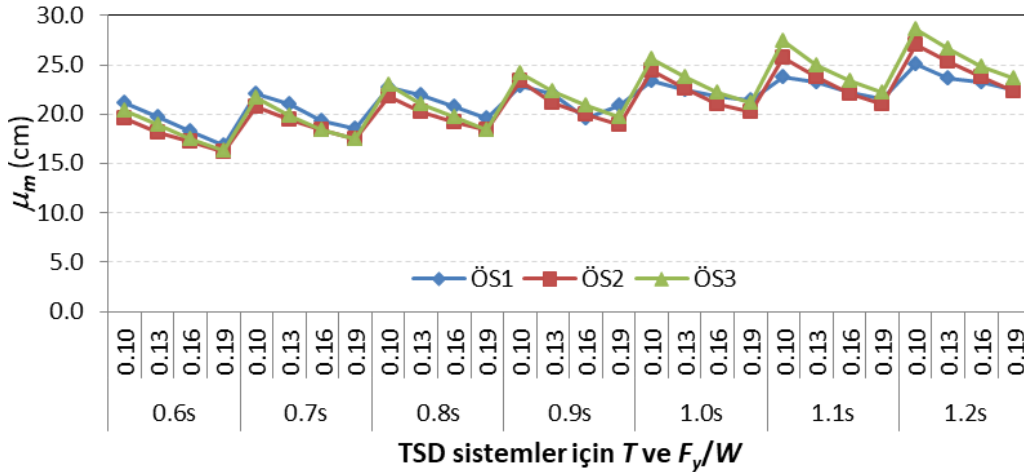
Şekil 4.6: ZB ile uyumlu setlere ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması

Şekil 4.6’ya göre, ZB ile uyumlu setler için hesaplanan  $\mu_m$  değerlerinin, TSD sistemin periyodunun artması ile arttığı, yatay dayanım oranının artması ile de azaldığı görülmektedir. Her bir TSD için, farklı ölçeklendirme stratejileri kullanılarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerinin birbirine yakın olduğu söylenebilir. Örneğin  $T=0.6s$  ve  $F_y/W=0.10$  olan TSD sistem için  $\mu_m$  değerleri, ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 stratejisi için sırası ile 5.24cm, 5.58cm, 5.64cm olarak hesaplanmıştır. ÖS2 ve ÖS3 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerinin, ÖS1 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerine göre sırası ile %10’a ve %12’ye kadar değişen seviyede farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu farklılık, hem ÖS2 hem de ÖS3 için bazen negatif bazen de pozitif olarak gözlenmiştir. Yani, ÖS2 ve ÖS3 için her zaman ÖS1’den daha yüksek ötelenme talebi elde edileceği gibi bir çıkarsama yapılamamaktadır.



Şekil 4.7: ZC ile uyumlu setlere ait  $m_A$  değerlerinin ortalaması

Şekil 4.7'ye göre, her bir TSD için, farklı ölçeklendirme stratejileri kullanılarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerinin, ZB sınıfı zeminlerle uyumlu setlerde olduğu gibi, ZC sınıfı zeminlerle uyumlu setler için de birbirine yakın olduğu söylenebilir. Bununla beraber, ölçeklendirme katsayısı arttığında  $\mu_m$  değerlerinin biraz arttığı da gözlenmektedir. ÖS2 ve ÖS3 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerinin, ÖS1 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerine göre sırası ile %15'e ve %22'ye kadar değişen seviyede farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu zemin sınıfı için, ÖS2 ve ÖS3 için elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerleri, ÖS1 için elde edilen setlere göre daha yüksek bulunmuştur.

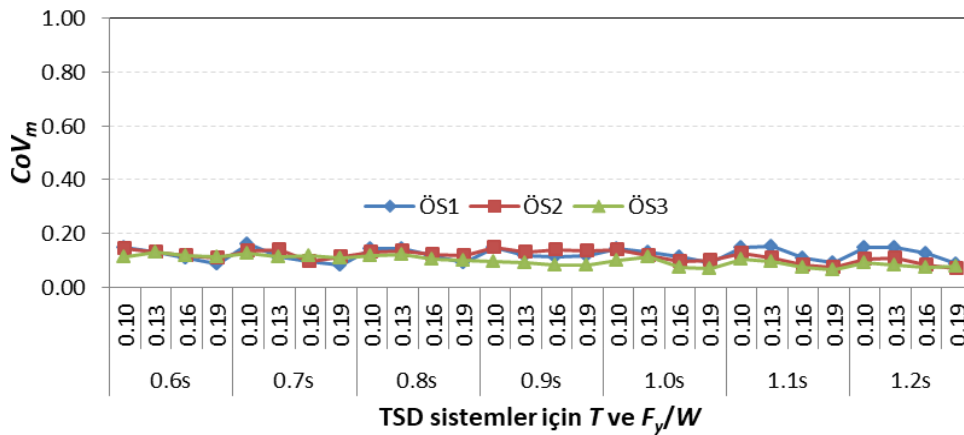


Şekil 4.8: ZD ile uyumlu setlere ait  $m_A$  değerlerinin ortalaması

Şekil 4.8'e göre, ZD sınıf zemin ile uyumlu ivme setleri için de, farklı ölçeklendirme stratejileri için birbirine yakın  $\mu_m$  değerleri elde edildiği söylenebilir. ZD sınıfı zemin için ÖS2 ve ÖS3 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerinin, ÖS1 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerine göre sırası ile %9'a ve %16'ya kadar değişen seviyede farklılık gösterdiği görülmüştür. Farklılık, hem ÖS2 hem de ÖS3 için bazen negatif bazen de pozitif olarak gözlenmiştir. Yani, ÖS2 ve ÖS3 için her zaman ÖS1'den daha yüksek ötelenme talebi elde edileceği gibi bir çıkarsama, bu zemin sınıfı için de yapılamamaktadır.

TBDY ile uyumlu ivme kaydı seçiminde sete ait ortalama spektrum ile hedef spektrum arasında bir uyum gözetilmesi, herhangi bir periyot değeri için ivme kayıtlarına ait spektrum değerlerinin ortalaması ile hedef spektrumun bu periyoda ait değerinin birbirine yakın olmasını sağlamaktadır. Aynı hedef spektrumla uyumlu farklı setler elde edildiğinde de bu durum ortaya çıkmaktadır. Buna bağlı olarak, aynı hedef spektrumla uyumlu olmak üzere, farklı ivme seti kullanılarak elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin ortalaması olan  $m_{\Delta}$  değerleri ve  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması olan  $\mu_m$  değerleri de birbirine yakın olmaktadır. Ancak bu değerler birbirine yakın olsa da farklılık göstermektedir.

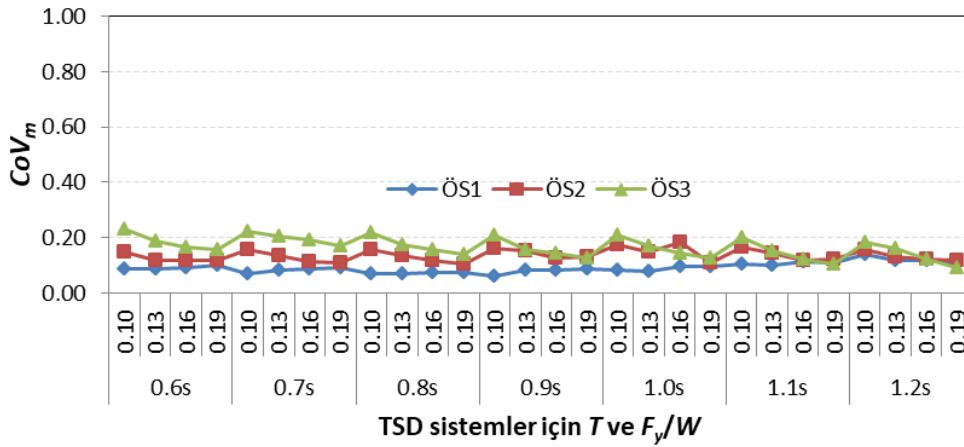
Bu çalışmada, ivme setleri için hesaplanan  $m_{\Delta}$  değerlerinin,  $\mu_m$  etrafındaki saçılımı da değerlendirilmiştir. Bu amaçla, her bir zemin sınıfı ve ölçeklendirme stratejisi için 20 sete ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin varyasyon katsayısı ( $CoV_m$ ) hesaplanmıştır.



Şekil 4.9: ZB ile uyumlu setlere ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin saçılımı

Şekil 4.9’da, ZB sınıfı zemin ile uyumlu setlerden elde edilen  $m_{\Delta}$  değerleri kullanılarak hesaplanan  $CoV_m$  değerleri verilmiştir. ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 stratejileri için  $CoV_m$  değerleri rastgele değişmekle beraber 0.16 ve altındadır. Örneğin,  $T=0.6s$ ,  $F_y/W=0.10$  olan TSD sistem için, ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $CoV_m$  değerleri sırası ile 0.15, 0.14 ve 0.12 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen farklı  $m_{\Delta}$  değerlerinin saçılımının düşük olduğu söylenebilir. Şekil 4.9’a göre, ölçeklendirme stratejisinin saçılım üzerinde bir etkisi olmadığı da söylenebilir. Yani ZB ile uyumlu setler açısından, herhangi bir ölçeklendirme stratejisi için daha yüksek veya daha düşük  $CoV_m$  değeri elde edilebileceğini söylemek mümkün değildir.

Şekil 4.10’da, ZC sınıfı zemin ile uyumlu setler için hesaplanan  $CoV_m$  değerleri verilmiştir. ÖS2 ve ÖS3 stratejileri için, ÖS1 stratejisine göre biraz daha yüksek saçılım gözlenmektedir.  $CoV_m$  değerleri, ÖS1 stratejisi ile elde edilen setler için 0.06-0.14, ÖS2 stratejisi ile elde edilen setler için 0.11-0.18, ÖS3 stratejisi ile elde edilen setler için 0.09-0.23 arasında değişmektedir.

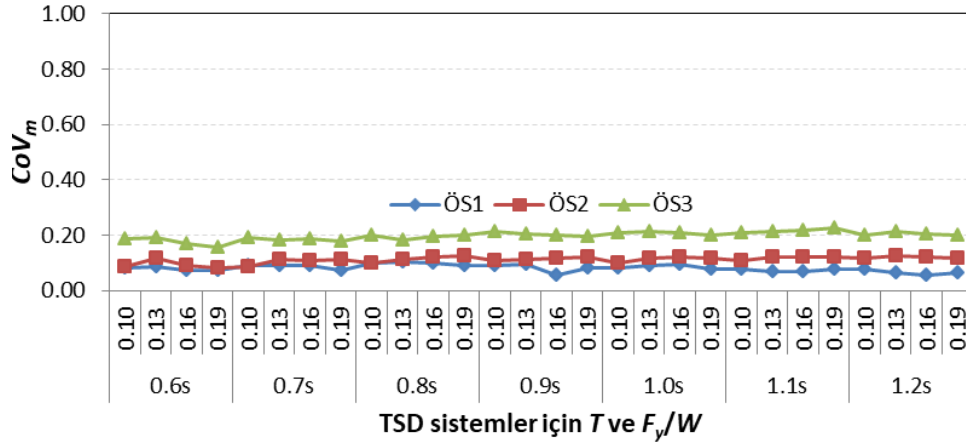


Şekil 4.10: ZC ile uyumlu setlere ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin saçılımı

Şekil 4.11’de ise, ZD sınıfı zeminler ile uyumlu setler için hesaplanan  $CoV_m$  değerleri verilmiştir. Bu zemin sınıfı için de ÖS2 ve ÖS3 stratejileri için, ÖS1 stratejisine göre biraz daha yüksek saçılım gözlenmektedir. En yüksek saçılım ise ÖS3 stratejisi ile elde edilen setler için gözlenmektedir.  $CoV_m$  değerleri, ÖS1 stratejisi ile elde edilen setler için 0.06-0.11, ÖS2 stratejisi ile elde edilen setler için 0.08-0.13, ÖS3 stratejisi ile elde edilen setler için 0.16-0.23 arasında değişmektedir.



Bu çalışmada kullanılan tüm TSD sistemler için, yine bu çalışmada her bir ölçelendirme stratejisi ve zemin sınıfı için elde edilen 20 ivme kaydı setine ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması (beklenen değeri)  $\mu_m$  ve varyasyon katsayısı  $CoV_m$ , ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 stratejileri için ayrı ayrı olmak üzere Ek B’de verilmiştir.



Şekil 4.11: ZD ile uyumlu setlere ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin saçılımı

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, TBDY ile uyumlu olacak şekilde oluşturulmuş farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında analizler sonucunda elde edilecek ötelenme taleplerinin eğilimini ve saçılımını istatistiksel olarak değerlendirmektir. Çalışmanın diğer amacı ise, yapısal analizlerden elde edilecek ötelenme taleplerinin eğilimi ve saçılımı üzerinde, ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesinde kullanılan ölçeklendirme katsayılarının mertebesinin etkisini değerlendirmektir. Bu amaçla, farklı özelliklere sahip tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler ele alınmış ve bu sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan ivme kaydı setleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan depremi temsil eden (TBDY’de tanımlanan DD2 deprem düzeyi) ve Denizli il sınırları içerisinde bulunan bir konum dikkate alınarak elde edilmiştir. Türkiye Deprem Tehlike Haritası’ndan ilgili konum için alınan  $S_s$  ve  $S_I$  değerleri dikkate alınarak elde edilen tasarım ivme spektrumları (hedef spektrum) ile uyumlu olacak şekilde ivme kaydı setleri elde edilmiştir.

Yerel zemin sınıfları ZB, ZC ve ZD için tanımlanmış hedef spektrumlar ayrı ayrı dikkate alınmış ve her bir zemin sınıfı için 20 farklı ivme kaydı seti elde edilmiştir. İvme kaydı setleri üç farklı ölçeklendirme stratejisi kullanılarak ayrı ayrı elde edilmiştir: ÖS1) ölçeklendirme katsayıları 1.00’e eşittir, ÖS2) ölçeklendirme katsayıları 0.50-2.00 arasındadır ve ÖS3) ölçeklendirme katsayıları 0.25-4.00 arasındadır. Analizlerde toplam 180 ivme kaydı seti kullanılmıştır. Her bir ivme kaydı setinde 11 ivme kaydı bulunmaktadır.

Tez çalışmasında dikkate alınan TSD sistemlerin doğal titreşim periyodu 0.6s-1.2s arasında, yatay dayanım oranı ise 0.10-0.19 arasında değişmektedir. Periyot ve yatay dayanım oranı dikkate alındığında, tez çalışmasında 28 adet TSD sistem kullanılmıştır.

TSD sistemler için, herhangi bir ivme setinde bulunan her bir ivme kaydı için ayrı ayrı maksimum ötelenme talepleri ( $\Delta_{mak}$ ) elde edilmiştir. Daha sonra her bir set için, setteki ivme kayıtları için elde edilen  $\Delta_{mak}$  değerlerinin ortalaması ( $m_{\Delta}$ ), standart sapması ( $s_{\Delta}$ ) ve varyasyon katsayısı ( $CoV_{\Delta}$ ) hesaplanmıştır. Her bir ivme seti için hesaplanan  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerleri, TBDY ile uyumlu setlerden elde edilen ötelenme taleplerinin sırası ile ortalamasını (eğilimini) ve set içerisindeki saçılımını değerlendirmek için dikkate alınmıştır. Ölçeklendirme stratejilerinin ötelenme talepleri üzerindeki etkisini değerlendirmek amacı ile, her bir strateji için elde edilen 20 sete ait  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması  $\mu_m$  ve varyasyon katsayısı  $CoV_m$  ile  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması  $\mu_{CoV}$  hesaplanmıştır.

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar sonucunda aşağıda maddeler halinde ifade edilen sonuçlara ulaşılmıştır:

- TSD sistem için herhangi bir zemin sınıfı ile uyumlu farklı setlere ait  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin kullanılan ivme setine bağlı olarak rastgele değiştiği görülmüştür. Yani, aynı hedef spektrumla uyumlu olsa bile, farklı ivme setleri kullanıldığında, her bir set için farklı  $m_{\Delta}$  ve  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin elde edilebileceği anlaşılmaktadır.
- Çalışmada ele alınan TSD sistemler ve zemin sınıfları için geçerli olmak üzere,  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin dikkate değer biçimde yüksek olduğu görülmüştür. 20 sete ait  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması  $\mu_{CoV}=0.60$  veya üzerindedir. Yani, TBDY ile uyumlu olarak elde edilecek herhangi bir set için  $CoV_{\Delta}$ 'nın beklenen değeri 0.60 veya üzerindedir. Bu durum, çalışmada dikkate alınan ölçeklendirme stratejilerinin tamamı için geçerlidir.  $CoV_{\Delta}$  değerlerinin yüksek olması, TBDY ile uyumlu setler için  $\Delta_{mak}$  değerlerinin  $m_{\Delta}$  etrafındaki saçılımının yüksek olduğunu göstermektedir.
- Ötelenme taleplerinin set içerisindeki saçılımı üzerinde ölçeklendirme stratejilerinin anlamlı bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 stratejileri ile uyumlu setler için hesaplanan  $\mu_{CoV}$  değerleri birbirine yakın olmakla beraber, bazen ÖS1 bazen ÖS2 ve bazen de ÖS3 ile

uyumlu setler için daha büyük veya daha küçük  $\mu_{CoV}$  değerleri elde edildiği gözlenmiştir.

- Aynı hedef spektrumla uyumlu farklı setler için hesaplanan  $m_{\Delta}$  değerlerinin ortalaması ( $\mu_m$ ), TSD sistemin periyodunun artması ile artmakta, yatay dayanım oranının artması ile de azalmaktadır. Ölçeklendirme stratejileri açısından değerlendirme yapılırsa, her bir TSD için, farklı ölçeklendirme stratejileri kullanılarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerleri birbirine yakın olmakla beraber rastgele değişen nitelikte farklılık göstermektedir. ZB sınıfı zemin için ÖS2 ve ÖS3 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerinin, ÖS1 stratejisi dikkate alınarak elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerlerine göre %12'ye kadar değişen seviyede farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu farklılık, ZC sınıfı zemin için %22'ye kadar, ZD için %16'ya kadar değişen seviyelerdedir. Söz konusu fark, ZB ve ZD sınıfı zemin için bazen negatif bazen de pozitif olabilmektedir. Yani ölçeklendirme katsayısının artması ile  $\mu_m$  değerinin azaldığı veya arttığı yönünde bir gözlem yapılamamıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, ZC sınıfı zemin için söz konusu fark sadece pozitif olarak değişmektedir. Yani tüm TSD sistemler için ÖS2 ve ÖS3 için elde edilen setlere ait  $\mu_m$  değerleri, ÖS1 için elde edilenlerden daha yüksek bulunmuştur.
- Aynı hedef spektrumla uyumlu farklı setler için elde edilen  $m_{\Delta}$  değerleri kullanılarak hesaplanan  $CoV_m$  değerleri, ÖS1, ÖS2 ve ÖS3 stratejileri için rastgele değişmektedir. ZB sınıfı zeminle uyumlu setler için  $CoV_m$  değerleri 0.16 ve altındadır. ZB ile uyumlu setler açısından, herhangi bir ölçeklendirme stratejisi için daha yüksek veya daha düşük  $CoV_m$  değeri elde edilebileceğini söylemek mümkün değildir. ZC sınıfı zemin ile uyumlu setler için hesaplanan  $CoV_m$  değerleri, ÖS2 ve ÖS3 stratejileri için, ÖS1 stratejisine göre biraz daha yüksektir.  $CoV_m$  değerleri, ÖS1 stratejisi ile elde edilen setler için 0.06-0.14, ÖS2 stratejisi ile elde edilen setler için 0.11-0.18, ÖS3 stratejisi ile elde edilen setler için 0.09-0.23 arasında değişmektedir. ZD sınıfı zemin dikkate alındığında da ÖS2 ve ÖS3 stratejileri için, ÖS1 stratejisine göre biraz daha yüksek saçılım gözlenmektedir.  $CoV_m$  değerleri, ÖS1 stratejisi ile elde edilen setler için

0.06-0.11, ÖS2 stratejisi ile elde edilen setler için 0.08-0.13, ÖS3 stratejisi ile elde edilen setler için 0.16-0.23 arasında değişmektedir. Bu sonuçlara göre, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen farklı  $m_{\Delta}$  değerlerinin saçılımının düşük olduğu söylenebilir.

- TBDY ile uyumlu olarak yapılacak değerlendirme ve tasarım için, yönetmelik ile uyumlu olarak elde edilecek bir ivme kaydı seti kullanılarak zaman tanım alanında analizlerden elde edilecek  $m_{\Delta}$  değerlerinin kullanılacak olması durumunda, ivme seti elde etmek için tez çalışmasında dikkate alınan ölçeklendirme stratejilerinden herhangi birisinin kullanılması mümkündür.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, ivme kaydı seçiminde kullanılan katalog, ölçeklendirme stratejileri ve hedef spektrum dikkate alınarak bu çalışmada kullanılmak üzere elde edilen ivme setleri için geçerlidir. Çalışmada elde edilen sonuçların daha geniş bir ölçüde değerlendirilmesi amacı ile aşağıda yer alan çalışmaların da yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

- Bu çalışmada, DD-2 deprem düzeyi dikkate alınarak belirli bir koordinat için zemin sınıflarına ait yatay elastik tasarım spektrumu, ivme kaydı setlerinin elde edilmesi için hedef spektrum olarak tanımlanmıştır. Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda farklı deprem düzeyi ve farklı koordinatlar için elde edilecek hedef spektrumlar dikkate alınarak benzer çalışmalar yapılabilir.
- Farklı periyot, yatay dayanım oranı ve çevrimsel davranış modelleri dikkate alınarak benzer çalışmalar yapılabilir. Özellikle daha yüksek periyotlu sistemlerin dikkate alınması bu konudaki çalışmalara katkı sağlayacaktır.
- Gerek düzlem çerçeveler gerekse üç boyutlu çerçeveler dikkate alınarak yapılacak benzer çalışmalar da bu konudaki literatüre katkı sağlayacaktır.

## 6. KAYNAKLAR

Abrahamson, N.A., *Non-Stationary Spectral Matching Program RSPMATCH*, User Manual, (1993)

ABYYHY-1998. *Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, (1998).

Akkar, S., Sandikkaya, M.A., Senyurt, M., Sisi, A.A., Ay, B.Ö., Traversa, P., Douglas, J., Cotton, F., Luzi, L., Hernandez, B., and Godey, S., “Reference Database for Seismic Ground- Motion in Europe (RESORCE)”, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 12, 311-339, (2014).

Ambraseys, N.N., Douglas, J., Rinaldis, D., Berge, T.C., Suhadolc, P., Costa, G., Sigbjornsson, R. ve Smit, P., “Dissemination of European Strong-Motion Data”, *Cd-Rom Collection. UK: Engineering and Physical Sciences Research Council*, (2004).

Ancheta, T.D., Darragh, R.B., Stewart, J.P., Seyhan, E., Silva, W.J., Chiou, B.S.-J., Wooddell, K.E., Graves, R.W., Kottke, A.R., Boore, D.M., Kishida T., and Donahue, J.L., “NGA-West2 Database”, *Earthquake Spectra*, 30, 989-1005, (2014).

ASCE. *Seismic Evaluation of Existing Buildings: American Society of Civil Engineers (ASCE Standard)*, 31-03, America, (2003).

ASCE 7-05. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, (2006).

ASCE 7-10. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, (2010).

ATC-40-1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*, California, (1996).

Ayvaz, M.T., Kayhan, A.H., Ceylan, H. ve Gurarlan, G., “Hybridizing the Harmony Search Algorithm with A Spreadsheet 'Solver' for Solving Continuous Engineering Optimization Problems”, *Engineering Optimization*, 41(12), 1119-1144, (2009).

Baker, J.W ve Cornell, C.A., “A Vector-Valued Ground Motion Intensity Measure Consisting of Spectral Acceleration and Epsilon”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 34(10), 1193-1297, (2005).

Bakioğlu M., *Cisimlerin Mukavemeti*, Beta Basım, İstanbul, (2001).

Bertero, V.V. ve Teran, G.A., “Use Of Energy Concepts In Earthquake-Resistant Analysis And Design: Issues And Future Directions”, *Advances In Earthquake Engineering Practise, Short Course In Structural Engineering, Architectural And Economic Issues*, Universty Of California, Berkeley, (1994).

Beyer, K. ve Bommer, J.J., “Selection and Scaling of Real Accelerograms for Bi-Axial Loading” *Journal of Earthquake Engineering*, 11, 13-45, (2007).

Bommer, J.J. ve Ruggeri, C., “The specification of acceleration time-histories in seismic design codes”, *European Earthquake Engineering*, 16(1), 3–17, (2004).

Bommer, J.J. ve Acevedo, A.B., “The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis”, *Journal of Earthquake Engineering*, Special Issue, 8(1), 43–91, (2004).

Boore, D.M., “Simulation of Ground-Motion Using The Stochastic Method”, *Pure and Applied Geophysics*, 160, 635–676, (2003).

Can, H. ve Özmen, B., *Türkiye'nin Depem Gerçeği Paneli*, Gazi Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Ankara, (2010).

Canbay, E., Ersoy, U., Özcebe, G., Sucuoğlu, H. ve Wasti, S.T. (eds), *Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri*, Odtü Geliştirme Vakfı, (2008).

Carballo, J.E. ve Cornell, C.A., “Probabilistic Seismic Demand Analysis: Spectrum Matching and Design, *Department of Civil and Environmental Engineering*”, Stanford University, Report No: RMS-41, (2000).

Celep, Z. ve Kumbasar, N., *Deprem Mühendisliğine Giriş*, Beta Dağıtım, İstanbul, (2004).

Celep, Z., *Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme*, Beta Dağıtım, İstanbul, (2008).

Chopra, A.K., *Dynamics of Structures*, Prentice Hall, N.J., (1995).

DBYBHY. *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik*, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Ankara, (2007).

EUROCODE-8. *Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1: General Rules*, Seismic Actions and Rules for Buildings, EN1998-1-2004, European Committee for Standardization, Brussels, (2004).

Fahjan, Y.M., “Türkiye Deprem Yönetmeliği Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi”, *İMO Teknik Dergi*, 4423-4444, (2008).

Fahjan, Y.M., Vatansever S. ve Özdemir Z., “Ölçeklenmiş Deprem Kayıtları ile Yapıların Doğrusal ve Doğrusal Olmayan Dinamik Analizleri”, *ODTÜ Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Ankara, (2011).

FEMA-356. *Prestandard and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings*, Federal Emergency Management Agency, Washington, (2000).

FEMA 440. *Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures*, Federal Emergency Management Agency, Washington, (2005).

Garcia, R.J. ve Miranda, E., “Probabilistic Estimation of Maximum Inelastic Displacement Demands for Performance-Based Design”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 9, 1235-1254, (2007).

Gasparini, D. ve Vanmarcke, E.H., *SIMQKE: A Program for Artificial Motion Generation*, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, (1976).

GB. *Code for Seismic Design of Buildings*, 50011- 2001, Architecture and Building Press, Beijing, China, (2001).

Ghobarah, A., “Performance-Based Design in Earthquake Engineering State of Development Engineering Structures”, *Department of Civil Engineering*, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada, (2001).

Gupta, A. ve Krawinkler, H., “Estimation of Seismic Drift Demands for Frame Structures”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 29, 1287-1305, (2000).



Iervolino, I., Maddaloni, G. ve Cosenza, E., “Eurocode-8 Compliant Real Record Sets for Seismic Analysis of Structures”, *Journal of Earthquake Engineering*, 12, 54-90, (2008).

Iervolino, I., Galasso, C. ve Cosenza, E., “REXEL: Computer Aided Record Selection for Code-Based Seismic Structural Analysis”, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 8, 339-362, (2010).

İnel, M., Meral, E. ve Özmen, H.B., “Betonarme Binalarda Eşdeğer Tek Serbestlik Dereceli Sistem ve 3-B Doğrusal Elastik Olmayan Dinamik Analiz Deplasman Taleplerinin Karşılaştırılması”, *2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Hatay, (2013).

Jayaram N., Lin T. ve Baker J.W., “A Computationally Efficient Ground-Motion Selection Algorithm for Matching a Target Response Spectrum Mean and Variance”, *Earthquake Spectra*, 27(3), 797–815, (2011).

Jeong, S.H., Lee, K.W. ve Jang W.S., “PRISM, A Program for Seismic Response Analysis of SDOF System”, *Earthquake Engineering Research Group*, INHA University, Korea, (2010).

Katsanos, E.I. ve Sextos, A.G., “ISSARS: An Integrated Software Environment for Structure-Specific Earthquake Ground Motion Selection”, *Advances in Engineering Software*, 58, 70-85, (2013).

Katsanos, E.I., Sextos, A.G. ve Manolis, G.D., “Selection of Earthquake Ground Motion Records: A State-of-the-art-review from a Structural Engineering Perspective”, *Soil Dynamics And Earthquake Engineering*, 30, 157-169, (2010).

Kayhan, A.H., Korkmaz, K.A. ve Irfanoglu, A., “Selecting and Scaling Real Ground Motion Records Using Harmony Search Algorithm”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 31, 941-953, (2011).

Kayhan, A.H., “Armoni Araştırması ile İvme Kaydı Seçimi ve Ölçeklendirme”, *İMO Teknik Dergi*, 23(1), 5751-5775, (2012).

Kayhan, A.H., “Scaled and Unscaled Ground Motion Sets for Uni-Directional and Bi-Directional Dynamic Analysis”, *Earthquake and Structures*, 10(3), 563-588, (2016).

Kayhan, A.H. ve Demir A., “Tek Serbestlik Sistemlerde Maksimum Ötelenme Talebi Üzerinde Çevrimsel Davranış Modellerinin Etkisi”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(6), 442-453, (2016a).

Kayhan, A.H. ve Demir, A., “Statistical Evaluation of Drift Demands of RC Frames Using Code-Compatible Real Ground Motion Record Sets”, *Structural Engineering and Mechanics*, 953-977, (2016b).

Kayhan, A.H., Demir, A. ve Palancı, M., “Statistical Evaluation of Maximum Displacement Demands of SDOF Systems by Code-Compatible Nonlinear Time History Analysis”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 115, 513-530, (2018).

Kent, D.C. ve Park, R., “Flexural Members with Confined Concrete”, *ASCE Journal Of The Structural Division*, (1969).

Korkmaz, A., “Kapasite Spektrumu Yöntemi ile Betonarme Çerçeve Yapıların Performans Noktalarının Belirlenmesi”, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20(2), 19-34, (2005).

Krinitzsky, E.L. ve Chang, F.K., “Specifying Peak Motions for Design Earthquakes”, *U.S. Army Engineer Waterways Experimental Station, Miscellaneous Paper S-73-1*, Vicksburg, Mississippi, (1977).

Lin, Y. ve Miranda, E., “Estimation of Maximum Roof Displacement Demands in Regular Multistory Buildings”, *Journal of Engineering Mechanics ASCE*, 136, 1-11, (2009).

Macedo, L. ve Castro, J.M., “SelEQ: An Advanced Ground Motion Record Selection and Scaling Framework”, *Advances in Engineering Software*, (2017).

Mander, J.B., Priestley, M.J.N. ve Park, R., “Theoretical Stress-Strain Model For Confined Concrete”, *ASCE Journal Of The Structural Engineering*, (1988).

Manolis, G.D., “Stochastic Soil Dynamics”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 22, 3-15, (2002).

Medina, A.R. ve Krawinkler, H., “Evaluation of Drift Demands for the Seismic Performance Assessment of Frames”, *Journal of Structural Engineering*, 7, 1003-1013, (2005).

Meral, E., “Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Sismik Deplasman Taleplerinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, (2010).

Miranda, E., “Approximate Seismic Lateral Deformation Demand in Multistory Buildings”, *Journal of Structural Engineering*, 125, 417-425, (1999).

Mollaioli, F. ve Bruno, S., “Influence of Site Effects on Inelastic Displacement Ratios for SDOF and MDOF Systems”, *Computers and Mathematics with Applications*, 55, 184–207, (2008).

Naeim, F., Alimoradi, A. ve Pezeshk, S., *Selection and Scaling of Ground Motion Time Histories for Structural Design Using Genetic Algorithms*, *Earthquake Spectra*, 20(2), 413-426, (2004).

Newmark, N.M., “A Method of Computation for Structural Dynamics”, *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, No EM3, 67-94, (1959).

Önür, Ö., “Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deplasman Taleplerinin Doğrusal Elastik Zaman Tanım Alanında Analizle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, (2011).

Özmen, B., Nurlu, M. ve Gürler, H., “Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem Bölgelerinin İncelenmesi”, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, (1997).

Özmen, H.B., “Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Yapıların Deprem Performanslarını Etkileyen Faktörlerin İrdelenmesi”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü Yapı Anabilim Dalı*, Denizli, (2011).

Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center. *PEER Strong Motion Database*, <http://peer.berkeley.edu/smcat/>, (2006).

Padgett, J.E. ve Desroches, R., “Sensitivity of Seismic Response and Fragility to Parameter Uncertainty”, *Journal of Structural Engineering*, 12, 1710-1718, (2007).

Palancı, M., Kayhan, A.H. ve Demir, A., “A Statistical Assessment on Global Drift Ratio Demands of Mid-Rise RC Buildings using Code-Compatible Real Ground Motion Records”, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16, 5453-5488, (2018)

Priestley, M.J.N., Calvi, G.M. ve Kowalsky, M.J., “Displacement-Based Seismic Design of Structures”, *IUSS Press*, Pavia, Italy, (2007).

Prism v2.0.1. *A Software for Seismic Response Analysis of Single-Degree-of-Freedom-Systems*, Earthquake Engineering, Copyright INHA University, (2018).

Reyes, J.C., Gonzales, C. ve Kalkan, E., “Improved ASCE/SEI 7-10 Ground-Motion Scaling Procedure for Nonlinear Analysis of Buildings”, *Journal of Earthquake Engineering*, DOI: 10.1080/13632469.2018.1526140, (2018).

Riddell, R., Garcia, J.E. ve Garces, E., “Inelastic Deformation Response of SDOF Systems Subjected to Earthquakes”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 31, 515-538, (2002).

Samanta, A. ve Huang, Y.H., “Ground-Motion Scaling for Seismic Performance Assessment of High-Rise Moment-Resisting Frame Building”, *Soil Dynamic and Earthquake Engineering*, 94, 125-135, (2017).

SEAOC Vision 2000 Committee. *Performance-Based Seismic Engineering*, Report Prepared by Structural Engineers Association of California, Sacramento, California, (1995).

SEAONC. *Subcommittee of The Structural Engineers Association of Northern California*, Seismic Analysis of the Charaima Building Caraballeda, Venezuela Report No: EERC 70-4, (1970).

Shakeri, K., Khansoltani, E. ve Pessiki, S., “Ground Motion Scaling for Seismic Response Analysis by Considering Inelastic Response and Contribution of the Higher Modes”, *Soil Dynamic and Earthquake Engineering*, 110, 70-85, (2018).

Sheikh, S.A. ve Uzumeri, S.M., “Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columns”, *ASCE Journal Of The Structural Division*, (1982).

TBDY. *Türkiye Binalar Deprem Yönetmeliği*, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, (2018).

Türkiye Deprem Tehlike Haritası, T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Deprem Dairesi Başkanlığı, <https://tdth.afad.gov.tr>, (2018).

Tekin, G., “Probabilistic Earthquake Response Analysis of Single Degree of Freedom Structures”, Yüksek Lisans Tezi, *Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı*, İstanbul, (2010).

Vanmarcke, E.H., “State-of-the-art for Assessing Earthquake Hazards in the United States: Representation of Earthquake Ground Motions- Scaled Accelerograms and Equivalent Response Spectra”, Miscellaneous Paper S-73-1, Report 14, US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, (1979).

Watson-Lamprey, J. ve Abrahamson, N., “Selection of Ground Motion Time Series and Limits on Scaling”, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 26:477-482, (2006).

Zengin, E. ve Akkar, S., “Doğrusal Olmayan Dinamik Analizler için Önerilen Kayıt Seçim ve Ölçeklendirme Yöntemi”, *Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, (2015).

## **7. EKLER**

**EK A. İvme Kaydı Setlerine ve Kayıtlara Ait Bilgiler**

**Tablo A.1:** ZB sınıfı zemin için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
6344-X	1.000	6265-X	1.000	5789-X	1.000	6327-Y	1.000	5789-Y	1.000
246-X	1.000	140-Y	1.000	5270-X	1.000	5615-Y	1.000	628-Y	1.000
629-X	1.000	1795-X	1.000	6272-X	1.000	5078-Y	1.000	17036-X	1.000
59-Y	1.000	1243-X	1.000	4679-Y	1.000	4557-X	1.000	6278-Y	1.000
554-X	1.000	5789-X	1.000	212-Y	1.000	6059-Y	1.000	6269-Y	1.000
6448-Y	1.000	173-Y	1.000	605-X	1.000	128-X	1.000	6262-X	1.000
879-Y	1.000	1878-Y	1.000	140-Y	1.000	1902-Y	1.000	292-Y	1.000
195-Y	1.000	140-X	1.000	1917-X	1.000	3548-X	1.000	621-Y	1.000
358-Y	1.000	4679-Y	1.000	6262-Y	1.000	380-X	1.000	1243-X	1.000
3548-Y	1.000	351-Y	1.000	7089-Y	1.000	467-X	1.000	1240-Y	1.000
6336-Y	1.000	604-Y	1.000	647-X	1.000	652-X	1.000	3925-Y	1.000
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
59-X	1.000	650-X	1.000	638-X	1.000	615-Y	1.000	6269-Y	1.000
791-X	1.000	193-Y	1.000	598-Y	1.000	380-Y	1.000	879-X	1.000
5272-X	1.000	6269-Y	1.000	355-Y	1.000	17036-Y	1.000	173-X	1.000
6333-X	1.000	1899-X	1.000	4560-X	1.000	4678-Y	1.000	6336-Y	1.000
6344-Y	1.000	7160-Y	1.000	5085-X	1.000	1960-X	1.000	412-X	1.000
292-Y	1.000	789-Y	1.000	95-X	1.000	1108-Y	1.000	647-X	1.000
527-Y	1.000	608-X	1.000	949-Y	1.000	5828-Y	1.000	798-X	1.000
1894-Y	1.000	5655-X	1.000	6448-Y	1.000	6059-Y	1.000	212-Y	1.000
960-X	1.000	6265-X	1.000	6059-Y	1.000	6272-X	1.000	6448-X	1.000
368-Y	1.000	5086-Y	1.000	350-Y	1.000	6278-Y	1.000	6331-Y	1.000
6278-Y	1.000	128-X	1.000	351-Y	1.000	960-Y	1.000	1091-X	1.000
SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
652-Y	1.000	351-Y	1.000	385-Y	1.000	350-X	1.000	246-Y	1.000
193-Y	1.000	1900-X	1.000	358-Y	1.000	1243-X	1.000	6262-Y	1.000
369-X	1.000	765-Y	1.000	246-X	1.000	5655-X	1.000	598-X	1.000
1960-X	1.000	639-X	1.000	383-Y	1.000	615-Y	1.000	6272-Y	1.000
5655-X	1.000	355-Y	1.000	1901-X	1.000	146-X	1.000	5824-X	1.000
246-X	1.000	551-Y	1.000	1893-Y	1.000	5271-X	1.000	383-X	1.000
5087-Y	1.000	826-X	1.000	5038-X	1.000	364-X	1.000	4679-Y	1.000
616-Y	1.000	1243-X	1.000	6327-Y	1.000	5614-X	1.000	1884-Y	1.000
5085-Y	1.000	429-Y	1.000	495-Y	1.000	4679-Y	1.000	847-Y	1.000
6327-Y	1.000	1902-Y	1.000	292-Y	1.000	467-X	1.000	3446-Y	1.000
554-Y	1.000	410-X	1.000	6262-X	1.000	1091-Y	1.000	128-X	1.000

**Tablo A.1:** ZB sınıfı zemin için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
193-X	1.000	347-X	1.000	6124-Y	1.000	6124-Y	1.000	6331-X	1.000
847-X	1.000	6265-X	1.000	551-Y	1.000	128-X	1.000	412-X	1.000
5615-X	1.000	3954-X	1.000	870-X	1.000	368-Y	1.000	6278-Y	1.000
642-Y	1.000	140-X	1.000	1899-Y	1.000	6333-X	1.000	6059-Y	1.000
128-X	1.000	5272-X	1.000	5655-X	1.000	642-X	1.000	6124-X	1.000
367-Y	1.000	246-Y	1.000	764-Y	1.000	5038-X	1.000	246-Y	1.000
5655-X	1.000	16955-Y	1.000	6262-X	1.000	647-Y	1.000	638-X	1.000
3446-X	1.000	603-Y	1.000	1243-X	1.000	606-Y	1.000	3954-X	1.000
410-X	1.000	292-Y	1.000	6327-Y	1.000	6327-Y	1.000	6348-X	1.000
350-Y	1.000	6278-Y	1.000	2753-Y	1.000	6331-Y	1.000	385-X	1.000
615-Y	1.000	7089-Y	1.000	351-Y	1.000	5614-Y	1.000	5827-X	1.000

**Tablo A.2:** ZB sınıfı zemin için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
5789-X	1.612	1795-Y	1.219	764-X	1.519	467-Y	1.363	6265-X	0.893
615-Y	1.448	5078-Y	1.022	1899-X	0.857	3446-Y	1.719	5027-X	1.097
5087-X	0.697	140-X	1.497	6336-Y	1.231	5027-Y	0.779	292-X	1.046
5272-Y	1.147	368-Y	0.641	626-Y	1.786	639-X	1.618	193-Y	1.354
616-Y	1.793	3446-X	0.740	7158-X	1.233	382-X	1.536	140-Y	1.042
467-Y	1.492	7158-X	1.414	351-Y	1.418	6272-Y	1.655	1902-Y	0.654
7158-Y	0.576	6327-Y	0.908	359-Y	0.940	412-X	0.983	5655-X	0.601
5038-Y	1.537	355-X	1.313	5078-X	0.743	358-Y	1.751	1884-Y	1.426
7089-X	1.430	629-Y	0.972	128-Y	0.808	6262-Y	0.626	173-Y	1.489
6348-X	0.818	128-X	1.356	355-Y	1.081	9071-Y	1.572	351-X	1.788
5824-X	1.907	193-X	1.073	5090-X	1.155	80-Y	1.904	5272-X	0.794
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
80-X	1.427	6100-Y	1.002	1240-X	1.125	364-X	1.247	382-X	1.908
5086-X	1.482	6265-X	1.250	1091-Y	1.011	128-Y	0.543	608-X	1.979
818-Y	1.738	351-Y	1.498	59-Y	0.723	355-X	0.655	6120-X	1.910
5655-X	1.039	128-X	0.764	292-Y	1.178	5088-X	1.191	1994-Y	0.947
680-X	1.855	59-X	0.678	1900-X	1.881	879-Y	1.481	1243-X	0.734
172-X	1.555	7089-Y	1.276	16955-Y	0.767	608-X	1.546	765-X	1.648
4678-Y	1.013	6123-Y	1.664	789-Y	0.902	5027-Y	1.683	961-Y	0.669
5085-Y	1.008	1884-X	0.611	4679-Y	0.720	6262-X	1.330	383-Y	1.348
467-Y	1.037	598-Y	1.788	358-Y	1.133	6100-X	1.637	6272-Y	1.770
6269-Y	1.050	605-X	1.873	350-Y	0.955	292-Y	0.550	3954-Y	1.436
429-Y	1.331	410-X	1.110	1795-X	1.802	826-X	1.622	5680-Y	0.998



**Tablo A.2:** ZB sınıfı zemin için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
429-Y	0.904	879-Y	1.415	616-Y	0.928	140-X	1.319	140-Y	1.142
5614-X	1.929	362-Y	1.732	1091-X	0.751	412-X	1.184	429-Y	0.838
169-Y	0.914	1240-Y	1.877	193-Y	1.507	7160-Y	0.922	292-Y	1.118
5824-X	1.165	960-X	0.610	362-Y	1.078	826-Y	1.391	362-X	1.713
863-X	1.505	3954-Y	1.451	6265-X	0.754	382-Y	0.658	5270-X	0.595
140-Y	1.679	351-Y	1.087	140-X	0.888	598-X	1.521	5272-X	1.077
2753-X	1.978	1243-X	1.200	5272-X	1.485	5027-X	1.241	598-Y	0.757
351-Y	1.446	861-X	0.778	195-X	0.860	246-X	0.824	128-X	0.842
412-X	1.801	7083-Y	1.893	1902-X	1.719	6336-X	0.713	6270-Y	1.393
6341-X	0.854	608-X	1.173	6278-Y	0.567	351-X	1.996	765-X	1.348
6120-Y	1.406	6272-Y	0.916	196-X	0.718	359-X	1.794	1902-Y	1.134
SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
6272-X	1.776	1900-X	1.538	193-Y	0.976	1891-Y	1.177	1891-Y	1.620
801-X	0.914	5680-Y	0.926	350-Y	0.931	604-X	1.777	292-Y	0.802
351-X	1.137	604-Y	0.637	128-X	1.560	1899-X	0.541	6262-X	0.828
6327-Y	0.941	5272-X	1.396	1878-X	1.266	243-Y	1.993	8167-X	1.121
6267-Y	0.905	6262-X	1.156	364-X	1.714	1091-Y	1.129	6265-Y	1.361
140-X	1.881	5027-X	1.548	7158-Y	1.419	5090-X	1.236	193-X	1.635
5271-Y	1.065	5655-X	0.842	789-X	1.356	847-Y	1.484	358-Y	0.806
128-Y	1.102	6337-Y	0.809	5078-Y	1.527	6267-X	1.841	615-Y	0.749
455-X	0.703	292-Y	1.222	6100-X	1.256	879-Y	1.850	5789-X	1.298
5085-X	1.401	5789-Y	0.853	608-X	1.545	4678-Y	1.061	6269-Y	1.317
764-Y	1.391	6270-Y	1.095	5027-X	1.846	128-Y	1.147	140-Y	0.603

**Tablo A.3:** ZB sınıfı zemin için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1901-Y	2.188	193-X	2.738	616-Y	1.807	146-X	3.235	14762-X	4.000
8167-Y	2.225	80-Y	1.764	1899-Y	1.747	1884-X	2.556	95-X	2.829
1878-Y	3.107	1240-Y	2.255	95-Y	1.455	1011-Y	3.713	1878-Y	3.528
798-Y	2.252	5618-Y	1.760	6120-X	2.256	362-X	2.438	598-Y	2.167
641-X	0.624	351-Y	1.729	385-Y	1.996	4557-X	3.430	487-Y	3.556
5270-X	1.844	862-Y	1.141	8167-X	2.774	862-X	0.866	1011-X	1.896
246-Y	0.933	554-X	0.636	412-X	1.671	5089-Y	2.182	616-X	1.141
3954-Y	1.532	1795-X	1.113	605-X	2.234	4167-Y	2.999	3954-Y	3.988
383-X	3.675	1902-X	0.846	604-X	2.337	1900-X	1.677	80-X	3.368
193-Y	1.208	6115-X	0.419	5789-Y	1.949	1243-X	0.495	467-Y	2.280
5085-X	2.107	604-Y	3.089	6265-X	0.850	292-X	0.686	603-Y	3.199
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1011-Y	3.749	6124-X	3.130	1960-X	0.401	6267-X	3.140	128-Y	1.006
598-X	2.366	6267-X	1.810	6265-X	0.336	6593-X	3.816	429-Y	0.700
847-Y	1.978	789-X	2.752	1243-X	0.357	95-Y	2.812	6337-Y	3.310
6124-X	0.890	1091-X	3.068	5086-Y	1.006	1795-X	0.822	1894-Y	0.548
6262-X	1.799	5089-Y	1.111	791-X	2.176	5038-Y	2.737	1011-X	3.562
858-X	2.048	775-X	1.421	1901-X	2.050	1894-Y	1.328	355-X	0.861
1891-Y	0.765	364-Y	2.047	5789-X	3.189	1240-Y	2.583	5088-Y	1.416
243-Y	3.247	382-X	2.291	863-X	3.107	359-X	0.804	789-X	2.186
5087-X	3.287	354-Y	2.259	359-X	2.293	1091-Y	1.961	364-X	3.363
5270-X	1.221	2023-Y	2.155	5618-Y	0.880	791-X	3.692	1891-Y	2.655
1899-Y	2.171	597-X	2.137	1011-Y	2.306	146-X	1.924	5824-X	0.590
SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
467-Y	1.300	1900-X	0.768	172-X	1.700	5038-Y	1.462	775-X	2.717
858-X	2.566	628-Y	1.282	354-X	3.174	647-Y	3.124	5270-Y	1.789
5789-X	1.558	1011-Y	2.187	140-Y	1.566	358-Y	1.249	196-X	0.704
1894-Y	3.879	95-X	3.570	128-Y	0.578	3925-Y	0.366	1884-X	3.886
1884-Y	0.792	6272-X	2.463	6272-X	0.960	615-Y	0.772	357-Y	3.842
1902-Y	3.698	5090-X	0.995	789-X	2.994	467-Y	2.708	1795-Y	1.267
5089-Y	2.523	366-X	2.806	149-X	0.582	6272-X	1.122	789-X	3.313
5086-X	2.044	3954-Y	3.435	773-Y	3.485	551-X	0.503	603-Y	1.305
680-X	0.452	243-X	1.859	1709-X	2.148	1795-Y	2.037	80-X	2.412
5078-X	3.158	193-X	2.705	1891-Y	2.329	775-X	2.540	1891-Y	1.434
775-X	2.819	791-X	2.738	960-X	0.272	350-X	0.704	5615-X	2.377

**Tablo A.3:** ZB sınıfı zemin için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
789-X	2.631	650-X	1.354	1893-Y	3.446	3954-Y	1.790	6100-X	1.002
847-Y	0.800	5087-X	2.297	5270-Y	1.771	5270-Y	2.094	847-Y	2.685
879-Y	1.331	6123-X	2.895	6059-Y	0.805	172-X	2.517	1891-Y	3.495
1884-Y	3.002	789-Y	2.903	8167-X	2.075	1899-X	3.730	5087-X	2.754
5618-X	1.255	616-Y	3.322	638-Y	0.475	243-X	1.911	604-Y	2.416
5086-Y	1.639	5272-X	2.670	3925-Y	1.691	1901-X	2.232	1901-X	2.949
5827-Y	1.351	80-X	2.749	6272-X	1.734	650-X	1.601	1894-Y	3.243
95-Y	2.442	357-Y	2.436	1011-X	3.238	14762-Y	1.692	554-Y	2.768
5615-X	1.646	95-X	2.400	5272-X	2.592	17036-X	2.186	1011-X	2.006
598-X	2.777	5027-Y	2.055	801-X	1.112	292-Y	0.947	1878-X	1.570
5614-Y	2.930	1900-X	1.599	6278-Y	0.799	791-X	0.756	4560-X	3.721

**Tablo A.4:** ZC sınıfı zemin için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1086-X	1.000	1086-X	1.000	4219-Y	1.000	2658-X	1.000	5482-Y	1.000
982-X	1.000	3964-X	1.000	3964-X	1.000	3473-Y	1.000	4882-Y	1.000
825-Y	1.000	825-Y	1.000	1549-Y	1.000	5482-X	1.000	1197-Y	1.000
4218-Y	1.000	4229-Y	1.000	825-X	1.000	4845-Y	1.000	5658-X	1.000
5478-Y	1.000	1013-Y	1.000	4864-Y	1.000	983-Y	1.000	4228-X	1.000
1197-Y	1.000	5658-Y	1.000	1085-X	1.000	1520-Y	1.000	825-Y	1.000
963-X	1.000	4219-Y	1.000	4211-X	1.000	1509-Y	1.000	1086-X	1.000
4211-X	1.000	451-Y	1.000	1086-X	1.000	1633-Y	1.000	250-X	1.000
4219-Y	1.000	5656-Y	1.000	1530-X	1.000	1086-X	1.000	982-X	1.000
5663-Y	1.000	4211-X	1.000	1633-X	1.000	313-Y	1.000	1633-Y	1.000
1520-X	1.000	1504-X	1.000	5664-X	1.000	1085-Y	1.000	1520-Y	1.000
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1197-Y	1.000	139-Y	1.000	4211-Y	1.000	825-Y	1.000	4383-X	1.000
1633-Y	1.000	1510-X	1.000	451-X	1.000	3474-Y	1.000	4228-Y	1.000
8827-X	1.000	952-X	1.000	448-Y	1.000	6915-X	1.000	5482-X	1.000
779-Y	1.000	4070-Y	1.000	1086-X	1.000	5663-X	1.000	1492-Y	1.000
5818-X	1.000	1197-Y	1.000	1520-Y	1.000	1080-Y	1.000	1633-Y	1.000
5658-Y	1.000	4219-Y	1.000	982-Y	1.000	5656-Y	1.000	1085-Y	1.000
1520-X	1.000	825-X	1.000	825-X	1.000	3964-X	1.000	5818-Y	1.000
825-X	1.000	3966-Y	1.000	249-X	1.000	5664-X	1.000	4876-Y	1.000
5482-X	1.000	1633-X	1.000	139-Y	1.000	983-Y	1.000	825-X	1.000
448-X	1.000	1086-X	1.000	779-Y	1.000	4219-X	1.000	4101-Y	1.000
1492-X	1.000	5664-X	1.000	292-Y	1.000	1086-X	1.000	4873-X	1.000

**Tablo A.4:** ZC sınıfı zemin için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
825-Y	1.000	5482-X	1.000	4219-X	1.000	1085-X	1.000	265-X	1.000
4070-Y	1.000	1520-Y	1.000	1617-Y	1.000	1080-Y	1.000	5656-Y	1.000
1086-X	1.000	5262-X	1.000	4228-X	1.000	4040-Y	1.000	139-Y	1.000
4031-X	1.000	1510-X	1.000	451-X	1.000	4218-Y	1.000	1085-X	1.000
4876-X	1.000	4842-Y	1.000	3474-X	1.000	2658-X	1.000	1492-X	1.000
983-Y	1.000	2734-Y	1.000	1492-X	1.000	5664-X	1.000	4219-X	1.000
4219-X	1.000	982-Y	1.000	5809-Y	1.000	825-Y	1.000	1520-Y	1.000
4882-Y	1.000	1633-X	1.000	5663-Y	1.000	5818-X	1.000	3474-X	1.000
3907-X	1.000	1086-X	1.000	1633-Y	1.000	779-Y	1.000	5482-X	1.000
1006-X	1.000	5658-Y	1.000	825-X	1.000	1633-Y	1.000	4228-Y	1.000
1633-Y	1.000	451-Y	1.000	4031-Y	1.000	5482-Y	1.000	5663-Y	1.000
SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
451-Y	1.000	5664-X	1.000	5658-Y	1.000	5663-Y	1.000	451-Y	1.000
5818-Y	1.000	1549-Y	1.000	1016-X	1.000	983-Y	1.000	4218-Y	1.000
4040-Y	1.000	6915-X	1.000	825-X	1.000	1549-X	1.000	1504-X	1.000
802-X	1.000	4847-X	1.000	1492-X	1.000	1535-X	1.000	5482-X	1.000
1787-Y	1.000	825-X	1.000	4101-X	1.000	3964-X	1.000	1510-X	1.000
1080-X	1.000	4211-X	1.000	1085-X	1.000	4229-Y	1.000	5656-Y	1.000
3932-Y	1.000	1086-X	1.000	1633-Y	1.000	5664-X	1.000	1086-X	1.000
5664-Y	1.000	1078-Y	1.000	5482-X	1.000	4876-Y	1.000	811-Y	1.000
5482-X	1.000	983-Y	1.000	2627-X	1.000	6915-Y	1.000	4847-X	1.000
4219-X	1.000	4228-X	1.000	4456-Y	1.000	5658-Y	1.000	4096-Y	1.000
825-Y	1.000	4070-Y	1.000	779-Y	1.000	1086-X	1.000	4845-Y	1.000

**Tablo A.5:** ZC sınıfı zemin için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
825-X	1.971	1085-X	1.264	1549-X	1.572	5658-X	0.801	4219-Y	1.637
292-Y	1.130	4228-X	1.623	5807-Y	1.299	4218-X	0.978	1086-Y	1.301
4103-X	1.741	5656-Y	1.385	4219-Y	1.396	139-Y	0.960	4169-X	1.166
4864-X	1.676	983-Y	1.024	4870-Y	0.975	5664-X	1.275	1085-X	1.263
4133-Y	1.609	4064-Y	1.440	57-Y	0.965	4130-X	1.223	2457-Y	1.105
1501-Y	1.721	620-X	1.234	825-Y	1.241	4457-X	1.675	250-X	0.639
5478-X	1.380	4101-X	1.461	1013-Y	1.589	4228-Y	1.744	1053-X	1.894
4073-X	0.995	1549-X	1.169	1633-Y	1.164	8797-X	1.574	5658-X	0.972
3932-Y	1.368	755-Y	0.766	4101-X	0.941	1633-Y	1.850	4101-X	1.707
139-Y	1.691	4380-X	1.268	4228-X	1.631	1549-X	1.623	4040-Y	1.382
802-X	1.795	825-Y	1.795	1078-X	1.242	1052-X	1.263	88-X	1.711
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1006-X	1.324	5282-X	1.933	983-Y	1.562	1549-X	0.962	1511-X	1.935
825-Y	1.923	4101-X	0.731	779-Y	1.491	1505-X	0.913	3746-Y	0.708
3964-X	1.981	1508-Y	1.028	6915-X	1.557	3495-Y	1.514	1506-X	0.971
1013-X	1.501	2627-X	1.555	5664-X	1.504	5656-X	1.306	1013-Y	1.874
1052-X	1.123	1492-Y	1.054	245-X	1.525	4228-X	2.000	763-X	1.161
620-X	1.377	550-X	1.706	4366-Y	0.878	330-X	0.810	4218-Y	1.936
1551-X	1.860	1006-X	1.948	1528-Y	1.472	4040-X	0.755	5664-X	1.246
4847-X	0.958	5482-X	1.257	5799-X	0.611	8166-Y	1.830	5775-Y	1.627
5482-Y	1.521	769-Y	0.502	825-X	1.349	1055-X	0.681	779-Y	1.567
3744-Y	1.239	4846-Y	1.553	5813-X	1.722	4096-X	1.750	8929-X	1.768
5809-X	1.993	1633-Y	1.838	4133-X	1.800	825-X	1.784	5482-Y	1.324
SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
3932-Y	1.920	4219-X	0.746	4219-Y	1.353	4228-X	1.942	810-Y	0.767
231-X	1.814	2627-Y	0.708	3964-X	1.921	4218-X	1.451	4101-X	1.267
4363-Y	1.341	587-X	1.179	5280-X	1.626	1619-Y	1.780	8166-X	1.480
1006-X	1.939	3474-X	1.762	1208-X	1.483	5678-Y	1.948	410-X	1.422
1504-X	1.297	1086-Y	1.786	4350-X	1.120	3746-Y	1.978	250-X	1.916
983-Y	1.534	5663-Y	1.315	3268-X	1.784	1507-Y	1.182	683-X	1.744
4101-X	1.876	359-X	1.505	1006-X	1.841	1013-X	1.772	5269-Y	1.903
3948-Y	0.518	5664-X	1.562	5478-Y	0.959	4101-Y	1.673	983-Y	1.842
590-X	1.744	6915-Y	1.780	1197-Y	1.710	239-Y	1.925	1086-Y	1.733
4219-Y	1.688	292-X	0.945	802-X	1.435	1510-Y	1.415	4882-Y	1.087
6948-X	1.270	3750-X	1.064	901-Y	1.843	3966-Y	1.689	5664-X	1.645

**Tablo A.5:** ZC sınıfı zemin için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
825-Y	1.864	103-X	1.964	3269-X	1.510	1510-X	1.535	1504-X	0.892
2734-Y	1.341	825-Y	1.907	1006-X	1.579	1633-Y	1.547	3757-Y	1.013
4031-X	1.868	1527-X	1.993	5809-X	0.975	3473-Y	1.160	265-Y	1.066
1489-Y	0.741	4219-Y	1.738	292-Y	1.540	983-Y	1.027	779-Y	1.496
802-Y	0.917	5813-Y	1.823	1511-X	1.099	5265-X	0.971	5799-X	1.955
4133-Y	1.928	1184-Y	1.765	139-Y	1.306	4228-Y	1.765	1510-X	1.488
139-Y	1.877	4383-X	1.959	825-X	1.680	1527-Y	1.702	825-X	1.633
6928-X	1.899	5678-X	1.883	3927-X	1.565	809-X	1.145	594-X	1.873
4873-Y	1.711	1231-Y	0.926	4228-Y	1.374	5819-Y	1.663	1012-Y	1.928
1085-Y	1.609	4132-Y	1.908	1197-Y	1.433	451-X	1.998	4031-X	1.990
2627-Y	1.706	763-X	1.851	4882-Y	1.642	139-X	1.632	5658-X	0.817

**Tablo A.6:** ZC sınıfı zemin için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
8486-Y	2.512	5806-X	2.356	5656-Y	2.116	1490-X	2.954	2383-X	1.607
3744-Y	3.031	4103-X	2.965	4846-Y	2.171	2997-Y	2.799	4870-Y	2.602
57-X	2.854	825-Y	2.450	1208-X	1.272	336-Y	0.850	1013-X	1.798
1135-Y	3.274	6928-Y	2.070	763-Y	1.220	763-Y	1.006	5775-X	3.894
881-Y	2.431	292-X	1.172	2619-Y	0.648	358-X	1.382	4872-X	3.070
5775-Y	3.798	2635-X	3.056	4031-Y	2.606	340-X	3.054	4096-X	2.187
1510-Y	2.415	4870-Y	1.818	5265-Y	0.536	4864-Y	0.956	2821-X	2.327
4316-Y	2.464	1611-Y	3.700	740-X	1.454	2255-Y	3.633	4031-Y	3.869
4867-Y	0.763	4228-X	3.332	3465-Y	1.110	4219-Y	1.911	4213-Y	3.704
4377-X	2.679	5678-Y	1.013	5478-Y	2.997	825-Y	3.913	4848-Y	1.830
952-X	2.721	2619-X	3.009	4228-Y	3.879	4141-X	2.738	5474-Y	1.916
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
989-Y	3.180	4229-Y	0.937	983-X	1.625	70-X	1.846	1647-Y	2.095
935-X	2.623	213-X	3.101	4073-X	3.480	825-Y	2.152	5663-X	3.295
5472-X	2.678	1633-Y	3.056	6875-X	2.093	5678-Y	3.495	4143-X	2.423
755-X	1.927	3023-Y	2.712	1496-Y	2.084	2717-Y	3.581	1148-Y	3.937
1528-X	3.413	990-X	1.820	4858-Y	1.417	901-Y	1.413	1506-Y	1.468
2661-Y	2.527	3300-Y	2.707	4211-X	2.287	1545-Y	2.479	791-Y	1.323
8110-X	2.395	4865-X	1.384	3490-X	3.828	313-X	2.911	4101-X	2.393
5775-Y	3.596	694-X	3.125	4228-X	2.313	2425-Y	2.170	292-X	3.419
1493-Y	3.616	4228-Y	3.763	2370-X	3.419	4228-X	3.218	769-X	1.372
4218-Y	3.155	4387-Y	3.776	4213-X	3.511	33-Y	2.948	3489-Y	2.317
303-X	1.748	246-Y	3.536	5796-X	3.784	210-X	2.112	1184-X	2.305

**Tablo A.6:** ZC sınıfı zemin için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
2470-Y	2.298	952-Y	2.396	5472-X	2.623	4229-X	2.727	3753-Y	2.675
297-X	3.725	4124-Y	1.544	237-X	3.944	4071-Y	2.404	4226-Y	0.451
5474-Y	3.453	139-Y	2.521	2942-X	3.504	5806-X	2.035	410-X	3.544
990-X	3.503	501-Y	1.576	5656-Y	1.488	1493-X	2.698	763-Y	0.929
6876-X	3.415	4871-X	1.078	4219-Y	1.105	5474-X	2.117	3347-Y	2.657
1055-Y	3.506	4101-X	1.807	265-X	1.668	952-X	1.023	4870-X	2.376
4869-Y	2.156	763-X	1.071	2619-Y	2.678	3760-Y	2.968	4229-Y	3.801
825-Y	3.249	5806-X	3.911	2820-Y	3.727	5275-Y	2.931	1086-X	1.881
2466-Y	2.047	3865-X	3.511	5478-X	2.962	779-Y	2.050	5810-X	2.604
3744-X	2.126	5807-X	2.981	983-X	1.608	6915-X	1.434	3503-Y	0.691
1493-X	3.401	4228-X	2.190	139-Y	1.797	5478-Y	2.463	5813-X	2.900
SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
990-X	3.549	4477-X	3.624	5478-Y	3.245	3502-X	3.930	1208-X	3.551
1012-X	1.391	1507-X	1.905	1493-X	2.394	336-X	2.767	4228-Y	3.815
2883-Y	2.091	3472-X	3.377	28-X	3.042	231-X	1.660	4096-X	1.932
787-Y	3.175	1762-X	1.024	3018-X	1.550	4846-Y	1.733	1549-X	2.037
5807-Y	3.122	5265-Y	2.352	1013-Y	2.080	594-X	2.419	4054-Y	2.229
2461-Y	3.755	318-Y	3.639	954-Y	2.569	4101-X	3.396	3473-X	2.074
825-Y	2.733	1497-Y	1.846	4064-X	2.698	1499-X	3.663	340-Y	2.514
1734-Y	2.281	1078-Y	2.208	1058-Y	3.052	4069-X	3.282	4218-X	0.896
5284-Y	1.117	285-Y	3.838	5818-Y	2.591	1633-Y	3.201	4510-Y	3.728
8164-Y	2.190	139-X	2.292	4281-Y	2.894	1005-X	1.360	5282-X	2.298
2734-Y	0.654	4383-X	3.146	78-Y	2.206	3495-Y	1.613	948-Y	3.680

**Tablo A.7:** ZD sınıfı zemin için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
6927-X	1.000	4895-Y	1.000	1077-Y	1.000	4894-X	1.000	5829-Y	1.000
165-X	1.000	182-X	1.000	4894-Y	1.000	996-Y	1.000	692-Y	1.000
1003-X	1.000	169-X	1.000	5992-Y	1.000	183-X	1.000	1084-X	1.000
4895-Y	1.000	767-X	1.000	1106-X	1.000	5264-Y	1.000	529-Y	1.000
126-Y	1.000	1602-X	1.000	6927-X	1.000	6927-X	1.000	1044-X	1.000
5264-Y	1.000	6927-X	1.000	126-Y	1.000	126-Y	1.000	4894-X	1.000
721-X	1.000	4861-X	1.000	5264-Y	1.000	4895-Y	1.000	5781-X	1.000
180-Y	1.000	5825-X	1.000	767-X	1.000	5829-X	1.000	1003-Y	1.000
4894-X	1.000	126-Y	1.000	180-Y	1.000	558-Y	1.000	5264-Y	1.000
1063-Y	1.000	1120-Y	1.000	960-Y	1.000	995-Y	1.000	126-Y	1.000
767-X	1.000	4894-X	1.000	953-Y	1.000	1063-Y	1.000	183-X	1.000
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
6927-Y	1.000	183-Y	1.000	5829-X	1.000	183-Y	1.000	4895-Y	1.000
5780-X	1.000	184-X	1.000	6927-Y	1.000	180-Y	1.000	767-X	1.000
5829-Y	1.000	1063-Y	1.000	558-Y	1.000	412-Y	1.000	4102-X	1.000
182-X	1.000	3935-Y	1.000	4894-X	1.000	126-Y	1.000	1003-X	1.000
184-X	1.000	692-Y	1.000	767-X	1.000	6927-Y	1.000	4894-X	1.000
180-Y	1.000	6893-Y	1.000	1084-X	1.000	4894-X	1.000	6911-Y	1.000
4894-X	1.000	767-X	1.000	1063-X	1.000	529-Y	1.000	126-Y	1.000
4895-Y	1.000	4894-X	1.000	4861-X	1.000	184-Y	1.000	1602-Y	1.000
126-Y	1.000	126-Y	1.000	126-Y	1.000	1063-Y	1.000	1503-Y	1.000
692-Y	1.000	5264-X	1.000	960-Y	1.000	1119-Y	1.000	5829-Y	1.000
1084-X	1.000	1084-Y	1.000	6911-X	1.000	1503-Y	1.000	4856-Y	1.000
SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
4895-Y	1.000	4894-X	1.000	529-Y	1.000	953-Y	1.000	1044-X	1.000
1063-Y	1.000	5652-Y	1.000	4895-Y	1.000	558-Y	1.000	4894-X	1.000
4894-X	1.000	4895-Y	1.000	767-X	1.000	5264-Y	1.000	1244-Y	1.000
949-Y	1.000	5780-Y	1.000	6927-X	1.000	174-X	1.000	184-X	1.000
126-Y	1.000	1602-Y	1.000	8118-X	1.000	126-Y	1.000	4066-X	1.000
1119-Y	1.000	180-Y	1.000	1602-Y	1.000	5992-Y	1.000	6927-X	1.000
171-Y	1.000	6911-X	1.000	4894-X	1.000	4895-Y	1.000	768-X	1.000
5780-Y	1.000	183-X	1.000	1120-X	1.000	1602-Y	1.000	1077-Y	1.000
529-Y	1.000	1063-Y	1.000	5827-Y	1.000	6927-X	1.000	4895-Y	1.000
180-Y	1.000	6927-X	1.000	126-Y	1.000	5829-X	1.000	126-Y	1.000
6927-X	1.000	126-Y	1.000	180-X	1.000	4894-Y	1.000	1084-Y	1.000



**Tablo A.7:** ZD sınıfı zemin için ÖS1 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
5829-X	1.000	953-Y	1.000	529-Y	1.000	183-X	1.000	767-X	1.000
126-Y	1.000	4894-X	1.000	6927-Y	1.000	5780-Y	1.000	6927-X	1.000
4895-Y	1.000	4895-Y	1.000	4895-Y	1.000	4895-Y	1.000	4894-X	1.000
770-Y	1.000	949-Y	1.000	1003-X	1.000	6927-X	1.000	4895-Y	1.000
4894-X	1.000	1602-Y	1.000	126-Y	1.000	1503-Y	1.000	126-Y	1.000
1063-X	1.000	766-X	1.000	614-X	1.000	1106-X	1.000	5827-Y	1.000
182-X	1.000	767-X	1.000	1602-Y	1.000	406-Y	1.000	5969-Y	1.000
169-X	1.000	126-X	1.000	803-Y	1.000	5827-Y	1.000	558-Y	1.000
1084-X	1.000	6927-X	1.000	4894-X	1.000	1063-X	1.000	6911-Y	1.000
181-Y	1.000	1077-X	1.000	5264-Y	1.000	4894-X	1.000	1084-Y	1.000
558-Y	1.000	5264-Y	1.000	1119-Y	1.000	126-Y	1.000	1503-Y	1.000

**Tablo A.8:** ZD sınıfı zemin için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
169-X	1.879	4895-X	0.506	1084-Y	1.511	1003-X	1.904	544-Y	1.737
4074-X	1.670	5249-X	1.916	2648-X	1.905	993-Y	1.212	4894-X	1.287
6927-X	1.722	6911-Y	1.821	5969-Y	1.647	1491-Y	1.610	4861-X	1.704
180-Y	1.997	1082-X	1.781	614-X	1.634	30-Y	1.105	126-Y	1.864
723-X	1.842	322-X	1.690	126-Y	1.746	184-X	1.752	2618-X	1.482
1203-X	1.599	181-Y	1.826	1119-X	1.889	4895-X	0.762	8069-X	1.505
1044-Y	1.280	960-X	1.937	183-Y	1.849	181-Y	1.579	1491-Y	1.573
8102-Y	1.577	4894-Y	0.828	30-X	1.834	3918-Y	1.320	681-Y	1.542
5827-X	1.870	767-Y	0.993	5268-X	1.367	1119-X	1.965	169-X	1.447
5817-X	1.676	4134-X	1.389	768-X	1.911	6927-Y	1.736	184-X	1.222
770-Y	1.935	1244-Y	1.618	411-Y	1.151	768-Y	1.660	1063-X	1.539
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1001-Y	1.212	6927-X	1.982	1077-X	1.950	183-X	1.767	6962-Y	1.788
4895-Y	1.251	3499-X	1.796	5827-X	1.636	720-X	1.280	776-X	1.420
170-X	1.489	692-Y	1.938	725-X	1.256	1244-Y	1.314	5823-Y	1.786
595-X	1.348	4894-Y	1.193	1106-Y	0.863	1106-X	1.670	5251-X	1.497
4896-Y	1.742	1063-X	1.462	1084-X	1.406	126-Y	1.743	5774-Y	1.622
5780-X	1.575	987-Y	1.928	173-Y	1.949	1044-Y	1.187	5825-X	1.904
634-X	1.689	6962-X	1.002	681-X	1.470	6893-Y	1.788	1244-Y	1.822
3749-Y	1.915	5652-Y	1.379	174-X	1.632	31-Y	1.688	183-X	1.881
1120-Y	0.719	1119-Y	1.457	184-X	1.194	1246-X	1.897	4895-X	1.096
1003-X	1.991	5829-Y	1.410	595-X	1.870	5805-Y	1.398	547-X	1.825
126-X	1.518	1057-Y	0.805	960-X	1.744	5825-Y	0.869	322-X	1.917

**Tablo A.8:** ZD sınıfı zemin için ÖS2 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
4849-X	0.768	725-Y	1.496	626-Y	1.922	1003-X	1.809	6927-X	1.936
721-X	1.462	5836-X	1.240	4066-Y	1.621	5823-Y	1.995	987-Y	1.903
1602-X	1.549	1106-X	1.685	4894-X	0.781	1044-X	1.016	314-Y	1.723
184-X	1.883	652-Y	1.020	995-X	0.819	68-X	1.522	725-Y	1.291
5829-X	1.587	6-Y	1.969	4098-X	1.978	5814-Y	1.649	170-Y	1.266
6933-X	1.941	6911-X	1.741	5777-X	1.108	1176-Y	1.810	4894-X	1.004
1503-Y	1.444	1032-Y	1.908	4856-Y	1.431	1553-Y	0.790	4330-X	1.594
180-Y	1.703	5827-X	1.343	949-X	1.959	5829-X	1.981	1077-Y	1.243
5780-X	1.872	614-Y	1.997	184-X	1.997	692-Y	1.886	1063-Y	1.333
1082-X	1.398	183-Y	1.942	5825-X	1.224	767-X	1.292	4861-Y	1.088
681-X	1.595	668-X	1.785	126-X	1.793	723-Y	1.806	5652-X	1.694
SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
169-Y	1.236	1063-Y	1.294	179-Y	1.909	179-Y	1.435	162-Y	0.523
184-X	1.659	1602-X	1.927	126-X	1.416	4117-Y	1.877	1119-X	1.106
547-Y	1.962	126-Y	1.224	960-X	1.504	992-X	1.961	1106-X	1.155
993-Y	1.423	1119-Y	0.927	6013-Y	0.947	5805-Y	1.998	5823-Y	1.942
2507-X	1.045	1752-X	1.962	184-X	1.912	192-X	1.993	6927-X	1.908
761-Y	1.686	1176-Y	0.698	3002-Y	1.266	529-Y	1.877	183-X	1.706
6927-X	1.913	184-X	1.347	169-X	1.826	1063-X	1.923	5264-X	1.109
4895-Y	1.604	316-X	1.687	1084-Y	1.262	184-X	1.890	5836-Y	1.507
768-X	1.742	6927-Y	1.922	412-Y	1.549	316-Y	1.984	6893-Y	1.076
183-Y	1.646	5495-X	1.273	4104-Y	1.966	1602-Y	1.862	412-Y	1.897
1084-Y	1.385	625-X	1.355	3749-Y	1.632	652-X	1.692	766-X	1.923

**Tablo A.9:** ZD sınıfı zemin için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
184-Y	1.055	266-X	2.016	4134-Y	3.204	6927-Y	2.619	764-Y	3.273
558-Y	3.255	640-Y	1.564	949-Y	2.604	449-Y	3.648	630-X	3.222
4861-Y	1.667	5801-Y	1.220	5652-X	1.983	724-X	1.082	721-Y	2.503
3754-X	2.928	5784-Y	1.287	1077-X	2.528	4136-Y	3.758	862-Y	2.814
988-X	3.034	5969-Y	2.736	720-Y	1.293	882-Y	1.881	1001-Y	3.319
4159-X	1.712	3311-X	2.710	3749-Y	3.865	8133-X	1.894	4098-X	2.035
1233-X	3.135	1077-X	2.707	266-X	3.846	862-Y	3.097	4081-X	2.075
723-X	0.363	6962-X	2.866	2375-X	2.611	558-Y	3.717	183-X	2.810
126-Y	2.130	1057-X	3.992	8625-X	1.222	1203-Y	1.015	5816-X	2.811
172-Y	3.869	778-Y	2.151	4879-Y	2.696	3564-X	2.840	5780-X	3.273
5786-X	2.894	692-Y	3.744	5785-X	3.203	1101-Y	3.011	1176-X	0.763
SET 6		SET 7		SET 8		SET 9		SET 10	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
768-Y	3.504	4840-X	1.301	4125-Y	3.716	4861-Y	3.619	2887-X	2.092
4102-X	3.532	458-Y	2.557	987-Y	3.759	5836-Y	2.359	4880-Y	2.826
2752-Y	1.058	162-X	2.848	209-X	1.310	1008-Y	1.244	3687-Y	2.019
682-Y	1.972	5817-Y	3.516	3039-X	3.856	964-Y	1.973	634-Y	1.724
5827-X	1.795	5774-X	2.300	341-X	3.455	2752-X	2.670	179-Y	2.601
1034-X	2.370	184-X	2.303	182-Y	3.577	2886-Y	2.244	169-X	1.561
8809-Y	3.417	6927-X	1.745	547-X	3.493	180-Y	2.683	181-X	2.242
4104-Y	3.255	5780-X	3.995	162-Y	2.078	1119-X	1.449	676-Y	2.628
2509-X	3.578	8771-X	3.142	5264-X	1.438	4348-X	3.780	5836-Y	3.189
5829-X	1.939	342-X	1.970	446-X	1.587	517-Y	3.384	4894-X	0.651
4880-Y	3.350	654-X	2.618	1003-X	2.434	337-Y	2.805	721-X	2.967
SET 11		SET 12		SET 13		SET 14		SET 15	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
8897-X	3.420	266-X	2.915	988-X	1.775	4098-Y	3.241	561-Y	2.188
649-X	0.803	1107-Y	2.082	599-Y	3.777	692-Y	3.250	8075-Y	2.365
93-X	1.816	678-X	3.412	30-X	2.629	6966-Y	2.189	391-Y	2.476
987-Y	2.847	4102-Y	3.222	4348-X	1.852	126-Y	1.529	470-Y	2.108
185-X	3.815	2710-Y	0.860	172-Y	3.287	1498-X	3.064	722-Y	3.314
1602-Y	2.736	1082-Y	2.307	778-Y	2.449	181-X	1.434	723-X	3.141
171-X	2.377	172-Y	2.170	2509-Y	1.313	5969-X	3.461	1116-X	3.800
1180-X	3.485	1176-Y	3.481	1503-Y	2.152	2711-Y	2.623	126-Y	3.218
6966-X	1.525	192-X	2.740	761-X	3.409	2647-X	2.073	457-Y	0.539
6975-Y	0.964	1602-X	1.296	183-X	3.883	652-Y	2.950	5827-X	1.920
412-X	3.397	1045-X	1.379	6966-X	1.376	3749-X	1.375	1681-X	3.248

**Tablo A.9:** ZD sınıfı zemin için ÖS3 stratejisi ile elde edilen ivme kaydı setleri  
(devamı)

SET 16		SET 17		SET 18		SET 19		SET 20	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
668-X	3.894	722-Y	3.074	5620-Y	2.285	187-X	0.830	626-Y	1.670
907-Y	2.596	316-Y	3.012	1176-X	2.736	8161-Y	3.226	721-X	2.546
602-Y	0.699	175-Y	3.885	4330-Y	3.826	517-Y	3.495	179-Y	2.599
953-Y	1.422	4117-Y	2.317	5803-X	3.896	1101-Y	1.558	16-Y	2.350
978-Y	3.514	8897-X	3.554	776-Y	2.566	547-Y	2.794	8621-X	2.512
5827-X	1.919	6975-X	3.605	169-X	2.269	175-Y	2.619	1045-X	3.920
3317-X	3.565	6896-Y	2.001	3963-Y	1.769	5803-Y	2.641	183-Y	1.881
183-Y	2.843	97-Y	2.166	595-Y	2.275	6927-X	2.410	695-Y	1.742
8897-X	1.369	184-X	0.986	3749-Y	3.062	180-Y	0.626	1035-X	3.566
4102-X	1.706	4098-X	3.815	730-X	2.322	960-Y	1.719	1003-X	2.212
615-Y	1.246	126-X	1.566	725-X	2.332	392-Y	1.719	711-Y	1.199

**Tablo A.10:** ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
23	San Francisco	22.03.1957	5.28	0322
59	Friuli (aftershock)	7.05.1976	5.20	ST20
80	San Fernando	9.02.1971	6.61	0209
95	Friuli (aftershock)	17.06.1976	5.20	ST20
128	Friuli (aftershock)	15.09.1976	6.00	ST36
140	Friuli (aftershock)	15.09.1976	6.00	ST36
146	Coyote Lake	8.06.1979	5.74	0806
149	Friuli (aftershock)	15.09.1976	6.00	ST26
169	Calabria	11.03.1978	5.20	ST45
172	Basso Tirreno	15.04.1978	6.00	ST48
173	Basso Tirreno	15.04.1978	6.00	ST49
193	Montenegro	9.04.1979	5.40	ST64
195	Montenegro	15.04.1979	6.90	ST66
196	Tabas	16.09.1978	7.30	258
212	Montenegro (aftershock)	15.04.1979	5.80	ST68
234	Montenegro (aftershock)	24.05.1979	6.20	ST68
243	Valnerina	19.09.1979	5.80	ST82
246	Valnerina	19.09.1979	5.80	ST61
292	Campano Lucano	23.11.1980	6.90	ST98
347	Irpinia	23.11.1980	6.90	ALT
350	Biga	5.07.1983	6.10	ST129
351	Irpinia	23.11.1980	6.90	TDG
354	Irpinia	23.11.1980	6.90	BSC
355	Irpinia	23.11.1980	6.90	STR
357	Umbria	29.04.1984	5.60	ST134
358	Umbria	29.04.1984	5.60	ST135
359	Umbria	29.04.1984	5.60	ST136
362	Umbria	29.04.1984	5.60	ST137
364	Lazio Abruzzo	7.05.1984	5.90	ST139
366	Irpinia, Italy-02	23.11.1980	6.20	BSC
367	Irpinia, Italy-02	23.11.1980	6.20	STR
368	Lazio Abruzzo	7.05.1984	5.90	ST143
369	Lazio Abruzzo	7.05.1984	5.90	ST109
380	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.05.1984	5.50	ST274
382	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.05.1984	5.50	ST140
383	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.05.1984	5.50	ST153
385	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.05.1984	5.50	ST155
410	Golbasi	5.05.1986	6.00	ST161
412	Golbasi	6.06.1986	5.80	ST161
429	Etolia	22.05.1988	5.40	ST169
455	Morgan Hill	24.04.1984	6.19	0424
467	Chenoua	29.10.1989	5.90	ST181
487	Javakheti Highland	16.12.1990	5.40	ST193
495	Javakheti Highland	16.12.1990	5.40	ST177
527	Mt. Vatnafjoll	25.05.1987	6.00	ST2483
551	Tithorea	18.11.1992	5.90	ST212
554	Near coast of Filiatra	5.3.1993	5.20	ST213
597	Umbria Marche	26.9.1997	5.70	ST222
598	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST222
603	Umbria Marche	26.9.1997	5.70	ST225

**Tablo A.10:** ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
604	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST225
605	Umbria Marche	26.9.1997	5.70	ST84
606	Umbria Marche	26.9.1997	5.70	ST226
607	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST226
608	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST136
615	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST138
616	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST134
621	Umbria Marche (aftershock)	6.10.1997	5.50	ST136
626	Umbria Marche (aftershock)	6.10.1997	5.50	ST222
628	Umbria Marche (aftershock)	6.10.1997	5.50	ST226
629	Umbria Marche (aftershock)	6.10.1997	5.50	ST225
638	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST233
639	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST226
641	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST84
642	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST225
647	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST222
650	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST235
652	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST236
680	Whittier Narrows-01	1.10.1987	5.99	1001
763	Umbria Marche	26.9.1997	5.70	ST266
764	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST266
765	Umbria Marche (aftershock)	12.10.1997	5.20	ST266
773	Umbria Marche (aftershock)	3.10.1997	5.30	ST222
775	Umbria Marche (aftershock)	3.10.1997	5.30	ST136
789	Umbria Marche (aftershock)	12.10.1997	5.20	ST225
791	Umbria Marche (aftershock)	12.10.1997	5.20	ST234
798	Umbria Marche (aftershock)	12.10.1997	5.20	ST233
801	Umbria Marche (aftershock)	12.10.1997	5.20	ST226
818	Umbria Marche (aftershock)	12.10.1997	5.20	ST235
826	Umbria Marche (aftershock)	12.10.1997	5.20	ST236
847	Umbria Marche (aftershock)	26.3.1998	5.40	ST269
851	Umbria Marche (aftershock)	26.3.1998	5.40	ST235
858	Umbria Marche (aftershock)	3.4.1998	5.10	ST269
861	Umbria Marche (aftershock)	21.3.1998	5.00	ST234
862	Umbria Marche (aftershock)	21.3.1998	5.00	ST233
863	Umbria Marche (aftershock)	26.3.1998	5.40	ST233
870	Umbria Marche (aftershock)	3.4.1998	5.10	ST136
873	Umbria Marche (aftershock)	3.4.1998	5.10	ST233
879	Landers	28.6.1992	7.28	0628
949	Sicilia-Orientale	13.12.1990	5.60	ST291
960	Sicilia-Orientale	13.12.1990	5.60	ST296
961	Sicilia-Orientale	13.12.1990	5.60	ST297
1011	Northridge-01	17.1.1994	6.69	0117
1091	Northridge-01	17.1.1994	6.69	0117
1108	Kobe, Japan	16.1.1995	6.90	0116

**Tablo A.10:** ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
1240	Izmit (aftershock)	13.9.1999	5.80	ST561
1243	Izmit (aftershock)	13.9.1999	5.80	ST575
1709	Northridge-06	20.3.1994	5.28	0320
1795	Golbasi	6.6.1986	5.80	ST587
1852	Astakos	22.1.1988	5.10	ST1301
1878	Kalamata	13.9.1986	5.90	ST1309
1884	Filippias	16.6.1990	5.50	ST1312
1891	Kranidia	25.10.1984	5.50	ST1320
1893	Near SW coast of	10.12.1987	5.20	ST1321
1894	Near coast of Filiatra	5.3.1993	5.20	ST1321
1899	Gulf of Kiparissiakos	7.9.1985	5.40	ST1323
1900	Kalamata (aftershock)	10.6.1987	5.30	ST1323
1901	Near coast of Filiatra	5.3.1993	5.20	ST1323
1902	Anchialos	30.4.1985	5.60	ST1324
1917	Ierissos	26.8.1983	5.10	ST1328
1960	Near NE coast of Rodos	25.10.1987	5.10	ST1335
1994	Skydra-Edessa	18.2.1986	5.30	ST1354
1995	Griva	21.12.1990	6.10	ST1354
2023	Kremidia (aftershock)	25.10.1984	5.00	ST1323
2753	Chi-Chi, Taiwan-04	20.9.1999	6.20	0920
3446	Ano Liosia (Athens)	7.9.1999	6.00	1701
3548	Loma Prieta	18.10.1989	6.93	1018
3925	Tottori, Japan	6.10.2000	6.61	1006
3954	Tottori, Japan	6.10.2000	6.61	1006
4167	Niigata, Japan	23.10.2004	6.63	1023
4557	Bovec	12.4.1998	5.60	ST750
4560	Bovec	12.4.1998	5.60	ST727
4675	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2487
4678	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2557
4679	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2563
5027	Oelfus	13.11.1998	5.10	ST2496
5036	Oelfus	13.11.1998	5.10	ST2492
5038	Oelfus	13.11.1998	5.10	ST2495
5078	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2496
5085	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2497
5086	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2556
5087	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2491
5088	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2492
5089	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2493
5090	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2495
5270	Mt. Vatnafjoll	25.5.1987	6.00	ST2486
5271	Mt. Vatnafjoll	25.5.1987	6.00	ST2486
5272	Mt. Vatnafjoll	25.5.1987	6.00	ST2487
5483	Iwate	13.6.2008	6.90	0613
5614	Friuli (aftershock)	11.9.1976	5.30	ST36
5615	Friuli (aftershock)	11.9.1976	5.50	ST36
5618	Iwate	13.6.2008	6.90	0613
5655	NE of Banja Luka	13.8.1981	5.70	ST2950
5680	Montenegro (aftershock)	15.4.1979	5.80	ST66
5789	Jesreel Plain	24.8.1984	5.30	ST2992

**Tablo A.10:** ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
5819	Kalamata	13.10.1997	6.40	ST1321
5824	Strofades (foreshock)	26.4.1997	5.00	ST1323
5827	Strofades (aftershock)	18.11.1997	6.00	ST1323
5828	Strofades (aftershock)	18.11.1997	5.30	ST1323
6059	Bitola	1.9.1994	6.10	ST1307
6100	Kozani	13.5.1995	6.50	ST1315
6115	Kozani	13.5.1995	6.50	ST1320
6120	Kozani (aftershock)	13.5.1995	5.20	ST1320
6123	Kozani (aftershock)	17.5.1995	5.30	ST1320
6124	Bitola	1.9.1994	6.10	ST1307
6174	Kozani	13.5.1995	6.50	ST1354
6262	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2496
6265	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2494
6267	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2565
6269	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2497
6270	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2556
6272	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2568
6278	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2552
6327	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2552
6331	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2486
6333	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2487
6336	Loma Prieta	18.10.1989	6.93	1018
6337	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2494
6341	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2497
6342	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2556
6344	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2568
6347	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2492
6348	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2493
6448	Izmit (aftershock)	11.11.1999	5.60	ST3136
6593	Izmit (aftershock)	17.8.1999	5.20	ST2573
7083	Meydan	25.6.2001	5.40	ST534
7089	Pasinler	10.7.2001	5.40	ST557
7158	Firuzabad	20.6.1994	5.90	ST3293
7160	Firuzabad	20.6.1994	5.90	ST3295
8167	San Simeon, CA	22.12.2003	6.52	1222
9071	14151344	12.6.2005	5.20	612
14762	Campano Lucano	24.11.1980	5.10	BGI
16955	L Aquila Earthquake	7.4.2009	5.60	AQP
17036	Gran Sasso	9.4.2009	5.40	AQP
765	Loma Prieta	18.10.1989	6.93	1018



**Tablo A.11:** ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
28	Parkfield	28/06/1966	6.19	Cholame - Shandon Array #12
33	Parkfield	28/06/1966	6.19	Temblor pre-1969
50	Lytle Creek	12/09/1970	5.33	Wrightwood - 6074 Park Dr
57	San Fernando	09/02/1971	6.61	Castaic - Old Ridge Route
70	San Fernando	09/02/1971	6.61	Lake Hughes #1
78	San Fernando	09/02/1971	6.61	Palmdale Fire Station
88	San Fernando	09/02/1971	6.61	Santa Felita Dam (Outlet)
103	Northern Calif-07	07/06/1975	5.20	Petrolia, General Store
139	Tabas, Iran	16/09/1978	7.35	Dayhook
164	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Cerro Prieto
210	Livermore-01	24/01/1980	5.80	APEEL 3E Hayward CSUH
213	Livermore-01	24/01/1980	5.80	Fremont - Mission San Jose
215	Livermore-01	24/01/1980	5.80	San Ramon Fire Station
216	Livermore-01	24/01/1980	5.80	Tracy - Sewage Treatm Plant
231	Mammoth Lakes-01	25/05/1980	6.06	Long Valley Dam (Upr L Abut)
237	Mammoth Lakes-03	25/05/1980	5.91	Long Valley Dam (Downst)
238	Mammoth Lakes-03	25/05/1980	5.91	Long Valley Dam (L Abut)
239	Mammoth Lakes-03	25/05/1980	5.91	Long Valley Dam (Upr L Abut)
245	Mammoth Lakes-05	26/05/1980	5.70	Long Valley Dam (Upr L Abut)
246	Mammoth Lakes-06	27/05/1980	5.94	Benton
249	Mammoth Lakes-06	27/05/1980	5.94	Fish & Game (FIS)
250	Mammoth Lakes-06	27/05/1980	5.94	Long Valley Dam (Upr L Abut)
265	Victoria, Mexico	09/06/1980	6.33	Cerro Prieto
285	Irpinia, Italy-01	23/11/1980	6.90	Bagnoli Irpinio
292	Irpinia, Italy-01	23/11/1980	6.90	Sturno (STN)
297	Irpinia, Italy-02	23/11/1980	6.20	Bisaccia
303	Irpinia, Italy-02	23/11/1980	6.20	Sturno (STN)
313	Corinth, Greece	24/02/1981	6.60	Corinth
318	Westmorland	26/04/1981	5.90	Superstition Mtn Camera
330	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Cholame 4W
336	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Fault Zone 11
340	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Fault Zone 16
358	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Stone Corral 4E
359	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Vineyard Cany 1E
410	Coalinga-05	22/07/1983	5.77	Palmer Ave
448	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Anderson Dam (Downstream)
451	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Coyote Lake Dam - Southwest Abut.
501	Hollister-04	26/01/1986	5.45	SAGO South - Surface
521	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	Hurkey Creek Park
524	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	Joshua Tree
537	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	Silent Valley - Poppet Flat
546	Chalfant Valley-01	20/07/1986	5.77	Lake Crowley - Shehorn Res.
548	Chalfant Valley-02	21/07/1986	6.19	Benton
550	Chalfant Valley-02	21/07/1986	6.19	Bishop - Paradise Lodge
587	New Zealand-02	02/03/1987	6.60	Matahina Dam
590	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Altadena - Eaton Canyon
594	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Baldwin Park - N Holly
620	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Glendale - Las Palmas

**Tablo A.11: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)**

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
671	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pacoima Kagel Canyon
683	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - Old House Rd
694	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Studio City-Ventura&Coldwater Cyn
740	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Anderson Dam (L Abut)
755	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Coyote Lake Dam - Southwest Abut.
763	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy - Gavilan Coll.
769	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #6
779	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	LGPC
787	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Palo Alto - SLAC Lab
791	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	SAGO South - Surface
801	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	San Jose - Santa Teresa Hills
802	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Saratoga - Aloha Ave
809	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	UCSC
810	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	UCSC Lick Observatory
811	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	WAHO
814	Griva, Greece	21/12/1990	6.10	Edessa (bsmt)
825	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Cape Mendocino
827	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Fortuna - Fortuna Blvd
881	Landers	28/06/1992	7.28	Morongo Valley Fire Station
901	Big Bear-01	28/06/1992	6.46	Big Bear Lake - Civic Center
935	Big Bear-01	28/06/1992	6.46	Snow Creek
948	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Arcadia - Campus Dr
952	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Beverly Hills - 12520 Mulhol
954	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Big Tujunga, Angeles Nat F
963	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Castaic - Old Ridge Route
974	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Glendale - Las Palmas
982	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Jensen Filter Plant Administrative Buil.
983	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Jensen Filter Plant Generator Buil.
989	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Chalon Rd
990	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - City Terrace
997	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - N Figueroa St
1005	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Temple & Hope
1006	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - UCLA Grounds
1012	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA 00
1013	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA Dam
1016	Northridge-01	17/01/1994	6.69	La Crescenta - New York
1031	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Leona Valley #5 - Ritter
1052	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Pacoima Kagel Canyon
1053	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Palmdale - Hwy 14 & Palmdale
1055	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Pasadena - N Sierra Madre
1058	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Point Mugu - Laguna Peak
1078	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Santa Susana Ground
1080	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Simi Valley - Katherine Rd
1085	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Sylmar - Converter Sta East
1086	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Sylmar - Olive View Med FF
1135	Kozani, Greece-04	19/05/1995	5.10	Karpero
1148	Kocaeli, Turkey	17/08/1999	7.51	Arcelik
1184	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY010

**Tablo A.11:** ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
1197	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY028
1206	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY042
1208	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY046
1227	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY074
1231	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY080
1488	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU048
1489	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU049
1490	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU050
1492	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU052
1493	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU053
1494	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU054
1496	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU056
1497	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU057
1499	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU060
1500	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU061
1501	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU063
1504	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU067
1505	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU068
1506	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU070
1507	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU071
1508	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU072
1509	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU074
1510	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU075
1511	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU076
1515	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU082
1519	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU087
1520	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU088
1527	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU100
1528	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU101
1529	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU102
1530	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU103
1535	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU109
1545	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU120
1546	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU122
1549	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU129
1550	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU136
1551	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU138
1611	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Lamont 1058
1612	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Lamont 1059
1614	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Lamont 1061
1617	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Lamont 375
1619	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Mudurnu
1631	Upland	28/02/1990	5.63	Pomona-4th & Locust FF
1633	Manjil, Iran	20/06/1990	7.37	Abbar
1643	Sierra Madre	28/06/1991	5.61	LA - City Terrace
1647	Sierra Madre	28/06/1991	5.61	San Marino-SW Academy
1734	Northridge-06	20/03/1994	5.28	Sun Valley - Sunland
1762	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIG028

**Tablo A.11: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)**

<b>Kayıt</b>	<b>Deprem İsmi</b>	<b>Tarihi</b>	<b>M</b>	<b>İstasyon Kodu</b>
1787	Hector Mine	16/10/1999	7.13	Hector
2255	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	HWA051
2370	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU050
2383	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU067
2388	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU075
2395	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU084
2425	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU136
2457	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	CHY024
2461	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	CHY028
2466	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	CHY035
2470	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	CHY042
2619	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU067
2627	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU076
2635	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU089
2643	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU105
2654	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU120
2658	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU129
2661	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU138
2717	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY052
2734	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY074
2820	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	KAU050
2821	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	KAU054
2883	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	TCU109
2942	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	CHY024
2997	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	HWA005
3018	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	HWA031
3023	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	HWA036
3268	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	CHY028
3269	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	CHY029
3300	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	CHY074
3347	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	HWA035
3462	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU057
3465	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU061
3470	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU072
3472	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU076
3473	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU078
3474	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU079
3489	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU102
3490	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU103
3495	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU109
3502	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU120
3503	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU122
3744	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Bunker Hill FAA
3746	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Centerville Beach, Naval Fac
3750	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Loleta Fire Station
3753	Landers	28/06/1992	7.28	Fun Valley
3757	Landers	28/06/1992	7.28	North Palm Springs Fire Sta #36
3759	Landers	28/06/1992	7.28	Whitewater Trout Farm

**Tablo A.11:** ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
3760	Landers	28/06/1992	7.28	Big Bear Lake - Civic Center
3776	Northridge-06	20/03/1994	5.28	Studio City-Ventura&Coldwater Cyn
3847	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU107
3865	Chi-Chi (aftershock 5)	25/09/1999	6.30	CHY006
3884	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	HRS021
3907	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	OKY004
3926	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	OKYH08
3927	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	OKYH09
3932	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	OKYH14
3948	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	SMNH02
3964	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	TTR007
3966	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	TTR009
4009	San Simeon, CA	22/12/2003	6.52	POINT BUCHON - LOS OSOS
4013	San Simeon, CA	22/12/2003	6.52	San Antonio Dam - Toe
4031	San Simeon, CA	22/12/2003	6.52	Templeton - 1-story Hospital
4040	Bam, Iran	26/12/2003	6.60	Bam
4054	Bam, Iran	26/12/2003	6.60	Mohammad Abad-e-Madkoon
4064	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - DONNA LEE
4069	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - JACK CANYON
4070	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - JOAQUIN CANYON
4071	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - MIDDLE MOUNTAIN
4073	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - STOCKDALE MTN
4075	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - WORK RANCH
4096	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Bear Valley Ranch, Parkfield, CA, USA
4101	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 3E
4103	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 4W
4124	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Gold Hill 5W
4130	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 1E
4132	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 2E
4133	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 2W
4135	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 4W
4137	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 6W
4139	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - UPSAR 02
4141	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - UPSAR 05
4143	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - UPSAR 07
4169	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	FKSH21
4211	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIG021
4213	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIG023
4218	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIG028
4219	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIGH01
4226	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIGH09
4228	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIGH11
4229	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIGH12
4230	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIGH13
4281	Calabria, Italy	11/03/1978	5.20	Pellaro
4316	Umbria-03, Italy	29/04/1984	5.60	Pietralunga
4328	Potenza, Italy	05/05/1990	5.80	Brienza
4329	Potenza, Italy	05/05/1990	5.80	Rionero In Vulture

**Tablo A.11: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)**

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
4339	Umbria Marche (foreshock)	26/09/1997	5.70	Nocera Umbra
4350	Umbria Marche, Italy	26/09/1997	6.00	Gubbio-Piana
4355	Umbria-03, Italy	29/04/1984	5.60	Citta Di Castello-Regnano
4363	Umbria Marche (aftershock 1)	06/10/1997	5.50	Bevagna
4366	Umbria Marche (aftershock 1)	06/10/1997	5.50	Gubbio-Piana
4377	Umbria Marche (aftershock 8)	12/10/1997	5.20	Borgo-Cerreto Torre
4380	Umbria Marche (aftershock 8)	12/10/1997	5.20	Norcia
4383	Umbria Marche (aftershock 8)	12/10/1997	5.20	Nocera Umbra-Biscontini
4387	Umbria Marche (aftershock 2)	14/10/1997	5.60	Foligno Santa Maria Infraportas
4456	Montenegro, Yugo.	15/04/1979	7.10	Petrovac - Hotel Olivia
4457	Montenegro, Yugo.	15/04/1979	7.10	Ulcinj - Hotel Albatros
4477	L'Aquila, Italy	06/04/2009	6.30	GRAN SASSO (Assergi)
4503	L'Aquila, Italy	06/04/2009	6.30	Sulmona
4508	L'Aquila (aftershock 1), Italy	07/04/2009	5.60	GRAN SASSO (Assergi)
4509	L'Aquila (aftershock 1), Italy	07/04/2009	5.60	L'Aquila-V. Aterno-Colle Grilli
4510	L'Aquila (aftershock 1), Italy	07/04/2009	5.60	L'Aquila-V. Aterno-Centro Valle
4547	L'Aquila (aftershock 2), Italy	09/04/2009	5.40	L'Aquila-V. Aterno-Centro Valle
4553	L'Aquila (aftershock 2), Italy	09/04/2009	5.40	L'Aquila-V. Aterno-F. Aterno
4554	L'Aquila (aftershock 2), Italy	09/04/2009	5.40	L'Aquila - Parking
4841	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Yasuzukaku Yasuzuka
4842	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Uragawaraku Kamabucchi
4843	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Matsushiro Tokamachi
4845	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Oshimaku Oka
4846	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Yanagishima paddocks
4847	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Kakizakiku Kakizaki
4848	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Ogataku
4850	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Yoshikawaku Joetsu City
4852	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu, Aramaki District
4858	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Tokamachi Chitosecho
4864	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH26
4865	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Tani Kozima Nagaoka
4867	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Teradomari Uedamachi Nagaoka
4869	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kawaguchi
4870	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Horinouchi Uonuma City
4871	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Shiozawa Building, Minamiunuma
4872	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Sawa Mizuguti Tokamachi
4873	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki City Takayanagicho
4876	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki Nishiyamacho Ikeura
4882	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Ojiya City
5262	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG016
5265	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG019
5267	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG021
5269	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG023
5274	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG028
5275	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIGH01
5280	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIGH06
5282	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIGH09
5284	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIGH11

**Tablo A.11: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)**

<b>Kayıt</b>	<b>Deprem İsmi</b>	<b>Tarihi</b>	<b>M</b>	<b>İstasyon Kodu</b>
5472	Iwate	13/06/2008	6.90	AKT017
5474	Iwate	13/06/2008	6.90	AKT019
5478	L'Aquila (aftershock 1)	07/04/2009	5.60	Pescasseroli
5482	Iwate	13/06/2008	6.90	AKTH04
5617	Iwate	13/06/2008	6.90	IWT009
5636	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH04
5656	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH24
5658	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH26
5663	Iwate	13/06/2008	6.90	MYG004
5664	Iwate	13/06/2008	6.90	MYG005
5678	Iwate	13/06/2008	6.90	MYGH02
5775	Iwate	13/06/2008	6.90	Tamati Ono
5796	Iwate	13/06/2008	6.90	Yokote Central City
5799	Iwate	13/06/2008	6.90	Misato, Akita City - Tsuchizaki
5804	Iwate	13/06/2008	6.90	Yamauchi Tsuchibuchi Yokote
5806	Iwate	13/06/2008	6.90	Yuzawa Town
5807	Iwate	13/06/2008	6.90	Yuzama Yokobori
5809	Iwate	13/06/2008	6.90	Minase Yuzawa
5810	Iwate	13/06/2008	6.90	Machimukai Town
5813	Iwate	13/06/2008	6.90	Mizusawaku Interior O ganecho
5815	Iwate	13/06/2008	6.90	Yuzawa
5818	Iwate	13/06/2008	6.90	Kurihara City
5819	Iwate	13/06/2008	6.90	Ichinoseki Maikawa
5830	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	RANCHO SAN LUIS
6057	Big Bear-01	28/06/1992	6.46	Highland Fire Station
6875	Joshua Tree, CA	23/04/1992	6.10	Morongo Valley Fire Station
6876	Joshua Tree, CA	23/04/1992	6.10	Whitewater Trout Farm
6915	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	Heathcote Valley Prim. School
6928	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	LPC
6948	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	OXZ
6971	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	SPFS
8110	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	MQZ
8164	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	IRIGM 487
8166	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	IRIGM 498
8486	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Hog Canyon
8742	40204628	31/10/2007	5.45	Santa Clara Co. Comm. CA.
8797	14383980	29/7/2008	5.39	Geol. Surv. Anal.
8827	14383980	29/7/2008	5.39	Padua
8898	14383980	29/7/2008	5.39	Phelan - Centola&Phelan Rds
8912	14383980	29/7/2008	5.39	LA-Hollywood&Hillhurst
8929	14383980	29/7/2008	5.39	La Verne;Weymouth FFP
20125	40204628	31/10/2007	5.45	Coe Ranch

**Tablo A.12:** ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
6	Imperial Valley-02	19/05/1940	6.95	El Centro Array #9
16	Northern Calif-02	22/09/1952	5.20	Ferndale City Hall
30	Parkfield	28/06/1966	6.19	Cholame - Shandon Array #5
31	Parkfield	28/06/1966	6.19	Cholame - Shandon Array #8
68	San Fernando	09/02/1971	6.61	LA - Hollywood Stor FF
93	San Fernando	09/02/1971	6.61	Whittier Narrows Dam
97	Point Mugu	21/02/1973	5.65	Port Hueneme
126	Gazli, USSR	17/05/1976	6.80	Karakyr
162	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Calexico Fire Station
165	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Chihuahua
169	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Delta
170	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	EC County Center FF
171	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro-Meloland Geo. Array
172	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #1
173	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #10
174	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #11
175	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #12
179	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #4
180	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #5
181	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #6
182	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #7
183	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Array #8
184	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro Differential Array
185	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Holtville Post Office
187	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Holtville Post Office
192	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Westmorland Fire Sta
209	Imperial Valley-08	16/10/1979	5.62	Westmorland Fire Sta
211	Livermore-01	24/01/1980	5.80	Antioch - 510 G St
229	Anza (Horse Canyon)-01	25/02/1980	5.19	Rancho De Anza
232	Mammoth Lakes-01	25/05/1980	6.06	Mammoth Lakes H. S.
266	Victoria, Mexico	09/06/1980	6.33	Chihuahua
316	Westmorland	26/04/1981	5.90	Parachute Test Site
322	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Cantua Creek School
328	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Cholame 3W
337	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Fault Zone 12
341	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Fault Zone 2
342	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Fault Zone 3
391	Coalinga-03	11/06/1983	5.38	Burnett Construction
392	Coalinga-03	11/06/1983	5.38	Coalinga-14th&Elm(Old CHP)
406	Coalinga-05	22/07/1983	5.77	Coalinga-14th&Elm(Old CHP)
411	Coalinga-05	22/07/1983	5.77	Pleasant Valley P.P. - FF
412	Coalinga-05	22/07/1983	5.77	Pleasant Valley P.P. - yard
446	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU123
447	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Agnews State Hospital
449	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Capitola
457	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Gilroy Array #3
458	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Gilroy Array #4
470	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	San Juan Bautista, 24 Polk St



**Tablo A.12:** ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
517	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	Desert Hot Springs
529	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	North Palm Springs
535	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	San Jacint -Valley Cemetary
544	Chalfant Valley-01	20/07/1986	5.77	Bishop - LADWP South St
547	Chalfant Valley-01	20/07/1986	5.77	Zack Brothers Ranch
558	Chalfant Valley-02	21/07/1986	6.19	Zack Brothers Ranch
559	Chalfant Valley-03	21/07/1986	5.65	Bishop - LADWP South St
561	Chalfant Valley-03	21/07/1986	5.65	Zack Brothers Ranch
563	Chalfant Valley-04	31/07/1986	5.44	Zack Brothers Ranch
595	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Bell Gardens - Jaboneria
599	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Brea - S Flower Av
602	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Burbank - N Buena Vista
605	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Canyon Country-W Lost Can
614	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Downey - Birchdale
615	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Downey - Co Maint Bldg
625	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Inglewood - Union Oil
626	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - 116th St School
630	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - Century City CC South
633	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - E Vernon Ave
634	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - Fletcher Dr
635	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - Hollywood Stor FF
640	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - S Grand Ave
649	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	La Habra - Briarcliff
652	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Lakewood - Del Amo Blvd
654	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Lawndale - Osage Ave
668	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Norwalk-Imp Hwy, S Grnd
676	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Bridge Lab
677	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Calif Blvd
678	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Indust. Rel
681	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Lura St
682	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Mudd Lab
692	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Santa Fe Springs - E.Joslin
695	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Sun Valley - Roscoe Blvd
710	Whittier Narrows-02	04/10/1987	5.27	Inglewood - Union Oil
711	Whittier Narrows-02	04/10/1987	5.27	LA - 116th St School
720	Superstition Hills-02	24/11/1987	6.54	Calipatria Fire Station
721	Superstition Hills-02	24/11/1987	6.54	El Centro Imp. Co. Cent
722	Superstition Hills-02	24/11/1987	6.54	Kornbloom Road (temp)
723	Superstition Hills-02	24/11/1987	6.54	Parachute Test Site
725	Superstition Hills-02	24/11/1987	6.54	Poe Road (temp)
728	Superstition Hills-02	24/11/1987	6.54	Westmorland Fire Sta
730	Spitak, Armenia	07/12/1988	6.77	Gukasian
757	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Dumbarton Brid. West End F
761	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Fremont - Emerson Court
764	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy - Historic Bldg.
766	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #2
767	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #3
768	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #4

**Tablo A.12:** ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
770	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #7
772	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Halls Valley
776	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Hollister - South & Pine
778	Whittier Narrows	01/10/1987	5.99	Santa Fe Springs - E.Joslin
803	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Saratoga - W Valley Coll.
862	Landers	28/06/1992	7.28	Indio - Coachella Canal
880	Landers	28/06/1992	7.28	Mission Creek Fault
882	Landers	28/06/1992	7.28	North Palm Springs
884	Landers	28/06/1992	7.28	Palm Springs Airport
907	Big Bear-01	28/06/1992	6.46	Hesperia - 4th & Palm
947	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Arcadia - Arcadia Av
949	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Arleta - Nordhoff Fire Sta
953	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Beverly Hills-14145 Mulhol
960	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Canyon Country-W Lost Can
964	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Compton - Castlegate St
978	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Hollywood-Willoughby Ave
987	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Centinela St
988	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA- Century City CC North
992	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - E Vernon Ave
993	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Fletcher Dr
995	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Hollywood Stor FF
996	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - N Faring Rd
1001	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - S Grand Ave
1003	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Saturn St
1008	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - W 15th St
1015	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LB - Rancho Los Cerritos
1032	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Leona Valley #6
1034	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Malibu - Point Dume Sch
1035	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Manhattan Beach-Manhattan
1044	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Newhall - Fire Sta
1045	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Newhall-W Pico Canyon Rd.
1057	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Playa Del Rey - Saran
1063	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Rinaldi Receiving Sta
1077	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Santa Monica City Hall
1082	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Sun Valley - Roscoe Blvd
1084	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Santa Monica City Hall
1101	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Amagasaki
1106	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	KJMA
1107	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Kakogawa
1110	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Morigawachi
1113	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	OSAJ
1116	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Shin-Osaka
1118	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Tadoka
1119	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Takarazuka
1120	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Takatori
1121	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Yae
1176	Kocaeli, Turkey	17/08/1999	7.51	Yarimca
1180	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY002

**Tablo A.12:** ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
1194	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY025
1203	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY036
1233	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY082
1244	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY101
1246	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY104
1491	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU051
1498	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU059
1503	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU065
1553	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU141
1554	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU145
1602	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Bolu
1681	Northridge-04	17/01/1994	5.93	Moorpark - Fire Sta
1752	Northwest China-03	11/04/1997	6.10	Jiashi
2009	CA/Baja Border Area	22/02/2002	5.31	Holtville Post Office
2375	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU055
2507	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	CHY101
2509	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	CHY104
2607	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU051
2618	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU065
2647	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU112
2648	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU113
2701	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY026
2710	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY036
2711	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY039
2752	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY101
2886	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	TCU113
2887	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	TCU115
3002	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	HWA013
3039	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	HWA059
3311	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	CHY092
3317	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU108
3467	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU065
3499	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU115
3564	Taiwan SMART1(5)	29/01/1981	5.90	SMART1 M05
3566	Taiwan SMART1(5)	29/01/1981	5.90	SMART1 M08
3575	Taiwan SMART1(5)	29/01/1981	5.90	SMART1 O06
3687	Whittier Narrows-02	04/10/1987	5.27	Bell Gardens - Jaboneria
3749	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Fortuna Fire Station
3754	Landers	28/06/1992	7.28	Indio - Jackson Road
3758	Taiwan SMART1(5)	29/01/1981	5.90	SMART1 O12
3843	Chi-Chi (aftershock 2)	20/09/1999	6.20	CHY002
3918	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	OKY015
3935	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	SMN003
3936	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	SMN004
3937	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	SMN005
3963	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	TTR006
3969	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	TTRH04
4066	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Froelich

**Tablo A.12:** ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

Kayıt	Deprem İsmi	Tarihi	M	İstasyon Kodu
4074	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield – Vineyard Canyon
4081	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 5W
4098	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 1E
4102	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 3W
4104	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 4AW
4105	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 6W
4117	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Fault Zone 15
4125	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Gold Hill 6W
4134	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 3W
4136	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 5W
4146	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - UPSAR 10
4159	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	FKS028
4210	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIG020
4330	Sicilia-Orientale, Italy	13/12/1990	5.60	Catania-Piana
4348	Umbria Marche, Italy	26/09/1997	6.00	Castelnuovo-Assisi
4840	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Kita
4849	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kubikiku Hyakken Joetsu City
4856	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki City Center
4860	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Sanjo Shinbori
4861	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Nakanoshima Nagaoka
4862	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Shiura Nagaoka
4875	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kariwa
4879	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Yan Sakuramachi City watershed
4880	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Hinodecho Yoshida Tsubame City
4881	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Nagaoka Kouiti Town
4889	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Otemachi
4894	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki NPP, Unit 1:ground sur.
4895	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki NPP, Unit 5:ground sur.
4896	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki NPP, Service Hall Arr.
5249	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG003
5251	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG005
5264	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG018
5268	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG022
5495	Iwate	13/06/2008	6.90	AKTH19
5620	Iwate	13/06/2008	6.90	IWT012
5652	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH20
5774	Iwate	13/06/2008	6.90	Nakashinden Town
5777	Iwate	13/06/2008	6.90	Shikama Town
5780	Iwate	13/06/2008	6.90	Iwadeyama
5781	Iwate	13/06/2008	6.90	Misato, Miyagi Kitaura - A
5784	Iwate	13/06/2008	6.90	Sake City
5785	Iwate	13/06/2008	6.90	Yoneyamacho Tome City
5786	Iwate	13/06/2008	6.90	Minamikatamachi Tore City
5797	Iwate	13/06/2008	6.90	Oomagari Hanazono-cho, Daisen
5801	Iwate	13/06/2008	6.90	Hirakamachi Asamai Yokote
5803	Iwate	13/06/2008	6.90	Yokote Ju Monjimachi
5805	Iwate	13/06/2008	6.90	Yokote City - Nobita
5814	Iwate	13/06/2008	6.90	Furukawa Osaki City

**Tablo A.12:** sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler (devamı)

<b>Kayıt</b>	<b>Deprem İsmi</b>	<b>Tarihi</b>	<b>M</b>	<b>İstasyon Kodu</b>
5816	Iwate	13/06/2008	6.90	Shinmachi Wakayu
5817	Iwate	13/06/2008	6.90	Tome City, Nakadacho
5823	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	Chihuahua
5825	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	CERRO PRIETO
5827	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	MICHOACAN DE OCAMPO
5829	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	RIITO
5831	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	EJIDO SALTILLO
5836	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	El Centro-Meloland Geo. Array
5969	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	Bonds Corner
5988	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	Meloland, E Holton Rd.
5992	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	El Centro Array #11
6013	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	El Centro-Meadows Uni.School
6874	Joshua Tree, CA	23/04/1992	6.10	Thousand Palms Post Office
6877	Joshua Tree, CA	23/04/1992	6.10	Indio - Jackson Road
6879	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	ADCS
6886	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	Canterbury Aero Club
6893	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	DFHS
6896	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	DORC
6911	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	HORC
6927	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	LINC
6933	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	MAYC
6962	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	ROLC
6966	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	Shirley Library
6975	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	TPLC
8069	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	CSTC
8075	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	DSLCL
8102	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	LINC
8118	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	Papanui High School
8129	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	SHFC
8133	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	SLRC
8136	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	SWNC
8161	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	El Centro Array #12
8621	40204628	31/10/2007	5.45	San Jose; Fire Stat. 13 South.
8625	40204628	31/10/2007	5.45	San Jose; Fire Stat. 26 East.
8771	14383980	29/7/2008	5.39	Barre Substation
8809	14383980	29/7/2008	5.39	Fountain Valley, I-5
8883	14383980	29/7/2008	5.39	Anaheim-Lakeview&Riverdale
8897	14383980	29/7/2008	5.39	Covina - Cypress&Azusa

**EK B. TSD Sistemler İçin Hesaplanan  $\mu_m$  ve  $CoV_m$  Değerleri**

**Tablo B.1:** ÖS1 stratejisi ile elde edilen setler için  $\mu_m$  (cm) ve  $CoV_m$  değerleri

$T$ (s)	$F_y/W$	ZB		ZC		ZD	
		$\mu_m$	$CoV_m$	$\mu_m$	$CoV_m$	$\mu_m$	$CoV_m$
0.6	0.10	5.24	0.15	12.20	0.09	21.15	0.08
	0.13	4.78	0.13	11.36	0.09	19.65	0.09
	0.16	4.51	0.11	10.67	0.09	18.24	0.07
	0.19	4.25	0.09	9.77	0.10	16.83	0.07
0.7	0.10	5.64	0.16	13.07	0.07	22.12	0.09
	0.13	5.05	0.11	12.14	0.08	21.00	0.09
	0.16	4.85	0.10	11.38	0.09	19.35	0.09
	0.19	4.84	0.08	10.55	0.09	18.52	0.07
0.8	0.10	6.59	0.14	13.75	0.07	22.72	0.10
	0.13	5.76	0.15	12.84	0.07	21.93	0.11
	0.16	5.28	0.12	12.24	0.07	20.76	0.10
	0.19	5.08	0.09	11.53	0.08	19.62	0.09
0.9	0.10	7.53	0.15	14.39	0.06	22.91	0.09
	0.13	6.81	0.12	13.10	0.08	22.05	0.09
	0.16	6.09	0.11	12.67	0.08	19.58	0.06
	0.19	5.89	0.12	12.36	0.09	20.85	0.08
1.0	0.10	7.76	0.15	15.02	0.08	23.31	0.08
	0.13	7.14	0.13	13.95	0.08	22.45	0.09
	0.16	6.77	0.11	13.42	0.10	21.76	0.09
	0.19	6.61	0.09	13.06	0.10	21.45	0.08
1.1	0.10	8.05	0.15	16.13	0.10	23.71	0.08
	0.13	7.39	0.15	15.09	0.10	23.18	0.07
	0.16	7.18	0.11	14.63	0.11	22.24	0.07
	0.19	7.19	0.09	14.00	0.11	21.51	0.08
1.2	0.10	8.64	0.15	16.71	0.14	25.06	0.08
	0.13	8.19	0.15	16.08	0.12	23.66	0.06
	0.16	7.88	0.12	15.70	0.12	23.17	0.06
	0.19	7.92	0.08	15.05	0.11	22.41	0.07

**Tablo B.2:** ÖS2 stratejisi ile elde edilen setler için  $\mu_m$  (cm) ve  $CoV_m$  değerleri

$T$ (s)	$F_y/W$	ZB		ZC		ZD	
		$\mu_m$	$CoV_m$	$\mu_m$	$CoV_m$	$\mu_m$	$CoV_m$
0.6	0.10	5.24	0.15	12.20	0.09	21.15	0.08
	0.13	4.78	0.13	11.36	0.09	19.65	0.09
	0.16	4.51	0.11	10.67	0.09	18.24	0.07
	0.19	4.25	0.09	9.77	0.10	16.83	0.07
0.7	0.10	5.64	0.16	13.07	0.07	22.12	0.09
	0.13	5.05	0.11	12.14	0.08	21.00	0.09
	0.16	4.85	0.10	11.38	0.09	19.35	0.09
	0.19	4.84	0.08	10.55	0.09	18.52	0.07
0.8	0.10	6.59	0.14	13.75	0.07	22.72	0.10
	0.13	5.76	0.15	12.84	0.07	21.93	0.11
	0.16	5.28	0.12	12.24	0.07	20.76	0.10
	0.19	5.08	0.09	11.53	0.08	19.62	0.09
0.9	0.10	7.53	0.15	14.39	0.06	22.91	0.09
	0.13	6.81	0.12	13.10	0.08	22.05	0.09
	0.16	6.09	0.11	12.67	0.08	19.58	0.06
	0.19	5.89	0.12	12.36	0.09	20.85	0.08
1.0	0.10	7.76	0.15	15.02	0.08	23.31	0.08
	0.13	7.14	0.13	13.95	0.08	22.45	0.09
	0.16	6.77	0.11	13.42	0.10	21.76	0.09
	0.19	6.61	0.09	13.06	0.10	21.45	0.08
1.1	0.10	8.05	0.15	16.13	0.10	23.71	0.08
	0.13	7.39	0.15	15.09	0.10	23.18	0.07
	0.16	7.18	0.11	14.63	0.11	22.24	0.07
	0.19	7.19	0.09	14.00	0.11	21.51	0.08
1.2	0.10	8.64	0.15	16.71	0.14	25.06	0.08
	0.13	8.19	0.15	16.08	0.12	23.66	0.06
	0.16	7.88	0.12	15.70	0.12	23.17	0.06
	0.19	7.92	0.08	15.05	0.11	22.41	0.07

**Tablo B.3:** ÖS3 stratejisi ile elde edilen setler için  $\mu_m$  (cm) ve  $CoV_m$  değerleri

$T$ (s)	$F_y/W$	ZB		ZC		ZD	
		$\mu_m$	$CoV_m$	$\mu_m$	$CoV_m$	$\mu_m$	$CoV_m$
0.6	0.10	5.24	0.15	12.20	0.09	21.15	0.08
	0.13	4.78	0.13	11.36	0.09	19.65	0.09
	0.16	4.51	0.11	10.67	0.09	18.24	0.07
	0.19	4.25	0.09	9.77	0.10	16.83	0.07
0.7	0.10	5.64	0.16	13.07	0.07	22.12	0.09
	0.13	5.05	0.11	12.14	0.08	21.00	0.09
	0.16	4.85	0.10	11.38	0.09	19.35	0.09
	0.19	4.84	0.08	10.55	0.09	18.52	0.07
0.8	0.10	6.59	0.14	13.75	0.07	22.72	0.10
	0.13	5.76	0.15	12.84	0.07	21.93	0.11
	0.16	5.28	0.12	12.24	0.07	20.76	0.10
	0.19	5.08	0.09	11.53	0.08	19.62	0.09
0.9	0.10	7.53	0.15	14.39	0.06	22.91	0.09
	0.13	6.81	0.12	13.10	0.08	22.05	0.09
	0.16	6.09	0.11	12.67	0.08	19.58	0.06
	0.19	5.89	0.12	12.36	0.09	20.85	0.08
1.0	0.10	7.76	0.15	15.02	0.08	23.31	0.08
	0.13	7.14	0.13	13.95	0.08	22.45	0.09
	0.16	6.77	0.11	13.42	0.10	21.76	0.09
	0.19	6.61	0.09	13.06	0.10	21.45	0.08
1.1	0.10	8.05	0.15	16.13	0.10	23.71	0.08
	0.13	7.39	0.15	15.09	0.10	23.18	0.07
	0.16	7.18	0.11	14.63	0.11	22.24	0.07
	0.19	7.19	0.09	14.00	0.11	21.51	0.08
1.2	0.10	8.64	0.15	16.71	0.14	25.06	0.08
	0.13	8.19	0.15	16.08	0.12	23.66	0.06
	0.16	7.88	0.12	15.70	0.12	23.17	0.06
	0.19	7.92	0.08	15.05	0.11	22.41	0.07



## 8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Macide KOÇ

Doğum Yeri ve Tarihi : Serik 01/11/1993

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : macidekoc5@gmail.com

İletişim Adresi : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
İnşaat Mühendisliği Bölümü