

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

**BETONARME BİR BİNANIN DOĞRUSAL OLMAYAN
DİNAMİK ANALİZ İLE ELDE EDİLEN ÖTELENME
TALEPLERİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİKE TEZEL

DENİZLİ, HAZİRAN - 2019

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



**BETONARME BİR BİNANIN DOĞRUSAL OLMAYAN
DİNAMİK ANALİZ İLE ELDE EDİLEN ÖTELENME
TALEPLERİNİN İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MELİKE TEZEL

DENİZLİ, HAZİRAN - 2019

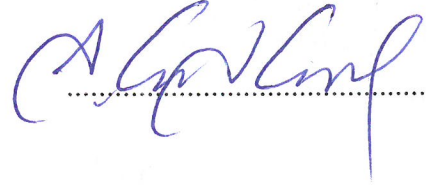
KABUL VE ONAY SAYFASI

Melike TEZEL tarafından hazırlanan “**Betonarme Bir Binanın Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz İle Elde Edilen Ötelenme Taleplerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 11.06.2019 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.

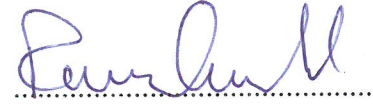
Jüri Üyeleri

İmza

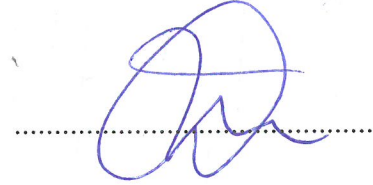
Danışman
Prof. Dr. Ali Haydar KAYHAN
Pamukkale Üniversitesi



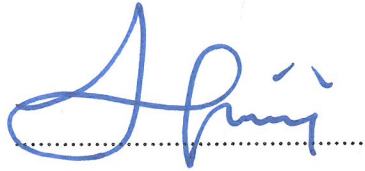
Üye
Doç. Dr. Ramazan ÖZÇELİK
Akdeniz Üniversitesi



Üye
Dr. Öğr. Üyesi Bayram Tanık ÇAYCI
Pamukkale Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/06/2019 tarih ve 26/08 sayılı kararıyla onaylanmıştır.

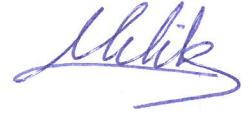


Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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

Melike TEZEL



ÖZET

**BETONARME BİR BİNANIN DOĞRUSAL OLMAYAN DİNAMİK
ANALİZ İLE ELDE EDİLEN ÖTELENME TALEPLERİNİN
İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRİLMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MELİKE TEZEL
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ALİ HAYDAR KAYHAN)
DENİZLİ, HAZİRAN - 2019**

Global ötelenme oranı ve göreceli kat ötelenmesi oranı talepleri, yeni yapıların tasarımı ve/veya mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi amacı ile kullanılan önemli parametrelerdendir. Global ve göreceli kat ötelenmesi oranı taleplerinin belirlenmesi amacı ile kullanılan en doğru yöntem zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizdir. Zaman tanım alanında analizlerden elde edilen global ötelenme oranı ve göreceli kat ötelenmesi oranı talebi, analiz için kullanılan ivme kaydına bağlı olarak değişmektedir. 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 ve kayıtların seçimi ile ilgili tanımlamalar yerini almıştır.

Bu çalışmada, üç boyutlu, 5 katlı bir betonarme binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi için TBDY ile uyumlu olarak oluşturulan 11 ivme kaydı takımına sahip ivme setleri kullanılmıştır. TBDY'de tanımlanan ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminleri için tanımlanan tasarım ivme spektrumları ile uyumlu olacak şekilde ivme kaydı takımları elde edilmiştir. Her bir zemin sınıfı için 30 ivme seti, toplamda 90 ivme seti, zaman tanım alanında analizler için kullanılmıştır. İvme kayıtları için kullanılacak ölçeklendirme katsayısı 0.5-2.0 arasında alınmıştır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler ile global ötelenme oranı ve göreceli kat ötelenmesi oranı değerleri, her bir ivme kaydı takımı için elde edilmiştir. Daha sonra, herhangi bir sette yer alan ivme kaydı takımları için elde edilen ötelenme oranı değerlerinin set içerisindeki eğilimi ve saçılımı hesaplanarak, ötelenme oranı taleplerinin dağılımları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Aynı hedef spektrum ile uyumlu olarak elde edilen farklı ivme kaydı takımı setleri kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre, bu setlere ait global ve göreceli kat ötelenmesi oranı talepleri arasındaki fark, varyans analizi kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca global ve göreceli kat ötelenmesi taleplerine ait güven aralıkları tahmin edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Betonarme Bina, Global Ötelenme Oranı, Göreceli Kat Ötelenmesi Oranı, Zaman Tanım Alanında Analiz

ABSTRACT

STATISTICAL EVALUATION OF DISPLACEMENT DEMANDS OBTAINED BY NONLINEAR DYNAMIC ANALYSIS OF A REINFORCED CONCRETE BUILDING

MSC THESIS

MELİKE TEZEL

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. ALİ HAYDAR KAYHAN)

DENİZLİ, JUNE 2019

Global drift ratio and interstory drift ratio demands are important parameters for seismic performance assessment of existing buildings or designing of new buildings. The most accurate method for determining global and interstory drift ratio demands is nonlinear time history analysis. Global drift ratio and interstory drift ratio demands obtained via time history analysis change depending on the ground motion record used for analysis. Therefore, choosing proper ground motion records is essential to estimate the correct earthquake response of the building. Properties of the ground motion records to be used for time history analysis has been involved in the modern earthquake regulations including Turkish Building Earthquake Code (TBDY).

In this study, TBDY compatible ground motion record sets which have 11 ground motion record pairs were used for nonlinear time history analysis of three dimensional 5-storey reinforced concrete building. Design acceleration spectra defined in TBDY for local soil classes ZB, ZC and ZD are considered for obtaining ground motion record sets. 30 ground motion record sets for each local soil class and totally 90 ground motion record sets were used for time history analysis. Scaling factor to be used for the record pairs was kept between 0.5 and 2.0.

Global and interstory drift ratio demands were calculated by nonlinear time history analysis using ground motion record sets. Afterwards, distributions of drift ratio demands were evaluated statistically by calculating mean and dispersion of the drift ratio demands for each of the record sets.

The difference of the mean of drift ratio demands calculated for different record sets compatible with the same target spectrum are evaluated using analysis of variance. In addition, confidence intervals for global and interstory drift ratio demands are estimated.

KEYWORDS: Reinforced concrete building, global drift ratio, interstory drift ratio, time history analysis

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	vii
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem Tanımı	2
1.2 Tezin Amacı	4
1.3 Literatür Çalışmaları.....	5
1.3.1 Ötelenme Taleplerinin Değerlendirildiği Çalışmalar	5
1.3.2 İvme Kaydı Seçimi ile İlgili Çalışmalar	11
1.4 Kapsam ve Yöntem	14
1.5 Tezin Organizasyonu.....	15
2. YAPISAL ANALİZ YÖNTEMLERİ	17
2.1 Giriş	17
2.2 Analiz Yöntemleri	18
2.2.1 Doğrusal Statik Analiz	19
2.2.2 Doğrusal Dinamik Analiz	20
2.2.3 Doğrusal Olmayan Statik Analiz	21
2.2.4 Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz	22
2.3 Doğrusal Olmayan Davranış	24
2.3.1 TBDY'ye göre Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri.....	25
2.3.2 Geliştirilmiş Kent-Park Modeli	27
2.3.3 Donatı Çeliği Modeli	30
2.4 Doğrusal Olmayan Davranışın Plastik Mafsal İle İfadesi	31
2.4.1 Plastik Mafsal	32
2.4.2 Eğilme Mafsalı.....	32
2.4.3 Eğrilik Yoğunlaşması	33
2.4.4 Eğilme Mafsalı Kriterleri.....	34
2.5 Doğrusal Olmayan Modelleme	36
2.5.1 Yapı Elemanlarında Kesit Hasar Bölgeleri ve Hasar Sınırları	36
2.5.2 Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi.....	37
2.6 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz	38
2.6.1 Tek Serbestlik Dereceli (TSD) Sistemler	38
2.6.2 Çok Serbestlik Dereceli Sistemler	40
2.6.2.1 Düzlem Çerçeveler.....	40
2.6.2.2 Üç Boyutlu Çerçeveler	42
3. BETONARME BİNA VE ANALİZ MODELİ	44
3.1 Giriş	44
3.2 Bina Bilgileri	44
3.3 Binanın Doğrusal Olmayan Model Bilgileri	47
4. TBDY İLE UYUMLU GERÇEK İVME KAYDI SETLERİ	51

4.1	Giriş	51
4.2	TBDY’de Tanımlanan Zaman Tanım Alanında Analiz Koşulları	52
4.3	TBDY Tasarım İvme Spektrumları	53
4.4	Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı	57
4.5	TBDY ile Uyumlu İvme Kaydı Takımı Setleri	58
5.	ANALİZ SONUÇLARI	62
5.1	Giriş	62
5.2	Maksimum Çatı Ötelenmesi Talepleri	65
5.3	Maksimum Görelî Kat Ötelenmesi Talepleri	69
6.	VARYANS ANALİZİ ve ORTALAMANIN GÜVEN ARALIĞI	75
6.1	Giriş	75
6.2	Varyans Analizi	75
6.3	Varyans Analiz Sonuçları.....	79
6.4	Örnekleme Dağılımı ve Ortalamanın Güven Aralığı	80
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER	84
8.	KAYNAKLAR.....	89
9.	EKLER.....	97
	EK A. Analiz Modeli İçin Kiriş Boyuna Donatıları.....	97
	EK B. İvme Kaydı Setlerine ve Kayıtlara Ait Bilgiler	102
	EK C. <i>F</i> Tablosu.....	127
10.	ÖZGEÇMİŞ	128

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Yapısal analiz yöntemleri	18
Şekil 2.2: Tipik yatay yük deseni ve kapasite eğrisi.....	22
Şekil 2.3: İdeal malzeme davranış modelleri.....	24
Şekil 2.4: TBDY'ye göre beton gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	26
Şekil 2.5: Geliştirilmiş Kent-Park Modeli gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	27
Şekil 2.6: TBDY'ye göre donatı çeliğine ait gerilme-şekil değiştirme ilişkisi	30
Şekil 1.7: Betonarme bir konsolda moment ve eğrilik diyagramları.....	33
Şekil 2.8: Betonarme bir konsolda idealleştirilmiş eğrilik diyagramları	34
Şekil 2.9: Plastik mafsallık için moment-dönme değerleri.....	35
Şekil 2.10: Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri	37
Şekil 2.11: TSD sistemin matematiksel modeli.....	38
Şekil 2.12: Yer hareketi etkisindeki kayma çerçevesi	41
Şekil 2.13: Yer hareketi etkisindeki tek katlı uzay çerçeve.....	42
Şekil 3.1: Betonarme binaya ait kalıp planı.....	44
Şekil 3.2: Dolgu duvarların kiriş üzerinde yerleşimi.....	45
Şekil 3.3: Betonarme yapının üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli.....	46
Şekil 3.4: Örnek betonarme binada kolon boyuna donatı düzenleri.....	47
Şekil 3.5: Örnek bir kolon plastik mafsallık tanımı.....	49
Şekil 3.6: Örnek bir kiriş plastik mafsallık tanımı	49
Şekil 3.7: Binanın birbirine dik iki doğrultuda kapasite eğrisi	50
Şekil 4.1: TBDY'ye göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri	56
Şekil 4.2: Zemin sınıfları için yatay elastik tasarım spektral ivmeleri	57
Şekil 4.3: ZB sınıfı zemin, birinci sete ait ölçeklenmiş spektrumlar	60
Şekil 4.4: ZC sınıfı zemin, birinci sete ait ölçeklenmiş spektrumlar.....	61
Şekil 4.5: ZD sınıfı zemin, birinci sete ait ölçeklenmiş spektrumlar.....	61
Şekil 5.1: İvme kaydı takımı setlerine ait $m_{\Delta/H}$ değerleri.....	68
Şekil 5.2: İvme kaydı takımı setlerine ait $CoV_{\Delta/H}$ değerleri	68
Şekil 5.3: ZB ile uyumlu setlere ait $m_{\phi/h}$ değerleri.....	72
Şekil 5.4: ZC ile uyumlu setlere ait $m_{\phi/h}$ değerleri.....	72
Şekil 5.5: ZD ile uyumlu setlere ait $m_{\phi/h}$ değerleri	73
Şekil 5.6: İvme setleri için birinci kata ait $CoV_{\phi/h}$ değerleri	73
Şekil 5.7: İvme setleri için ikinci kata ait $CoV_{\phi/h}$ değerleri.....	74
Şekil 6.1: Ortalamanın güven aralığına ait şematik gösterim.....	81

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Kolonlar ve boyuna donatı tipleri	47
Tablo 3.2: Betonarme binaya ait kolonların etkin eğilme rijitlikleri.....	48
Tablo 4.1: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.....	55
Tablo 4.2: 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları	55
Tablo 4.3: TBDY’de tanımlanan yerel zemin sınıfları ve özellikleri	57
Tablo 4.4: ZB sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri	59
Tablo 4.5: ZC sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri	59
Tablo 4.6: ZD sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı seti örnekleri.....	60
Tablo 5.1: 140 nolu kayıt takımı için analiz tanımlaması örneği.....	62
Tablo 5.2: İvme kaydı takımı seti için ötelenme değerleri (cm)	63
Tablo 5.3: ZB sınıfı zemin, birinci sete ait maksimum ötelenme talepleri (cm)	64
Tablo 5.4: İvme kaydı takımı setlerine ait m_{Δ} ve s_{Δ} değerleri (cm).....	66
Tablo 5.5: İvme kaydı takımı setlerine ait $m_{\Delta/H}$ ve $s_{\Delta/H}$ değerleri.....	67
Tablo 5.6: ZB zemin sınıfı ile uyumlu setler için hesaplanan m_{ϕ} ve s_{ϕ} değerleri (cm)	69
Tablo 5.7: ZC zemin sınıfı ile uyumlu setler için hesaplanan m_{ϕ} ve s_{ϕ} değerleri (cm)	70
Tablo 5.8: ZD zemin sınıfı ile uyumlu setler için hesaplanan m_{ϕ} ve s_{ϕ} değerleri (cm)	71
Tablo 6.1: Tek yönlü varyans analizinde k tane bağımsız kitlenin gözlem değerleri.....	76
Tablo 6.2: Örnek tek yönlü varyans analiz verileri.....	78
Tablo 6.3: Örnek tek yönlü varyans analizi için hesaplanan değerler	78
Tablo 6.4: Maksimum çatı ötelenmesi oranı için varyans analizi sonuçları	79
Tablo 6.5: Maksimum görelî kat ötelenmesi oranı için varyans analizi sonuçları	79
Tablo 6.6: « a/H için güven aralığı.....	82
Tablo 6.7: « c/h için güven aralığı.....	83
Tablo A.1: Analiz modeli 1.kat giriş boyuna donatıları.....	97
Tablo A.2: Analiz modeli 2.kat giriş boyuna donatıları.....	98
Tablo A.3: Analiz modeli 3.kat giriş boyuna donatıları.....	99
Tablo A.4: Analiz modeli 4.kat giriş boyuna donatıları.....	100
Tablo A.5: Analiz modeli 5.kat giriş boyuna donatıları.....	101
Tablo B.1: ZB sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri.....	102
Tablo B.2: ZC sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri.....	104
Tablo B.3: ZD sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri	106
Tablo B.4: ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler.....	108
Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler.....	113
Tablo B.6: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler	121
Tablo C.1: Varyans analizi F tablosu.....	127

KISALTMALAR

ASCE	: American Society of Civil Engineering
ANOVA	: Varyans Analizi
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
EUROCODE	: European Standards
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
GAKT	: Gruplar Arası Kareler Toplamı
GB	: Code for Seismic Design of Buildings, China
GİKT	: Grup İçi Kareler Toplamı
GÇ	: Göçme Sınırı
GV	: Güvenlik Sınırı
MN	: Minimum Hasar Sınırı
SEAOC	: The Structural Engineers Association of California
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TKT	: Toplam Kareler Toplamı
TSD	: Tek Serbestlik Dereceli Sistem
USGS	: United States Geological Survey

SEMBOL LİSTESİ

A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_0	: Sargı donatısı kesit alanı
$A(T)$	: Spektral ivme katsayısı
A_c	: Brüt kesit alanı
A_{ck}	: Sargı donatısı dışından ölçülen ölçü içindeki çekirdek beton alanı
b_k	: Etriye dışından ölçülen çekirdek beton alanının küçük boyutu
c	: Tek serbestlik dereceli sistemin sönümü
C_{cr}	: Kritik sönüm katsayısı
CoV_a	: Maksimum ötelenme taleplerinin varyasyon katsayısı
CoV_m	: m_Δ değerlerinin varyasyon katsayısı
E_s	: Donatı çeliğinin elastisite modülü
$(EI)_0$	: Çatlamamış kesite ait eğilme rijitliği
$(EI)_e$	: Çatlamış kesite ait etkin eğilme rijitliği
F	: Varyans analizinde hesaplanan, örneklerle ait istatistik
F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
F_{kr}	: Varyans analizinde F dağılım tablosundan okunan kritik değer
f_c	: Sargısız betonun basınç dayanımı
f_{cc}	: Sargılı betonun basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik silindir basınç dayanımı
f_{cm}	: Betonun mevcut dayanımı
f_s	: Donatı çeliğinde oluşan gerilme
f_{su}	: Donatı çeliğinin kopma dayanımı
f_{sy}	: Donatı çeliğinin akma dayanımı
f_{ywk}	: Sargı donatısının karakteristik akma dayanımı
G	: Kat kütle merkezi
g	: Yerçekim ivmesi
H	: Bina yüksekliği
H_0	: Varyans analizinde test edilen hipotez
h	: Kat yüksekliği
h	: Çalışan doğrultudaki kesit boyu
h_k	: Etriye dışından ölçülen çekirdek beton alanının büyük boyutu
I	: Bina önem katsayısı
J	: Düşey eksen etrafındaki atalet momenti
k	: Sistemin rijitliği
k	: Varyans analizi için dikkate alınan ana kitle sayısı
k_o	: Tek serbestlik dereceli sistemin başlangıç rijitliği
L	: Konsol kolonun boyu
L_p	: Plastik mafsallık boyu

L_s	: Kesitteki sargı donatısı ve çirozların toplam uzunluğu
M	: Kesitte oluşan eğilme momenti
M	: Kat kütlesi
M_{cr}	: Çatlama momenti
M_y	: Akma momenti
M_u	: Nihai moment
m	: Sistemin kütlesi
N	: Varyans analizi için toplam gözlem sayısı
N_D	: Düşey yükler altında kolonlarda oluşan eksenel kuvvet
n	: Varyans analizi için bir kitlede bulunan gözlem sayısı
n	: Hareketli yük azaltma katsayısı
PF_1	: Birinci moda ait katkı çarpanı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R	: Rijitlik merkezi
$S_{ae}(T)$	: 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
s	: Sargı donatısı aralığı
s_0^2	: Grup içi varyans
s_M^2	: Gruplar arası varyans
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
T_{i+}	: Varyans analizi için i . gruptaki gözlemler toplamı
T_{++}	: Tüm gözlemler toplamı
V_t	: Taban kesme kuvveti
y_G	: Kat kütle merkezinin y koordinatı
y_R	: Kat rijitlik merkezinin y koordinatı
W	: Yapının deprem hesabına esas ağırlığı
X_{ij}	: Varyans analizi için gözlem değerleri
x	: Yapının zamana bağlı görelî yer değıştirmesi
$\dot{x}$	: Yapının zamana bağlı hızı
$\ddot{x}$	: Yapının zamana bağlı ivmesi
$\ddot{x}_g$	: Yapının zamana bağlı yer ivmesi
x_G	: Kat kütle merkezinin x koordinatı
x_R	: Kat rijitlik merkezinin x koordinatı
x_g	: Üç boyutlu çerçevede zamana bağlı yer hareketi

Z_c	: Sargılı beton gerilme-şekil değiştirme eğrisi doğrusal kısım eğimi
Z_u	: Sargısız beton gerilme-şekil değiştirme eğrisi doğrusal kısım eğimi
α_1	: Birinci moda ait kütle katılım oranı
Δ	: Yatay ötelenme
Δ_{mak}	: Maksimum yatay ötelenme
Δ_p	: Plastik (kalıcı) yatay ötelenme
Δ_y	: Elastik yatay ötelenme
Δ_{max}/H	: Maksimum yatay ötelenme oranı
δ_{mak}	: Maksimum görelî kat ötelenmesi
δ_{mak}/h	: Maksimum görelî kat ötelenmesi oranı
ξ	: Sönüm oranı
ε	: Birim şekil değiştirme
ε_{co}	: Sargısız betonda maksimum gerilme altında birim şekil değiştirme
ε_{coc}	: Sargılı betonda maksimum gerilme altında birim şekil değiştirme
ε_{50u}	: Sargısız betonda $0.5f_c$ gerilme altında birim şekil değiştirme
ε_{cu}	: Sargısız beton için en büyük birim şekil değiştirme
ε_{c20}	: Sargılı betonda $0.2f_{cc}$ gerilme altında birim şekil değiştirme
ε_s	: Donatı çeliğinin birim uzaması
ε_{sh}	: Donatı çeliğinin pekleşme başladığı andaki birim uzaması
ε_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim uzaması
ε_{su}	: Donatı çeliğinin kopma birim uzaması
ε_{sy}	: Donatı çeliğinin akma birim uzaması
ϕ	: Plastik mafsal bölgesinde oluşan toplam eğrilik
ϕ_{cr}	: Betonarme kesitin eğilme etkisinde çatladığı andaki eğrilik
ϕ_y	: Akma anındaki eğrilik
ϕ_u	: Nihai eğrilik
m_Δ	: Maksimum ötelenme taleplerinin set için bulunan ortalaması
μ	: Varyans analizi için kitle ortalaması
μ_m	: m_a değerlerinin ortalaması
μ_{CoV}	: CoV_a değerlerinin ortalaması
μ_Δ	: Maksimum yatay ötelenmenin set için hesaplanan ortalaması
$\mu_{\Delta/H}$	: Maksimum yatay ötelenme oranının set için hesaplanan ortalaması
μ_δ	: Maksimum görelî kat ötelenmesinin set için hesaplanan ortalaması
$\mu_{\delta/h}$	: Maksimum görelî kat ötelenmesi oranının sete ait ortalaması
ω_d	: Dairesel frekans
ρ_s	: Sargı donatısının hacimsel oranı
ρ_{sm}	: Kesitte bulunması gereken enine donatının hacimsel oranı
s_Δ	: Maksimum yatay ötelenmenin set için hesaplanan standart sapması
$s_{\Delta/H}$	: Maksimum yatay ötelenme oranının sete ait standart sapması
$s_{\delta/h}$	: Maksimum görelî kat ötelenmesi oranının sete ait standart sapması
$\pm$	: Normal gerilme

$\pm_c$	: Sargısız betona ait basınç dayanımı
θ	: Plastik mafsal bölgesinde oluşan toplam dönme değeri
θ_p	: Plastik mafsal bölgesinde oluşan plastik dönme değeri
θ_y	: Plastik mafsal bölgesinde oluşan elastik dönme değeri
θ_{MN}	: Minimum hasar sınırına ait dönme değeri
θ_{GV}	: Belirgin hasar sınırına ait dönme değeri
$\theta_{GÇ}$	: İleri hasar sınırına ait dönme değeri



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasını bana öneren, lisans ve lisansüstü öğrenimim boyunca desteklerini esirgemeyen, hem akademik hem de ahlaki değerleri ile bana yol gösteren değerli danışman hocam, Prof. Dr. Ali Haydar KAYHAN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca yardımları ile yanımda olan, Araş. Gör. Ahmet DEMİR hocama çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü desteği esirgemeyen, yorulduğumda bir öncekinden daha güçlü hissettiren, her zaman anlayışlı olan ve bana inanan en büyük şanslarımdan babam Habil TEZEL'e, annem Samiye TEZEL'e, kardeşlerim Gökçin TEZEL İRİ'ye, Samed TEZEL'e, sevgi ve anlayışı ile tez boyunca bana destek olan nişanlım Sinan KOYUNCU'ya teşekkür ederim.

Haziran 2019

Melike TEZEL
(İnşaat Mühendisi)



Aileme...

1. GİRİŞ

Yerkabuğunu oluşturan levhaların birbirlerine göre hareketi sebebi ile ortaya çıkan sarsıntılara deprem denir. Dünyada meydana gelen depremlerin büyük çoğunluğu yer kabuğunu oluşturan levhaların birbirine yaklaştığı, uzaklaştığı ya da teğet geçtiği bölgelere denk gelmektedir. Bu bölgelerden Pasifik Deprem Kuşağı, Şili'den kuzeye doğru Güney Amerika kıyıları, Orta Amerika, Meksika, Alaska'nın güneyinden Aleutian Adaları, Japonya, Filipinler, Yeni Gine, Güney Pasifik Adaları ve Yeni Zelanda'yı içine almaktadır. Alp-Himalaya Deprem Kuşağı, Türkiye'nin de içinde bulunduğu, Endonezya'dan başlayıp Himalayalar ve Akdeniz üzerinden Atlantik okyanusuna ulaşan kuşaktır. Atlantik Kuşağı ise Atlantik Okyanusu ortasında bulunan levha sınırı boyunca uzanmaktadır (www.koeri.boun.edu.tr).

Türkiye'de nüfusun ve sanayi yapılarının yaklaşık olarak %98'i çeşitli derecelerde deprem tehdidi altında olan bölgelerde yer almaktadır. Bu bölgeler, yüz ölçümünün yaklaşık olarak %96'sına karşılık gelmektedir. Türkiye'de son yüzyılda önemli ölçüde can ve mal kayıplarına neden olan, 82'sinin moment büyüklüğü 6.0'nın üzerinde olmak üzere 300'e yakın deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerde yaklaşık 100,000 kişi hayatını kaybetmiş, yaklaşık 600,000 konut yıkılmış veya kullanılamaz hale gelmiştir. (Özmen ve diğ. 1997, Can ve Özmen 2010, Azak 2013).

Her yıl dünyada hasara sebep olan yüzlerce deprem meydana gelmektedir. Bu depremler özellikle kentsel bölgeleri etkilediklerinde ciddi kayıplara neden olmaktadır. Depremlerin oluşmasını engellemek imkansızdır. Yalnız, bilim ve teknolojiye dayanarak deprem etkilerini değerlendirmek, alınacak önlemlerle depremlerde ortaya çıkacak hasarları azaltmak olası bir durumdur. Alınacak önlemlerle toplumsal ve ekonomik kaybın azaltılması da mümkündür. Gerekli önlemlerin alınabilmesi için ise tasarımı yapılacak yapıların veya mevcut yapıların deprem davranışlarının gerçekçi biçimde ele alınması gerekmektedir.

Son yıllarda deprem mühendisliği alanında ön plana çıkmış olan performans dayalı tasarımın temel niteliklerinden birisi, yeni yapıların tasarımı veya mevcut

yapıların değerlendirilmesi için sismik hasarın daha gerçekçi olarak tanımlanabilmesidir (Ghobarah 2001). Performansa dayalı tasarım yaklaşımı ile alakalı esas dökümanlardan biri olan SEAOC Vision 2000’de (1995) ifade edilen tasarım yaklaşımlarından birisi de deplasmana dayalı tasarımdır. Bu yaklaşım büyük ölçüde benimsenmiş ve tasarım için hedef olarak maksimum ötelenme, maksimum görelî kat ötelenmesi, maksimum süneklik talebi gibi kavramlar kullanılmaya başlanmıştır (Miranda 1999; Gupta ve Krawinkler 2000). Benzer kavramlar mevcut yapıların performans değerlendirmesi amacıyla farklı performans seviyelerinin ve limit durumların tanımlanmasında da kullanılmaktadır (Priestley ve diğ. 2007).

Maksimum ötelenme veya maksimum görelî kat ötelenmesi talebinin belirlenmesi için kullanılabilecek en doğru ve kapsamlı yöntem, yapısal sistemlerin üç boyutlu ve doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizidir (Li 1996, Chopra ve Goel 2002). Zaman tanım alanında analizler, malzemenin elastik olmayan davranışı ve yapıdaki yüksek modların katkısının dikkate alınması ve hasar dağılımının gözlenebilirliği nedeniyle yapının deprem etkisi altındaki davranışı daha iyi tahmin edilebilmektedir (Fahjan ve diğ.2011).

1.1 Problemin Tanımı

Mevcut yapıların deprem performanslarının belirlenmesinde ya da yeni yapılacak olan yapıların tasarımında doğrusal ve doğrusal olmayan hesap yöntemleri kullanılabilmektedir. Yakın tarihte yürürlüğe girmiş olan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde (TBDY 2018) binaların deprem performanslarının belirlenmesi amacıyla kullanılacak doğrusal hesap yöntemleri; eşdeğer deprem yükü yöntemi, mod birleştirme yöntemidir. Doğrusal olmayan hesap yöntemleri ise; tek modlu itme yöntemleri, çok modlu itme yöntemleri ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemidir.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi, modellemenin güçlüğü ve analizin uzun sürmesi nedeni ile performansa dayalı tasarım görüşünün ortaya çıktığı ilk zamanlarda çok tercih edilmemiştir. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemine oranla daha kolay olan doğrusal olmayan statik analiz yöntemleri kullanılmıştır (ATC-40 1996). Gelişen teknolojiye bağlı olarak

bilgisayarların işlem kapasitelerinin artması, kuvvetli yer hareketi veri tabanlarının gelişmesi ve kolay erişilebilir hale gelmesi neticesinde zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Bommer ve Acevedo 2004, Fahjan 2008, Kayhan 2012).

TBDY'nin de içinde yer aldığı modern deprem yönetmeliklerinin genelinde tasarım ve performans değerlendirmesi için zaman tanım alanında analiz yönteminin de kullanılabilmesi öngörülmüş ve zaman tanım alanında analiz yöntemi ile ilgili tanımlamalar yapılmıştır (DBYBHY 2007, EUROCODE-8 2004, FEMA-356 2000, ASCE 07-16 2017). Modern deprem yönetmeliklerinde, analiz için kullanılacak deprem yükleri bölgesel deprem tehlikesi ve yerel zemin koşulları ile uyumlu tasarım spektrumları veya zaman tanım alanında analiz için seçilen ivme kayıtları ile temsil edilmektedir. Kullanılan ivme kayıtlarının spektrum ortalamasının dikkate alınan periyot aralığında tasarım ivme spektrumu ile uyumlu olması istenmektedir.

Zaman tanım alanında analiz için kullanılacak ivme kayıtlarıyla ilgili olarak bütün yönetmeliklerde benzer şekilde tanımlanmış ayrıntılı ve özel şartlar bulunmamaktadır. Bunun nedenlerinden birisi, zaman tanım alanında analizin mühendislik çalışmalarında oldukça yeni olması bu konuda yeteri kadar bilgi birikiminin oluşmamış olmasıdır. Bu konudaki akademik araştırmaların da gelişim sürecinde olması nedeniyle yönetmeliklerde yer alacak ortak düzenlemeler için belli bir sürece ihtiyaç olduğu söylenebilir. Sonuç olarak ivme kayıtlarının seçilmesi ile ilgili olarak kabul gören ölçütler daha ortaya konamamıştır.

Zaman tanım alanında analizler için; sentetik, yapay veya gerçek depremlerden elde edilen ivme kayıtlarının kullanılmasına izin verilmektedir. Buna ek olarak, her yönetmelik birkaç küçük koşula yer vermektedir. Yönetmeliklerde tanımlanan bölgesel tasarım spektrumları ile seçilen ivme kayıtlarının tepki spektrumlarının, belirli bir periyot aralığında uyumlu olması istenmektedir. Fakat, öngörülen periyot aralığı değişiklik göstermektedir. Herhangi bir ivme kaydının tepki spektrumunun, belirli bir periyot aralığında, tasarım spektrumu ile uyumlu olması mümkün değildir. Bu nedenle, genel olarak birden fazla ivme kaydı seçilmekte ve ölçeklendirilmektedir. Bu şekilde, seçilen ivme kayıtlarının spektrumlarının ortalamasıyla tasarım spektrumunun (hedef spektrum) uyumlu olması sağlanmaktadır.

Zaman tanım alanında analiz için, örnek olarak TBDY’de tanımlanan şartlara ve tasarım ivme spektrumlarına uygun olarak seçilecek ve ölçeklendirilecek ivme kayıtlarından oluşan ivme kaydı setleri elde etmek mümkündür. Ayrıca 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 değişiklik gösterecektir. Dolayısıyla, yapısal tepkilerin ortalaması yani tasarım veya değerlendirme amacıyla kullanacağımız parametre, kullanılacak ivme kaydı setine göre değişen ve önceden tahmin edilemeyen bir rastgele değişken olmaktadır (Demir 2015, Kayhan ve Demir 2016b).

Herhangi bir hedef spektrum için TBDY ile uyumlu olarak birbirinden farklı ivme kaydı setleri elde etmek mümkün olduğuna ve analiz sonucu elde edilecek yapısal tepkilerin (örneğin maksimum ötelenme veya göreceli kat ötelenmesi) ortalaması da kullanılacak ivme setine bağlı olarak değiştiğine göre, betonarme bir bina için farklı ivme setleri kullanılarak elde edilen yapısal tepkilerdeki belirsizliğin istatistiksel olarak değerlendirilmesi önem kazanmaktadır. Örneğin farklı setler için elde edilen yapısal tepkiler nasıl dağılmaktadır? Bunun yanında, bir ivme setindeki ivme kayıtlarından elde edilen yapısal tepkilerin sete ait ortalaması ve bu ortalama etrafındaki saçılımı ne düzeydedir?

1.2 Tezin Amacı

Global ötelenme (çatı ötelenmesi) oranı ile göreceli kat ötelenmesi oranı talepleri, yeni yapıların tasarımı ve/veya mevcut yapıların deprem performansının belirlenmesi amacı ile kullanılan önemli yapısal tepki parametrelerindendir. Bu tezin amaçlarından birisi, TBDY ile uyumlu olacak şekilde farklı ivme kaydı setleri oluşturup bu ivme kaydı setlerini kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında analiz sonucunda üç boyutlu betonarme bir bina için elde edilecek yapısal tepki parametrelerini istatistiksel olarak değerlendirmektir. Yapısal tepki parametreleri

olarak global ötelenme (Δ_{mak}), global ötelenme oranı (Δ_{mak}/H), maksimum görelî kat ötelenmesi (ζ_{mak}) ve maksimum görelî kat ötelenmesi oranı (ζ_{mak}/h) seçilmiştir.

Tezin diğêr amacı ise, aynı hedef spektrum ile uyumlu olarak elde edilen farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre, bu setlere ait yapısal tepkiler arasındaki farkın istatistiksel anlamda anlamlı olup olmadığını araştırmaktır.

1.3 Literatür Çalışmaları

Performansa dayalı tasarım yaklaşımıyla ilgili olarak literatürde yer alan çalışmalardan bazıları, tasarım veya performans değêrlendirmesi amacı ile maksimum ötelenme ile görelî kat ötelenmesi taleplerinin elde edilmesi ve yorumlanmasıyla ilgilidir. Bu çalışmalarda yapısal analiz modelleri tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler, düzlem çerçeveler veya üç boyutlu çerçeveler olarak gözönüne alınmakta ve zaman tanım alanında analiz yöntemi kullanılarak ötelenme talepleri elde edilmektedir. Yapıların tasarım veya performans değêrlendirmesi için zaman tanım alanında analiz yönteminde kullanılacak olan ivme kayıtlarının seçimi ile ilgili çalışmalar da literatürde bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

1.3.1 Ötelenme Taleplerinin Değêrlendirildiğı 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 değêrlendirilmiştir. Yapılan değêrlendirmelerde sismik taleplerin maksimum yer ivmesi değeri haricinde depremin birçok farklı karakteristik özelliğine bağılı olarak değışkenlik gösterdiği dile getirilmiştir. Çalışmada yüksek modların sismik davranışa olan etkilerinin de altı çizilmiştir.

Miranda (1999), çok katlı yapıların yatay ötelenme taleplerinin yaklaşık olarak tahmin edilebilmesi amacıyla bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem,

maksimum ötelenme talebi ile maksimum görelî kat ötelenmesi talebinin hızlı bir şekilde tahmin edilmesine yöneliktir. Çalışma amacı doğrultusunda gözönüne alınan düzlem çelik çerçeveler için, önerilen yaklaşık yöntem ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz ile elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Önerilen metodun ötelenme talebinin tahmin edilmesinde iyi sonuçlar verdiği ve yeni yapıların ön tasarımında veya mevcut yapıların hızlı bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla kullanılabileceği dile getirilmiştir.

Gupta ve Krawinkler (2000), çerçeve sistemlerin maksimum ötelenme ve maksimum görelî kat ötelenmesi taleplerinin birinci doğal titreşim periyoduna karşılık gelen spektral deplasman talebine bağılı olarak tahmin edilebilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Çalışma amacı doğrultusunda 9 adet 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, önemli ölçüde kat sayısına bağılı olduğu bulunmuştur.

Riddel ve diğ. (2002), TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan 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 önemli bir etkisi olmadığı, elastoplastik model ile ötelenme talebinin güvenli tarafta kalacak şekilde tahmin edilebileceği belirtmiştir.

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 ivme analizi uygulanarak kapasite spektrumları elde edilmiştir. Daha sonra talep spektrumlarının elde edilmesi amacıyla dünya genelinden, yakın odaklı 8 değişik deprem seçilmiştir. Belirlenen talep spektrumları ve elde edilen kapasite spektrumları ile performans noktaları elde edilmiştir.

Medina ve Krawinkler (2005), yakın fay ve ileri yönelme etkisi olmayan yer hareketine maruz düzenli düzlem çerçevelerde ötelenme talepleri ile taleplerdeki belirsizliği araştırmıştır. Çalışmada, yalnızca yer hareketinin frekans içeriğindeki

farklılıkların belirsizliğe etkisi dikkate alınmıştır. Analizler için 40 ivme kaydı ile 3-18 katlı moment taşıyan düzlem çerçeveler kullanılmış, maksimum ve ortalama ötelenme talebi ile maksimum ve ortalama ötelenme talebinin 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 için kullanılacak olasılıksal bir yaklaşımın önerildiği bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, doğrusal olmayan davranış elastoplastik çevrimsel davranış modeli ile temsil edilmiş, analizlerde kaya veya katı zeminlerde kaydedilen 240 ivme kaydı kullanılmıştır. Analiz sonuçları kullanılarak, doğrusal olmayan ötelenme oranının merkezi eğilimi ile değerlerin saçılımı değerlendirilmiştir. Ek olarak merkezi eğilim ve saçılımın tahmin edilebilmesi amacıyla basit bağıntılar önerilmiştir.

Mollaioli ve Bruno (2008), tek ve çok serbestlik dereceli düzlem sistemlerin doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri yapılmıştır. Analizler için, boş sahada veya yüksekliği iki katı geçmeyen binalarda yer alan 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. Ek olarak maksimum elastik ötesi ötelenme talebinin maksimum elastik ötelenme talebine oranı için basit bir denklem önerilmiştir.

Lin ve Miranda (2009), maksimum ötelenme talebinin tahmini amacıyla kullanılan eşdeğer doğrusal yöntemlerin performansının değerlendirilmesi için, elastoplastik davranışa sahip ve periyodu 0.1s-3.0s arasında değişen TSD sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerini gerçekleştirmiştir. Analizlerde 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 daha önceki depremlere ait

ivme kayıtlarında oluşan yer değiştirme talepleri ile binaların mevcut kapasitelerini karşılaştırarak 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 tepkilerini olasılıksal olarak tahmin etmeyi hedeflemiştir. 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. Bunun için, 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 içinden en büyüğü alınarak kıyaslanmıştır. Sonuçta, zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizler için en az 7 deprem kaydı kullanılmasının ve elde edilen sonuçlarının ortalamasının göz önüne alınmasının daha doğru olacağı belirtilmiştir.

Önür (2011), yüksek lisans tez çalışmasında, betonarme bina stoğunu temsil eden düşük ve orta yükseklikteki binalarda olası depremlerde oluşan ötelenme taleplerini zaman tanım alanında doğrusal elastik analiz kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada mevcut binalar 2, 4 ve 7 katlı olarak dikkate alınmış 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 eksiklerin 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 birbirinden farklı zeminlerde kaydedilen toplam 264 gerçek ivme kaydı kullanılmıştır. Değerlendirme için maksimum ötelenme talebi kullanılmıştır.

İnel ve diğ. (2013), Türkiye'deki mevcut bina stoğunun bir bölümünü oluşturan 2, 4 ve 7 katlı betonarme binaları temsil eden üç boyutlu analiz modelleri ve bu binaların eşdeğer TSD modelleri için doğrusal elastik olmayan dinamik analiz ile elde edilen çatı seviyesi ötelenme taleplerini karşılaştırılmıştır. 19 gerçek ivme kaydı ve 24 üç boyutlu bina kullanılarak yapılan bu çalışma neticesinde, 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 yapmış ve elde edilen maksimum ötelenme taleplerini istatistiksel olarak değerlendirmiştir. Bunun için, farklı doğal titreşim periyodu, yatay dayanım oranı ve çevrimsel davranış modeline sahip 36 adet TSD sistem göz önüne alınmıştır. Doğrusal olmayan analizler için, Z1, Z2, Z3 sınıfı zeminlerin her biri ile uyumlu olacak biçimde yedi adet gerçek ivme kaydına sahip ivme kaydı setleri kullanılmıştır. İvme seti içerisindeki kayıtlardan elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, tüm TSD sistemler için önemli derecede bir saçılıma sahip olduğu görülmüştür. Ek olarak, farklı çevrimsel modeller için elde edilen taleplerin aynı ortalamaya sahip ana kitleden rastgele seçilmiş örnekler olduğu hipotezinin %95 güven düzeyi ile kabul edilebilir 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 göz önüne alınmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, DBYBHY ile uyumlu farklı ivme kayıtları kullanıldığında farklı ötelenme talepleri elde edilebileceği gözlemlenmiştir. Bu sonucun dikkate alınan tüm zemin sınıfı ve betonarme çerçeve sistemler için kabul edilir olduğu dile getirilmiştir. İvme kayıtlarından elde edilen yapısal taleplerdeki saçılımın yüksek olduğu da çalışmadan çıkarılan sonuçlardan biridir.

Samanta ve Huang (2017), farklı ölçeklendirme metodlarının yüksek yapılardaki tepkilerin dağılımına etkisini incelemişlerdir. Çalışmada 34 katlı betonarme-çelik kompozit çerçeve sistemi kullanılmıştır. Beş farklı ölçeklendirme yöntemi göz önüne alınmıştır. Çalışmada, maksimum kat ivmeleri, ortalama kat

spektral ivme değerleri ve maksimum göreli kat ötelenmelerinin medyan değerleri dikkate alınmıştır.

Kayhan ve diğ. (2018), DBYBHY ile uyumlu zaman tanım alanında analizlerden elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin istatistiksel olarak değerlendirildiği bir diğer çalışmada, göz önüne alınan her bir zemin sınıfı ile uyumlu olmak üzere 30 farklı ivme kaydı seti kullanmıştır. Bu çalışmada da, ötelenme taleplerine ait saılımların yüksek olduğu dile getirilmiştir. Doğrusal olmayan statik ve dinamik analiz sonuçları kıyaslanmış, sert zeminler üzerinde bulunan uzun periyoda sahip binaların deprem davranışının doğrusal olmayan statik analiz ile tahmininde özel bir dikkatin gerekli olduğu ifade edilmiştir. Çalışmada ek olarak, yatay dayanım oranı ve periyot değerlerine bağlı olarak maksimum ötelenme talebinin tahmin edilmesi amacıyla doğrusal regresyon modelleri önerilmiştir.

Palancı ve diğ. (2018), orta yükseklikteki betonarme binaları temsil eden beş katlı üç adet betonarme binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerini yapmış 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 saılımlarının yüksek olduğu ve zemin sınıfının saçılım üzerinde bir etkisinin bulunmadığı dile getirilmiştir. Ek olarak, belirli bir sayıda gerçek ivme kaydına sahip bir katalogdan seçim yaparak elde edilecek ivme kaydı setleri için, sette bulunan ivme kaydı sayısının artması ile ötelenme taleplerinin saılımlarının da arttığı, ama set için hesaplanan ortalama ötelenme talebi üzerinde ivme kaydı sayısının herhangi bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır.

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 meydana getirmek amacıyla, bir optimizasyon problemi olarak ele aldığı ivme kaydı seçimi problemini genetik algoritma kullanarak çözmüş ve ivme kaydı setlerini elde etmiştir. Çalışma kapsamında 1496 adet ivme kaydı takımı kullanılmış ve 7 ivme kaydından meydana gelen ivme kaydı setleri oluşturulmuştur. Çalışmada ivme kaydı ölçekleme katsayıları 0.5-1.5 ve 0.2-2.5 arasında alınmıştır.

Fahjan (2008), deprem kayıtlarının seçilmesi ile ilgili genel yöntemleri ve ölçütleri detaylı bir şekilde değerlendirmiştir. Çalışmada, DBYBHY’de bulunan her bir sismik bölge ve zemin sınıfı için belirlenen tasarım ivme spektrumuna uygun kayıtlar seçilirken depremin büyüklüğü, faylanma tipi ve zemin koşulları göz önüne alınarak yapılan ön seçimin ardından, ele alınan yerel zemin sınıflarının her biri için 10 ivme kaydından oluşan ivme kaydı setleri elde edilmiştir.

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

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

Katsanos ve diğ. (2010) ivme kaydı seçimi için 2010 yılına kadar yapılmış olan akademik çalışmalar ile ilgili olarak ayrıntılı bir literatür taraması yapılmıştır. Çalışmada literatürde bulunan; spektrum ile uyumlu ivme kaydı seçimi, ivme kaydı

özelliklerine bağlı ivme kaydı seçimi, yönetmelik kriterlerine bağlı ivme kaydı seçimi gibi konulardan oluşan çalışmalar ile ilgili olarak kapsamlı bilgi verilmiştir.

Jayaram ve diğ. (2011), ivme kaydı seçiminde hedef spektrum olarak koşullu spektrum önermiştir. Çalışmada, koşullu ortalama spektrumun hem ortalaması hem de ortalama ile varyansı göz önüne alınarak, bu iki farklı yöntem kıyaslanmıştır. Çalışmada 40 adet benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarını değerlendirmek amacıyla tek serbestlik dereceli sistemler ve 4 ve 20 katlı betonarme çerçeve sistemler göz önüne alınmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, tek serbestlik dereceli sistemlerde ve betonarme çerçevelerde medyan tepkiler her iki metod için benzer çıkarken, ortalama ve saçılım ise, ortalamanın yanında varyans da göz önüne alındığında daha büyük çıkmıştır.

Kayhan ve diğ. (2011), EUROCODE-8 ile uyumlu ivme kaydı setleri elde edilen çalışmada 7 ivme kaydından meydana gelen ivme setleri için toplam 352 ivme kaydı içerisinden 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 çok 1.1, en az 0.9 olacak şekilde ivme kayıtları seçilmiştir. EUROCODE-8’de tanımlanan zemin sınıflarının her biri için ölçeklendirilmiş ivme kayıtlarından meydana gelen 5 ayrı ivme kaydı seti elde edilmiştir.

Kayhan (2012), DBYBHY’de 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 bulunan kayıt sayısı 10 ve 15 olarak ayrı ayrı dikkate alınmıştır. Böyle, ele alınan her bir zemin sınıfı için ayrı ayrı ivme kaydı setleri meydana getirilmiştir.

Katsanos ve Sextos (2013), analiz edilen yapıya özgü ivme kaydı seçimi yapan bir yazılım geliştirme amacı taşıyan çalışmalarında EUROCODE-8’de bulunan ivme kaydı seçim şartlarını da göz önünde bulunduran ISSARS isimli bir program geliştirmiştir. Programda, ivme kaydı seçimi 4 aşamada yapılmaktadır. Bunlar; başlangıç ivme kaydı seçimi, optimizasyon kullanılarak ortalamanın

spektrum ile uygun hale getirilmesi, ele alınan yapının performans analizi ve istenilen ölçütlere uygun olarak bazı kayıtların setten çıkarılmasıdır.

Zengin ve Akkar (2015), doğrusal olmayan yapısal tepkinin tahmininde kullanılacak yer hareketi kayıtlarının seçimi amacıyla yeni bir yöntem geliştirmiştir. Önerilen yöntemde ivme kaydı setleri hedef spektral talepteki saçılım değerine göre oluşturulmuştur. Çalışma da önerilen yöntemin uygunluğunu incelemek amacıyla TSD sistemler kullanılmıştır. Çalışma sonuçları koşullu ortalama spektrum ile kıyaslanmıştır. Sonuçlara göre önerilen ivme kaydı seçimine göre oluşturulacak setlerden elde edilecek medyan elastik deplasman %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 bir şekilde ölçeklendirilmiş ya da 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 ele 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 dile getirilmiştir.

Macedo ve Castro (2017), ivme kaydı seçimi ve ivme kaydının ölçeklendirmesi amacıyla SeIEQ isimli bilgisayar programı geliştirmiştir. Çalışmada, ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirmesi amacıyla yaygın olarak kullanılan yönetmeliklerle uyumlu ivme kaydı seçimi ve son senelerde önerilen ve kullanılan koşullu ivme spektrumları ile uyumlu ivme kaydı seçimi gerçekleştirilmiştir. Programda sırasıyla sismolojik karakteristik, ön seçim ve ivme kaydı setlerinin oluşturulması basamakları işletilmektedir. Program ayrıca Avrupa'nın bütün bölgeleri için koşullu ivme spektrumunu meydana getirmek amacıyla olasılıksal sismik tehlike analizi de yapmaktadır.

Reyes ve diğ. (2018), üç boyutlu binaların doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizleri için ASCE 07-10 (2010) yönetmeliğinde bulunan ivme kaydı ölçeklendirme yaklaşımının geliştirilmesi için bir yöntem önermiştir. Yöntemin etkinliğinin değerlendirilmesi için dokuz adet planda düzensiz betonarme binanın

analizleri gerçekleştirilmiştir. Önerilen yöntemin, özellikle planda düzensiz binaların deprem davranışının daha gerçekçi tahmin edilebilmesi için kullanılabileceği gösterilmiştir.

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

1.4 Kapsam ve Yöntem

Bu çalışmada, üç boyutlu bir betonarme binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi ile elde edilen ötelenme talepleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Bunun için, global (çatı) ötelenmesi oranı (a/H) ve görelî kat ötelenmesi oranı (ϕ/h) talepleri göz önüne alınmıştır. Zaman tanım alanında analiz için kullanılan ivme setlerinde bulunan her bir ivme kaydı için maksimum ötelenme talepleri (a_{mak}) ve maksimum görelî kat ötelenmesi talepleri (ϕ_{mak}) elde edilmiştir. Daha sonra a_{mak} ve ϕ_{mak} değerlerinin sırası ile bina yüksekliği ve ilgili kat yüksekliğine bölünmesi ile maksimum çatı ötelenme oranı (a_{mak}/H) ve maksimum görelî kat ötelenmesi oranı (ϕ_{mak}/h) talepleri hesaplanmıştır.

Her bir ivme seti ve sette bulunan her bir kayıt için farklı olarak elde edilen bu talepler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme amacı ile öncelikle ivme seti içinde bulunan kayıtlardan elde edilen taleplerin (a_{mak}/H ve ϕ_{mak}/h) set içerisindeki eğilimi (ortalaması) ve saçılımı (standart sapması veya varyasyon katsayısı) incelenmiştir. Daha sonra, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen ortalama talepler arasındaki farklılığın istatistiksel olarak

anlamalı olup olmadığı, tek yönlü varyans analizi kullanılarak incelenmiştir. Ayrıca, ötelenme talepleri için güven aralığı tahminleri yapılmıştır.

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler için TBDY ile uyumlu olarak oluşturulan 11 ivme kaydı takımına sahip ivme setleri kullanılmıştır. TBDY’de tanımlanan ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminlerin her biri için, bu zeminlere ait tasarım ivme spektrumları ile uyumlu olacak şekilde 30 ivme seti ve toplamda 90 ivme seti analizler için kullanılmıştır. İvme kayıtları için kullanılacak ölçeklendirme katsayısı 0.5-2.0 arasında seçilmiştir.

1.5 Tezin Organizasyonu

Tezin birinci bölümünde, tez çalışmasında dikkate alınan problem tanımlanmış ve tez konusu ile ilgili olarak literatürde bulunan çalışmalardan örnekler verilmiştir. Ek olarak tezin amacı, kapsamı ve çalışma amacı doğrultusunda kullanılan yöntem açıklanmıştır.

İkinci bölümde, yapısal analiz için kullanılan yöntemler, doğrusal olmayan modelleme ve zaman tanım alanında analiz ile ilgili olarak bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu bölümde, TSB sistemler ve çok serbestlik dereceli sistemler ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, tez kapsamında kullanılacak olan betonarme binaya ait bilgiler ile doğrusal olmayan analiz modeline ait bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde, TBDY’de bulunan, zaman tanım alanında analiz ve analizde kullanılacak ivme kayıtlarının özellikleri ile ilgili tanımlamalar verilmiştir. Ek olarak, tez çalışmasında kullanmak için TBDY ile uyumlu olacak biçimde elde edilen ivme kaydı setlerine ait bilgiler sunulmuştur.

Beşinci bölümde, betonarme bina için zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları verilmiştir. Maksimum çatı ötelenmesi oranı ile maksimum görelî kat ötelenmesi oranı taleplerinin eğilimi ile saçılımı, zemin sınıfına bağlı olarak değerlendirilmiştir.

Altıncı bölümde, beşinci bölümde verilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz sonuçları göz önüne alınarak gerçekleştirilen tek yönlü varyans analizi ile ilgili bilgiler ve varyans analizi sonuçları sunulmuştur. Bu bölümde, maksimum ötelenme taleplerine ait güven aralığı tahmini ile ilgili sonuçlar da verilmiştir.

Yedinci bölümde, tez çalışmasında elde edilen sonuçlar ifade edilmiştir.



2. YAPISAL ANALİZ YÖNTEMLERİ

2.1 Giriş

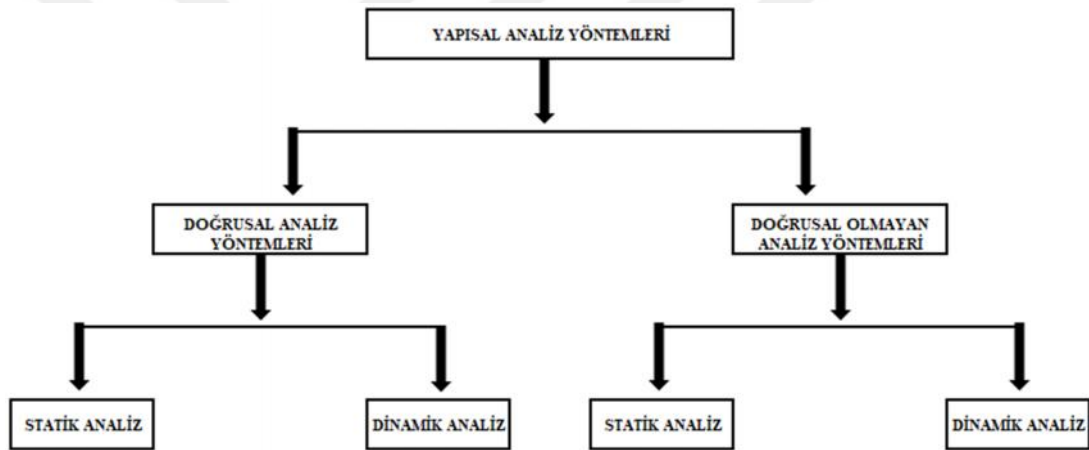
Bu bölümde, yapıların tasarım ve/veya performans analizlerinde kullanılan yapısal analiz yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir.

İnsanoğlu, tarih boyunca karşısına çıkan problemlere çözümler üretmeye çalışmış, halen bu uğraşı devam etmekte ve gelecekte de şüphesiz devam edecektir. Zamanı önceden kestirilemeyen, aniden meydana gelen, şiddetli ve yıkıcı etkileri çok fazla olan depremler de bu bağlamda çözüm aranan temel problemler arasındadır. Depremlerde can ve mal kaybını en aza indirmek için, depreme dayanıklı yapı tasarımı insanoğlunun tarih boyunca geliştirdiği en etkili silahtır (Canbay ve diğ. 2008).

Depremler ani oluşan ve yıkıcı etkisi fazla olan olaylar olduğu için, deprem etkisi ile oluşan hasara deprem anında müdahale imkansız olduğundan, tasarım aşamasında dikkate alınan kriterler oluşabilecek hasarları en aza indirmek için çok önemlidir. Mühendisliğin temel felsefesinde yer alan ekonomi ve güvenlik ilkeleri dikkate alındığında, tamamen hasarsız yapı tasarımı ekonomik olmayan bir yaklaşımdır. Güvenlikten ödün vermeden yapılan ekonomik tasarımlarda, oluşabilecek hasarın kabul edilebilir düzeyde olması gerekir. Genel olarak şiddetli depremlerin meydana gelebileceği bölgelerde kabul gören tasarım hedefi; can kaybı olmaması, yapılarda oluşabilecek hasarların sınırlı ve deprem sonrası giderilebilir düzeyde olmasıdır. Çoğu modern deprem yönetmeliği gibi DBYBHY ve TBDY de, bu felsefeyi dikkate almaktadır. DBYBHY'ye göre yeni yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımının ana ilkesi, hafif şiddetli depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetli depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda meydana gelebilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir seviyede kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı hasar meydana gelişinin sınırlandırılması, olarak belirtilmiştir. TBDY'de ise, yeni binaların da tasarımında dikkate alınmak üzere

kesintisiz kullanım, sınırlı hasar, kontrollü hasar ve göçmenin önlenmesi performans düzeyleri tarif edilmiştir. Bu performans düzeylerinin hangi deprem düzeyi için sağlanması gerektiği, analiz yöntemi olarak hangi yöntemin kullanılması gerektiği de TBDY’de ifade edilmiştir.

Yapıya etkiyecek yükler altında taşıyıcı sistem elemanlarının, ön boyutlandırmasının ardından yapılan analizlerinde, elde edilen iç kuvvetler ile deformasyonlar göz önüne alınarak, yeniden boyutlandırma ile tasarım ve kapasite kontrolleri yapılmaktadır. İç kuvvetlerin ve deformasyonların elde edilmesi için kullanılan analiz yöntemleri, öngörülen yüklerin yapıya yükleme şekli ve malzeme davranışında göz önüne alınan kabullere göre değişmektedir. Yapısal analiz yöntemleri Şekil 2.1’de şema halinde gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Yapısal analiz yöntemleri

2.2 Analiz Yöntemleri

Yapısal analizlerde özellikle modellemenin basitliği, işlem süresinin kısalığı gibi kolaylıklar sebebiyle doğrusal yöntemler daha çok tercih edilmektedir. Yürürlükteki çoğu yönetmelikte de bulunan doğrusal yöntemler kuvvet tabanlı tasarım ve değerlendirme amacıyla kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan analiz yöntemleri ise; son zamanlarda özellikle teknolojinin gelişmesine bağlı olarak, bilgisayarların işlem kapasitelerinin artması ile daha çok kullanılmaya başlanmıştır. Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin en büyük avantajı, hem taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal ötesi davranışlarının göz önüne alınabilmesi, hem de artan

yükler altında taşıyıcı sistem elemanları kapasitelerine eriştikçe bu elemanlar tarafından taşınamayan yüklerin diğer elemanlara nasıl dağıldığının değerlendirilebilmesidir. Doğrusal ötesi yöntemlerde malzemenin elastik ötesi davranışı göz önüne alındığı için, ön boyutlama haricinde, yapı elemanlarındaki donatı düzeninin de bilinmesine gerek vardır. İşlem yükü doğrusal yöntemlere göre fazla olmasına rağmen, doğrusal ötesi yöntemlerde yapının hasar mekanizması da gözlenebilmektedir.

2.2.1 Doğrusal Statik Analiz

Kuvvet tabanlı yaklaşımlara esas olan bu yöntem, diğer yöntemlere göre en yaygın analiz yöntemidir. Deprem yüklerinin eşdeğer statik yüke dönüştürülerek yapıya kat döşemeleri seviyesinde uygulandığı yöntemdir. Kesit tesirleri ve yer değiştirmeler, düşey yüklerin deprem yükleri ile birlikte, yönetmeliklerde verilen farklı yük kombinasyonları kullanılarak etkilmesi ile elde edilmektedir. Hesaplanan bu değerler, yönetmeliklerde verilen sınır değerlere göre kontrol edilmekte ve tasarım sonlandırılmaktadır.

TBDY’de ifade edilen Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi, doğrusal statik analiz yöntemlerine bir örnektir. Yöntem, bazı kısıtlamalarla belirli tür taşıyıcı sistemlere uygulanabilmektedir. Yöntem binanın birbirine dik iki deprem doğrultusunda binaya etkiyen depremler için ayrı ayrı uygulanmaktadır. Binanın dikkate alınan deprem doğrultusunda, binaya etkiyen toplam eşdeğer deprem yükünün hesabı için ilgili doğrultudaki hâkim titreşim modu dikkate alınarak hesaplanan azaltılmış tasarım spektral ivmesi ve binanın deprem hesabına esas toplam kütlesi göz önüne alınmaktadır. Sonra katlara etkiyen 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 dikkate alınacak deprem yükü azaltma katsayısı ise, yapının deprem etkisi altında ortaya çıkacak doğrusal olmayan davranışı dikkate alınarak, taşıyıcı sistem niteliğine bağlı olarak (TBDY’de taşıyıcı sistem davranış katsayısı, dayanım fazlalığı katsayısı ve bina önem katsayısı ile tanımlanmaktadır) belirlenmektedir.

2.2.2 Doğrusal Dinamik Analiz

Yapılarımıza etkiyen, hasar almasına, yıkılmasına neden olan deprem, rüzgar gibi yatay yükler zamanla değişmektedir. Bu nedenle yapıların tasarım ve performans değerlendirmelerinde, gerçeğe daha yakın sonuçlar elde etmek için statik yöntemler dışında dinamik analiz yöntemlerine ihtiyaç vardır. 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 doğrultusunda her bir mod için hesaplanan taban kesme kuvveti modal etkin büyüklüklerinin toplamının bina toplam kütesinin %95’inden daha az olmaması koşuluna göre belirlenmektedir. Ek olarak, katkısı %3’ten büyük olan tüm modlar da dikkate alınacaktır.

Mod birleştirme yöntemi, yapının birbirine dik iki doğrultusunda yeterli sayıda titreşim moduna ait periyot ve mod şekli dikkate alınarak yapılan analizlerle deprem kuvvetinin hesaplandığı ve katlara dağıtılmasında mod şekillerinin dikkate alındığı analiz yöntemidir. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir (Celep ve Kumbasar 2004). Bu yöntemde, dikkate alınan her mod için hesaplanan deprem yükü, kat kesme kuvvetleri, yer değiştirmeler ve iç kuvvetler, istatistiksel olarak süperpoze edilmektedir.

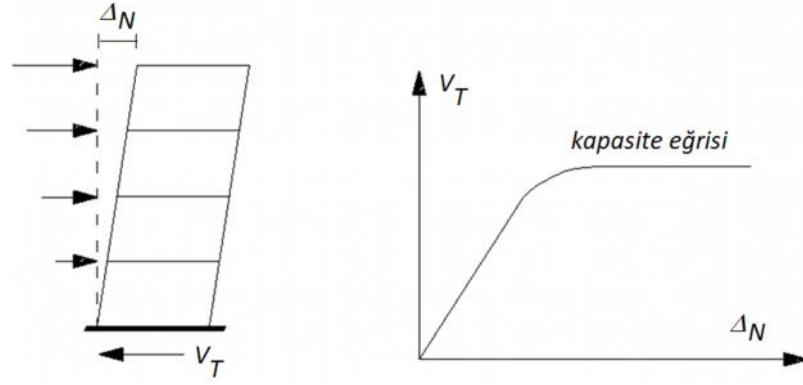
Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi’nde, depremin eşzamanlı olarak birbirine dik iki yatay doğrultuda etkidiğinin dikkate alınması halinde, her bir titreşim moduna ait modal davranış büyüklükleri (yerdeğiştirme, görelî kat ötelenmesi, iç kuvvet bileşenleri) zaman tanım alanında modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeterli sayıda 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

dikkate alınabilmesi ile yaklaşık doğrultu birleştirmesi kurallarının uygulanmasına da gerek kalmamaktadır. Bu yöntem ile yapılacak 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° döndürülerek hesap tekrar edilecektir. Davranış büyüklükleri, yapılan en az $2 \times 11 = 22$ hesabın her birinden elde edilecek sonuçların en büyük mutlak değerlerinin ortalaması olarak elde edilecektir.

2.2.3 Doğrusal Olmayan Statik Analiz

Yapı elemanlarının olası depremlerde elastik sınırlar içerisinde kalacağını düşünerek tasarım yapmak ekonomik bir yaklaşım değildir. Öyle ki yönetmeliklerde de yapı elemanlarının belirli sınırlar içerisinde hasar görmesine yani doğrusal elastik olmayan davranış göstermesine izin verilmektedir. Ek olarak betonarme eleman davranışının zaman içerisinde daha iyi anlaşılması ve daha gerçekçi temsil edilmesi ile birlikte, doğrusal olmayan analiz yöntemleri gelişmiş ve kullanımları artmıştır.

Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinde amaç olası bir depremde yapı elemanlarında oluşacak doğrusal elastik ötesi deformasyonların ve yapı davranışının daha gerçekçi tahmin edilmesidir. Yapıların deprem etkisi altındaki doğrusal elastik olmayan yatay yük kapasitesi ile yerdeğiştirme kapasitesini, deprem yer hareketinden bağımsız olarak hesaplayabilmek amacıyla statik itme analizi olarak isimlendirilen bir yöntem geliştirilmiştir (ATC-40 1996). Bu yöntemde ilk olarak yapıya, deprem hesabına esas düşey yükler uygulanır. Sonra ilgili deprem doğrultusunda uygun bir yatay yük dağılımı seçilir. Genellikle birinci mod şekli ile uyumlu dağılım ya da yönetmeliklerde öngörülen yük dağılımları kullanılmaktadır. Seçilen yük dağılım şekli korunarak yatay yükler adım adım artırılır. Her bir adımda, yapının düğüm yer değiştirmeleri, elemanların iç kuvvetleri ve şekil değiştirmeleri hesaplanır. Bu yöntem kullanılarak, her bir adımda 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 göstereceği davranışı ifade eder. Şekil 2.2’de tipik ters üçgen yatay yük dağılımı ve bir yapı için elde edilmiş tipik bir kapasite eğrisi görülmektedir.



Şekil 2.2: Tipik yatay yük deseni ve kapasite eğrisi

Şekil 2.2’de görüldüğü üzere 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 yerdeğiştirme değerine karşılık gelmektedir. Kapasite eğrisi, yapının farklı deprem yüklemeleri altındaki davranışını da temsil etmektedir.

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 şekil değiştirmeler ise, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak dikkate alınır. Bu yöntemler ile yapılan hesap sonucunda elde edilen sünek davranışa karşı gelen değerlendirmeye esas plastik şekil değiştirmeler (örneğin plastik dönmeler) ile sünek olmayan (gevrek) davranışa karşı gelen iç kuvvetler, seçilen performans düzeyi için müade edilen sınır değerlerle kıyaslanarak şekil değiştirmeye göre değerlendirme ya da tasarım yapılır.

2.2.4 Doğrusal Olmayan Dinamik Analiz

Yapının doğrusal ötesi davranışını en gerçekçi biçimde yansıtan, en gelişmiş analiz yöntemi doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemi yani zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemidir.

Doğrusal olmayan dinamik analiz yönteminde, yapıya etki eden zamana bağlı yükler altında, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı dikkate alınarak meydana getirilen sistem hareket denklemini temsil eden diferansiyel denklem takımı adım adım çözülmektedir. Yani diferansiyel denklem takımı zaman artımları ile adım adım doğrudan integre edilmektedir. Bu işlem esnasında, doğrusal olmayan davranış sebebiyle sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi dikkate alınmaktadır. Analiz esnasında her bir adımda sistemde oluşan yerdeğiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler hesaplanmaktadır. Bu şekilde, bu büyüklüklerin deprem taleplerine karşılık gelen maksimum değerleri elde edilmektedir. Yapının yer hareketi etkisinde analizi için hem yapısal modelin uygun olarak meydana getirilmesi hem de yer hareketinin ifade edilmesine ihtiyaç vardır.

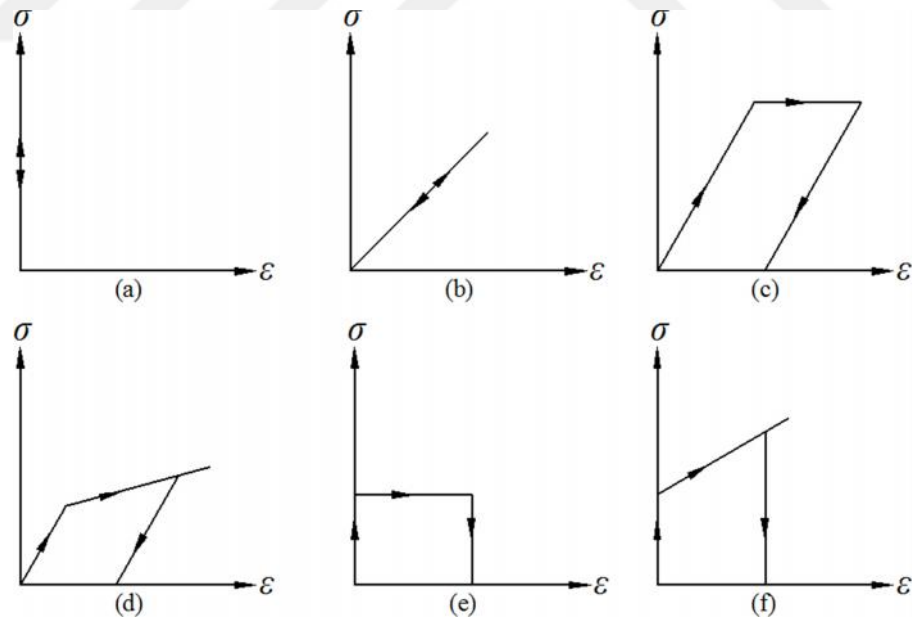
Yapısal sistemin hareket sırasındaki konumu tek bir parametreyle ifade edilebiliyorsa, sistem tek serbestlik derecelidir. Genellikle yapı sistemlerinin yer hareketi etkisindeki davranışı ise çok serbestlik dereceli sistemler ile ifade edilecek analiz modelleri kullanılarak bulunmaktadır. Çok serbestlik dereceli sistemler ise gerektiği zaman iki boyutlu gerektiği zamansa üç boyutlu olarak modellenmektedir (Celep ve Kumbasar 2004).

TBDY'ye göre, zaman tanım alanında yapılacak doğrusal olmayan hesaplarda en az on bir deprem yer hareketi takımı kullanılacaktır. Yer hareketi takımı, bir ivme kaydının iki yatay bileşeninden oluşmaktadır. Birbirine dik yatay iki doğrultudaki ivme kayıtları taşıyıcı sisteme birbirine dik asal eksenleri doğrultusunda aynı anda etkitilecektir. Sonra ivme kayıtlarının eksenleri 90° döndürülerek hesap tekrar yapılacaktır. Bu yöntemde de öncelikle deprem dışı yüklemeler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Bu hesaptan bulunan iç kuvvetler ve doğrusal olmayan şekil değiştirmeler, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınır. Sünek davranışa sahip elemanlarda değerlendirmeye esas şekil değiştirme 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 maksimum yapısal tepkilerin ortalaması olarak hesaplanır.

2.3 Doğrusal Olmayan Davranış

Yapıları meydana getiren taşıyıcı sistem elemanları, kullanım süreleri boyunca karşı karşıya kaldıkları düşey yükler altında genellikle doğrusal davranış göstermektedir. Deprem gibi ani ve büyük yüklemeler altında ise doğrusal davranış sınırları geçilmekte ve doğrusal olmayan (elastik ötesi) davranış meydana gelmektedir. Yapıların deprem etkisi göz önüne alınarak güvenli bir biçimde tasarımı amacıyla, doğrusal olmayan davranışın da hesaplara doğru bir şekilde aktarılması gerekir.

Tabiatı yer alan malzemelerin gerçek gerilme-şekil değiştirme ilişkisi genellikle doğrusal değildir ve malzeme özelliğine bağlı olarak karmaşık bir değişim gösterir. Malzemelerin tüm özelliklerini dikkate alan bir teori kurup hesap yapmak pratik olarak oldukça güçtür. Bu yüzden, malzemelerin etkin özellikleri dikkate alınarak farklı yaklaşıklık seviyelerinde sonuçlar elde edebilmek için basit malzeme idealleştirmeleri yapılır. Şekil 2.3'te tek eksenli gerilme halinde yapılan idealleştirilmeden bazıları gösterilmiştir (Bakioğlu, 2001).



Şekil 2.3: İdeal malzeme davranış modelleri (Bakioğlu, 2001)

Şekil 2.3 (a)'da verilen rijit malzemede gerilme arttığında ya da azaldığında şekil değiştirme izlenmezken (b)'de ifade edilen gerilme-şekil değiştirme ilişkisi doğrusaldır ve yük arttıkça artan elastik deformasyon izlenir. Yük ortadan

kaldırıldığında elastik deformasyon geri döner. (c)'de elasto-plastik davranış söz konusudur. Cisim akma sınırına kadar elastik davranış gösterir, akma sınırından sonraysa plastik davranış gösterir. Uygulanan yük kaldırıldığında, elastik deformasyon geri dönerken plastik deformasyonlar kalır. Akma sınırından sonra pekleşme izlenen elasto- plastik davranışta (d) ise akma sınırından sonra gerilmeler sabit kalmamakta, artmaktadır. Rijit plastik davranış ile (e), pekleşen plastik davranış (f) özellikleri birbirine benzemektedir. Her iki davranışta da akma anına kadar elastik deformasyon izlenmemektedir. İkisinin farkı plastik bölgede deformasyon artarken gerilmenin artıp artmayacağı ile ilgilidir.

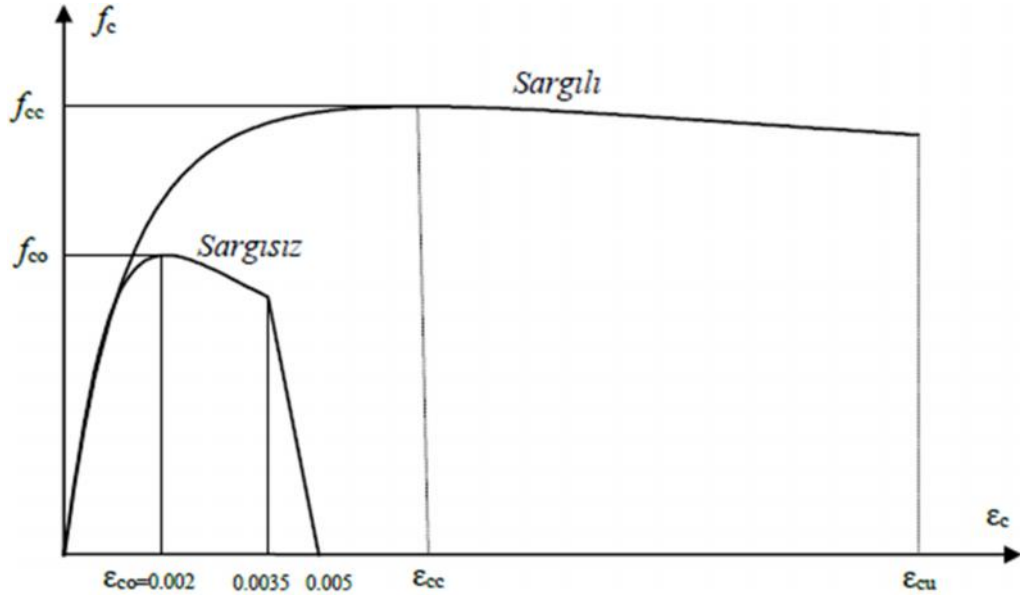
Betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı da kullanılan malzemelerin yani betonun ve donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme ilişkilerine bağlıdır.

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 şekli gibi birçok parametreden etkilenmektedir. Bu yüzden her durumu ifade eden tek bir gerilme-şekil değiştirme eğrisinin tanımlanması mümkün değildir. Fakat doğrusal olmayan davranışın bulunabilmesi amacıyla da betonun gerilme-şekil değiştirme eğrilerine gerek duyulur. Literatürde betonun gerilme-şekil değiştirme ilişkisi için çok sayıda model önerilmiştir (Kent ve Park 1969, Mander ve diğ. 1988, Sheikh ve Uzumeri 1982).

TBDY'de doğrusal olmayan davranışın göz önüne alınması için beton ve donatı çeliğinin gerilme-şekil değiştirme ilişkisi ile ilgili gerekli tanımlamamalar yer almakla birlikte, literatürde bulunan beton modellerinin herhangi birisi kesin olarak önerilmemiştir.

2.3.1 TBDY'ye göre Sargılı ve Sargısız Beton Modelleri

TBDY'de, doğrusal olmayan yöntemler ile şekildeğiştirmeye göre değerlendirmede, başka bir modelin seçilmediği durumlarda kullanılmak üzere, sargılı ve sargısız beton için Şekil 2.4'te gösterildiği gibi iki ayrı gerilme-şekil değiştirme eğrisi tanımlanmıştır.



Şekil 2.4: TBDY'ye göre beton gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi sargı etkisi ile hem dayanımda hem de süneklikte artış meydana gelmektedir. Sargılı betonda beton basınç gerilmesi f_c , basınç birim şekildeğiştirmesi ϵ_c 'nin fonksiyonu olarak Denklem 2.1'de verilmiştir.

$$f_c = \frac{f_{cc} x^r}{r - 1 + x^r} \quad (2.1)$$

Denklem 2.1'deki sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki Denklem 2.2'de verilmiştir.

$$f_{cc} = a_c f_{co} \quad ; \quad a_c = 2.254 \sqrt{1 + 7.94 \frac{f_e}{f_{co}}} - 2 \frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \quad (2.2)$$

Denklem 2.2'deki f_e etkili sargılama basıncı, dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için Denklem 2.3'te verilen değerlerin ortalaması olarak alınır.

$$f_{ex} = k_e \circ_x f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e \circ_y f_{yw} \quad (2.3)$$

Denklem 2.3'teki f_{yw} enine donatının akma dayanımını, $\circ_x$ ve $\circ_y$ ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e ise sargılama etkinlik katsayısı oranını temsil etmektedir (Denklem 2.4).

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6b_0h_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_0}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_0}\right) \left(1 - \frac{A_s}{b_0h_0}\right)^{-1} \quad (2.4)$$

Denklem 2.4'te, $\sim_i$ kesit çevresindeki boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s boyuna doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir.

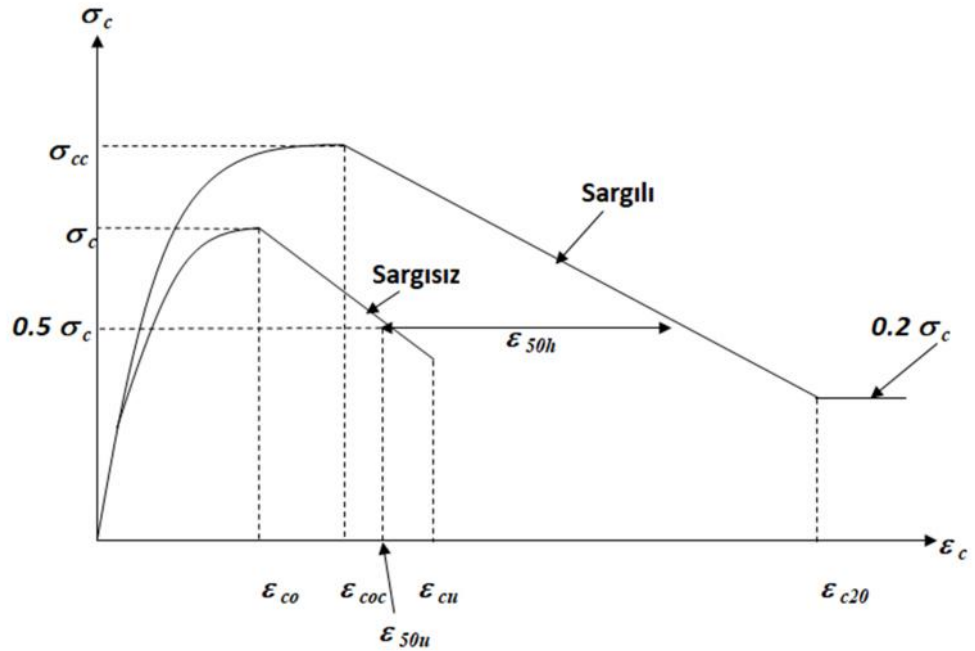
Denklem 2.1'deki normalize edilmiş beton birim şekildeğiştirmesi x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar ise Denklem 2.5 ve Denklem 2.6'da verilmiştir.

$$x = \frac{\epsilon_c}{\epsilon_{cc}} \quad ; \quad \epsilon_{cc} = \epsilon_{co} [1 + 5(a_c - 1)] \quad ; \quad \epsilon_{co} \cong 0.002 \quad (2.5)$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000 \sqrt{f_{co}} \text{ [MPa]} \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\epsilon_{cc}} \quad (2.6)$$

2.3.2 Geliştirilmiş Kent-Park Modeli

Geliştirilmiş Kent-Park Modeli, Roy ve Sozen (1964) tarafından sargılı beton için önerilen gerilme-şekil değiştirme ilişkisinden esinlenerek geliştirilmiştir. Şekil 2.5'de gösterildiği gibi sargılı ve sargısız beton için iki ayrı gerilme-şekil değiştirme eğrisi önerilmiştir.



Şekil 2.5: Geliştirilmiş Kent-Park Modeli gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, bu modelde de sargı etkisi ile hem dayanımda hem de süneklikte artış meydana geleceği varsayılmaktadır. Eğrilerin ilk bölümleri için parabol ikinci bölümleri için doğrusal ilişki tanımlanmıştır. Eğrilerin doğrusal kısmında, sargılı betonun eğimi, sargısız betonun eğimine göre daha düşüktür. Sargısız betonda maksimum birim şekil değiştirme ϵ_{cu} iken, sargılı betonda böyle bir sınır yoktur.

Geliştirilmiş Kent-Park Modeli'ndeki gerilme bağlantıları parabol kısım ve doğrusal kısım olmak üzere iki grupta incelenebilir (Denklem 2.7-Denklem 2.17).

Parabol bağlantıları:

Sargısız beton için:

$$\epsilon_c = f_c \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_{co}} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{co}} \right)^2 \right] \quad (2.7)$$

Sargılı beton için:

$$\epsilon_c = f_{cc} \left[\frac{2\epsilon_c}{\epsilon_{coc}} - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_{coc}} \right)^2 \right] \quad (2.8)$$

$$\epsilon_{coc} = K\epsilon_{co} \quad (2.9)$$

Doğrusal kısım bağlantıları:

Sargısız beton için:

$$\epsilon_c = f_c [1 - Z_u (\epsilon_c - \epsilon_{co})] \quad (2.10)$$

$$Z_u = \frac{0.5}{\epsilon_{50u} - \epsilon_{co}} \quad (2.11)$$

$$\epsilon_{50u} = \frac{3 + 0.285 f_c}{142 f_c - 1000} \geq \epsilon_{co} \quad (2.12)$$

Sargılı beton için:

$$K = 1 + \frac{\rho_s f_{yw}}{f_c} \quad (2.13)$$

$$\epsilon_c = f_{cc} [1 - Z_c (\epsilon_c - \epsilon_{co})] \geq 0.2 f_{cc} \quad (2.14)$$

$$Z_c = \frac{0.5}{\epsilon_{50u} + \epsilon_{50h} - \epsilon_{coc}} \quad (2.15)$$

$$\epsilon_{50h} = 0.75 \rho_s \left(\frac{b_k}{s} \right)^{0.5} \quad (2.16)$$

$$\rho_s = \frac{A_s l_s}{s b_k h_k} \quad (2.17)$$

Denklem 2.7 ile Denklem 2.17 arasındaki ifadelerde bulunan parametreler aşağıda belirtilmiştir:

σ_c, σ_{cc} : Sargısız ve sargılı betona ait basınç dayanımı ($\sigma_c = F_{ck}, \sigma_{cc} = K \sigma_c$)

ϵ_{coc} : Sargılı betonda maksimum gerilme altındaki birim şekil değiştirme

ϵ_{co} : Sargısız betonda maksimum gerilme altındaki birim şekil değiştirme

Z_u, Z_c : Sargısız ve sargılı beton gerilme-birim şekil değiştirme eğrisinin doğrusal bölümünün boyutsuz eğimi

b_k, h_k : Etriye dışından ölçülen çekirdek beton alanının boyutları

ρ_s : Sargı donatısının hacimsel oranı

σ_c : Beton basınç gerilmesi

ϵ_c : Betonun birim şekil değiştirmesi

ϵ_{cu} : Sargısız beton için en büyük birim şekil değiştirme

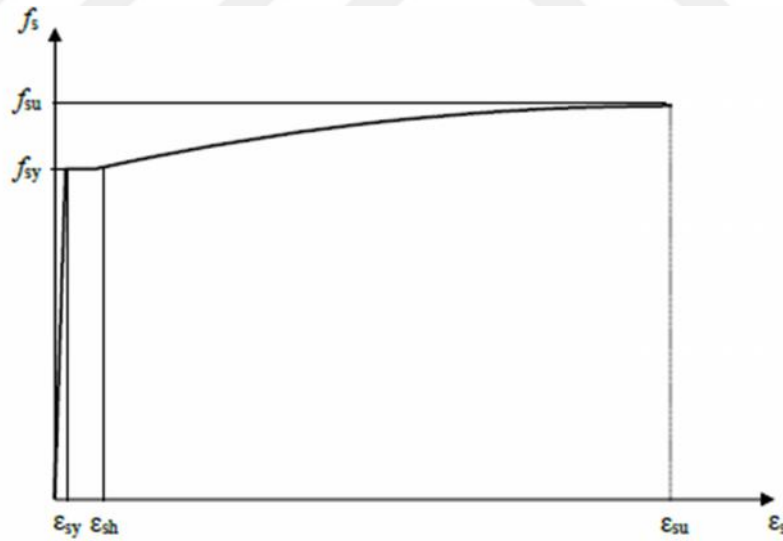
ϵ_{c20} : Sargılı betonda $0.2 \sigma_{cc}$ gerilme değerine karşılık gelen birim şekil değiştirme

- A_0 : Sargı donatısının kesit alanı
- l_s : Kesitteki sargı donatısı ve çirozların toplam uzunluğu
- f_{ywk} : Sargı donatısının minimum akma dayanımı
- s : Sargı donatısının aralığı

2.3.3 Donatı Çeliği Modeli

TBDY’de doğrusal olmayan analiz modelleri için kullanılmak üzere donatı çeliği için de gerilme-şekil değiştirme ilişkisini tanımlayan bağıntılar verilmiştir. Şekil 2.6’da gerilme-şekil değiştirme ilişkisi görülmektedir.

TBDY’de, S420 donatı çeliği elastisite modülü $E_s=200,000$ MPa, akma birim uzaması $\epsilon_{sy}=0.0021$, pekleşmenin başladığı andaki birim uzama $\epsilon_{sh}=0.008$ ve kopma birim uzaması $\epsilon_{su}=0.080$ olarak verilmiştir. Akma dayanımı $f_{sy}=420$ MPa ve kopma dayanımının akma dayanımına oranı $f_{su}/f_{sy}=1.15-1.35$ alınmaktadır.



Şekil 2.6: TBDY’ye göre donatı çeliğine ait gerilme-şekil değiştirme ilişkisi

TBDY’de, doğrusal olmayan yöntemler ile performans değerlendirilmesinde kullanmak üzere, donatı çeliği için aşağıdaki gerilme-şekil değiştirme bağıntıları tanımlanmıştır (Denklem 2.18-Denklem 2.20).

$$f_s = E_s \epsilon_s \quad (\epsilon_s \leq \epsilon_{sy}) \quad (2.18)$$

$$f_s = f_{sy} \quad (\epsilon_{sy} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{sh}) \quad (2.19)$$

$$f_s = f_{su} - (f_{su} - f_{sy}) \frac{(\epsilon_{su} - \epsilon_s)^2}{(\epsilon_{su} - \epsilon_{sh})^2} \quad (\epsilon_{sh} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{su}) \quad (2.20)$$

DBYBHY’de bulunan donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme ilişkisini tanımlayan bağıntılar TBDY’de tanımlanan ve Denklem 2.18-Denklem 2.20 ile verilen bağlantılar ile aynıdır.

DBYBHY’ye göre S420 donatı çeliği elastisite modülü $E_s=200,000$ MPa, akma birim uzaması $\epsilon_{sy}=0.0021$, pekleşmenin başladığı andaki birim uzama $\epsilon_{sh}=0.008$ ve kopma birim uzaması $\epsilon_{su}=0.10$ olarak önerilmiştir. Akma dayanımı $f_{sy}=420$ MPa ve kopma dayanımı $f_{su}=550$ MPa alınmaktadır.

2.4 Doğrusal Olmayan Davranışın Plastik Mafsal İle İfadesi

Daha önce de bahsedildiği gibi yapılar, deprem gibi ani ve şiddetli etkiler altında doğrusal olmayan davranış sergilemektedirler. Doğrusal olmayan analizlerde artan yükler altında yapı elemanlarının rijitliklerinde azalma olur ve kritik bölgelerde eleman sabit sayılabilecek bir yük değeri altında deformasyon yaparak enerji sönmülendirmeyi, kapasitesini kaybedene kadar sürdürür (Özmen ve diğ. 2007). Doğrusal olmayan analizlerde deprem etkisi altındaki hasar mekanizması, bu kritik bölgelerde meydana gelen hasar durumuna göre belirlenmektedir. Analiz sonucunda doğru çözümlere ulaşmabilmek amacıyla doğrusal olmayan davranışı doğru şekilde analiz modeline ilave etmek, hesaba katılacak yükleme durumu kadar önem taşır.

Yapı elemanlarında hasarların meydana gelebileceği öngörülen kritik bölgelere atanan plastik mafsallar ile doğrusal olmayan davranış ifade edilebilmektedir. Yapı elemanlarında oluşması beklenen hasar durumuna göre farklı özellikte (eğilme mafsalı, kesme mafsalı ve eksenel yük mafsalı) plastik mafsallar tanımlanabilir. Plastik mafsallar taşıyıcı sistem elemanlarında oluşabilecek iç kuvvetler ve deformasyonlara göre belirlenmektedir. Bunun için doğrusal olmayan

analizlerde, yapı geometrisi, dış yükler, sınır şartlar vb. bilgilere ilave olarak eleman boyuna ve enine donatı miktarları da bilinmelidir.

2.4.1 Plastik Mafsal

Bir kesitin sabit moment altında dönmesi, o kesitte plastik mafsal oluşması olarak adlandırılır. Plastik mafsalın klasik mafsaldan farkı, mafsaldaki momentin sıfır yerine, belirli bir büyüklüğe eşit olmasıdır. Literatürde plastik kelimesinden esinlenerek, bu moment M_p olarak da gösterilmektedir (Canbay ve diğ. 2008).

Plastik mafsallar, örnek olarak sünek davranış gösteren bir elemanda; yapılan yükleme altında yapı elemanındaki kritik kesitte betonun çatlaması ve donatının akma dayanımına ulaşması ile sabit yük altında deformasyon yaparak enerji tüketmesi ile meydana gelir. Bu mafsallar, elemanda deprem etkisi altında maksimum eğilme momentlerinin meydana geldiği uç bölgelerde oluşmaktadır. Mafsal oluşması beklenen bölgeye plastik mafsal bölgesi ve bu bölgenin eleman boyunca uzunluğuna ise plastik mafsal boyu (L_p) denilmektedir.

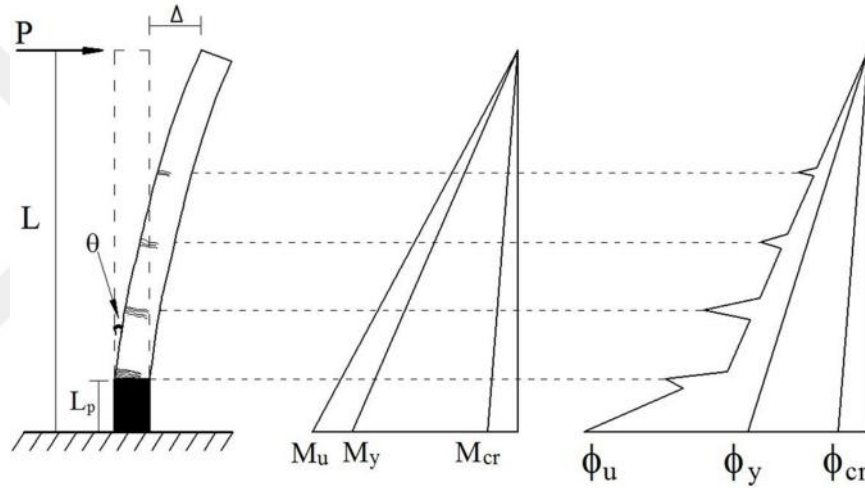
Plastik mafsalın boyu, moment-eğrilik bağıntısına, eleman boyunca eğilme momentinin değişimine, kesit yüksekliğine ve kesitteki normal kuvvete bağlıdır. TBDY ve DBYBHY’de basit olarak $L_p=0.5h$ kabulü benimsenmiştir (Celep 2008).

2.4.2 Eğilme Mafsalı

Betonarme yapılar genellikle eksenel yük altında elemanların ezilmesi, kesme kuvveti etkisi ile kesme kırılması ve eğilme etkisi ile eğilme hasarı olmak üzere üç farklı göçme durumuna ulaşmaktadır. Bu göçme durumlarından sadece eğilme hasarının sünek olarak gerçekleşmesi mümkündür. Diğerlerinde ise gevrek hasar gerçekleşir. Bu sebeple betonarme elemanların tasarımında gevrek hasar durumlarının ortaya çıkmaması için gerekli tasarım koşulları tanımlanmakta ve olası eleman hasarlarının eğilme davranışı altında ortaya çıkması sağlanmaktadır. Dolayısıyla deprem gibi büyük yükler altında yapı elemanlarında oluşacak hasarların eğilme hasarları olması amaçlanıp, tasarımlar bu doğrultuda yapılmaktadır.

2.4.3 Eğrilik Yoğunlaşması

Şekil 2.7’de verilen betonarme konsol elemana etkiyen P yatay yükü sıfırdan başlayıp artırıldığında eğilme momenti ara noktalarda doğrusal olarak artar. Kesitlerde çatlama momenti değerine (M_{cr}) ulaşıldığında betonarme kesit çatlamaya başlar. Kesitin çatladığı andaki eğrilik değeri ϕ_{cr} ile gösterilmiştir. Çatlama ile kesit yüksekliği azaldığından kesit eylemsizlik momenti de azalır. Eylemsizlik momentinin azalması ise eğrilikte sıçramalar meydana getirir. Bu durum mesnette akma momentine (M_y) ulaşıncaya kadar sürer. Nihai moment (M_u) değerine ulaşıldığında kesitte büyük çatlamlar ve eğrilikler oluşur. Şekil 2.7’de ϕ_y akma eğriliğini, ϕ_u nihai eğriliği göstermektedir.

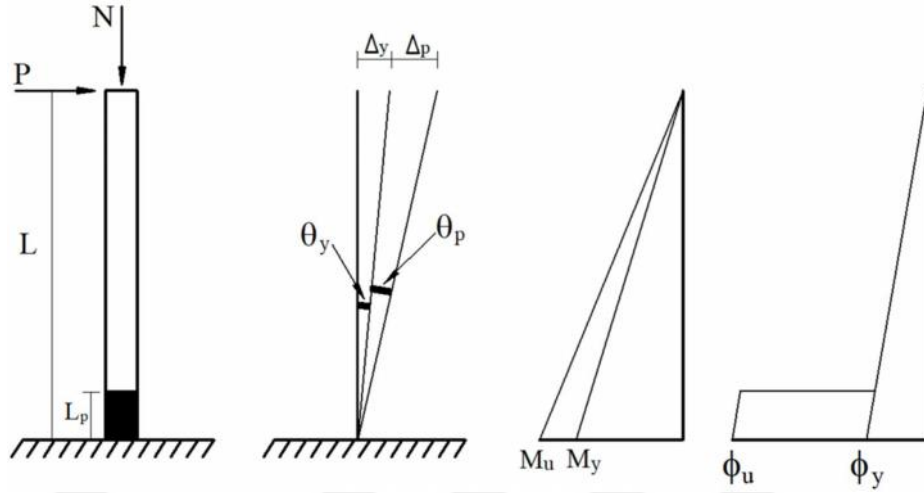


Şekil 2.7: Betonarme bir konsolda moment ve eğrilik diyagramları

TBDY ve DBYBHY’de eğrilik yoğunlaşmasının kolonun alt ucunda belirli bir bölge boyunca (L_p) olduğu varsayılmaktadır. Şekil 2.7’deki gibi, bu yoğunlaşmaya bağlı olarak, kolon alt ucunda, bir mafsaldaki dönmeye benzer şekilde θ açısı kadar dönme olduğu kabul edilmektedir. Bu dönme, elastik ve plastik dönmelerin toplamıdır. Plastik dönmelerin de gözlemlendiği bu olaya plastik mafsallık oluşumu denilmektedir.

Betonarme konsolun alt ucundaki eğrilik yoğunlaşması hesaplamalarda kolaylık olması için Şekil 2.8’deki gibi idealleştirilebilir. Buna göre, plastik mafsallık bölgesine kadar doğrusal olarak, plastik mafsallık bölgesinde ise ani olarak artan eğrilik değerleri kullanılarak dönme ve yatay ötelenme değerleri hesaplanmaktadır. Hem

dönme hem de yatay ötelenmenin elastik ve plastik değerlerini, örneğin moment-alan teoremini kullanarak hesaplamak mümkündür.



Şekil 2.8: Betonarme bir konsolda idealleştirilmiş eğrilik diyagramları

Denklem 2.22-2.25'te sırası ile elastik dönme, plastik dönme, elastik ötelenme ve plastik ötelenme denklemleri verilmiştir. Denklemler Şekil 2.8 dikkate alınarak belirtilmiştir.

$$\theta_y = \frac{\alpha_y L}{2} \quad (2.22)$$

$$\theta_p = (\alpha_u - \alpha_y) L_p \quad (2.23)$$

$$\Delta_y = \theta_y \left(\frac{2L}{3} \right) \quad (2.24)$$

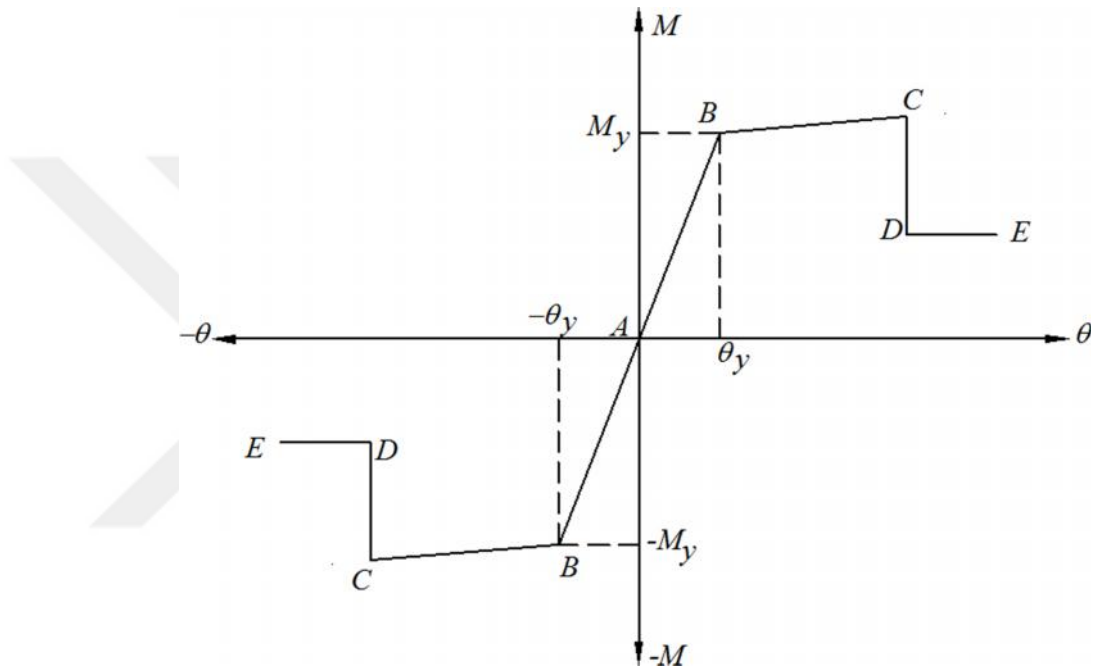
$$\Delta_p = \theta_p \left(L - \frac{L_p}{2} \right) \quad (2.25)$$

2.4.4 Eğilme Mafsalı Kriterleri

Analizlerde, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışının temsil edildiği plastik mafsal bilgilerinin belirlenebilmesi için, elemanların uç bölgelerindeki kritik kesitlerinde moment-dönme değerleri kullanılmaktadır. Genel

olarak plastik mafsallın tanımını, kesitin akma noktasına ait moment ve dönme değeri ile plastik davranış bölgesinde moment ve dönme değerlerinin belirlenmesini gerektirir.

Şekil 2.9’da verilen tipik bir moment-dönme ilişkisi kullanılarak plastik mafsala ait tanımlama bilgileri verilmiştir. Eleman kesitinde momentin deprem esnasında yön değiştirmesi durumu dikkate alınarak, plastik mafsal tanımının pozitif ve negatif moment ve dönme değerlerini de içerecek şekilde yapılması gerekir.



Şekil 2.9: Plastik mafsal için moment-dönme değerleri

Şekil 2.9’da görülen A noktası orijin (0,0) noktasıdır. B noktası ise elemanın doğrusal elastik davranış sınırı olan akma konumuna ulaştığı nokta olup bu noktadan sonra doğrusal olmayan davranış başlamaktadır. B noktası akma momenti (M_y) ve akma noktasına ait dönme değeri (θ_y) ile gösterilir. A-B arasında elemenda plastik bir davranış görülmez ancak artan dönme ile orantılı olarak moment değerinde artış gözlenir. Bu artış oranı kesit özelliklerine bağlı olarak yapılan moment-eğrilik analizleri sonucunda belirlenebilmektedir. B-C noktaları arasında plastik dönme davranışı gözlenmektedir ve moment kapasitesinde de artış olmaktadır. B-C arasında moment kapasitesinde gözlenen artış da yine kesit özelliklerine bağlı olarak belirlenmektedir. C noktası, kesitin moment kapasitesinin korunabildiği sınır dönme değeridir ve bu noktada C noktasındaki moment kapasitesi D noktası ile ifade edilen

değere düşmektedir. Dönme E noktasında ifade edilen değere ulaştığında ise D ile ifade edilen kapasite de korunamamaktadır.

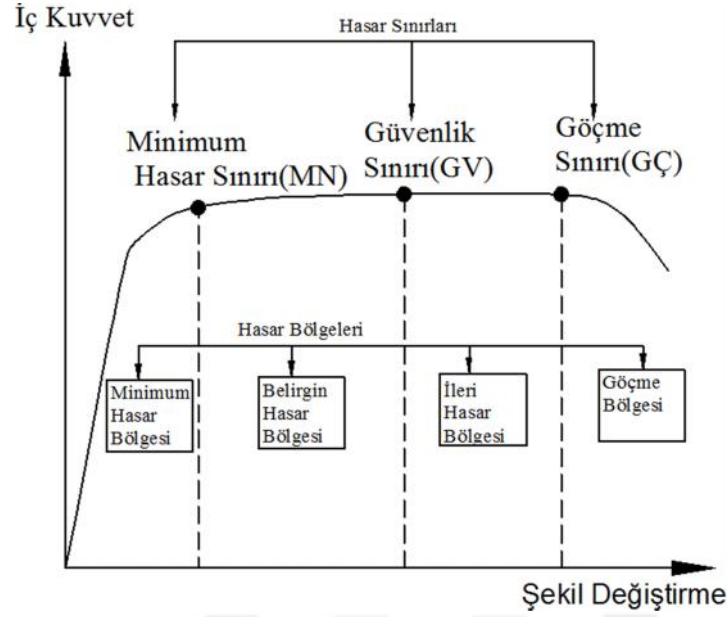
Doğrusal olmayan analizlerde her bir elemanın kritik kesitlerinde tanımlanacak plastik mafsallar için Şekil 2.9’da verilen B, C, D ve E değerleri, tersinir yükleme durumuna bağlı olarak momentin yön değiştirmesi de düşünülerek hesaplanmalıdır. Kolonların donatı düzeni simetrik olduğundan pozitif ve negatif değerler eşit alınmalıdır. Kiriş kesitlerinin alt ve üst bölgelerinde farklı boyuna donatılar bulunduğu eğilme momentinin yönüne bağlı olarak farklı değerler elde edilir.

2.5 Doğrusal Olmayan Modelleme

Tez çalışmasında, analizler için seçilen örnek betonarme bina, DBYBHY hükümleri dikkate alınarak tasarlanmış bir binadır. Bu sebeple bu kısımda, DBYBHY’de ifade edilen doğrusal olmayan analiz şartları ile ilgili bazı tanımlamalar, idealleştirmeler ve kapasite sınırları açıklanmıştır.

2.5.1 Yapı Elemanlarında Kesit Hasar Bölgeleri ve Hasar Sınırları

DBYBHY’ye göre sünek elemanlarda moment-dönme davranışını temsil eden plastik mafsalların hasar durumu için üç sınır tanımlanmıştır. Bunlar; Minimum Hasar Sınırı (MN), Güvenlik Sınırı (GV) ve Göçme Sınırı (GÇ). Minimum Hasar Sınırı kesitte elastik ötesi davranışının başlangıcını, Güvenlik Sınırı kesitin dayanımının güvenli olarak sağlanabileceği elastik ötesi davranışın sınırını, Göçme Sınırı ise kesitin göçme öncesi davranışının sınırını tanımlamaktadır (Şekil 2.10). Bu sınıflandırma gevrek olarak hasar gören elemanlarda geçerli değildir.



Şekil 2.10: Kesit hasar sınırları ve hasar bölgeleri

Kritik kesitlerinin hasarı MN'ye ulaşmayan elemanlar Minimum Hasar Bölgesi'nde, MN ile GV arasında kalan elemanlar Belirgin Hasar Bölgesi'nde, GV ile GÇ arasında kalan elemanlar İleri Hasar Bölgesi'nde ve GÇ'yi aşan elemanlar Göçme Bölgesi'nde olarak tanımlanırlar.

Doğrusal olmayan analizler ile bulunan iç kuvvetlerin ve şekil değiştirmelerin hasar bölgelerine ait sınır değerlerle karşılaştırılması sonucunda, kesitlerin hangi hasar bölgelerinde olduğuna karar verilmektedir. Eleman hasarı ise, elemanın en fazla hasar gören kesitine göre belirlenmektedir.

2.5.2 Doğrusal Elastik Olmayan Davranışın İdealleştirilmesi

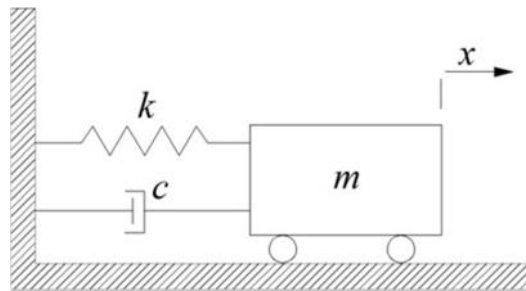
Doğrusal olmayan davranışın dikkate alınabilmesi için kullanılan yığılı plastik davranış modeli'nde iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine eriştiği sonlu uzunluktaki bölgeler boyunca, plastik şekil değiştirmelerin düzgün yayılı biçimde olduğu varsayılmaktadır. Plastik mafsallık boyu olarak adlandırılan plastik şekil değiştirme bölgesinin uzunluğu (L_p), taşıyıcı sistem elemanının çalışan doğrultudaki kesit boyutunun (h) yarısına eşit alınmaktadır. Yığılı plastik şekil değiştirmeyi temsil eden plastik mafsallık, plastik mafsallık bölgesinin tam ortasına atanmaktadır.

2.6 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizde, yapıya etki eden zamana bağlı yükler altında, taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan davranışı dikkate alınarak sistemin hareket denklemi adım adım çözülmektedir. Analiz sırasında her bir adımda sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler hesaplanmaktadır. Böylelikle, 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 (Celep ve Kumbasar 2004).

2.6.1 Tek Serbestlik Dereceli (TSD) Sistemler

Sistemin düzlemde durumunu tayin eden bağımsız geometrik parametrelerin sayısına serbestlik derecesi denir. Sistemin hareket halinde yer aldığı konum sadece bir parametrenin verilmesi ile bulunabiliyorsa böyle sistemler tek serbestlik dereceli (TSD) sistemler olarak isimlendirilmektedir. TSD sistemlerin davranışını mesnet koşulları ve hareket denkleminin başlangıç koşulları göz önüne alınarak elde edilen çözümü belirler (Celep ve Kumbasar 2004). Şekil 2.11’de TSD sistemin titreşiminin matematiksel modeli verilmiştir. Şekilde, x yapının zamana bağlı deplasmanını ifade etmektedir.



Şekil 2.11: TSD sistemin matematiksel modeli

TSD sistemlerin titreşiminde ana parametreler rijitlik (k), kütle (m), sönüm katsayısı (c) ve titreşime neden olan zorlayıcı dış kuvvettir (örneğin deprem yer hareketi). TSD sistemin dinamik davranışının belirlenebilmesi için, sistemin hareket denkleminde ihtiyaç vardır. Yer hareketi etkisindeki doğrusal elastik TSD sistemin

dinamik davranışı Denklem 2.26 ile verilmiştir. Denklemde $-m\ddot{x}_g(t)$ terimi, yapının kütesine etkiyerek titreşime neden olan dış kuvveti ifade etmektedir ve yer hareketinin ivmesi ile kütlenin çarpımıyla elde edilmektedir. Denklem 2.26'nın doğrusal olmayan davranışa sahip sistemlere de uygulanabilmesi için, denklemde doğrusal elastik sistem için rijitlik ile ilgili yay kuvveti yerine, doğrusal olmayan davranış da içeren yay kuvveti fonksiyonunun yazılması gerekir.

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = -m\ddot{x}_g(t) \quad (2.26)$$

Sönüm, titreşimi etkileyen temel parametre olarak tanımlanmaktadır. Denklem 2.27 ile hesaplanan kritik sönüm katsayısından daha yüksek sönüme sahip sistemler titreşim hareketi gösteremezler. Daha düşük sönüme sahip sistemlerde ise sistemin titreşim periyodu Denklem 2.28 ile hesaplanmaktadır. Denklem 2.28'de ω_d sönümlü titreşim yapan sistemin dairesel frekansını temsil etmektedir.

$$C_{cr} = 2\sqrt{mk} \quad (2.27)$$

$$T = 2\pi / \omega_d \quad (2.28)$$

TSD sistemlerde, analizde kullanılacak sönüm oranı Denklem 2.29 ile ifade edilmektedir.

$$\zeta = c / C_{cr} \quad (2.29)$$

Denklem 2.26'da verilen diferansiyel hareket denkleminin çözümü için farklı yöntemler kullanılabilir. Klasik çözüm için, hareket denkleminin başlangıç şartları da göz önüne alınarak iki kere integrasyonu gerekmektedir. Diğer bir yöntem olarak uygulanan kuvvet bir dizi sonsuz kısa süreli etki olarak temsil edilebilir. Böylece, 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. Fakat söylemek gerekir ki burada ifade edilen iki yöntem de yalnızca 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).

2.6.2 Çok Serbestlik Dereceli Sistemler

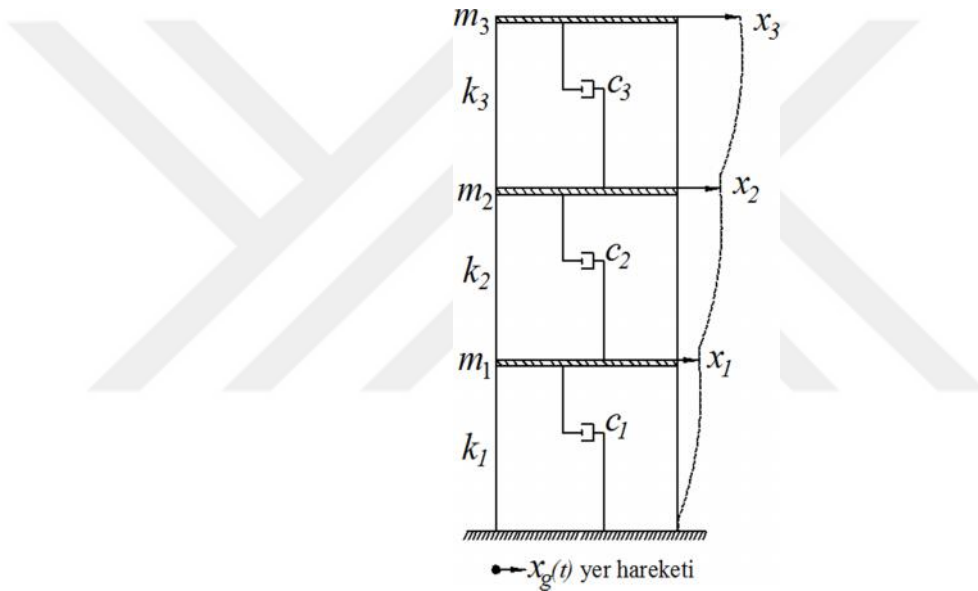
Titreşim hareketi yapan bir sistemin konumunu belirlemek için birden çok parametreye ihtiyaç duyuluyorsa böyle sistemler çok serbestlik dereceli sistemler olarak isimlendirilmektedir. Sistemin serbestlik derecesi, hareket altında konumunun bulunabilmesi için ihtiyaç duyulan parametre sayısı kadardır. Sistemin hareketini serbestlik derecesi kadar yazılacak diferansiyel hareket denklemi belirler (Celep ve Kumbasar 2004).

2.6.2.1 Düzlem Çerçeveler

Betonarme düzlem çerçeveler, kolon ve/veya perdeler ile bunları birbirine bağlayan kirişlerden meydana gelen ve kat kütlelerinin döşeme seviyelerinde toplandığı varsayılan sistemlerdir. Düzlem çerçevelerde genel olarak düşey taşıyıcı elemanların yatay ötelenme yaptıkları, düşey eksenleri boyunca herhangi bir deformasyon oluşmadığı kabul edilir. Genellikle simetrik aksların olduğu, burulma düzensizliğinin olmadığı, düzenli yapıların analizlerinde çerçeve idealleştirmeleri zaman ve hesap yükünü azaltmak amacıyla tercih edilir.

Çerçevelerin kat deplasmanları düşey taşıyıcı sistem elemanlarının ötelenme rijitliklerine bağlıdır. Düşey taşıyıcı sistem elemanlarının yatay ötelenme rijitliği, sistemdeki bütün elemanlarla ilişkili olsa bile daha fazla bağlı oldukları kirişlerin rijitliklerine bağlıdır. Düşük rijitlikteki kirişlere bağlı elemanlarda mafsallı bölgelerinde dönmeler kolayca görülürken, yüksek rijitlikli kirişlere bağlı elemanlarda ankastre mesnetlenmeye yakın davranış görülür. Düşey taşıyıcı elemanlarda dönmeye sebep olan eğilme momenti, kesme kuvveti ile doğrudan ilişkili olduğu için, elemanlardaki deplasmanlar kesme kuvveti ve yatay ötelenme rijitliğine bağlanabilir. Bu durumda düşey taşıyıcı elemanlarda meydana gelen deplasmanın kesme kuvvetine bağlı olduğu söylenebilir ve bu tür çerçeveler kayma çerçevesi olarak isimlendirilir (Celep ve Kumbasar 2004).

Kayma çerçevesi yaklaşımına göre; eğer rijit diyafram kabulü yapılır ve kolon uçlarında dönme olmadığı kabul edilirse sistemin serbestlik derecesi kat sayısı kadar olmaktadır. Daha gerçekçi yaklaşım için; kolon uçlarındaki dönmeler de hesaba dahil edilir ve yeni serbestlik dereceleri belirlenerek çözüm yapılır. Sistemin hareket denklemleri katlarda dinamik denklemleri yazılarak elde edilir. Şekil 2.12’de örnek üç katlı kayma çerçevesi görülmektedir. Bu üç katlı kayma çerçevesinde, döşemelerin rijit olduğu ve kolon uçlarında dönme olmadığı kabul edilmiştir. Denklem 2.30’da bu çerçeve için zamana bağlı genel hareket denklemi görülmektedir. Denklem 2.31- 2.33’te ise Şekil 2.12’de verilen örnek çerçeve için sırasıyla kütle, sönüm ve rijitlik matrisleri verilmiştir.



Şekil 2.12: Yer hareketi etkisindeki kayma çerçevesi

$$[m]\{\ddot{x}(t)\} + [c]\{\dot{x}(t)\} + [k]\{x(t)\} = -[m]\{\ddot{x}_g(t)\} \quad (2.30)$$

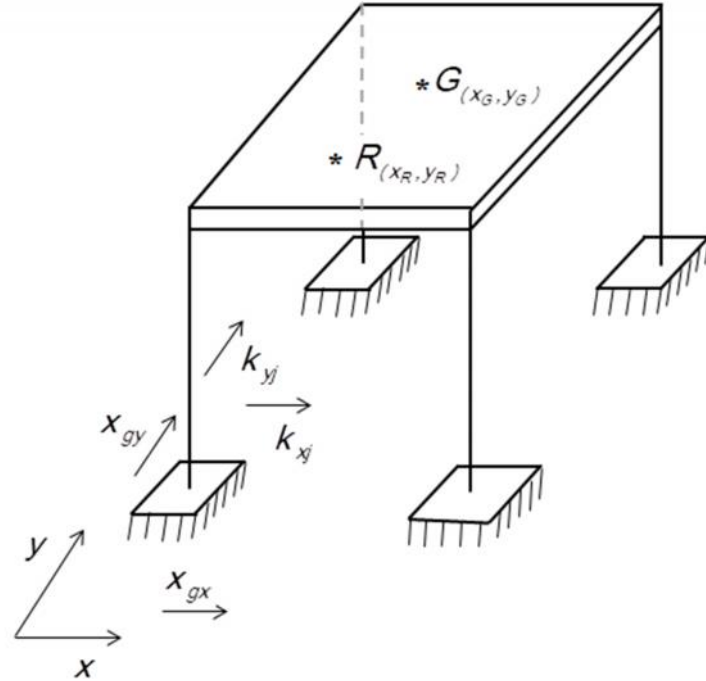
$$[m] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 \end{bmatrix} \quad (2.31)$$

$$[c] = \begin{bmatrix} c_1 + c_2 & -c_2 & 0 \\ -c_2 & c_2 + c_3 & -c_3 \\ 0 & -c_3 & c_3 \end{bmatrix} \quad (2.32)$$

$$[k] = \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 \\ 0 & -k_3 & k_3 \end{bmatrix} \quad (2.33)$$

2.6.2.2 Üç Boyutlu Çerçeveler

Gerçekte yapılar üç boyutludur. Deprem gibi yıkıcı hasara sebep olan büyük yüklemelerde daha gerçekçi sonuçlar elde etmek için analizler üç boyutlu yapılmaktadır. Özellikle burulma düzensizliğinin olduğu yapılarda, burulma etkisinin göz önüne alınabilmesi önemlidir. Bu doğrultuda yapılacak en kolay çözüm, düşey taşıyıcı elemanlar için yatay ötelenme rijitliği tanımlamasıyla kayma çerçevesi kabulüdür. Kat kütlelerinin kat seviyelerinde toplandığı kabul edilip, her kat için iki doğrultuda birer yer değiştirme ve düşey eksen üzerinde dönme olmak üzere üç tane serbestlik derecesi dikkate alınır (Celep ve Kumbasar 2004). Şekil 2.13'te örnek tek katlı sönümsüz uzay çerçeve görülmektedir.



Şekil 2.13: Yer hareketi etkisindeki tek katlı uzay çerçeve

Şekil 2.13'te verilen örnekte R kat rijitlik merkezini, G ise kat kütle merkezini göstermektedir. Gerçekte hareketli yükün yeri tam olarak bilinemediğinden G kütle

merkezi kesin olarak değil ama düzgün yayılı yük kabulü ile yaklaşık olarak belirlenebilir. Bu çerçeve için dinamik hareket denklemi Denklem 2.34'teki gibi yazılır. Kütle, rijitlik ve yer hareketinin oluşturduğu yük vektörü matris formunda sırası ile Denklem 2.35- 2.37'de verilmiştir. Denklemlerde gösterilen M kat kütlelerini ve J katın düşey eksen etrafındaki kütle atalet momentini ifade etmektedir.

$$[m]\{\ddot{x}(t) + [k]\{x(t)\}\} = -p(t) \quad (2.34)$$

$$[m] = \begin{bmatrix} M & 0 & -M(y_G - y_R) \\ 0 & M & M(x_G - x_R) \\ -M(y_G - y_R) & M(x_G - x_R) & J + M(x_G - x_R)^2 + M(y_G - y_R)^2 \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

$$[k] = \begin{bmatrix} k_{xj} & 0 & -k_{xj}(y_j - y_R) \\ 0 & k_{xj} & k_{xj}(x_j - x_R) \\ -k_{xj}(y_j - y_R) & k_{xj}(x_j - x_R) & k_{xj}(x_j - x_R)^2 + k_{xj}(y_j - y_R)^2 \end{bmatrix} \quad (2.36)$$

$$[p] = \begin{bmatrix} -M\ddot{x}_{gx} \\ -M\ddot{x}_{gy} \\ -M(x_G - x_R)\ddot{x}_{gy} + M(y_G - y_R)\ddot{x}_{gx} \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

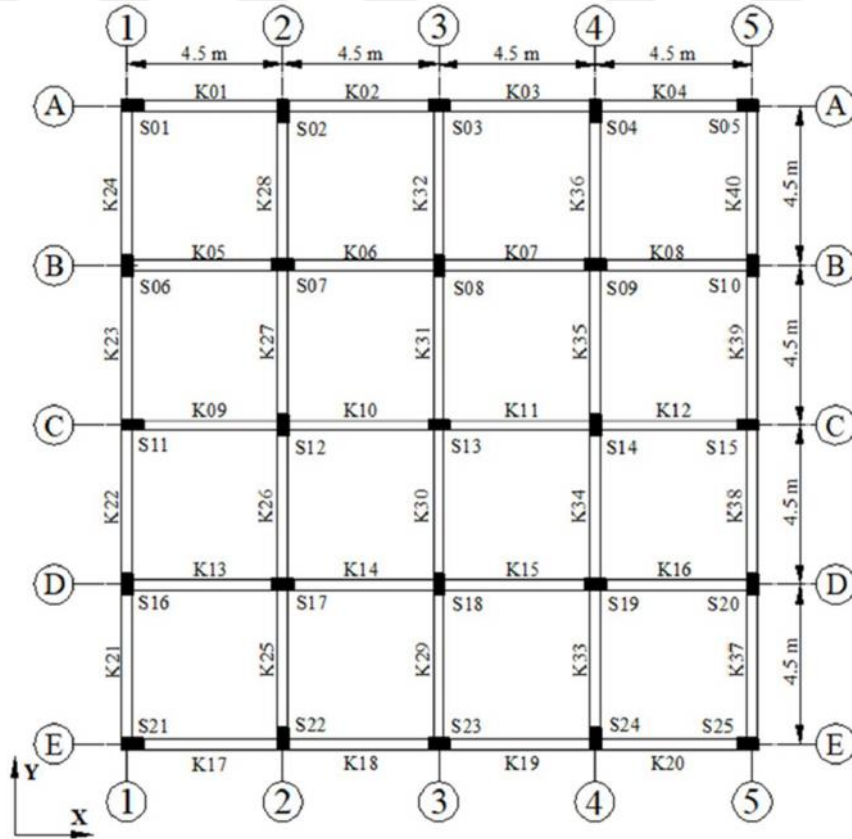
3. BETONARME BİNA VE ANALİZ MODELİ

3.1 Giriş

Demir'in (Demir, 2015) yüksek lisans tezinde kullanılan beş katlı bina modeli, örnek betonarme bina olarak seçilmiştir. Bu bölümde, tez çalışması kapsamında seçilen örnek betonarme bina ile ilgili bilgiler verilmiştir.

3.2 Bina Bilgileri

Şekil 3.1'de betonarme binanın kat planı verilmiştir. Kolon ve kirişlerden oluşan çerçeveler eşit mesafeye sahip dört açıklıktan oluşmaktadır. En alt kat yüksekliği 3.50m ve diğer katların yüksekliği 3.00m olup, toplam bina yüksekliği 15.50m'dir. Kolonlar ve kirişlerin enkesit boyutları 30x60cm'dir.



Şekil 3.1: Betonarme binaya ait kalıp planı (Demir, 2015)

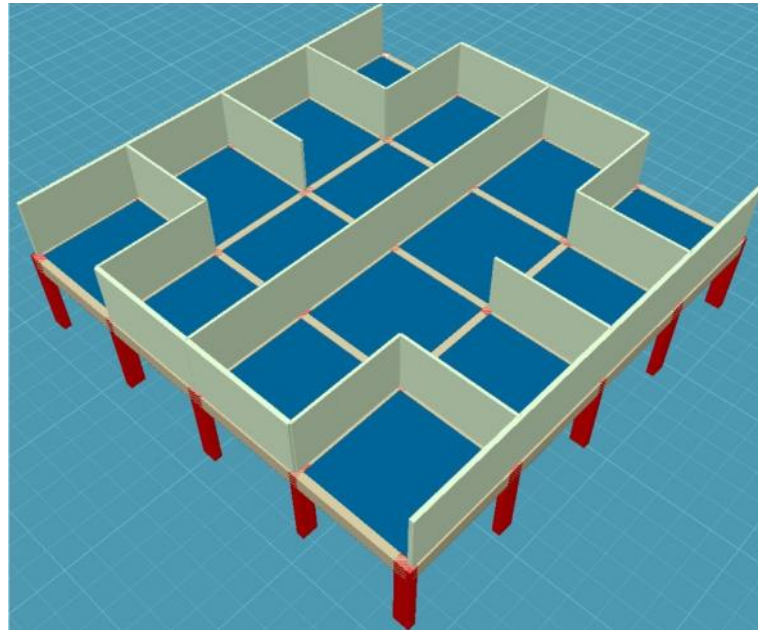
Şekil 3.1’de görüldüğü gibi kolon isimleri “S” kiriş isimleri “K” ile simgelenmiştir. Her katta, kat numarası simge arkasına eklenerek analiz etiketleri oluşturulmuştur. Örneğin; ikinci kattaki 01 nolu kolon, S201 olarak etiketlenmiştir.

Kolonlar, dış akslara (A, E, 1 ve 5 aksları) 15 cm dış kaçıklık ile diğer akslara ise ortalanacak şekilde yerleştirilmiştir. Kirişler tüm aksları ortalayacak şekilde yerleştirilmiştir. Döşeme kalınlıkları tüm binalarda 12 cm’dir. Döşemelerde; en üst katta 0.150 ton/m² kaplama ve 0.150 ton/m² hareketli yük, diğer katlarda 0.212 ton/m² kaplama ve 0.200 ton/m² hareketli yük bulunmaktadır.

Binanın; en üst kat hariç diğer katlarda, dış akslarda bulunan K01, K02, K03, K04, K17, K18, K19, K20, K22, K23, K38 ve K39 nolu kirişlerde 0.78 ton/m dolgu duvar yükü dikkate alınmıştır. Ayrıca iç akslarda bulunan K05, K08, K09, K12, K13, K16, K25, K28, K29, K30, K31, K32, K33 ve K36 nolu kirişlerde 0.60 ton/m dolgu duvar yükü bulunmaktadır. En üst katta, K01, K02, K03, K04, K17, K18, K19, K20, K21, K22, K23, K24, K37, K38, K39 ve K40 nolu kirişlerde 0.32 ton/m dolgu duvar yükü dikkate alınmıştır.

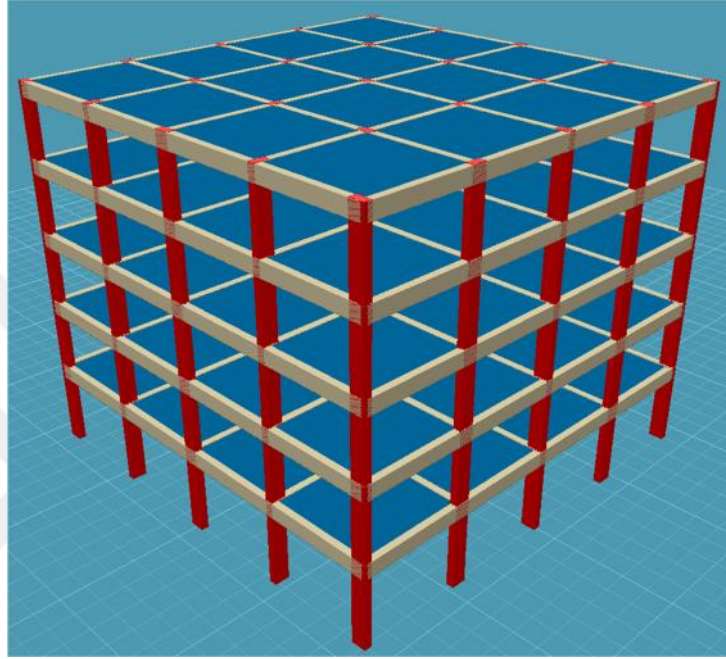
Şekil 3.2’de ilk dört katta kirişler üzerinde dikkate alınan dolgu duvarların kat planında yerleşimi gösterilmiştir.

Şekil 3.3’te ise, binanın üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli verilmiştir.



Şekil 3.2: Dolgu duvarların kiriş üzerinde yerleşimi (Demir, 2015)

Deprem yükünün hesabı için, betonarme binaların birinci derece deprem bölgesinde ve Z3 sınıfı zemin üzerinde olduğu varsayılmıştır. Binanın kullanım amacı konut olarak seçilmiş ve taşıyıcı sistem süneklik düzeyinin yüksek olduğu kabul edilmiştir. Bu bilgilere göre hareketli yük azaltma katsayısı $n=0.3$, etkin yer ivmesi katsayısı $A_0=0.4$, bina önem katsayısı $I=1.0$ ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı $R=8$ alınmıştır.



Şekil 3.3: Betonarme binanın üç boyutlu taşıyıcı sistem modeli (Demir, 2015)

Betonarme yapı, düşey yükler ve deprem etkisi dikkate alınarak analiz edilmiş ve analiz sonuçlarına göre tasarlanmıştır. Tasarım, DBYBHY ve TS-500 hükümleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Tasarımda beton sınıfı C25 ve donatı sınıfı S420 alınmıştır. Sonuç olarak üç boyutlu yapıyı oluşturan kolon ve kirişlerin hem boyuna hem de enine donatı düzenleri belirlenmiştir.

Kolonların boyuna donatı düzeni Şekil 3.4'te verilen şekilde 6 farklı tipte elde edilmiştir. Tüm kolonlar, yanal donatılar $\varnothing 8/10/15$ olacak şekilde tasarlanmıştır. Kiriş yanal donatıları $\varnothing 8/10/20$ olarak belirlenmiştir. Kirişlerin boyuna donatı bilgileri Ek-A'da tablo halinde verilmiştir.

TİP 1 (60X30)	TİP 2 (30X60)	TİP 3 (60X30)
TİP 4 (30X60)	TİP 5 (60X30)	TİP 6 (30X60)

Şekil 3.4: Örnek betonarme binada kolon boyuna donatı düzenleri

Tablo 3.1’de, betonarme binada yer alan kolonların hangi tip boyuna donatı düzenine sahip olduğu verilmiştir. Herhangi bir kolonun tüm katlar boyunca donatı düzeni aynıdır.

Tablo 3.1: Kolonlar ve boyuna donatı tipleri

Kolon Adı	Tip
S07, S09, S11, S13, S15, S17, S19	1
S08, S12, S14, S18	2
S01, S05, S21, S25	3
S02, S04, S22, S24	4
S03, S23	5
S06, S10, S16, S20	6

3.3 Binanın Doğrusal Olmayan Model Bilgileri

Binanın, zaman tanım alanında analiz için doğrusal olmayan analiz modeli, Demir’in (Demir 2015) yüksek lisans tezinde kullandığı modelleme bilgileri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Doğrusal olmayan analiz modelinin oluşturulmasında SAP2000 V.14.2.2 (2010) yapısal analiz programı kullanılmıştır.

Kolonlara ait etkin eğilme rijitliği katsayıları Tablo 3.2’te verilmiştir.

Tablo 3.2: Betonarme binaya ait kolonların etkin eğilme rijitlikleri

Kolon	1. Kat	2. Kat	3. Kat	4. Kat	5. Kat
S01	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
S02	0.45	0.41	0.40	0.40	0.40
S03	0.46	0.42	0.40	0.40	0.40
S04	0.45	0.41	0.40	0.40	0.40
S05	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
S06	0.46	0.42	0.40	0.40	0.40
S07	0.52	0.46	0.41	0.40	0.40
S08	0.53	0.47	0.42	0.40	0.40
S09	0.52	0.46	0.41	0.40	0.40
S10	0.46	0.42	0.40	0.40	0.40
S11	0.47	0.42	0.40	0.40	0.40
S12	0.51	0.46	0.41	0.40	0.40
S13	0.53	0.47	0.42	0.40	0.40
S14	0.51	0.46	0.41	0.40	0.40
S15	0.47	0.42	0.40	0.40	0.40
S16	0.46	0.42	0.40	0.40	0.40
S17	0.52	0.46	0.41	0.40	0.40
S18	0.53	0.47	0.42	0.40	0.40
S19	0.52	0.46	0.41	0.40	0.40
S20	0.46	0.42	0.40	0.40	0.40
S21	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
S22	0.45	0.41	0.40	0.40	0.40
S23	0.46	0.42	0.40	0.40	0.40
S24	0.45	0.41	0.40	0.40	0.40
S25	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40

Taşıyıcı sistem elemanlarına çatlamış kesitlere ait etkin eğilme rijitlikleri atandıktan sonra, kritik kesitlerde plastik mafsalları tanımlamaları yapılmıştır. Plastik mafsalları tanımlama ile ilgili bilgileri elde etmek için öncelikle betonarme elemanların ilgili kesitleri için moment-eğrilik analizleri yapılmıştır. Moment-eğrilik analizleri; kirişlerde enine ve boyuna donatı düzeni dikkate alınarak, kolonlarda ise kirişlerdeki parametrelere ek olarak kolon eksenel yük dikkate alınarak yapılmaktadır.

Moment-eğrilik analizi sonuçları kullanılarak ilgili hasar sınırlarına ait moment-dönme ilişkisini tanımlamak için akma momenti (M_y) ve hasar bölgelerine ait sınır plastik dönme değerleri (θ_{MN} , θ_{GV} , $\theta_{GÇ}$) elde edilmiştir. Kirişlerde her iki uçta, altta ve üstte çekme durumuna göre plastik mafsallar tanımlanmıştır. Kolonlarda ise alt ve üst uçta kolon ağırlığından kaynaklı eksenel yük farkı ihmal edilmiş ve her iki uçta da alt uçtaki eksenel kuvvet değeri dikkate alınmıştır.

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.2	-2
D	-0.2	-1
C	-1.1	-1
B	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1	1
D	0.2	1
E	0.2	2

☒ Symmetric

Load Carrying Capacity Beyond Point E
☒ Drops To Zero
☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation
☐ Use Yield Moment Moment SF 570.4701
☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only) Rotation SF 1

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)
☒ Immediate Occupancy 4.573E-03
☐ Life Safety 0.0249
☐ Collapse Prevention 0.0391
☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type
☒ Moment - Rotation
☐ Moment - Curvature
 Hinge Length
☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters
 Hysteresis Type Isotropic
 No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

Şekil 3.5: Örnek bir kolon plastik mafsallı tanımı

Şekil 3.5'te bir kolonda tanımlanan örnek plastik mafsallı bilgileri görülmektedir. Kesit hasar sınırlarına ait plastik dönme değerleri (θ_{MN} , θ_{GV} , θ_{GC}) ve M_y akma momenti değerleri ilgili kutucuklara girilmiştir.

Edit

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E	-0.2	-2
D	-0.2	-1
C	-1.1	-1
B	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.1	1
D	0.2	1
E	0.2	2

☐ Symmetric

Load Carrying Capacity Beyond Point E
☒ Drops To Zero
☐ Is Extrapolated

Scaling for Moment and Rotation
☐ Use Yield Moment Moment SF 97.0227
☐ Use Yield Rotation (Steel Objects Only) Rotation SF 1

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)
☒ Immediate Occupancy 4.441E-03
☐ Life Safety 0.0211
☐ Collapse Prevention 0.0325
☐ Show Acceptance Criteria on Plot

Type
☒ Moment - Rotation
☐ Moment - Curvature
 Hinge Length
☐ Relative Length

Hysteresis Type And Parameters
 Hysteresis Type Isotropic
 No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK Cancel

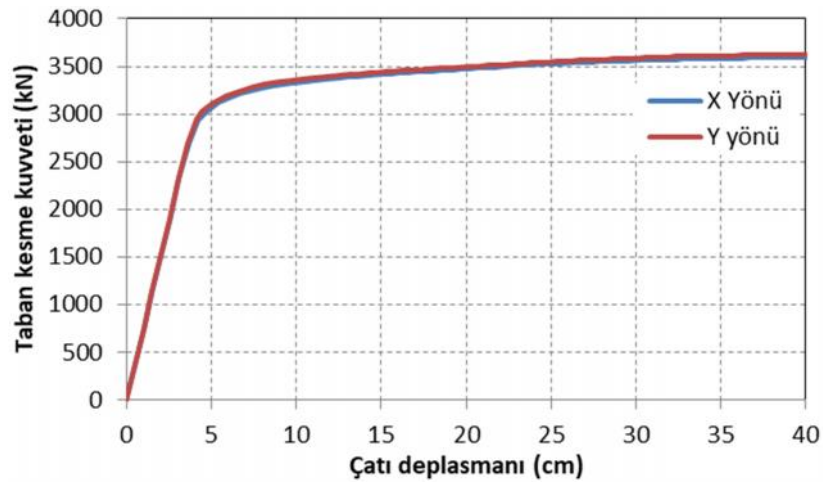
Şekil 3.6: Örnek bir kiriş plastik mafsallı tanımı

Şekil 3.6'da ise bir kirişin bir ucuna ait plastik mafsallı bilgilerinin tanımlanması ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bina, DBYBHY ve TS500 hükümleri gereğince süneklik düzeyi yüksek moment çerçevesi olarak tasarlandığı için, yapı elemanları yeterli kesme güvenliğine ve eksenel yük kapasitesine sahiptir. Dolayısıyla, deprem etkisi ile sadece eğilme hasarları beklendiği için, taşıyıcı sistem elemanlarına sadece eğilme momenti ile ilgili plastik mafsallar atanmıştır.

Plastik mafsal tanımlamalarından ve atamalarından sonra binanın birbirine dik iki yönde statik itme analizi yapılmıştır. Statik analizler için, $G+0.3Q$ düşey yük kombinasyonu başlangıç koşulu olarak tanımlanmış ve yatay yükleme için birinci mod şekli ile uyumlu yük deseni kullanılmıştır. Deprem hesabına esas ağırlık (W) 16855.19kN'dur. Etkin rijitlik dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda, hesaplanan etkin titreşim periyodu her iki yönde de $T= 0.79s$, birinci moda ait kütle katılım oranı her iki yönde de $\sim_1=0.88$ ve modal katkı çarpanı her iki yönde de $PF_1=1.27$ olarak bulunmuştur.

Binanın birbirine dik iki yöndeki statik itme analizleri sonucunda taban kesme kuvveti-tepe deplasmanı (kapasite eğrisi) ilişkisi belirlenmiştir (Şekil 3.7). Yapı elemanlarının planda yerleşim özelliklerine bağlı olarak, her iki yönde hemen hemen aynı kapasite eğrisi elde edilmiştir. Binanın yatay yük taşıma kapasitesi, her iki yönde de 3500 kN civarındadır. Yatay yük kapasitesi, deprem hesabına esas ağırlığa bölüldüğünde, yatay dayanım oranı yaklaşık olarak %18 olarak bulunur. Şekil 3.7'de görüldüğü gibi; plastik mafsallarda moment kapasitesi kaybı dikkate alınmadığı için bina yatay yük taşıma kapasitelerinde de dayanım kaybı yoktur.



Şekil 3.7: Binanın birbirine dik iki doğrultuda kapasite eğrisi

4. TBDY İLE UYUMLU GERÇEK İVME KAYDI SETLERİ

Bu bölümde; zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz için TBDY’de tanımlanan kriterler, ivme setlerinin oluşturulması için gerçek ivme kayıtlarının seçildiği veri tabanı ve kullanılan ivme kaydı setleri ile ilgili bilgi verilmiştir.

4.1 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. 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.

TBDY’nin de içinde bulunduğu modern deprem yönetmeliklerinin çoğunda tasarım ve performans değerlendirmesi için zaman tanım alanında analiz yönteminin de kullanılması 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 kullanılabileceği 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, Beyer ve Bommer 2007). TBDY’de analizler için kullanılması gereken minimum ivme kaydı sayısı 11’e çıkarılmıştır.

4.2 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 hâkim 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.

4.3 TBDY Tasarım İvme Spektrumları

TBDY’de tasarım ve/veya performans değerlendirmesinde dikkate alınmak üzere dört farklı deprem düzeyi tanımlanmıştır DD-1, DD-2, DD-3, DD-4. Bu deprem düzeyleri sırası ile çok seyrek, seyrek, sık ve servis depremleri olarak ifade edilmiştir ve spektral büyüklüklerin belirli bir zaman içerisinde aşılma olasılıkları ile

tanımlanmıştır. Tanımlanan deprem düzeylerini temsil eden veriler ise Türkiye Deprem Tehlike Haritası'nda yer almaktadır (<https://tdth.afad.gov.tr>). DD-2 deprem düzeyi, standart tasarım yer hareketi olarak belirlenmiştir ve bu depreme ait spektral büyüklüklerin 50 yılda aşılma olasılığı %10'dur.

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, Denklem 4.1 ve Denklem 4.2'de gösterildiği gibi tasarım spektral ivme katsayıları S_{DS} ve S_{DI} 'e dönüştürülmektedir.

$$S_{DS} = S_S F_S \quad (4.1)$$

$$S_{DI} = S_I F_1 \quad (4.2)$$

Denklem 4.1 ve Denklem 4.2'de yer alan F_S ve F_1 yerel zemin katsayılarını ifade etmektedir ve yerel zemin sınıfı ve harita spektral ivme katsayılarına bağlı olarak sırası ile Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir. Harita spektral ivme katsayılarının ara değerleri için doğrusal entegrasyon yapılabilir.

Tablo 4.1: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	Kısa Periyot Bölgesi için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> 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 4.2: 1.0 saniye periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 Saniye Periyot için <i>Yerel Zemin Etki Katsayısı</i> 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.					

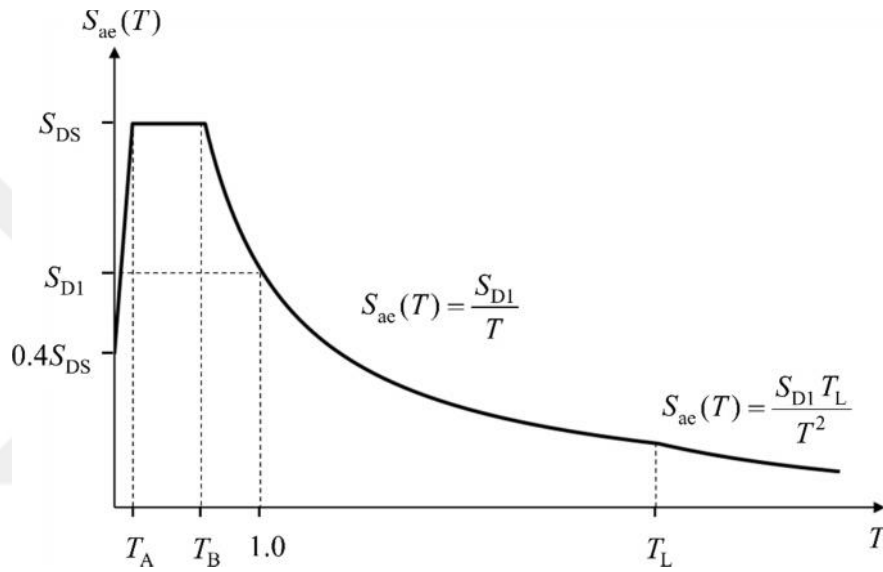
Gözönüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumunun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi cinsinden Denklem 4.3 ile tanımlanmıştır (Şekil 4.1).

$$\begin{aligned}
 S_{ae}(T) &= \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A} \right) S_{DS} & 0 \leq T \leq T_A \\
 S_{ae}(T) &= S_{DS} & T_A \leq T \leq T_B \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1}}{T} & T_B \leq T \leq T_L \\
 S_{ae}(T) &= \frac{S_{D1} T_L}{T^2} & T_B \leq T \leq T_L
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

Denklem 4.3'te yer alan, yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotları T_A ve T_B , sırasıyla Denklem 4.4 ve Denklem 4.5 ile tanımlanmıştır. Sabit yerdeğiştirme bölgesine geçiş periyodu $T_L=6s$ alınacaktır.

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (4.4)$$

$$T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (4.5)$$



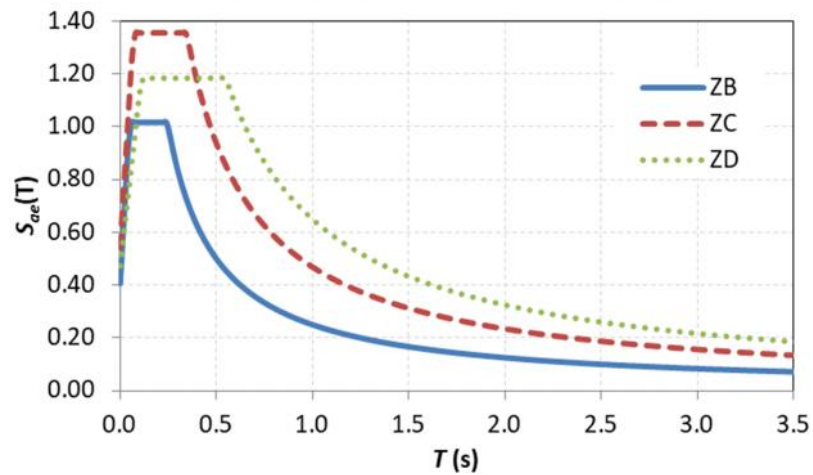
Şekil 4.1: TBDY'ye göre yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

TBDY ile uyumlu ivme kaydı takımlarının oluşturulması amacıyla dikkate alınacak yatay elastik tasarım spektrumunun 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 4.3, Denklem 4.4 ve Denklem 4.5 ile spektral ivme değerleri elde edilmiştir. TBDY'de ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE olarak tanımlanan yerel zemin sınıflarına ilişkin özellikler Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3: 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 ayrıışmış, orta sağlam kayalar	760-1500	-	-
ZC	Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrıışmış, 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	<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 4.2’de verilmiştir. Şekil 4.2’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 4.2:** Zemin sınıfları için yatay elastik tasarım spektral ivmeleri

4.4 Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı

Gerçek 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. Bu tez çalışmasında ivme kayıtlarının tasarım ivme spektrumuna uygun olarak seçilmesi amacıyla öncelikle, kayıt istasyonlarının faya olan mesafeleri ve deprem büyüklüğü ile ilgili kriterleri dikkate alan ivme kaydı kataloglarından yararlanılmıştır.

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 katalogda 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 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. ZB zemin sınıfı katalogunda 243 ivme kaydına ait 486 yatay bileşen, ZC zemin sınıfı katalogunda 1056 ivme kaydına ait 2112 yatay bileşen ve ZD zemin sınıfı katalogunda 783 ivme kaydına ait 1566 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 kaydı katalogu içerisinde seçim yapılmıştır.

4.5 TBDY ile Uyumlu İvme Kaydı Takımı Setleri

Bu çalışmada, Kayhan (2012) tarafından önerilen yöntem dikkate alınarak seçilen ve ölçeklendirilen ivme kaydı takımlarından oluşan ivme kaydı takımı setleri kullanılmıştır. Bu ivme kaydı takımı setleri, TBDY’de tanımlanan ZB, ZC ve ZD sınıfı zeminleri için tanımlanan tasarım ivme spektrumları ile uyumlu olacak şekildedir. Her bir zemin sınıfı için 30 ivme kaydı takımı seti, toplam 90 ivme kaydı

takımı seti, zaman tanım alanında analizler için kullanılmıştır. İvme kayıtlarının ölçeklendirilmesi için kullanılacak ölçeklendirme katsayısı 0.5-2.0 arasında olması sağlanmıştır.

Tablo 4.4: ZB sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı takımı seti örnekleri

SET 1		SET 2		SET 3	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
140	0.687	1091	1.218	350	0.828
621	0.856	6265	1.069	6348	0.749
5038	1.413	362	1.887	1795	0.710
6269	1.671	1893	1.576	140	1.796
193	1.788	5090	0.649	604	1.252
383	0.613	5789	0.801	2023	0.969
1901	1.881	292	1.397	5086	1.808
3925	0.711	1902	1.167	364	1.806
6124	0.710	647	1.945	1994	1.451
5789	0.931	5615	1.628	128	1.353
6262	1.168	1852	1.177	616	1.981

Kullanılan ivme kaydı takımlarına örnek olması için, Tablo 4.4, Tablo 4.5 ve Tablo 4.6’da, sırası ile ZB, ZC ve ZD sınıfı zemin ile uyumlu ilk üç sete ait bilgiler (kayıt takımı numarası ve kayıt bileşenlerine uygulanan ölçeklendirme katsayısı) verilmiştir. Bu tablolarda verilen her bir kayıt takımı, bu kaydın iki yatay bileşenini temsil etmektedir. Tablolar incelendiğinde, aynı set içerisinde aynı kayıt takımının sadece bir kez kullanıldığı ve ölçeklendirme katsayılarının 0.5-2.0 arasında olduğu görülebilir.

Tablo 4.5: ZC sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı takımı seti örnekleri

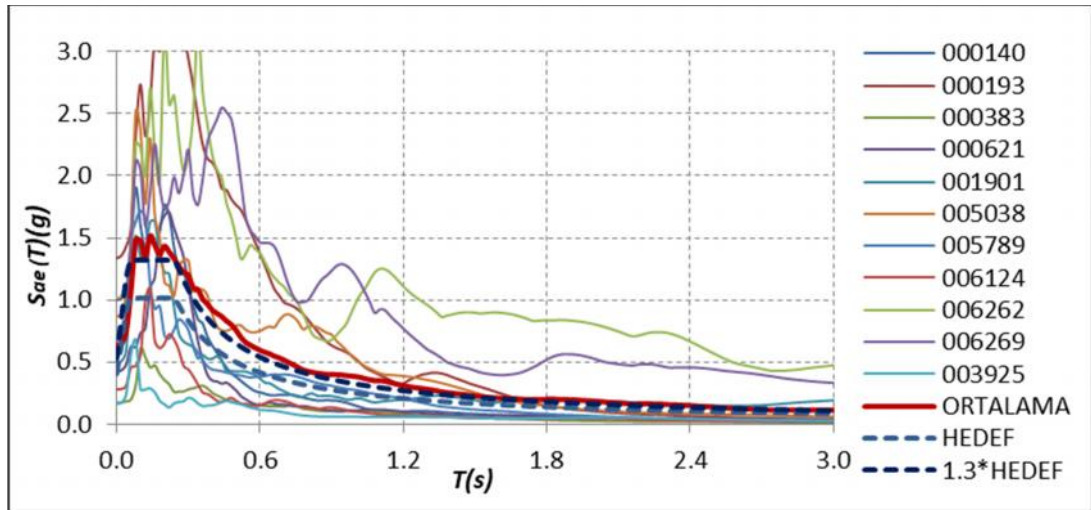
SET 1		SET 2		SET 3	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
4874	0.908	825	1.840	825	0.678
901	1.947	5818	1.917	5482	1.225
139	1.989	4228	1.926	1086	0.948
5664	1.982	6971	1.277	2717	1.461
811	1.182	5664	1.332	811	1.192
864	1.525	247	1.764	5819	1.300
3907	1.370	2626	0.550	6875	1.805
4857	1.143	3760	1.995	5656	1.910
265	1.842	864	1.608	787	0.503
4858	1.733	4169	1.588	1505	1.549
4510	1.742	1787	0.718	4149	1.353

Tez kapsamında kullanılan 90 ivme kaydı takımı setinde yer alan kayıt takımlarının numarası ve ölçeklendirme katsayısı Ek-A'da verilmiştir. Ek-A'da ayrıca, 90 ivme kaydı setinde yer alan tüm ivme kayıtlarına ait deprem, depremin büyüklüğü, depremin tarihi, kaydedildiği istasyon bilgileri verilmiştir.

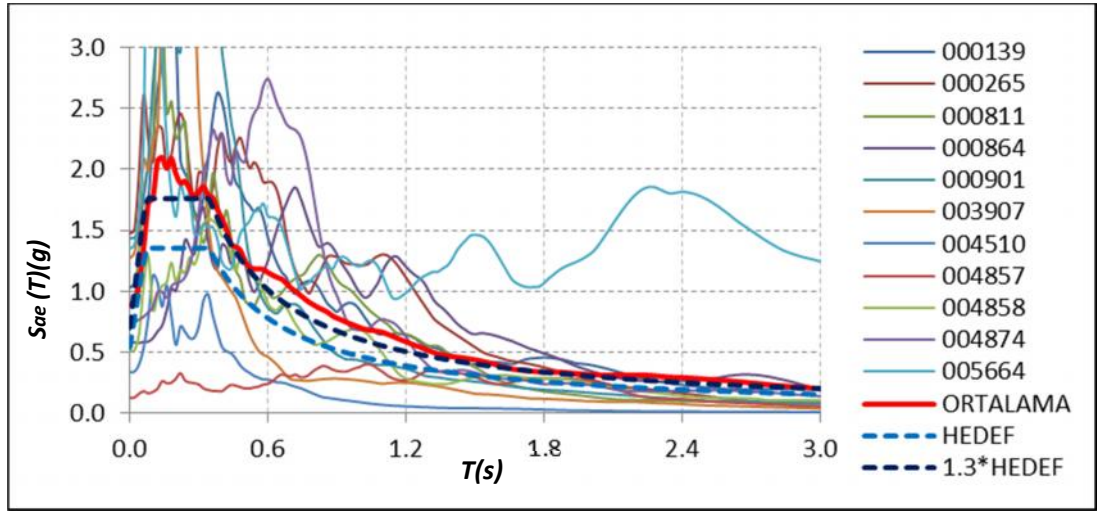
Tablo 4.6: ZD sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı takımı seti örnekleri

SET 1		SET 2		SET 3	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
558	1.544	6911	1.621	209	0.902
1646	1.495	5774	1.599	725	1.763
169	1.715	5832	1.502	4104	1.908
960	1.300	634	1.120	5969	1.845
6927	1.688	8625	0.908	1084	1.540
1084	1.501	5780	1.943	778	1.195
668	1.637	1076	1.706	1491	1.908
767	1.247	958	0.637	126	1.694
3830	1.126	183	1.605	3754	1.952
6966	1.130	126	1.806	711	1.284
183	1.570	4894	1.412	4895	0.899

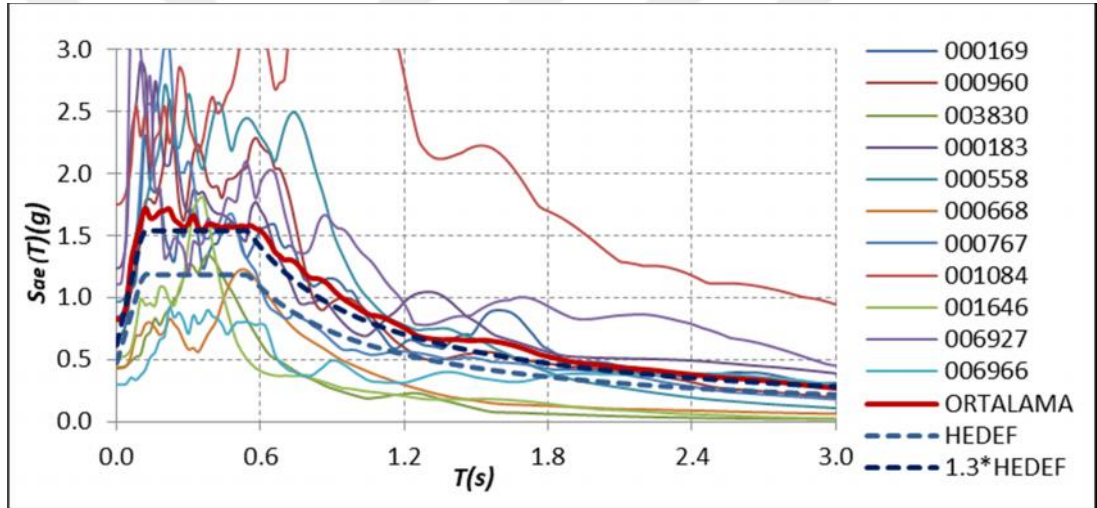
Tablo 4.4 – Tablo 4.6'da örnek olarak bilgileri verilen ivme kaydı takımı setlerinde yer alan ilk ivme kaydı takımlarına ait bileşke spektrumlar, hedef spektrum ve sete ait ortalama bileşke spektrum Şekil 4.3 – Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.3: ZB sınıfı zemin, birinci sete ait ölçeklenmiş spektrumlar



Şekil 4.4: ZC sınıfı zemin, birinci sete ait ölçeklenmiş spektrumlar



Şekil 4.5: ZD sınıfı zemin, birinci sete ait ölçeklenmiş spektrumlar

5. ANALİZ SONUÇLARI

5.1 Giriş

TBDY ile uyumlu olacak şekilde elde edilen ivme kaydı takımı setleri kullanılarak, beş katlı betonarme binanın zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri gerçekleştirilmiş ve maksimum çatı ötelenmesi talepleri (a_{mak}) ve maksimum görelî kat ötelenmesi talepleri (ϕ_{mak}) elde edilmiştir. Ötelenme talepleri, ivme kaydı takımına ait yatay bileşenlerin birbirine dik yatay iki doğrultuda (X ve Y) aynı anda birlikte etki ettirilmesi ile bulunmuştur.

İvme kaydı takımlarına ait analizler tanımlanırken, ivme kaydı isimlerinin yanına analiz doğrultusuna göre x ya da y ifadeleri eklenmiştir. 140 numaralı ivme kaydı takımına ait analizler için isimlendirme örneği Tablo 5.1’de verilmiştir. Analiz adındaki 0 ve 90 ifadeleri kayıtların uygulama yönlerinin değiştirilmesini ifade etmektedir. 140_0 isimli analizde 140x bileşeni x ve 140y bileşeni y yönünde ve aynı anda etkililirken, 140_90 isimli analizde 140x bileşeni y ve 140y bileşeni x yönünde ve aynı anda etkililmektedir.

Tablodaki U1 değeri global X aksını, U2 değeri ise global Y aksını ifade etmektedir. Her bir analiz için düğüm noktalarında U1 ve U2 yönünde ötelenmeler (a_{U1} ve a_{U2}) zamana bağlı olarak elde edilmiştir.

Tablo 5.1: 140 nolu ivme kaydı takımı için analiz tanımlaması örneği

Analiz Adı	Kayıt Adı	Uygulama Yönü	Herhangi Bir Düğümde Okunan Ötelenme Değerleri
140_0	140x	U1	a_{U1} ve a_{U2}
	140y	U2	
140_90	140x	U2	a_{U1} ve a_{U2}
	140y	U1	

Her bir zemin sınıfı için, her biri 11 ivme kaydı takımından oluşan 30 ivme kaydı takımı seti zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler için

kullanılmıştır. Bir sette yer alan 11 ivme kaydı takımının her biri için Tablo 1’de görüldüğü gibi iki analiz tanımlanmıştır. Her bir analiz için zamana bağlı olarak elde edilen a_{U1} ve a_{U2} değerleri kullanılarak, yine zaman bağlı zamana a değerleri Denklem 5.1 ile hesaplanmıştır.

$$\Delta = \sqrt{\Delta_{U1}^2 + \Delta_{U2}^2} \quad (5.1)$$

Tablo 5.2’de, ZB sınıfı zemine ait ilk ivme kaydı takımı seti için tanımlanan 22 analiz ve bu analizler için elde edilen ötelenmeler örnek olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi her bir analiz için zamana bağlı olarak a değerleri hesaplanmaktadır. Her bir analiz için zamana bağlı a değerlerinin en büyüğü, o analize ait maksimum çatı ötelenmesi (a_{mak}) olarak belirlenmiş olur. Tüm ivme kaydı takımı setleri için, sette yer alan ivme kaydı takımlarına ait a_{mak} değerleri, bu şekilde elde edilmiştir. Benzer şekilde, binanın her bir katı için maksimum görece kat ötelenmesi talepleri de (Φ_{mak}) elde edilmiştir.

Tablo 5.2: İvme kaydı takımı seti için ötelenme değerleri (cm)

Analiz No	Analiz İsmi	Süre	a_{U1}	a_{U2}	a
1	140_0	0.00	-4.62E-06	-3.78E-06	5.97E-06
	140_0	0.01	2.42E-04	5.33E-05	2.48E-04
	.	.	.	.	.
	140_0	29.30	2.03E-01	-1.42E-01	2.48E-01
2	140_90	0.00	-4.62E-06	-3.78E-06	5.97E-06
	140_90	0.01	5.25E-05	2.43E-04	2.49E-04
	.	.	.	.	.
	140_90	29.30	-1.40E-01	1.95E-01	2.40E-01
...	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.
22	6269_90	0.00	-4.62E-06	-3.78E-06	5.97E-06
	6269_90	0.01	-1.40E-04	-2.92E-05	1.43E-04
	.	.	.	.	.
	6269_90	80.00	4.73E+00	5.36E+00	7.15E+00

ZB sınıfı zemine ait ilk ivme kaydı takımı seti için maksimum çatı ötelenmesi (a_{mak}) ve beş kata ait maksimum görece kat ötelenmesi (Φ_{mak}) talepleri Tablo 5.3’te

örnek olarak verilmiştir. Elde edilen maksimum çatı ötelenmesi taleplerinin bina yüksekliğine bölünmesi ile maksimum çatı ötelenmesi oranı talebi (a_{mak}/H) ve maksimum görelî kat ötelenmesi talebinin ilgili kat yüksekliğine bölünmesi ile maksimum görelî kat ötelenmesi oranı (ζ_{mak}/h) talepleri hesaplanmıştır. Hesaplar her bir zemin sınıfı için 30, toplam 90 ivme kaydı takımı seti için yapılmıştır.

Tablo 5.3: ZB sınıfı zemin, birinci sete ait maksimum ötelenme talepleri (cm)

Analiz İsmi	Ölçek	a_{mak}	ζ_{R1mak}	ζ_{Q1mak}	ζ_{P1mak}	ζ_{O1mak}	ζ_{N1mak}
140_0	0.69	3.85	0.60	0.83	0.96	0.94	1.18
621_0	0.86	2.11	0.57	0.74	0.63	0.63	0.76
5038_0	1.41	10.41	1.01	2.22	2.94	2.62	2.22
6269_0	1.67	17.06	1.02	2.59	4.26	4.79	4.57
193_0	1.79	10.45	1.11	2.17	2.70	3.25	3.98
383_0	0.61	2.09	0.24	0.42	0.48	0.53	0.59
1901_0	1.88	4.27	0.44	0.73	1.00	1.18	1.28
3925_0	0.71	1.18	0.12	0.22	0.28	0.29	0.31
6124_0	0.71	2.47	0.38	0.57	0.61	0.59	0.69
5789_0	0.93	6.22	0.62	1.24	1.61	1.52	1.46
6262_0	1.17	18.13	1.25	2.91	4.05	5.48	6.68
140_90	0.69	3.87	0.60	0.84	0.97	0.95	1.18
621_90	0.86	2.12	0.57	0.75	0.63	0.63	0.77
5038_90	1.41	10.53	1.06	2.24	2.94	2.64	2.27
6269_90	1.67	17.06	1.02	2.59	4.21	4.77	4.64
193_90	1.79	10.46	1.11	2.15	2.70	3.24	3.96
383_90	0.61	2.09	0.24	0.41	0.48	0.53	0.60
1901_90	1.88	4.19	0.43	0.72	0.99	1.15	1.27
3925_90	0.71	1.18	0.11	0.22	0.28	0.29	0.31
6124_90	0.71	2.46	0.37	0.57	0.61	0.59	0.70
5789_90	0.93	6.20	0.60	1.22	1.63	1.53	1.47
6262_90	1.17	18.45	1.27	2.90	4.02	5.52	6.75

Her ivme kaydı takımı seti için, analizlere ait maksimum ötelenme taleplerinin veya maksimum ötelenme oranı taleplerinin ortalaması ve standart sapması hesaplanmıştır. Bu şekilde ötelenme taleplerinin set içerisindeki eğilimi ve saçılımı sayısal olarak değerlendirilmiştir. Standart sapmanın ortalamaya bölünmesi ile varyasyon katsayısı hesaplanmış ve ötelenme taleplerinin set içerisindeki saçılımı birimsiz bir parametre ile temsil edilmiştir.

Bir ivme kaydı takımı seti için maksimum çatı ötelenmesi taleplerinin ortalaması (m_{Δ}) ve standart sapması (s_{Δ}), sırası ile Denklem 5.1 ve Denklem 5.2 ile hesaplanmıştır. Denklemlerde n her bir set için toplam analiz sayısını ifade etmektedir ve 22'ye eşittir. Bir ivme kaydı takımı seti için varyasyon katsayısı ise (CoV_{Δ}) Denklem 5.3 kullanılarak hesaplanmıştır. Benzer denklemler maksimum görelî kat ötelenmesi (Φ_{mak}), maksimum çatı ötelenmesi oranı (a_{mak}/H), maksimum görelî kat ötelenmesi oranı (Φ_{mak}/h) talepleri ile ilgili değerlerin hesaplanması için de kullanılmıştır.

$$m_{\Delta} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta_{mak,i} \quad (5.1)$$

$$s_{\Delta} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta_{mak,i} - m_{\Delta})^2} \quad (5.2)$$

$$CoV_{\Delta} = \frac{s_{\Delta}}{m_{\Delta}} \quad (5.3)$$

5.2 Maksimum Çatı Ötelenmesi Talepleri

Bu kısımda, maksimum çatı ötelenmesi taleplerinin, ivme kaydı takımı setleri için hesaplanan ortalaması (m_{Δ}) ve standart sapması (s_{Δ}) ile maksimum çatı ötelenmesi oranı taleplerinin ivme kaydı setleri için hesaplanan ortalaması ($m_{\Delta/H}$) ve standart sapması ($s_{\Delta/H}$) ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca her bir set için ötelenme oranı taleplerine ait varyasyon katsayıları da ($CoV_{\Delta/H}$) verilmiştir.

Tablo 5.4'te ivme kaydı takımı setlerinden elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin ortalaması (m_{Δ}) ve standart sapması (s_{Δ}), her bir zemin sınıfı için ayrı ayrı verilmiştir. Görüldüğü gibi, aynı zemin sınıfı ile uyumlu 30 farklı ivme kaydı takımı setinden elde edilen m_{Δ} ve s_{Δ} değerleri farklılık göstermektedir. Örneğin m_{Δ} değerleri, ZB zemin sınıfı için 5.82cm-10.90cm arasında, ZC zemin sınıfı için 13.72cm-25.14cm arasında ve ZD zemin sınıfı 17.45cm-26.79cm arasında değişmektedir. Zemin sınıfı ZB'den ZD'ye geçtikçe, ötelenme taleplerinin arttığı görülmektedir.

Tablo 5.4: İvme kaydı takımı setlerine ait m_{Δ} ve s_{Δ} değerleri (cm)

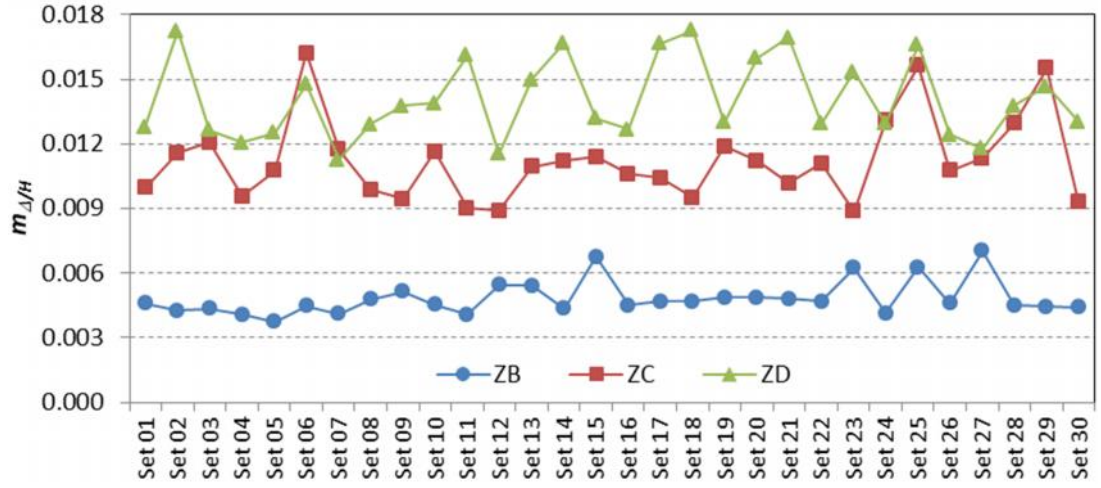
İvme Setleri	ZB		ZC		ZD	
	$m_{a\bar{z}}$	$s_{a\bar{z}}$	$m_{a\bar{z}}$	$s_{a\bar{z}}$	$m_{a\bar{z}}$	$s_{a\bar{z}}$
Set 01	7.13	5.96	15.43	13.04	19.82	16.17
Set 02	6.59	4.55	17.94	16.77	26.75	32.78
Set 03	6.75	3.02	18.79	27.38	19.58	17.08
Set 04	6.31	3.31	14.84	13.36	18.68	19.16
Set 05	5.82	4.31	16.67	14.48	19.42	14.02
Set 06	6.95	7.49	25.14	44.70	22.92	32.27
Set 07	6.39	2.11	18.18	18.59	17.45	9.59
Set 08	7.43	9.02	15.31	13.16	20.03	17.92
Set 09	7.97	8.28	14.66	11.67	21.33	11.20
Set 10	7.04	4.58	18.05	23.83	21.52	19.89
Set 11	6.34	3.37	13.98	12.51	24.96	31.91
Set 12	8.43	8.10	13.80	8.94	17.92	16.97
Set 13	8.40	9.52	16.97	17.25	23.25	16.67
Set 14	6.77	6.55	17.39	10.19	25.89	35.28
Set 15	10.46	14.70	17.68	19.67	20.44	14.73
Set 16	7.01	5.33	16.41	16.70	19.65	13.73
Set 17	7.28	5.43	16.14	15.66	25.85	28.68
Set 18	7.25	5.14	14.71	12.14	26.79	34.78
Set 19	7.57	7.37	18.40	16.92	20.18	20.25
Set 20	7.53	6.23	17.36	19.31	24.79	23.27
Set 21	7.46	3.33	15.78	12.93	26.25	38.01
Set 22	7.27	4.06	17.20	19.02	20.06	18.04
Set 23	9.67	14.08	13.72	15.05	23.78	24.72
Set 24	6.43	4.42	20.25	34.08	20.07	15.02
Set 25	9.75	14.29	24.20	44.31	25.74	29.61
Set 26	7.14	5.37	16.68	16.15	19.27	19.29
Set 27	10.90	15.58	17.57	19.06	18.29	8.57
Set 28	6.99	3.08	20.05	23.96	21.32	14.28
Set 29	6.89	4.20	24.03	40.11	22.74	21.82
Set 30	6.84	3.36	14.46	19.47	20.19	19.91

Tablo 5.5'te ivme kaydı takımı setlerinden elde edilen maksimum çatı ötelenmesi oranı taleplerinin ortalaması ($m_{\Delta/H}$) ve standart sapması ($s_{\Delta/H}$) verilmiştir. İvme kaydı takımı setlerine ait $m_{\Delta/H}$ değerleri, Şekil 5.1'de grafik olarak verilmiştir. Böylece, aynı hedef spektrum ile uyumlu farklı setlerden elde edilen ötelenme oranı taleplerinin görsel olarak da incelenebilmesi amaçlanmıştır.

Tablo 5.5: İvme kaydı takımı setlerine ait $m_{\Delta H}$ ve $s_{\Delta H}$ değerleri (%)

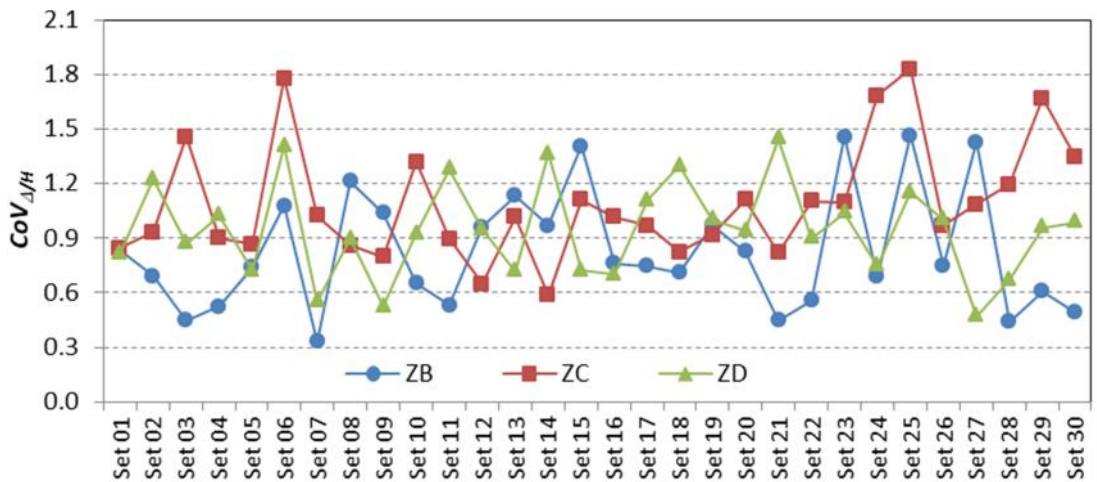
İvme Setleri	ZB		ZC		ZD	
	$m_{ale}^{\pm}$	$s_{ale}^{\pm}$	$m_{ale}^{\pm}$	$s_{ale}^{\pm}$	$m_{ale}^{\pm}$	$s_{ale}^{\pm}$
Set 01	0.46	0.38	1.00	0.84	1.28	1.04
Set 02	0.42	0.29	1.16	1.08	1.73	2.12
Set 03	0.44	0.19	1.21	1.77	1.26	1.10
Set 04	0.41	0.21	0.96	0.86	1.21	1.24
Set 05	0.38	0.28	1.08	0.93	1.25	0.90
Set 06	0.45	0.48	1.62	2.88	1.48	2.08
Set 07	0.41	0.14	1.17	1.20	1.13	0.62
Set 08	0.48	0.58	0.99	0.85	1.29	1.16
Set 09	0.51	0.53	0.95	0.75	1.38	0.72
Set 10	0.45	0.30	1.16	1.54	1.39	1.28
Set 11	0.41	0.22	0.90	0.81	1.61	2.06
Set 12	0.54	0.52	0.89	0.58	1.16	1.09
Set 13	0.54	0.61	1.09	1.11	1.50	1.08
Set 14	0.44	0.42	1.12	0.66	1.67	2.28
Set 15	0.67	0.95	1.14	1.27	1.32	0.95
Set 16	0.45	0.34	1.06	1.08	1.27	0.89
Set 17	0.47	0.35	1.04	1.01	1.67	1.85
Set 18	0.47	0.33	0.95	0.78	1.73	2.24
Set 19	0.49	0.48	1.19	1.09	1.30	1.31
Set 20	0.49	0.40	1.12	1.25	1.60	1.50
Set 21	0.48	0.21	1.02	0.83	1.69	2.45
Set 22	0.47	0.26	1.11	1.23	1.29	1.16
Set 23	0.62	0.91	0.89	0.97	1.53	1.59
Set 24	0.41	0.29	1.31	2.20	1.29	0.97
Set 25	0.63	0.92	1.56	2.86	1.66	1.91
Set 26	0.46	0.35	1.08	1.04	1.24	1.24
Set 27	0.70	1.01	1.13	1.23	1.18	0.55
Set 28	0.45	0.20	1.29	1.55	1.38	0.92
Set 29	0.44	0.27	1.55	2.59	1.47	1.41
Set 30	0.44	0.22	0.93	1.26	1.30	1.28

Şekil 5.1’de verilen $m_{\Delta H}$ değerleri, ZB zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için %0.38-0.70 arasında, ZC zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için %0.89-1.62 arasında ve ZD zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için %1.13-1.73 arasında değişmektedir. İvme kaydı setlerinden elde edilecek $m_{\Delta H}$ değerlerinin ortalaması (beklenen değeri) ise ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile %0.48, %1.12 ve %1.41 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.1: İvme kaydı takımı setlerine ait $m_{\Delta/H}$ değerleri

İvme kaydı takımı setlerine ait $CoV_{\Delta/H}$ değerleri, Şekil 5.2’de grafik olarak verilmiştir. Görüldüğü gibi, bir setteki kayıt takımları için elde edilen çatı ötelenmesi oranı taleplerinin saçılımı oldukça yüksektir. Bu durum üç zemin sınıfı için de geçerlidir. $CoV_{\Delta/H}$ değerleri, ZB zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için 0.33-1.47 arasında, ZC zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için 0.59-1.83 arasında ve ZD zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için 0.47-1.45 arasında değişmektedir. Herhangi bir zemin sınıfı için daha düşük veya daha yüksek saçılım elde edildiğini söylemek mümkün değildir. İvme kaydı setlerinden elde edilecek $CoV_{\Delta/H}$ değerlerinin ortalaması (beklenen değeri) ise ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile 0.83, 1.09 ve 0.95 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.2: İvme kaydı takımı setlerine ait $CoV_{\Delta/H}$ değerleri

5.3 Maksimum Göreli Kat Ötelenmesi Talepleri

Bu kısımda, maksimum göreli kat ötelenmesi taleplerinin, ivme kaydı takımı setleri için hesaplanan ortalaması (m_{ζ}) ve standart sapması (s_{ζ}) ile maksimum göreli kat ötelenmesi oranı taleplerinin ivme kaydı setleri için hesaplanan ortalaması ($m_{\zeta/h}$) ve standart sapması ($s_{\zeta/h}$) ile ilgili bilgiler verilmiştir. Ayrıca her bir set için ötelenme oranı taleplerine ait varyasyon katsayıları ($CoV_{\zeta/h}$) verilmiştir.

Tablo 5.6-5.8’de sırası ile ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı ile uyumlu 30 ivme seti için her kata ait m_{ζ} ve s_{ζ} değerleri verilmiştir.

Tablo 5.6: ZB zemin sınıfı ile uyumlu setler için hesaplanan m_{ζ} ve s_{ζ} değerleri (cm)

İvme Setleri	1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat		5. Kat	
	m_{ζ}	s_{ζ}	m_{ζ}	s_{ζ}	m_{ζ}	s_{ζ}	m_{ζ}	s_{ζ}	m_{ζ}	s_{ζ}
Set 01	2.17	2.00	1.98	1.77	1.77	1.42	1.33	0.93	0.67	0.37
Set 02	1.93	1.59	1.78	1.33	1.63	1.04	1.35	0.89	0.72	0.42
Set 03	2.02	1.03	1.93	0.93	1.65	0.73	1.19	0.52	0.69	0.35
Set 04	1.88	1.11	1.77	1.01	1.57	0.87	1.29	0.59	0.72	0.27
Set 05	1.79	1.36	2.17	2.64	1.45	1.18	1.17	0.83	0.67	0.41
Set 06	2.21	2.44	1.97	2.12	1.64	1.63	1.18	0.95	0.68	0.46
Set 07	1.77	0.57	1.73	0.67	1.63	0.59	1.33	0.48	0.73	0.30
Set 08	2.39	3.27	2.12	2.75	1.74	2.03	1.26	1.18	0.70	0.58
Set 09	2.48	3.08	3.11	4.56	1.94	1.84	1.39	1.00	0.73	0.41
Set 10	2.19	1.37	2.07	1.21	1.84	0.98	1.36	0.60	0.74	0.32
Set 11	1.84	1.03	1.78	1.01	1.57	0.86	1.14	0.63	0.68	0.40
Set 12	2.52	2.71	2.27	2.31	2.04	1.79	1.52	1.19	0.83	0.61
Set 13	2.62	3.18	2.35	2.70	1.95	2.06	1.39	1.34	0.77	0.69
Set 14	2.03	2.27	1.90	1.99	1.66	1.45	1.22	0.85	0.68	0.46
Set 15	3.29	5.31	3.00	4.36	2.48	3.13	1.65	1.67	0.85	0.80
Set 16	2.17	1.81	1.96	1.58	1.67	1.26	1.29	1.01	0.68	0.48
Set 17	2.24	1.91	2.01	1.66	1.76	1.23	1.30	0.83	0.72	0.48
Set 18	2.23	1.85	2.06	1.57	1.76	1.14	1.27	0.69	0.69	0.37
Set 19	2.46	2.64	2.24	2.23	1.79	1.66	1.28	0.96	0.69	0.44
Set 20	2.25	2.10	2.08	1.82	1.84	1.40	1.41	0.89	0.74	0.43
Set 21	2.12	1.07	2.01	0.94	1.84	0.81	1.47	0.69	0.77	0.35
Set 22	2.20	1.51	2.05	1.26	1.80	0.97	1.37	0.74	0.74	0.39
Set 23	3.14	5.06	2.76	4.17	2.23	2.98	1.54	1.53	0.84	0.72
Set 24	1.92	1.35	1.77	1.25	1.64	1.21	1.30	0.95	0.70	0.44
Set 25	3.17	5.10	2.83	4.22	2.32	3.05	1.53	1.60	0.81	0.77
Set 26	2.29	2.04	2.07	1.66	1.68	1.19	1.29	0.87	0.70	0.46
Set 27	3.57	5.66	3.13	4.64	2.48	3.31	1.63	1.75	0.86	0.81
Set 28	2.07	0.95	1.98	0.96	1.74	0.73	1.30	0.50	0.70	0.29
Set 29	2.06	1.35	1.91	1.18	1.73	1.06	1.30	0.71	0.68	0.35
Set 30	2.00	0.90	1.90	0.93	1.65	0.92	1.25	0.75	0.69	0.42

Tablo 5.7: ZC zemin sınıfı ile uyumlu setler için hesaplanan $m_{\text{ç}}$ ve $s_{\text{ç}}$ değerleri (cm)

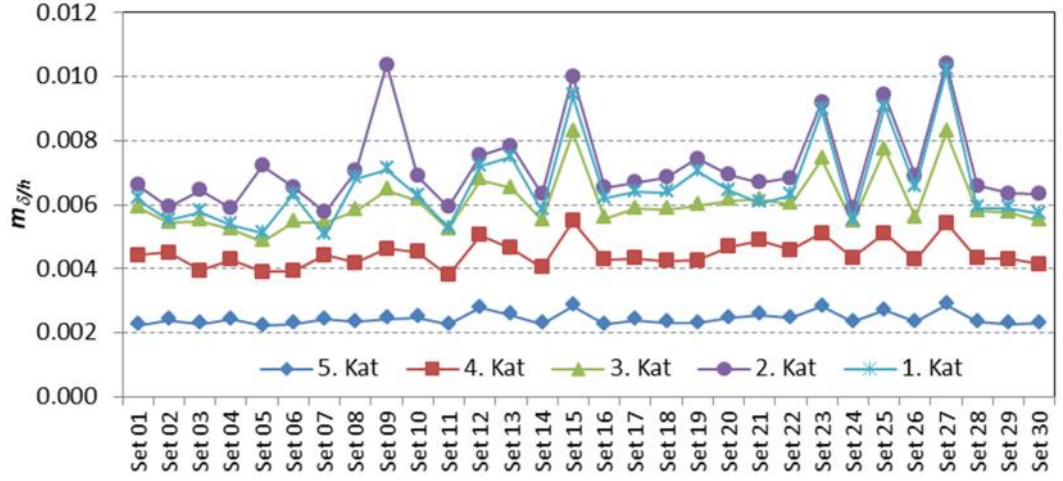
İvme Setleri	1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat		5. Kat	
	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$
Set 01	4.80	4.45	4.35	3.75	3.70	2.83	2.47	1.41	1.15	0.53
Set 02	5.84	6.28	5.15	5.09	4.05	3.51	2.65	2.22	1.29	1.22
Set 03	6.56	9.80	5.60	8.32	4.31	5.93	2.51	2.65	1.09	0.83
Set 04	5.12	5.16	4.36	4.19	3.41	2.86	2.43	1.80	1.36	0.93
Set 05	5.78	5.79	4.92	4.52	3.77	2.91	2.38	1.67	1.09	0.75
Set 06	8.77	16.92	7.54	14.05	5.54	9.14	3.04	3.78	1.25	1.08
Set 07	5.90	7.09	5.23	5.81	4.20	3.89	2.68	2.03	1.29	0.88
Set 08	5.03	4.65	4.34	3.84	3.55	2.91	2.42	1.71	1.20	0.86
Set 09	4.58	4.16	4.20	3.42	3.48	2.63	2.26	1.51	1.04	0.61
Set 10	6.48	9.70	5.51	7.75	3.97	4.62	2.51	2.14	1.21	0.87
Set 11	4.64	4.91	4.10	3.97	3.25	2.64	2.22	1.52	1.10	0.72
Set 12	4.20	3.20	3.83	2.60	3.30	1.94	2.28	1.19	1.10	0.61
Set 13	5.89	6.89	5.02	5.50	3.85	3.66	2.40	2.06	1.09	0.86
Set 14	5.53	3.72	4.88	3.03	4.16	2.31	2.83	1.43	1.27	0.66
Set 15	6.14	7.93	5.17	6.24	3.93	3.87	2.54	2.09	1.29	1.08
Set 16	4.95	6.17	4.58	5.12	3.89	3.56	2.56	1.87	1.19	0.78
Set 17	5.34	6.25	4.69	5.01	3.75	3.22	2.36	1.62	1.06	0.58
Set 18	4.74	4.35	4.14	3.62	3.41	2.65	2.21	1.54	1.13	0.76
Set 19	6.22	6.93	5.41	5.42	4.16	3.36	2.59	1.70	1.11	0.62
Set 20	5.97	7.43	5.17	6.07	3.95	3.97	2.52	1.98	1.20	0.81
Set 21	5.04	4.20	4.44	3.54	3.76	2.70	2.55	1.52	1.22	0.62
Set 22	6.34	7.84	5.26	6.24	3.64	3.81	2.19	1.87	1.02	0.73
Set 23	4.86	5.73	4.00	4.71	3.14	3.11	2.08	1.75	1.06	0.83
Set 24	6.71	12.45	5.97	10.46	4.70	7.23	2.76	3.12	1.17	0.92
Set 25	8.49	16.69	7.21	13.88	5.34	9.08	3.00	3.79	1.31	1.15
Set 26	5.66	6.68	4.95	5.27	3.81	3.27	2.41	1.66	1.13	0.66
Set 27	5.80	7.21	5.05	5.93	4.03	3.93	2.69	2.11	1.32	0.99
Set 28	7.60	9.89	6.25	7.81	4.30	4.67	2.52	2.27	1.20	0.95
Set 29	8.46	15.03	7.26	12.51	5.37	8.33	2.90	3.51	1.21	1.06
Set 30	5.16	8.01	4.32	6.30	3.17	3.77	2.09	1.91	1.09	0.90

Tablo 5.6-5.8’de, görelî kat ötelenmesi taleplerinin ivme seti için hesaplanan ortalamasının alt katlarda daha yüksek olduğu, üst katlara doğru azaldığı görülmektedir. Ayrıca zemin sınıfı ZB’den ZD’ye değıştikçe, doğal olarak görelî kat ötelenmesi taleplerinin arttığı gözlenmektedir. Bunlarla birlikte, herhangi bir zemin sınıfı için katlara ait görelî kat ötelenmesi değerlerinin kullanılan ivme kaydı takımı setine bağılı olarak rastgele değıştiğı, aynı zemin sınıfı ile uyumlu setlere ait $m_{\text{ç}}$ değerlerinin farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 5.8: ZD zemin sınıfı ile uyumlu setler için hesaplanan $m_{\text{ç}}$ ve $s_{\text{ç}}$ değerleri (cm)

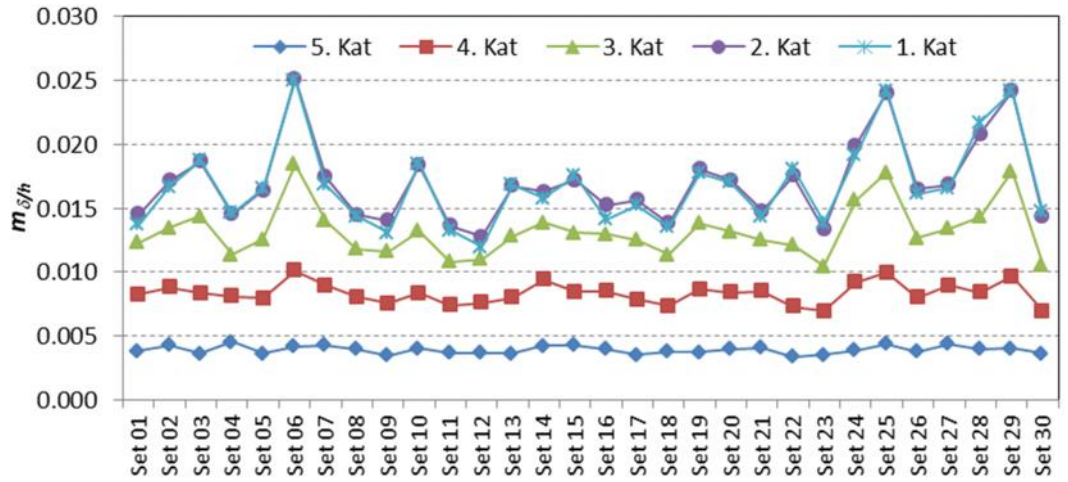
İvme Setleri	1. Kat		2. Kat		3. Kat		4. Kat		5. Kat	
	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$	$m_{\text{ç}}$	$s_{\text{ç}}$
Set 01	6.34	5.63	5.75	4.79	4.62	3.57	2.80	1.90	1.17	0.63
Set 02	9.16	12.14	7.75	9.94	5.70	6.50	3.37	3.48	1.42	1.41
Set 03	6.13	5.98	5.60	5.03	4.56	3.75	2.84	2.04	1.19	0.69
Set 04	6.21	7.08	5.32	5.45	4.26	3.99	2.65	2.37	1.14	1.00
Set 05	6.25	5.20	5.65	4.38	4.54	3.13	2.84	1.62	1.24	0.68
Set 06	8.17	12.55	6.87	10.03	4.89	6.01	2.82	3.01	1.25	1.27
Set 07	5.45	3.38	5.00	2.69	4.19	2.17	2.68	1.27	1.18	0.54
Set 08	6.55	6.65	5.86	5.62	4.64	3.88	2.75	2.00	1.16	0.80
Set 09	6.91	3.92	6.06	3.12	4.84	2.29	3.00	1.34	1.27	0.66
Set 10	7.22	7.75	6.10	5.63	4.89	4.00	3.09	2.25	1.34	0.93
Set 11	8.55	11.77	7.36	9.70	5.49	6.35	3.26	3.33	1.38	1.32
Set 12	5.66	6.05	5.18	4.96	4.23	3.72	2.59	2.15	1.14	0.88
Set 13	7.54	6.05	6.70	4.94	5.37	3.62	3.17	1.95	1.33	0.80
Set 14	9.34	14.42	7.76	11.08	5.38	6.24	3.05	2.91	1.30	1.16
Set 15	6.53	5.05	5.87	4.24	4.71	3.17	2.97	1.83	1.30	0.70
Set 16	6.36	4.79	5.63	3.99	4.65	3.10	2.85	1.75	1.20	0.67
Set 17	8.68	10.18	7.40	8.61	5.72	6.02	3.38	3.25	1.44	1.29
Set 18	9.47	13.70	7.90	10.85	5.66	6.48	3.24	3.20	1.37	1.30
Set 19	6.63	7.65	5.94	6.35	4.66	4.16	2.76	2.10	1.16	0.80
Set 20	8.23	8.48	7.25	7.04	5.73	5.18	3.11	2.11	1.20	0.67
Set 21	9.26	15.19	7.84	11.83	5.55	7.04	3.17	3.41	1.33	1.29
Set 22	6.44	6.23	5.70	5.17	4.70	3.87	2.93	2.20	1.28	0.84
Set 23	7.75	9.33	6.94	7.67	5.50	4.93	3.23	2.33	1.25	0.65
Set 24	6.65	5.38	5.76	4.46	4.56	3.22	2.77	1.79	1.18	0.72
Set 25	8.86	10.74	7.65	9.07	5.63	6.12	3.23	3.09	1.37	1.20
Set 26	6.05	6.92	5.47	5.71	4.53	4.21	2.77	2.26	1.16	0.73
Set 27	5.82	2.83	5.17	2.41	4.25	1.96	2.72	1.27	1.19	0.60
Set 28	6.85	5.05	6.15	4.17	5.01	3.13	3.01	1.72	1.24	0.65
Set 29	7.35	7.60	6.51	6.24	5.15	4.64	3.12	2.51	1.35	0.89
Set 30	6.44	7.20	5.85	5.91	5.68	5.60	2.89	2.31	1.21	0.79

Şekil 5.3'te, ZB sınıfı zemin ile uyumlu setlere ait $m_{\text{ç/h}}$ değerleri her kat için ayrı ayrı verilmiştir. Şekilde ele alınan göreceli kat ötelenmesi oranı talepleri açısından değerlendirme yapıldığında, ilk iki katta daha yüksek göreceli kat ötelenmesi oranı talebinin elde edildiği, en üst katta ise en düşük taleplerin gözlendiği görülmektedir. ZB sınıfı zemin ile uyumlu 30 ivme kaydı takımı seti için hesaplanan $m_{\text{ç/h}}$ değerlerinin birinci katta %0.50-1.02 arasında, ikinci katta ise %0.58-1.04 arasında değiştiği belirlenmiştir. Birinci ve ikinci katta, 30 sete ait $m_{\text{ç/h}}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri sırası ile %0.66 ve %0.72'dir.



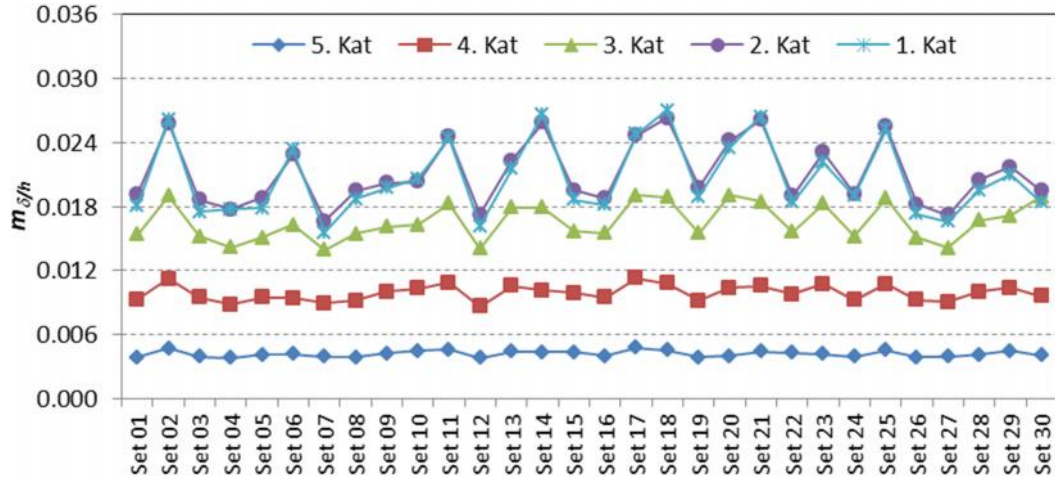
Şekil 5.3: ZB ile uyumlu setlere ait $m_{\phi/h}$ değerleri

Şekil 5.4'te, ZC sınıfı zemin ile uyumlu setlere ait $m_{\phi/h}$ değerleri verilmiştir. ZC sınıfı zemin içinde, ilk iki katta daha yüksek görelî kat ötelenmesi oranı talebinin elde edildiği, en üst katta ise en düşük taleplerin gözlemlendiği görülmektedir. 30 ivme kaydı takımı seti için hesaplanan $m_{\phi/h}$ değerlerinin birinci katta %1.20-2.50 arasında, ikinci katta ise %1.28-2.51 arasında değiştiği belirlenmiştir. ZC sınıfı zemin için, birinci ve ikinci katta, 30 sete ait $m_{\phi/h}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri sırası ile %1.68 ve %1.70'dir.



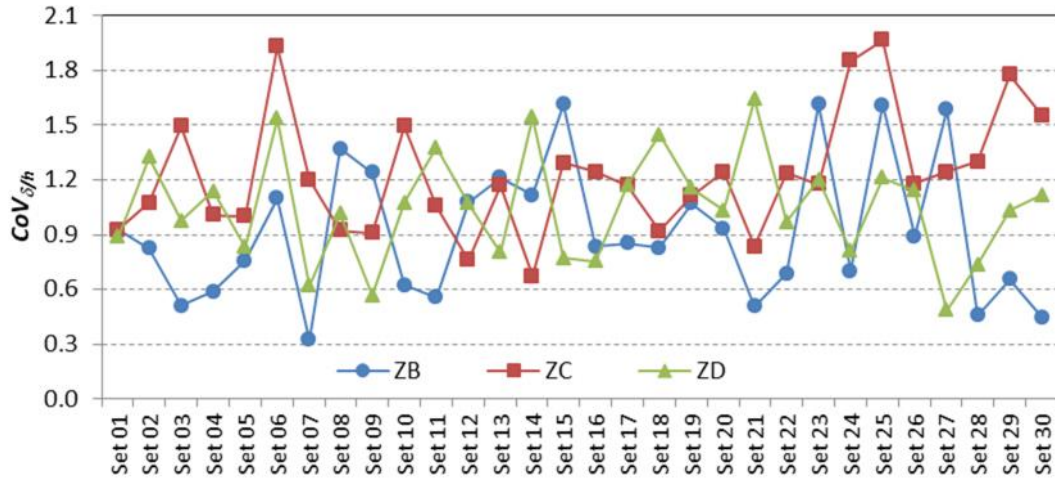
Şekil 5.4: ZC ile uyumlu setlere ait $m_{\phi/h}$ değerleri

Şekil 5.5'te, ZD sınıfı zemin ile uyumlu setlere ait $m_{\phi/h}$ değerleri verilmiştir. 30 ivme kaydı takımı seti için hesaplanan $m_{\phi/h}$ değerlerinin birinci katta %1.56-2.70 arasında, ikinci katta ise %1.67-%2.63 arasında değiştiği belirlenmiştir. ZD sınıfı zemin için, birinci ve ikinci katta, 30 sete ait $m_{\phi/h}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri sırası ile %2.07 ve %2.11'dir.



Şekil 5.5: ZD ile uyumlu setlere ait $m_{\delta/h}$ değerleri

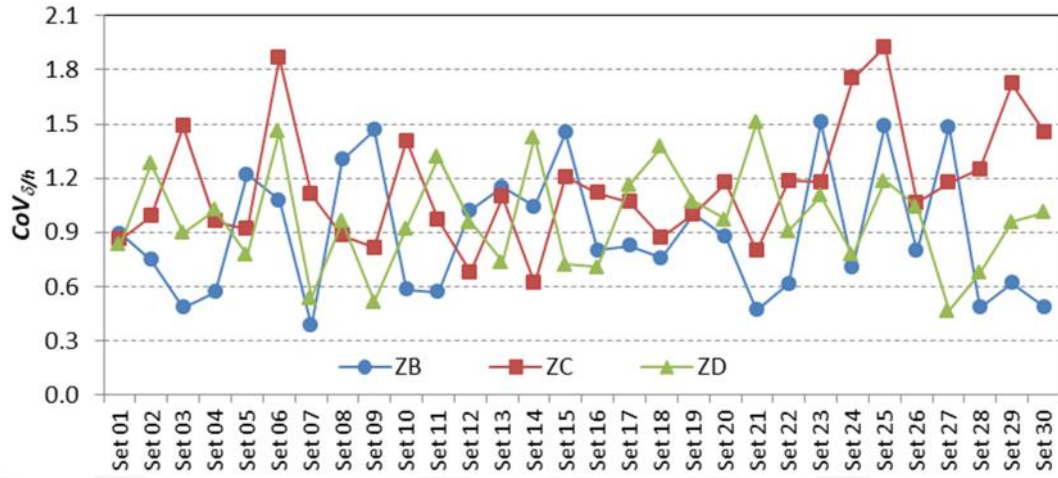
Şekil 5.3-5.5'te özetlenen sonuçlara göre en yüksek görelî kat ötelenmesi oranı taleplerinin elde edildiği birinci ve ikinci kat için, ivme kaydı takımlarından elde edilen ötelenme taleplerinin sete ait ortalama etrafındaki saçılımını temsil eden $CoV_{\delta/h}$ değerleri sırası ile Şekil 5.6 ve Şekil 5.7'de verilmiştir. Buna göre, görelî kat ötelenmesi oranı taleplerinin set içerisindeki saçılımı oldukça yüksektir. Zemin sınıfları açısından bakıldığında, saçılımın zemin sınıfının değişimi ile ilişkisi olmadığı, tüm zemin sınıfları için ivme setlerine bağlı olarak rastgele değiştiği görülmektedir.



Şekil 5.6: İvme setleri için birinci kata ait $CoV_{\delta/h}$ değerleri

Şekil 5.6'da verilen birinci kata ait $CoV_{\delta/h}$ değerleri ZB sınıfı zemin için 0.33-1.62 arasında, ZC sınıfı zemin için 0.67-1.97 arasında ve ZD sınıfı zemin için 0.49-1.64 arasında değişmektedir. Bu katta, 30 sete ait $CoV_{\delta/h}$ değerlerinin ortalaması yani

beklenen değeri ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile 0.92, 1.22 ve 1.05 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.7: İvme setleri için ikinci kata ait $CoV_{\phi/h}$ -değerleri

Şekil 5.7’de verilen ikinci kata ait $CoV_{\phi/h}$ -değerleri ZB sınıfı zemin için 0.39-1.51 arasında, ZC sınıfı zemin için 0.62-1.92 arasında ve ZD sınıfı zemin için 0.47-1.51 arasında değişmektedir. Bu katta, 30 sete ait $CoV_{\phi/h}$ -değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile 0.90, 1.15 ve 0.98 olarak hesaplanmıştır.

6. VARYANS ANALİZİ ve ORTALAMANIN GÜVEN ARALIĞI

6.1 Giriş

Çalışma kapsamında, aynı hedef spektrum uyumlu setlerden elde edilen ortalama ötelenme talepleri arasındaki (m_{ale} , $m_{\phi/h}$) farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını araştırmak üzere sürekli değişkenlere uygulanan varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Varyans analizi için a_{mak}/H ve ϕ_{mak}/h ifadeleri ile temsil edilen maksimum çatı ötelenmesi oranı ve maksimum görelî kat ötelenmesi oranı talepleri ele alınmıştır.

Bu kısımda ayrıca, ivme kaydı takımı setlerinde yer alan kayıtlar için hesaplanan a_{mak}/H ve ϕ_{mak}/h değerlerinin sete ait ortalamalarının ($m_{a/H}$ ve $m_{\phi/h}$) örnekleme dağılımları belirlenmiş ve iki farklı güven düzeyi için (%90 ve %95) ortalamaların güven aralığı tahmin edilmiştir.

6.2 Varyans Analizi

Varyans analizi, iki veya daha fazla ana kitle ortalamasının bir arada kıyaslanması, aralarındaki farkın anlamlı olup olmadığının test edilmesi için kullanılan bir yöntemdir (Orhunbilge 1997, Kartal 1998, Dilek ve diğ. 2010).

Varyans analizinde; değerlendirilen gözlemlerin tek bir değişkenin seçeneklerine veya birbirinden etkilenen iki ayrı değişkenin seçeneklerine göre düzenlemiş olması durumuna göre tek yönlü ve çift yönlü olmak üzere iki farklı model şeklinde uygulanmaktadır. Bu çalışmada sadece aynı zemin sınıfı ile uyumlu farklı setlerden elde edilen ötelenme talepleri arasındaki farklılık değerlendirildiği için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi; gözlemlerin sadece bir değişkenin şıklarına göre gruplara ayrıldığı ve bu grupların ortalamaları ile gözlemlerin seçildiği ana kitle ortalamalarının birbirine eşitliğinin test edildiği analiz

modelidir. Bu modelde her birim mevcut k sayıda ana kitleden sadece birine dâhil olabilir. Burada test edilen hipotez, verilen ana kitle ortalamalarının eşitliğidir (Denklem 6.1). Hipotez kabul edildiğinde; ele alınan birden fazla ana kitlenin ortalamaları arasında anlamlı bir farkın olmadığı, bir fark varsa bile bu farkın tesadüfi olduğu belirlenmiş olur (Orhunbilge 1997).

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_k \quad (6.1)$$

Tablo 6.1’de, k sayıda ana kitlenin, $n_1, n_2, n_3, \dots, n_k$ sayıda mevcuda sahip gözlem değerleri verilmiştir. X_{ij} , gözlem değeri (i indisi bulunduğu grup, j indisi bulunduğu gözlem numarasını gösterir), T_{i+} , i . gruptaki gözlemler toplamı, T_{++} , tüm gözlemler toplamı ve N , toplam gözlem sayısıdır.

Tablo 6.1: Tek yönlü varyans analizinde k tane bağımsız kitlenin gözlem değerleri

Gözlem No	X_1	X_2	X_3	...	X_k	Toplam
1	X_{11}	X_{21}	X_{31}	...	X_{k1}	
2	X_{12}	X_{22}	X_{32}	...	X_{k2}	
.	.	.	.	...	.	
.	.	.	.	...	.	
.	.	.	.	...	.	
.	X_{1n_1}	X_{2n_2}	X_{3n_3}	...	X_{kn_k}	
Toplam	T_{1+}	T_{2+}	T_{3+}	...	T_{k+}	T_{++}
Ortalama	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_3$		$\bar{X}_k$	$\bar{X}$

Tablo 6.1’deki gibi düzenlenmiş gözlem değerleri kullanılarak, gruplar arası kareler toplamı ($GAKT$) ve grup içi kareler toplamı ($GİKT$) hesaplanır (Denklem 6.2 ve Denklem 6.3). Toplam kareler toplamı (TKT) ise $GAKT$ ile $GİKT$ değerlerinin toplamı olarak ifade edilmektedir (Denklem 6.4).

$$GAKT = \sum_{i=1}^k \frac{T_{i+}^2}{n_i} - \frac{T_{++}^2}{N} \quad (6.2)$$

$$GİKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{T_{i+}^2}{n_i} \quad (6.3)$$

$$TKT = GAKT + GİKT = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} X_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{T_{i+}^2}{n_i} \quad (6.4)$$

Gruplar arası serbestlik derecesi ($k-1$) ve grup içi serbestlik derecesine ($N-k$) bağlı olarak, gruplar arası varyans (s_M^2) ve grup içi varyans (s_0^2) değerleri Denklem 6.5 ve Denklem 6.6 kullanılarak hesaplanır.

$$s_M^2 = \frac{GAKT}{k-1} \quad (6.5)$$

$$s_0^2 = \frac{GİKT}{N-k} \quad (6.6)$$

Varyanslar hesaplandıktan sonra F istatistiği hesaplanır (Denklem 6.7). Daha sonra, gruplar arası ve grup içi serbestlik dereceleri ile seçilen anlamlılık düzeyine bağlı olarak F -dağılım tablosundan (Ek-C'de verilmiştir) kritik F değeri (F_{kr}) okunur. Eğer hesaplanan F istatistiği, F_{kr} değerinden küçük ise hipotez kabul edilir, aksi takdirde hipotez reddedilir. Hipotezin kabul edilmesi, seçilen anlamlılık düzeyinde, ana kitle ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı, yani ele alınan tüm grupların aynı ana kitleden rasgele seçilen örnekler olarak kabul edileceği anlamına gelmektedir.

$$F = \frac{s_M^2}{s_0^2} \quad (6.7)$$

Varyans analizine örnek olarak, her biri $n=22$ gözlem değerine sahip temsili $k=5$ ivme kaydı setine ait veriler (Tablo 6.2) ile hesaplar gösterilmiştir. Tablo 6.2'de verilen değerler kullanılarak serbestlik dereceleri belirlenmiş, gruplar arası kareler toplamı ($GAKT$) ile grup içi kareler toplamı ($GİKT$) hesaplanmıştır. Daha sonra gruplar arası ve grup içi varyans değerleri hesaplanmış ve F istatistiği bulunmuştur. Gruplar arası ve grup içi serbestlik dereceleri ile seçilen %5 anlamlılık düzeyine göre F_{kr} okunarak F istatistiği ile kıyaslanmıştır. Örnek varyans analizi için yapılan bu hesaplamalar Tablo 6.3'te verilmiştir.

Tablo 6.3'te verilen değerler ile yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda $F=0.278$ bulunmuştur. F tablosundan, serbestlik dereceleri (sırası ile 4 ve 105) ve anlamlılık düzeyine göre $F_{kr}=2.458$ olarak okunmuştur. F değeri, F_{kr} değerinden küçük olduğundan hipotez kabul edilmiş olur. Yani, Tablo 6.2'de verilen ve aynı

hedef spektrumla uyumlu temsili beş set için elde edilen ortalama talepler, %5 anlamlılık düzeyinde aynı ana kitleden rastgele seçilen örnekler olarak kabul edilir.

Tablo 6.2: Örnek tek yönlü varyans analiz verileri

İvme Kaydı	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5
1.Kayıt	3.85	4.88	10.16	3.39	4.84
2.Kayıt	2.11	9.87	3.18	14.07	2.30
3.Kayıt	10.41	7.45	6.06	7.16	6.80
4.Kayıt	17.06	5.13	9.06	5.42	5.01
5.Kayıt	10.45	6.25	6.19	9.71	14.53
6.Kayıt	2.09	5.31	1.21	5.62	4.52
7.Kayıt	4.27	18.86	11.75	8.32	13.82
8.Kayıt	1.18	4.73	7.07	4.37	5.29
9.Kayıt	2.47	3.72	4.75	2.31	2.44
10.Kayıt	6.22	4.59	8.99	3.33	1.11
11.Kayıt	18.13	1.35	5.94	5.56	3.41
12.Kayıt	3.87	4.80	10.16	3.44	4.85
13.Kayıt	2.12	9.91	3.17	14.01	2.28
14.Kayıt	10.53	7.48	6.07	7.21	6.72
15.Kayıt	17.06	5.18	9.07	5.53	5.08
16.Kayıt	10.46	6.31	6.25	9.73	14.43
17.Kayıt	2.09	5.30	1.19	5.58	4.53
18.Kayıt	4.19	19.31	11.73	8.30	13.75
19.Kayıt	1.17	4.79	7.00	4.36	5.46
20.Kayıt	2.46	3.74	4.76	2.29	2.41
21.Kayıt	6.20	4.58	8.77	3.35	1.11
22.Kayıt	18.45	1.34	5.90	5.69	3.41
Toplam	156.84	144.88	148.43	138.75	128.10
Ortalama	7.13	6.59	6.75	6.31	5.82

Tez çalışmasında, her bir zemin sınıfı için 30 ivme kaydı takımı seti kullanılmıştır. Her bir set için de 22 analiz ile ötelenme talepleri elde edilmiştir. Yani her bir zemin sınıfı için, 30 ivme kaydı takımı seti toplam grup sayısını ($k=30$) ve 22 analiz ise her gruptaki gözlem sayısını ($n=22$) ifade etmektedir. Varyans analizi için; anlamlılık düzeyi $\sim=0.05$ alınmıştır. Gruplar arası ve grup içi serbestlik derecesi ise sırasıyla $k-1=29$ ve $N-k=630$ 'dur. Buna göre tüm analizler için $F_{kr}=1.486$ olacaktır.

Tablo 6.3: Örnek tek yönlü varyans analizi için hesaplanan değerler

Kaynak	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Varyans	F değeri
Gruplar Arası	21.08	$k-1=4$	5.27	0.278
Grup İçi	1992.07	$N-k=105$	18.97	
Toplam	2013.16			

6.3 Varyans Analiz Sonuçları

Tek yönlü varyans analizi sonuçları maksimum çatı ötelenmesi oranı talepleri için Tablo 6.4'te, maksimum görelî kat ötelenmesi oranı talepleri için Tablo 6.5'te verilmiştir.

Tablo 6.4: Maksimum çatı ötelenmesi oranı için varyans analizi sonuçları

Zemin	F	F_{kr}
ZB	0.596	1.486
ZC	0.404	
ZD	0.360	

Tablo 6.4'te görüldüğü gibi tüm zemin sınıfları için F değeri F_{kr} değerinin oldukça altındadır. Tablo 6.5'te ise, tüm zemin sınıfları için ve tüm katlarda, maksimum görelî kat ötelenmesi talepleri için hesaplanan F değerleri, F_{kr} değerinin altındadır. Bu sonuçlara göre, çalışmada kullanılan betonarme bina ve zemin sınıfları için geçerli olmak üzere, %5 anlamlılık düzeyinde, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen ortalama ötelenme talepleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Yani, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen ötelenme talepleri, aynı popülasyondan rastgele seçilen örnekler olarak kabul edilebilir.

Tablo 6.5: Maksimum görelî kat ötelenmesi oranı için varyans analizi sonuçları

Zemin	Kat	F	F_{kr}
ZB	5	0.290	1.486
	4	0.372	
	3	0.531	
	2	0.635	
	1	0.648	
ZC	5	0.265	
	4	0.288	
	3	0.410	
	2	0.434	
	1	0.440	
ZD	5	0.200	
	4	0.192	
	3	0.279	
	2	0.389	
	1	0.453	

6.4 Örnekleme Dağılımı ve Ortalamanın Güven Aralığı

Tamamının gözlenmesi imkansız olan ana kitleden alınan sınırlı sayıda örnekten elde edilen verilerden faydalanarak, bu örneklerin alındığı ana kitle (popülasyon) hakkında bilgi edinmek ve çıkarımlarda bulunmak, çıkarımsal istatistiğin konusudur. Çıkarımsal istatistik, örnekleme ve örnekleme dağılımı kavramlarına dayanır (Gürsaka, 2013).

Örnekleme dağılımı, aynı ana kitleden alınacak tüm olası örnekler için bir istatistiğin dağılımı olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla, bir istatistiğin değeri, ana kitleden alınacak örnekleme bağıdır. Bu nedenle, örneklem istatistiği bir rastgele değişkendir ve bir olasılık dağılımına sahiptir. İstatistiğin olasılık dağılımına ise örnekleme dağılımı adı verilir. Örnekleme dağılımları iki önemli istatistik ile tanımlanabilir: ortalama ve varyans.

Örneklerin ortalamasının (m) tam olarak örneklerin alındığı ana kitlenin ortalaması μ 'ye eşit olmasını beklenmemektedir ancak μ 'ye yakın olacaktır. Bu nedenle, nokta tahmininden ziyade bazen belli bir güven derecesinde μ 'nün içinde bulunduğu bir aralık belirleyebilmek daha önemli hale gelir. Böyle aralık tahmin elde etmek için nokta tahmin edicinin olasılık dağılımından yararlanılır (Palancı ve diğ. 2018). Ana kitle parametresi μ için, aralık tahminlerinin olasılık bildirimi Denklem 6.8'de verilmiştir.

$$P(l \leq \mu \leq u) = 1 - \alpha \quad ; \quad 0 < \alpha < 1 \quad (6.8)$$

Denklem 6.8'de l ve u değeri sırası ile güven aralığının alt ve üst sınırlarını, α anlamlılık düzeyini, $(1 - \alpha)$ güven düzeyini, (l, u) aralığı μ parametresi için $100(1 - \alpha)$ güven aralığını ifade etmektedir.

Ortalaması μ ve varyansı σ^2 olan ve normal dağıldığı bilinen bir ana kitleden alınan n boyutunda bir örnek için, örnek ortalaması m 'nin değeri, örnekteki rastgele değişkenlerin değerleri kullanılarak hesaplanır. Örnek ortalamasının, ana kitle ortalaması μ merkezli olduğu ve normal dağıldığı beklenir ve örnek büyüklüğü arttıkça örnek varyansı yani saçılım azalır (Denklem 6.9).

$$E[m] = \mu \quad \text{ve} \quad Var(m) = \frac{\sigma^2}{n} \quad (6.9)$$

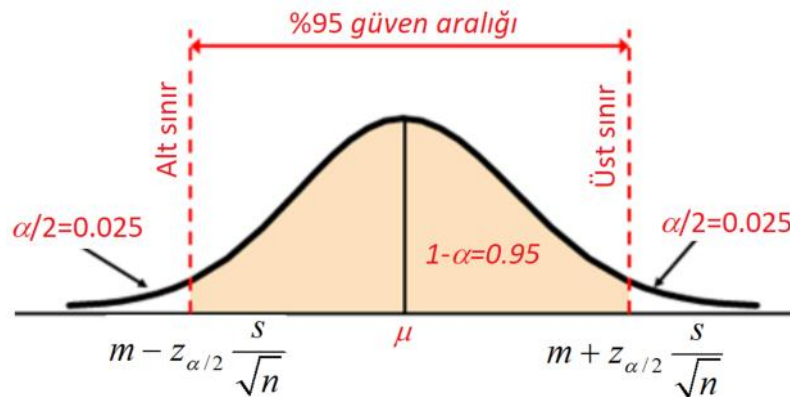
Ortalaması μ ve varyansı σ^2 olan bir ana kitleden alınan örnek göz önüne alındığında, n yeterince büyük ise, Merkezi Limit Teoremi, ana kitle normal bir dağılıma sahip olmasa bile örnek dağılımının normal olduğunu belirtir. Bu durumda örnek dağılımının ortalaması ve varyansı yine Denklem 6.9'da verildiği gibi olacaktır.

Normal dağıldığı kabul edilen bir örnek olması durumunda, ana kitle ortalamasının güven aralığı için verilen Denklem 6.8, Denklem 6.10'daki gibi düzenlenebilir. Denklem 6.10'da s örnek standart sapmasını, z ise standart normal değişkeni temsil etmektedir.

$$P(l < \mu < u) = P\left[m - z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq m + z_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}\right] = 1 - \alpha \quad (6.10)$$

Ana kitle ortalaması ile ilgili sonuç çıkarımında ana kitlenin olasılık dağılımı ancak örnek sayısı $n < 30$ ise gündeme gelir. Eğer $n < 30$ ise ve ana kitlenin dağılımı normal varsayılırsa, ana kitle varyansının bilinmesi durumunda normal dağılım; ana kitle varyansının bilinmemesi durumunda t -dağılımı kullanılır.

Tez çalışmasında, her bir zemin sınıfı için 30 ivme seti kullanılmıştır. Bu setlerin her biri için elde edilen $m_{a/H}$ değeri, bu değerle ilgili ana kitleden (ortalaması $\mu_{a/H}$) rastgele çekilmiş $n=30$ büyüklüğüne sahip bir örneği temsil etmektedir. Benzer şekilde, bu setlerin her biri için elde edilen $m_{\psi/h}$ değeri de, ilgili ana kitleden (ortalaması $\mu_{\psi/h}$) rastgele çekilmiş $n=30$ büyüklüğüne sahip bir örneği temsil etmektedir. O halde, örneklerle ait bu verilerden faydalanarak, ötelenme oranı taleplerine ait ana kitlelerin ortalamasının güven aralığı tahmin edilebilir.



Şekil 6.1: Ortalamanın güven aralığına ait şematik gösterim

Örnek büyüklüğü $n=30$ olduğu için ana kitle varyansı bilinmemesine rağmen, örneğin normal dağıldığı kabul edilerek Denklem 7.3 ile ana kitle ortalamasının güven aralığı tahmin edilmiştir. Bu çalışmada, %90 ve %95 güven düzeyi için ayrı güven aralığı tahmini yapılmıştır. Şekil 7.1’de Denklem 7.3 ile verilen ana kitle ortalamasına ait güven aralığının %95 güven düzeyi için örnek gösterimi verilmiştir. %90 ve %95 güven düzeyi için standart normal değişkenin değeri sırası ile $z_{0.05}=1.64$ ve $z_{0.025}=1.96$ alınmıştır.

Tablo 6.6’da maksimum çatı ötelemesi oranı talepleri için ivme kaydı setlerinden elde edilecek $m_{a/H}$ değerlerinin ait olduğu ana kitlenin ortalaması « a/H için %90 ve %95 güven aralığı tahminleri verilmiştir. Tabloda m ve s , 30 sete ait $m_{a/H}$ değerlerinin sırası ile ortalamasını ve standart sapmasını ifade etmektedir. Tablo 6.6’ya göre, ZB sınıfı zeminlerle uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{a/H}$ değerlerinin %90’ı, 0.0046-0.0051 arasında olacaktır. $m_{a/H}$ değerlerinin %90’ı, ZC sınıfı zeminlerle uyumlu setler için 0.0106-0.0118 arasında, ZD sınıfı zeminlerle uyumlu setler için 0.0134-0.0148 arasında olacaktır. Güven düzeyi %95 alınırsa, ZB, ZC ve ZD zemin sınıfları için $m_{a/H}$ değerlerine ait güven aralığı sırası ile 0.045-0.0051, 0.0105-0.0119 ve 0.0134-0.0148 olmaktadır.

Tablo 6.6: « a/H için güven aralığı

Zemin	m	s	$l_{0.90}$	$u_{0.90}$	$l_{0.95}$	$u_{0.95}$
ZB	0.0048	0.0008	0.0046	0.0051	0.0045	0.0051
ZC	0.0112	0.0019	0.0106	0.0118	0.0105	0.0119
ZD	0.0141	0.0019	0.0135	0.0146	0.0134	0.0148

Tablo 6.7’de maksimum göreceli kat ötelenmesi oranı talepleri için ivme kaydı setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin ait olduğu ana kitlenin ortalaması « ϕ/h için %90 ve %95 güven aralığı tahminleri verilmiştir. Tabloya göre, ZB sınıfı zeminlerle uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin %90’ı, birinci katta 0.0062-0.0070 ve ikinci katta 0.0068-0.0076 arasında olacaktır. ZC zemin sınıfı için $m_{\phi/h}$ değerlerinin %90’ı, birinci katta 0.0158-0.0178 ve ikinci katta 0.0160-0.0179 arasında olacaktır. ZD zemin sınıfı için ise $m_{\phi/h}$ değerlerinin %90’ı, birinci katta 0.0196-0.0217 ve ikinci katta 0.0202-0.0220 arasında olacaktır. Güven düzeyi %95’e çıktığında, güven aralığı biraz daha açılmaktadır. Örneğin ZB sınıfı zemin için

uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin %95'i, birinci katta 0.0061-0.0070 ve ikinci katta 0.0067-0.0077 arasında olacaktır.

Tablo 6.7: $\llcorner_{\phi/h}$ için güven aralığı

Zemin	Kat	m	s	$l_{0.90}$	$u_{0.90}$	$l_{0.95}$	$u_{0.95}$
ZB	5	0.0024	0.0002	0.0024	0.0025	0.0024	0.0025
	4	0.0045	0.0004	0.0043	0.0046	0.0043	0.0046
	3	0.0061	0.0009	0.0058	0.0063	0.0057	0.0064
	2	0.0072	0.0013	0.0068	0.0076	0.0067	0.0077
	1	0.0066	0.0013	0.0062	0.0070	0.0061	0.0070
ZC	5	0.0039	0.0003	0.0038	0.0040	0.0038	0.0040
	4	0.0083	0.0008	0.0081	0.0086	0.0080	0.0086
	3	0.0132	0.0020	0.0126	0.0138	0.0125	0.0139
	2	0.0170	0.0032	0.0160	0.0179	0.0158	0.0181
	1	0.0168	0.0034	0.0158	0.0178	0.0156	0.0180
ZD	5	0.0042	0.0003	0.0041	0.0043	0.0041	0.0043
	4	0.0099	0.0007	0.0097	0.0101	0.0096	0.0102
	3	0.0166	0.0017	0.0161	0.0171	0.0160	0.0172
	2	0.0211	0.0030	0.0202	0.0220	0.0200	0.0222
	1	0.0207	0.0035	0.0196	0.0217	0.0194	0.0219

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, TBDY ile uyumlu olacak şekilde oluşturulmuş farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılan zaman tanım alanında analiz sonucunda üç boyutlu bir betonarme bina için elde edilen yapısal tepki parametreleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapısal tepki parametreleri olarak maksimum çatı ötelenmesi (Δ_{mak}), maksimum çatı ötelenmesi oranı (Δ_{mak}/H), maksimum görelî kat ötelenmesi (ζ_{mak}) ve maksimum görelî kat ötelenmesi oranı (ζ_{mak}/h) seçilmiştir. Çalışmada, ayrıca, aynı hedef spektrum ile uyumlu olarak elde edilen farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre, bu setlere ait yapısal tepkiler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını araştırılmıştır. Son olarak maksimum ötelenme taleplerinin ortalaması için güven aralığı tahminleri yapılmıştır.

Kullanılan ivme kaydı setleri, 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem düzeyi (TBDY’de tanımlanan DD2 deprem düzeyi) ve Denizli il sınırları içerisinde bulunan bir konum ile uyumlu yatay elastik tasarım spektrumları dikkate alınarak elde edilmiştir. ZB, ZC ve ZD zemin sınıfları için tanımlanmış yatay elastik tasarım spektrumları ayrı ayrı dikkate alınmış ve her bir zemin sınıfı için 30 farklı ivme kaydı takımı seti elde edilmiştir. Analizlerde toplam 90 ivme kaydı takımı seti kullanılmıştır. Her bir ivme kaydı takımı setinde 11 ivme kaydı takımı yani 22 ivme kaydı bulunmaktadır.

Betonarme binanın analizleri ile, bir ivme kaydı takımı setinde bulunan her bir ivme kaydı takımı için ayrı ayrı maksimum çatı ötelenmesi talepleri (a_{mak}) ve maksimum görelî kat ötelenmesi talepleri (ζ_{mak}) elde edilmiştir. Bu talepler kullanılarak, bina için maksimum çatı ötelenmesi oranı (a_{mak}/H) ve her bir kat için maksimum görelî kat ötelenmesi oranı (ζ_{mak}/h) talepleri hesaplanmıştır. Daha sonra her bir set için a_{mak}/H değerlerinin ortalaması ($m_{a/H}$), standart sapması ($s_{a/H}$) ve varyasyon katsayısı ($CoV_{a/H}$) ile ζ_{mak}/h değerlerinin ortalaması ($m_{\zeta/h}$), standart sapması ($s_{\zeta/h}$) ve varyasyon katsayısı ($CoV_{\zeta/h}$) hesaplanmıştır. Bu değerler, tez çalışması kapsamında istatistiksel değerlendirmelerin yapılması amacıyla kullanılmıştır.

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

- Betonarme bina için herhangi bir zemin sınıfı ile uyumlu, farklı setlere ait m_a ve CoV_a 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_a ve CoV_a değerlerinin elde edilebileceği anlaşılmaktadır.
- Maksimum çatı ötelenmesi taleplerinin, beklendiği gibi, zemin sınıfı ZB'den ZD'ye geçtikçe arttığı gözlenmiştir. İvme setleri için hesaplanan m_{Δ} değerleri, ZB zemin sınıfı için 5.82cm-10.90cm arasında, ZC zemin sınıfı için 13.72cm-25.14cm arasında ve ZD zemin sınıfı 17.45cm-26.79cm arasında değişmektedir.
- m_{Δ} değerlerinin bina yüksekliğine bölünmesi ile elde edilen maksimum çatı ötelenmesi oranı ($m_{\Delta/H}$) talepleri, ZB zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için %0.38-0.70 arasında, ZC zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için %0.89-1.62 arasında ve ZD zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için %1.13-1.73 arasında değişmektedir. İvme kaydı setlerinden elde edilecek $m_{\Delta/H}$ değerlerinin ortalaması (beklenen değeri) ise ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile %0.48, %1.12 ve %1.41 olarak hesaplanmıştır.
- $CoV_{\Delta/H}$ değerleri, ZB zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için 0.33-1.47 arasında, ZC zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için 0.59-1.83 arasında ve ZD zemin sınıfı ile uyumlu ivme setleri için 0.47-1.45 arasında değişmektedir. İvme kaydı setlerinden elde edilecek $CoV_{\Delta/H}$ değerlerinin ortalaması (beklenen değeri) ise ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile 0.83, 1.09 ve 0.95 olarak hesaplanmıştır. Varyasyon katsayısının yüksek değerleri, ivme seti içerisinde yer alan kayıtlardan elde edilen maksimum çatı ötelenmesi oranı taleplerinin ortalama etrafındaki saçılımının yüksek olduğunu göstermektedir. Herhangi bir zemin sınıfı için daha düşük veya daha yüksek saçılım elde edildiğini söylemek mümkün değildir.
- Çalışmada ele alınan betonarme bina için maksimum göreceli kat ötelenmesi oranı taleplerinin de ZB sınıfı zeminden ZD sınıfı zemine doğru gidildikçe arttığı, binaların alt katlarında diğer katlara oranla daha fazla olduğu görülmüştür. Betonarme bina için ivme setlerine ait $m_{\phi/h}$ değerleri açısından

değerlendirme yapıldığında, genel olarak ilk iki katta daha yüksek görelî kat ötelenmesi oranı talebinin elde edildiği, en üst katta ise en düşük taleplerin gözlemlendiği görülmektedir. ZB sınıfı zemin ile uyumlu 30 ivme kaydı takımı seti için hesaplanan $m_{\phi/h}$ değerlerinin birinci katta %0.50-%1.02 arasında, ikinci katta ise %0.58-%1.04 arasında değiştiği belirlenmiştir. Birinci ve ikinci katta, 30 sete ait $m_{\phi/h}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri sırası ile %0.66 ve %0.72'dir. ZC sınıfı zemin ile uyumlu 30 ivme kaydı takımı seti için hesaplanan $m_{\phi/h}$ değerlerinin birinci katta %1.20-%2.50 arasında, ikinci katta ise %1.28-%2.51 arasında değiştiği belirlenmiştir. ZC sınıfı zemin için, birinci ve ikinci katta, 30 sete ait $m_{\phi/h}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri sırası ile %1.68 ve %1.70'dir. ZD sınıfı zemin ile uyumlu 30 ivme kaydı takımı seti için hesaplanan $m_{\phi/h}$ değerlerinin birinci katta %1.56-%2.70 arasında, ikinci katta ise %1.67-%2.63 arasında değiştiği belirlenmiştir. ZD sınıfı zemin için, birinci ve ikinci katta, 30 sete ait $m_{\phi/h}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri sırası ile %2.07 ve %2.11'dir.

- En yüksek görelî kat ötelenmesi oranı taleplerinin elde edildiği birinci ve ikinci kat için, ivme kaydı takımlarından elde edilen ötelenme taleplerinin sete ait ortalama etrafındaki saçılımını temsil eden $CoV_{\phi/h}$ değerleri birinci katta ZB sınıfı zemin için 0.33-1.62 arasında, ZC sınıfı zemin için 0.67-1.97 arasında ve ZD sınıfı zemin için 0.49-1.64 arasında değişmektedir. Bu katta, 30 sete ait $CoV_{\phi/h}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile 0.92, 1.22 ve 1.05 olarak hesaplanmıştır. İkinci kata ait $CoV_{\phi/h}$ değerleri ZB sınıfı zemin için 0.39-1.51 arasında, ZC sınıfı zemin için 0.62-1.92 arasında ve ZD sınıfı zemin için 0.47-1.51 arasında değişmektedir. Bu katta, 30 sete ait $CoV_{\phi/h}$ değerlerinin ortalaması yani beklenen değeri ZB, ZC ve ZD zemin sınıfı için sırası ile 0.90, 1.15 ve 0.98 olarak hesaplanmıştır. Buna göre, görelî kat ötelenmesi oranı taleplerinin set içerisindeki saçılımı da oldukça yüksektir. Zemin sınıfları açısından bakıldığında, saçılımın zemin sınıfının değişimi ile ilişkisi olmadığı, tüm zemin sınıfları için ivme setlerine bağlı olarak rastgele değiştiği görülmektedir.

- Analiz sonuçları hem m_{Δ} hem de $m_{\phi/h}$ değerlerinin, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setleri için rastgele değişmekte olduğunu göstermiştir. Bilindiği gibi bu değerler TBDY'ye göre tasarım veya performans değerlendirmesi için dikkate alınabilmektedir. Bu durum gözönünde bulundurularak, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen yapısal tepkiler arasındaki farkın düzeyinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla maksimum ötelenme talepleri ve maksimum görelî kat ötelenmesi talepleri ayrı ayrı dikkate alınarak tek yönlü varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonuçları, tez çalışmasında kullanılan betonarme bina için, aynı zemin sınıfı ile uyumlu olarak elde edilen farklı ivme setleri kullanılarak hesaplanan ötelenme taleplerinin, %5 anlamlılık düzeyi ile aynı ana kitleden (aynı popülasyondan) rastgele seçilen örnekler olarak kabul edilebileceğini göstermiştir. Başka bir deyişle, aynı hedef spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen yapısal tepkiler arasındaki fark, %5 anlamlılık düzeyi ile istatistiksel olarak anlamlı değildir.
- Maksimum çatı öteleme oranı talepleri için ivme kaydı setlerinden elde edilecek $m_{a/H}$ değerlerinin ait olduğu ana kitlenin ortalaması $\ll_{a/H}$ için %90 ve %95 güven aralığı tahminleri verilmiştir. ZB sınıfı zeminlerle uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{a/H}$ değerlerinin %90'ı, 0.0046-0.0051 arasında olacaktır. $m_{a/H}$ değerlerinin %90'ı, ZC sınıfı zeminlerle uyumlu setler için 0.0106-0.0118 arasında, ZD sınıfı zeminlerle uyumlu setler için 0.0134-0.0148 arasında olacaktır. Güven düzeyi %95 alınırsa, ZB, ZC ve ZD zemin sınıfları için $m_{a/H}$ değerlerine ait güven aralığı sırası ile 0.0045-0.0051, 0.0105-0.0119 ve 0.0134-0.0148 olmaktadır.
- Maksimum görelî kat ötelenmesi oranı talepleri için ivme kaydı setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin ait olduğu ana kitlenin ortalaması $\ll_{\phi/h}$ için %90 ve %95 güven aralığı tahminleri bulunmuştur. ZB sınıfı zeminlerle uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin %90'ı, birinci katta 0.0062-0.0070 ve ikinci katta 0.0068-0.0076 arasında olacaktır. ZC zemin sınıfı için $m_{\phi/h}$ değerlerinin %90'ı, birinci katta 0.0158-0.0178 ve ikinci katta 0.0160-0.0179 arasında olacaktır. ZD zemin sınıfı için ise $m_{\phi/h}$ değerlerinin %90'ı, birinci katta 0.0196-0.0217 ve ikinci katta 0.0202-0.0220 arasında olacaktır. Güven düzeyi %95'e çıktığında, güven aralığı biraz daha

açılmaktadır. ZB sınıfı zemin için uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin %95'inin, birinci katta 0.0061-0.0070 ve ikinci katta 0.0067-0.0077 arasında olacağı, ZC sınıfı zemin için uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin %95'inin, birinci katta 0.0156-0.0180 ve ikinci katta 0.0158-0.0181 arasında olacağı, ZD sınıfı zemin için uyumlu ivme setlerinden elde edilecek $m_{\phi/h}$ değerlerinin %95'inin ise birinci katta 0.0194-0.0219 ve ikinci katta 0.0200-0.0222 arasında olacağı görülmüştür.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, ivme kaydı seçiminde kullanılan katalog, analiz için kullanılan bina modeli 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 farklı hedef spektrumlar dikkate alınarak benzer çalışmalar yapılabilir.
- Çalışmada sadece bir betonarme bina modeli kullanılmıştır. Bu sebeple, bu çalışmada elde edilen sonuçların genellenmesi mümkün değildir. Farklı betonarme bina modelleri dikkate alınarak yapılacak çalışmalar ile bu konuda daha fazla bilgi edinilmesi mümkündür.
- Güvenilirlik esaslı tasarım veya değerlendirme amacıyla, yapısal tepkilere ait olasılık dağılımlarının tahminine yönelik çalışmalar için farklı taşıyıcı sistemler dikkate alınarak benzer çalışmaların yapılmasının da mevcut bilgi birikimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

8. KAYNAKLAR

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).

Amasralı, S., Çok Katlı Betonarme Yapıların Üç Boyutlu Analiz ve Tasarımı, STA4-CAD, Ver.13, 1, İstanbul, (2000).

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

ASCE 7-16. *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, (2017).

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

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

Azak, T.E., “A Predictive Model for Maximum Interstory Drift Ratio (MIDR) and Its Implementation in Probability-Based Design and Performance Assessment Procedures”, Doktora Tezi, *Ortadoğu Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2013).

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

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

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, Deprem Nerelerde Oluşur [online], (15/04/2017), <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/genel-bilgiler/>, (2000).

Bommer, J.J. ve Ruggeri, C., “The specification of acceleration time-histories in seismic design codes”, *European Earthquake Engineering*, 16(1), 3–17, (2002).

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).

Can, H. ve Özmen, B., *Türkiye’nin Deprem 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).

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: Theory and Applications to Earthquake Engineering*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, (1995).

Chopra, A.K ve Goel, R.K., “A Model Pushover Analysis Procedure for Estimating Seismic Demand for Buildings”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 31(3), 561-582, (2002).

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

Demir, A., “Deprem Yönetmeliği ile Uyumlu Setler Kullanılarak Dinamik Ötelenme Taleplerinin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, Fen Bilimler Enstitüsü*, Denizli, (2015).

Dilek, M., İşçi, Ö. ve Göktaş, A., *Uygulamalı İstatistik*, Muğla: Muğla Üniversitesi Yayınları, (2010).

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).

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

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).

Gürsakal, N., *Çıkarımsal İstatistik-İstatistik 2*, Bursa: Dora Yayınevi, (2013).

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).

Kartal, M., *Hipotez Testleri*, Erzurum: Şafak Yayınevi, (1998).

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).

Li, Y.R., “Nonlinear Time History and Push-Over Analyses for Seismic Design and Evulation”, Ph.D Thesis, *University of Texas*, Austin, (1996).

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).

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).

Orhunbilge, N., *Örnekleme Yöntemleri ve Hipotez Testleri*, İ.Ü., İşletme Fakültesi, İşletme İktisadi Yayın No:405, İstanbul, (1997).

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., İnel, M. ve Bilgin, H., “Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi”, 6. *Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul, (2007).

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).

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).

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).

SAP2000 V.14.2.2 CSI., Integrated finite elements analysis and design of structures basic analysis reference manual, Berkeley, USA, (2010).

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).

TS-500. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 67s, (2000).

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



EKLER

9. EKLER

EK A. Analiz Modeli İçin Kiriş Boyuna Donatıları

Tablo A.1: Analiz modeli 1.kat kiriş boyuna donatıları

1.Kat	SOL UÇ					SAĞ UÇ				
Kiriş	Üst			Alt		Üst			Alt	
	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave
K101	3Φ12	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20
K102	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20	3Φ12	4Φ12	1Φ20	2Φ12	2Φ18
K103	3Φ12	4Φ12	1Φ20	2Φ12	1Φ18	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20
K104	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20	3Φ12	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22
K105	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16	3Φ12	4Φ12	2Φ18	2Φ12	2Φ20
K106	3Φ12	4Φ12	2Φ18	2Φ12	2Φ20	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K107	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	3Φ14	2Φ12	2Φ20
K108	3Φ12	4Φ12	3Φ14	2Φ12	2Φ20	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16
K109	3Φ14	2Φ12	3Φ16	2Φ12	2Φ22	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K110	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ14	4Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12
K111	3Φ14	4Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K112	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ14	2Φ12	3Φ16	2Φ12	2Φ22
K113	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16	3Φ12	4Φ12	2Φ18	2Φ12	2Φ20
K114	3Φ12	4Φ12	2Φ18	2Φ12	2Φ20	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K115	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	3Φ14	2Φ12	2Φ20
K116	3Φ12	4Φ12	3Φ14	2Φ12	2Φ20	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16
K117	3Φ12	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20
K118	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20	3Φ12	4Φ12	1Φ20	2Φ12	2Φ18
K119	3Φ12	4Φ12	1Φ20	2Φ12	2Φ18	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20
K120	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ20	3Φ12	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22
K121	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	3Φ16
K122	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	3Φ16	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K123	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	2Φ20
K124	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	2Φ20	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16
K125	3Φ14	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12
K126	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12	3Φ14	4Φ12	1Φ16	2Φ12	2Φ18
K127	3Φ14	4Φ12	1Φ16	2Φ12	2Φ18	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12
K128	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12	3Φ14	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22
K129	3Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	4Φ12	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	4Φ12
K130	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	4Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14
K131	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	4Φ12
K132	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	4Φ12	3Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	4Φ12
K133	3Φ14	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12
K134	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12	3Φ14	4Φ12	1Φ16	2Φ12	2Φ18
K135	3Φ14	4Φ12	1Φ16	2Φ12	2Φ18	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12
K136	3Φ14	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12	3Φ14	2Φ12	2Φ22	2Φ12	2Φ22
K137	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	3Φ16
K138	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	3Φ16	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K139	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	2Φ20
K140	3Φ12	4Φ12	1Φ22	2Φ12	2Φ20	3Φ12	2Φ12	2Φ16	2Φ12	3Φ16

Tablo A.2: Analiz modeli 2.kat giriş boyuna donatıları

2.Kat	SOL UÇ					SAĞ UÇ				
Giriş	Üst			Alt		Üst			Alt	
	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave
K201	3Φ12	2Φ12	2Φ18	2Φ12	2Φ20	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18
K202	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ22
K203	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ22	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18
K204	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18	3Φ12	2Φ12	2Φ18	2Φ12	1Φ20
K205	3Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ16	3Φ12	4Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ16
K206	3Φ12	4Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ16	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K207	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ16
K208	3Φ12	4Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ16	3Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ16
K209	3Φ12	2Φ12	2Φ18	2Φ12	3Φ14	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14
K210	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ22
K211	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ22	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14
K212	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14	3Φ12	2Φ12	2Φ18	2Φ12	3Φ14
K213	3Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ16
K214	3Φ12	4Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ16	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K215	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ16
K216	3Φ12	4Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ16	3Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ16
K217	3Φ12	2Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ20	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18
K218	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ22
K219	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ22	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18
K220	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ18	3Φ12	2Φ12	2Φ18	2Φ12	2Φ20
K221	3Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ12	2Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12
K222	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K223	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12
K224	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ12	2Φ16
K225	3Φ12	2Φ12	3Φ16	2Φ12	2Φ18	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K226	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ22
K227	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ22	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K228	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	2Φ12	3Φ16	2Φ12	2Φ18
K229	3Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ12	3Φ12	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	3Φ12
K230	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	3Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14
K231	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ14	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	3Φ12
K232	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	3Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ12	3Φ12
K233	3Φ12	2Φ12	3Φ16	2Φ12	2Φ18	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K234	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ22
K235	3Φ12	4Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ22	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K236	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	2Φ12	3Φ16	2Φ12	2Φ18
K237	3Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ12	2Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12
K238	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16
K239	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12
K240	3Φ12	4Φ12	1Φ14	2Φ12	4Φ12	3Φ12	2Φ12	2Φ14	2Φ12	2Φ16

Tablo A.3: Analiz modeli 3.kat giriş boyuna donatıları

3.Kat	SOL UÇ					SAĞ UÇ				
Giriş	Üst			Alt		Üst			Alt	
	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave
K301	2Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ20	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K302	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K303	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K304	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ20
K305	3Φ12	2Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K306	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K307	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K308	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ16
K309	3Φ12	2Φ12	1Φ20	2Φ12	2Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K310	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12
K311	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	2Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K312	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ20	2Φ12	2Φ12
K313	3Φ12	2Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ16	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K314	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K315	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K316	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ14	2Φ12	1Φ16
K317	2Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ20	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K318	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K319	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K320	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ20
K321	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18
K322	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K323	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18
K324	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16
K325	3Φ12	2Φ12	1Φ22	2Φ12	1Φ18	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K326	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K327	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K328	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ22	2Φ12	1Φ18
K329	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ16
K330	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K331	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ16
K332	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16
K333	3Φ12	2Φ12	1Φ22	2Φ12	1Φ18	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K334	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12
K335	3Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K336	3Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	3Φ12	2Φ12	1Φ22	2Φ12	1Φ18
K337	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18
K338	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K339	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18
K340	2Φ12	4Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ18	2Φ12	2Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16

Tablo A.4: Analiz modeli 4.kat kiriş boyuna donatıları

4.Kat	SOL UÇ					SAĞ UÇ				
Kiriş	Üst			Alt		Üst			Alt	
	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave
K401	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K402	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K403	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K404	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12
K405	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K406	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K407	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K408	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12
K409	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K410	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K411	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K412	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ12
K413	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K414	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K415	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K416	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12
K417	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K418	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K419	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K420	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12
K421	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K422	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K423	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K424	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12
K425	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K426	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K427	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K428	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ12
K429	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K430	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K431	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K432	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12
K433	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K434	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K435	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K436	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ16	2Φ12	1Φ12
K437	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K438	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K439	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12
K440	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	1Φ12	2Φ12	2Φ12	1Φ12	2Φ12	1Φ12

Tablo A.5: Analiz modeli 5.kat kiriş boyuna donatıları

5.Kat	SOL UÇ					SAĞ UÇ				
Kiriş	Üst			Alt		Üst			Alt	
	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave	Montaj	Pilye	İlave	Düz	İlave
K501	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K502	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K503	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K504	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K505	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K506	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K507	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K508	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K509	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K510	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K511	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K512	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K513	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K514	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K515	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K516	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K517	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K518	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K519	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K520	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K521	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K522	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K523	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K524	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K525	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K526	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K527	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K528	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K529	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K530	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K531	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K532	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K533	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K534	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K535	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K536	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-
K537	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K538	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K539	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-
K540	2Φ12	4Φ12	-	2Φ12	-	2Φ12	2Φ12	-	2Φ12	-

EK B. İvme Kaydı Setlerine ve Kayıtlara Ait Bilgiler**Tablo B.1:** ZB sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5		SET 6	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
140	0.687	1091	1.2184	350	0.828	621	1.328	5614	1.841	5078	1.666
621	0.856	6265	1.0687	6348	0.749	292	1.141	818	1.649	5614	1.338
5038	1.413	362	1.8866	1795	0.710	6265	0.885	354	1.681	642	1.548
6269	1.671	1893	1.5760	140	1.796	6337	1.090	364	0.944	350	1.077
193	1.788	5090	0.6490	604	1.252	960	0.814	960	1.394	6272	1.019
383	0.613	5789	0.8005	2023	0.969	551	1.674	467	0.845	9071	1.601
1901	1.881	292	1.3971	5086	1.808	5038	1.028	292	1.127	1899	1.725
3925	0.711	1902	1.1667	364	1.806	140	0.872	608	1.039	608	0.807
6124	0.710	647	1.9454	1994	1.451	818	1.654	1091	0.599	870	0.825
5789	0.931	5615	1.6276	128	1.353	5272	0.787	773	0.990	5035	1.231
6262	1.168	1852	1.1770	616	1.981	1011	1.329	5085	0.581	5827	1.822
SET 7		SET 8		SET 9		SET 10		SET 11		SET 12	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
5038	1.212	367	1.610	1884	1.427	1891	1.776	357	0.770	616	1.049
6348	1.387	5789	1.079	193	1.293	6272	0.815	960	1.110	879	1.268
615	0.662	5078	1.193	554	1.794	359	0.902	467	1.816	246	1.132
487	1.032	128	1.960	6331	1.706	467	1.296	140	1.369	351	0.964
765	0.867	621	0.858	128	1.021	366	1.027	351	1.173	359	1.203
1917	0.809	359	1.204	4557	0.881	385	1.799	554	1.310	1011	0.507
598	1.838	1899	0.833	616	1.526	879	0.898	243	1.199	5087	0.698
6100	0.631	2753	0.943	385	1.008	350	0.541	607	0.687	773	1.935
5078	1.979	5271	1.606	140	0.688	5090	1.085	5086	1.528	1960	1.091
961	0.977	6331	1.692	5086	0.617	554	1.978	359	1.335	140	1.409
6337	1.399	357	0.782	1011	1.643	791	1.217	6272	0.634	7160	1.752
SET 13		SET 14		SET 15		SET 16		SET 17		SET 18	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
359	1.030	59	1.478	5615	1.191	4560	1.005	6262	1.156	6122	0.945
360	1.474	350	1.959	1011	1.473	364	1.864	7160	1.383	1894	1.418
5035	1.168	6122	1.200	5272	0.965	6267	0.531	1893	1.086	350	1.524
351	1.533	1240	1.886	6269	0.942	350	1.101	554	1.631	789	0.994
879	1.327	1902	1.307	851	1.757	146	1.305	487	1.170	1240	1.823
621	1.042	3954	0.945	246	0.816	292	1.404	990	0.942	193	1.943
128	1.220	364	1.039	879	1.733	80	1.435	369	1.103	59	1.112
851	0.939	369	1.054	5036	0.946	652	1.795	1884	1.983	6348	1.652
6100	1.204	357	1.556	358	1.968	1884	0.937	17036	0.549	351	1.247
3925	1.271	626	1.291	5086	1.419	3925	0.635	7083	1.860	5038	0.856
246	1.268	5078	1.119	6123	1.515	385	1.278	4679	0.859	5078	0.684

Tablo B.1: ZB sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri
(devamı)

SET 19		SET 20		SET 21		SET 22		SET 23		SET 24	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1900	1.271	647	0.546	5038	1.326	355	1.749	369	0.768	646	1.148
1795	1.951	140	1.484	1240	1.369	382	1.881	3954	1.037	773	1.998
6331	1.508	7160	1.485	351	1.543	4560	0.590	5824	1.145	1240	0.508
364	1.620	862	1.369	1011	1.054	629	1.167	5272	0.843	140	1.171
5614	1.795	1891	1.580	826	1.260	6267	1.070	80	1.672	292	1.110
385	1.610	5272	1.381	6267	0.822	1011	1.765	5618	1.394	383	0.701
17036	1.093	879	1.091	6265	1.191	350	0.736	1891	1.974	6270	1.300
775	1.114	17036	1.456	5824	1.668	764	0.857	879	1.679	5090	1.285
347	1.049	6269	1.098	5618	1.837	7160	0.889	146	1.461	5078	1.595
879	0.548	6265	0.838	1894	0.984	128	1.457	380	1.076	6265	0.903
455	0.870	5655	0.896	128	0.759	5615	1.655	5615	1.573	5680	1.371
SET 25		SET 26		SET 27		SET 28		SET 29		SET 30	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
3954	1.955	363	0.870	355	1.452	551	1.906	6336	0.699	355	0.584
6269	1.377	6327	0.593	7160	1.395	5655	0.863	646	1.084	2753	1.417
879	1.699	5789	0.820	5027	1.311	6267	1.706	5828	0.793	5086	1.467
80	1.575	5827	1.842	2753	0.773	6124	1.811	243	1.528	6270	1.162
128	0.741	5614	1.904	879	1.782	95	1.563	6272	1.783	646	1.197
621	1.846	6335	0.672	5680	0.673	1902	0.946	359	1.345	1240	1.096
1240	1.818	364	1.652	358	1.588	140	1.746	193	1.231	140	1.957
3446	0.513	5087	1.241	5038	0.793	847	1.492	5270	0.987	1899	1.122
292	0.594	879	0.760	80	1.302	6344	1.218	5038	1.060	369	0.974
5087	1.092	1900	1.268	385	1.701	195	0.895	128	0.666	7158	0.514
851	0.701	1894	1.236	5078	0.880	193	1.294	380	0.634	6278	0.783

Tablo B.2: ZC sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5		SET 6	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
4874	0.908	825	1.840	825	0.678	1787	1.963	5815	1.107	3474	1.853
901	1.947	5818	1.917	5482	1.225	4848	1.815	4218	1.612	524	1.918
139	1.989	4228	1.926	1086	0.948	514	1.385	4228	1.498	451	0.852
5664	1.982	6971	1.277	2717	1.461	1510	1.196	1532	1.563	5478	1.792
811	1.182	5664	1.332	811	1.192	1549	1.577	5286	1.247	825	1.178
864	1.525	247	1.764	5819	1.300	295	1.966	4040	0.615	1055	1.240
3907	1.370	2626	0.550	6875	1.805	4071	1.887	4064	1.415	356	0.910
4857	1.143	3760	1.995	5656	1.910	5815	1.990	1208	1.840	3948	1.298
265	1.842	864	1.608	787	0.503	451	1.875	983	1.485	587	1.817
4858	1.733	4169	1.587	1505	1.549	4858	1.441	590	0.595	1505	1.991
4510	1.742	1787	0.718	4149	1.353	1520	1.972	825	1.638	1502	1.091
SET 7		SET 8		SET 9		SET 10		SET 11		SET 12	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
414	1.923	1633	1.154	4040	0.956	1086	1.924	5813	1.674	3474	1.634
4873	1.338	4369	1.435	5656	1.555	5815	1.924	288	1.216	1510	1.087
3746	1.638	4040	1.022	983	1.290	1617	1.059	451	1.719	285	1.597
1085	1.669	4876	1.009	2821	1.874	222	1.122	2658	1.105	1643	1.982
139	0.613	4218	1.502	5265	1.644	1205	0.976	5804	1.936	4213	1.309
5656	1.859	103	1.558	4229	1.547	5804	1.032	810	1.665	471	1.385
2888	1.392	4193	1.854	4219	1.259	451	0.845	983	1.210	5658	0.842
554	1.877	1549	1.630	648	1.645	4845	1.442	3871	1.900	1633	1.446
1617	1.970	2650	1.908	4477	1.221	4040	1.399	763	1.854	5656	1.711
3507	1.987	4133	1.805	3884	1.738	353	1.160	3264	1.914	982	1.033
5478	1.929	3750	1.886	1633	1.288	1520	0.917	1510	1.686	4101	1.982
SET 13		SET 14		SET 15		SET 16		SET 17		SET 18	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1504	1.391	763	1.812	1086	1.898	3474	1.974	1510	1.942	1633	1.987
4369	1.508	2626	1.963	1549	1.760	5637	1.460	4350	1.711	1013	1.672
5810	1.777	8166	1.787	4040	0.846	755	1.881	4169	1.835	5678	1.271
4040	0.897	4031	1.212	4101	1.620	1520	1.985	1052	1.710	139	1.821
4218	1.941	1053	0.800	2712	0.534	3757	1.666	1612	1.648	3474	1.872
825	1.948	5664	1.435	6928	1.856	4846	1.964	243	1.892	88	1.162
600	1.690	1511	1.357	72	1.335	901	1.706	3927	1.619	2624	1.578
3346	0.754	802	1.639	5800	1.203	88	1.468	901	1.834	4870	1.932
5678	0.728	4218	1.766	952	0.973	1492	1.319	779	0.959	3746	1.714
4350	0.986	451	1.215	2646	1.509	410	1.903	1762	1.532	1012	1.768
1080	1.667	5474	0.945	4218	1.504	1633	0.868	825	1.820	3932	1.554

Tablo B.2: ZC sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri
(devamı)

SET 19		SET 20		SET 21		SET 22		SET 23		SET 24	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
5807	1.708	1086	0.557	249	1.825	4383	1.981	4219	1.878	5478	1.965
1062	1.690	249	1.081	4133	1.148	3192	1.804	4070	1.929	4219	1.528
3750	1.896	71	1.936	1511	1.930	755	1.967	763	1.961	3505	0.722
313	1.883	8833	1.896	779	0.657	983	1.134	6875	1.887	1505	1.727
2626	0.701	991	1.543	139	1.918	5807	1.612	5678	0.793	4285	0.984
990	1.780	5482	1.216	15	0.825	825	1.994	2462	1.929	1617	1.082
139	1.394	1085	1.727	983	0.916	5658	0.856	3507	1.203	4850	1.252
1511	1.598	5484	0.706	4873	1.420	284	1.147	3870	1.497	5775	1.794
8164	1.309	5664	1.420	5664	1.213	4510	1.613	1086	1.552	3871	1.500
825	1.984	4864	1.728	4211	0.850	1086	1.411	3744	1.118	4031	0.681
802	1.933	265	1.380	801	1.578	357	1.099	1551	0.813	4211	0.988
SET 25		SET 26		SET 27		SET 28		SET 29		SET 30	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1633	0.704	675	0.996	4211	0.745	825	1.996	5678	1.941	1086	1.976
5270	0.960	4870	0.911	1632	1.889	2658	0.563	1505	1.872	2942	1.065
5656	1.397	472	1.784	4101	1.754	1053	0.792	5482	0.911	87	0.953
3757	1.305	1006	1.120	982	1.201	1086	1.937	3964	1.798	5658	1.398
5482	1.127	1078	1.903	414	1.386	4211	0.545	246	1.437	231	1.768
809	1.100	4228	1.237	4873	1.877	1505	1.009	4205	1.721	3744	1.235
1549	1.537	825	1.966	50	1.654	451	0.995	450	1.629	1197	1.249
4031	1.530	1013	0.907	5656	1.989	3932	0.809	88	0.921	825	0.734
291	1.693	4219	1.426	5776	0.811	1058	1.094	4850	1.378	5617	1.981
801	0.994	5482	0.654	1072	1.441	300	0.700	1013	0.505	3468	1.075
1505	1.976	1529	1.171	1086	1.651	4226	1.286	825	1.534	4845	0.945

Tablo B.3: ZD sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri

SET 1		SET 2		SET 3		SET 4		SET 5		SET 6	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
558	1.544	6911	1.6205	209	0.902	1063	1.759	4348	1.983	4894	1.533
1646	1.495	5774	1.5990	725	1.763	30	0.526	5825	1.984	5780	1.522
169	1.715	5832	1.5019	4104	1.908	5774	1.825	30	1.836	183	1.975
960	1.300	634	1.1200	5969	1.845	722	0.820	1044	1.779	1495	0.751
6927	1.688	8625	0.9082	1084	1.540	180	0.965	4084	1.353	5831	1.519
1084	1.501	5780	1.9425	778	1.195	126	1.725	767	1.755	1602	1.349
668	1.637	1076	1.7061	1491	1.908	595	1.241	181	1.123	1176	1.455
767	1.247	958	0.6366	126	1.694	6927	1.066	1008	0.924	2943	1.736
3830	1.126	183	1.6045	3754	1.952	2429	1.418	3754	1.907	126	0.863
6966	1.130	126	1.8056	711	1.284	1119	1.808	5785	1.699	529	0.762
183	1.570	4894	1.4120	4895	0.899	412	1.867	5836	1.998	5803	0.661
SET 7		SET 8		SET 9		SET 10		SET 11		SET 12	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
6927	1.692	3215	1.619	126	1.871	6927	1.872	4894	1.390	1554	1.950
322	1.328	993	1.124	184	1.071	652	1.733	412	1.076	987	1.732
1119	1.352	184	1.123	4895	1.115	30	1.248	4105	1.869	1063	1.485
5969	1.705	126	0.851	998	1.290	767	1.591	180	1.376	1602	1.999
721	1.640	725	1.916	1000	1.981	209	1.984	161	1.889	5652	0.623
5827	1.603	5812	1.027	1101	0.859	1077	0.944	6975	1.407	5774	1.733
1602	1.552	1044	1.979	4102	1.948	1063	1.964	614	1.996	1003	0.925
502	1.877	1203	1.448	776	1.298	184	1.632	8958	1.818	5975	1.273
126	0.606	6927	1.722	3754	1.958	4853	1.917	5825	1.773	5825	1.938
5836	1.269	5825	1.742	4875	0.799	826	1.582	3963	0.934	547	1.736
5774	1.834	767	1.776	6962	1.330	668	1.338	1084	1.356	183	1.421
SET 13		SET 14		SET 15		SET 16		SET 17		SET 18	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
1498	0.879	6911	0.811	1026	1.671	767	1.345	8102	1.788	770	1.361
184	1.997	6927	1.998	314	1.001	652	1.617	5249	1.377	175	1.351
4895	0.886	602	1.256	169	1.601	126	1.742	171	1.986	767	1.876
4081	1.905	183	1.507	767	1.454	5780	1.631	232	1.872	4894	1.605
1063	1.115	126	1.082	4104	1.461	6927	1.039	2009	1.931	1084	1.123
316	1.961	130	1.381	181	1.375	1495	1.827	5827	1.761	315	1.592
4861	1.205	721	1.381	960	1.720	1602	1.976	4894	1.226	6927	1.714
1007	1.049	328	0.782	322	1.648	562	1.838	184	1.416	5969	0.573
6927	1.942	4102	0.661	1120	1.139	8887	1.280	2943	1.486	181	1.308
4881	1.776	4894	1.711	1106	1.005	5817	1.728	126	1.906	316	0.754
768	1.681	5829	1.446	126	1.016	1120	0.784	5823	1.741	1007	1.394

Tablo B.3: ZD sınıfı zemin için elde edilen ivme kaydı setleri
(devamı)

SET 19		SET 20		SET 21		SET 22		SET 23		SET 24	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
692	1.726	179	1.893	1553	0.508	6962	1.074	4391	1.595	562	1.244
2710	1.124	181	1.872	4894	1.695	652	1.915	126	1.486	4895	0.684
984	1.610	953	1.156	981	1.559	412	0.588	183	1.336	2378	1.526
126	1.822	5797	1.789	1115	0.882	547	1.869	5836	1.952	993	1.980
723	1.802	4862	1.729	30	1.586	8069	1.678	768	1.686	1063	1.383
5975	1.885	960	1.426	4066	1.904	6911	1.691	652	1.868	183	1.964
1602	1.726	126	1.700	692	1.484	310	1.683	949	1.767	126	1.368
5774	1.762	964	1.873	1084	1.536	1119	1.751	6	1.749	1082	1.780
2706	1.691	6893	1.982	6930	1.184	767	1.430	1495	1.939	776	1.110
614	0.850	5825	1.603	681	1.981	1602	1.412	1045	1.832	6966	1.836
183	1.859	2005	1.953	171	1.766	6927	1.875	1116	1.456	184	1.222
SET 25		SET 26		SET 27		SET 28		SET 29		SET 30	
Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek	Kayıt	Ölçek
5827	1.302	1119	0.913	721	1.732	180	1.658	1503	1.420	5652	1.317
2694	1.042	3749	1.926	1084	0.647	5831	1.913	5829	1.877	692	1.742
232	1.979	1084	1.629	3563	1.873	5268	1.827	6911	1.596	767	1.454
183	1.897	5825	0.835	183	1.848	1000	1.935	1602	1.357	183	1.361
723	1.790	4348	1.735	725	1.835	126	1.817	5975	1.915	209	1.773
126	1.370	232	1.747	1116	1.495	412	1.383	547	1.168	3830	1.898
4861	1.682	5774	1.769	181	0.860	1106	1.097	679	1.988	171	1.804
4894	1.180	183	1.781	1602	1.560	169	1.678	5838	1.436	1602	1.690
412	1.574	5620	1.176	4393	1.908	1044	1.086	5817	1.972	1084	1.656
627	0.887	625	1.504	960	1.823	316	1.882	668	1.567	3717	1.785
602	1.293	126	1.925	126	1.522	6975	1.957	3749	1.733	1015	1.287

Tablo B.4: ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
59	Friuli (aftershock)	7.5.1976	5.20	ST20
95	Friuli (aftershock)	17.6.1976	5.20	ST20
128	Friuli (aftershock)	15.9.1976	6.00	ST36
140	Friuli (aftershock)	15.9.1976	6.00	ST36
193	Montenegro	9.4.1979	5.40	ST64
195	Montenegro	15.4.1979	6.90	ST66
243	Valnerina	19.9.1979	5.80	ST82
246	Valnerina	19.9.1979	5.80	ST61
292	Campano Lucano	23.11.1980	6.90	ST98
350	Biga	5.7.1983	6.10	ST129
357	Umbria	29.4.1984	5.60	ST134
358	Umbria	29.4.1984	5.60	ST135
359	Umbria	29.4.1984	5.60	ST136
362	Umbria	29.4.1984	5.60	ST137
364	Lazio Abruzzo	7.5.1984	5.90	ST139
369	Lazio Abruzzo	7.5.1984	5.90	ST109
380	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.5.1984	5.50	ST274
382	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.5.1984	5.50	ST140
383	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.5.1984	5.50	ST153
385	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.5.1984	5.50	ST155
467	Chenoua	29.10.1989	5.90	ST181
487	Javakheti Highland	16.12.1990	5.40	ST193
551	Tithorea	18.11.1992	5.90	ST212
554	Near coast of Filiatra	5.3.1993	5.20	ST213
598	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST222
604	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST225
607	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	ST226

Tablo B.4: ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyüklik	İstasyon Kodu
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
629	Umbria Marche (aftershock)	6.10.1997	5.50	ST225
642	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST225
646	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST234
647	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST222
652	Umbria Marche (aftershock)	14.10.1997	5.60	ST236
764	Umbria Marche	26.9.1997	6.00	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
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
862	Umbria Marche (aftershock)	21.3.1998	5.00	ST233
870	Umbria Marche (aftershock)	3.4.1998	5.10	ST136
960	Sicilia-Orientale	13.12.1990	5.60	ST296
961	Sicilia-Orientale	13.12.1990	5.60	ST297
990	Lazio Abruzzo (aftershock)	11.5.1984	5.50	ST313
1240	Izmit (aftershock)	13.9.1999	5.80	ST561
1795	Golbasi	6.6.1986	5.80	ST587

Tablo B.4: ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
1852	Astakos	22.1.1988	5.10	ST1301
1884	Filippias	16.6.1990	5.50	ST1312
1891	Kranidia	25.10.1984	5.50	ST1320
1893	Near SW coast of Peloponnes	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 island	25.10.1987	5.10	ST1335
1994	Skydra-Edessa	18.2.1986	5.30	ST1354
2023	Kremidia (aftershock)	25.10.1984	5.00	ST1323
4557	Bovec	12.4.1998	5.60	ST750
4560	Bovec	12.4.1998	5.60	ST727
4679	South Iceland	17.6.2000	6.50	ST2563
5027	Oelfus	13.11.1998	5.10	ST2496
5035	Oelfus	13.11.1998	5.10	ST2491
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
5090	Mt. Hengill Area	4.6.1998	5.40	ST2495
5270	Mt. Vatnafjoll	25.5.1987	6.00	ST2486

Tablo B.4: ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
5271	Mt. Vatnafjoll	25.5.1987	6.00	ST2483
5272	Mt. Vatnafjoll	25.5.1987	6.00	ST2487
5614	Friuli (aftershock)	11.9.1976	5.30	ST36
5615	Friuli (aftershock)	11.9.1976	5.50	ST36
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
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
6100	Kozani	13.5.1995	6.50	ST1315
6122	Kozani (aftershock)	15.5.1995	5.20	ST1320
6123	Kozani (aftershock)	17.5.1995	5.30	ST1320
6124	Kozani (aftershock)	17.7.1995	5.20	ST1320
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
6335	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2557
6336	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2563
6337	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2494

Tablo B.4: ZB sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
6348	South Iceland (aftershock)	21.6.2000	6.40	ST2493
7083	Meydan	25.6.2001	5.40	ST534
7158	Firuzabad	20.6.1994	5.90	ST3293
7160	Firuzabad	20.6.1994	5.90	ST3295
80	San Fernando	9.2.1971	6.61	0209
146	Coyote Lake	8.6.1979	5.74	0806
455	Morgan Hill	24.4.1984	6.19	0424
765	Loma Prieta	18.10.1989	6.93	1018
879	Landers	28.6.1992	7.28	0628
1011	Northridge-01	17.1.1994	6.69	0117
1091	Northridge-01	17.1.1994	6.69	0117
2753	Chi-Chi, Taiwan-04	20.9.1999	6.20	0920
3925	Tottori, Japan	6.10.2000	6.61	1006
3954	Tottori, Japan	6.10.2000	6.61	1006
5618	Iwate	13.6.2008	6.90	0613
9071	14151344	12.6.2005	5.20	612
347	Irpinia	23.11.1980	6.90	ALT
351	Irpinia	23.11.1980	6.90	TDG
354	Irpinia	23.11.1980	6.90	BSC
355	Irpinia	23.11.1980	6.90	STR
360	Irpinia, Italy-02	23.11.1980	6.20	ALT
363	Irpinia, Italy-02	23.11.1980	6.20	BGI
366	Irpinia, Italy-02	23.11.1980	6.20	BSC
367	Irpinia, Italy-02	23.11.1980	6.20	STR
3446	Ano Liosia (Athens)	7.9.1999	6.00	1701
17036	Gran Sasso	9.4.2009	5.40	AQP

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
15	Kern County	21/07/1952	7.36	Taft Lincoln School
50	Lytle Creek	12/09/1970	5.33	Wrightwood - 6074 Park Dr
71	San Fernando	09/02/1971	6.61	Lake Hughes #12
72	San Fernando	09/02/1971	6.61	Lake Hughes #4
87	San Fernando	09/02/1971	6.61	Santa Anita Dam
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
222	Livermore-02	27/01/1980	5.42	Livermore - Morgan Terr Park
231	Mammoth Lakes-01	25/05/1980	6.06	Long Valley Dam (Upr L Abut)
243	Mammoth Lakes-04	25/05/1980	5.70	Long Valley Dam (Upr L Abut)
246	Mammoth Lakes-06	27/05/1980	5.94	Benton
247	Mammoth Lakes-06	27/05/1980	5.94	Bishop - Paradise Lodge
249	Mammoth Lakes-06	27/05/1980	5.94	Fish & Game (FIS)
265	Victoria, Mexico	09/06/1980	6.33	Cerro Prieto
284	Irpinia, Italy-01	23/11/1980	6.90	Auletta
285	Irpinia, Italy-01	23/11/1980	6.90	Bagnoli Irpinio
288	Irpinia, Italy-01	23/11/1980	6.90	Brienza
291	Irpinia, Italy-01	23/11/1980	6.90	Rionero In Vulture
295	Irpinia, Italy-02	23/11/1980	6.20	Auletta
300	Irpinia, Italy-02	23/11/1980	6.20	Calitri
313	Corinth, Greece	24/02/1981	6.60	Corinth
353	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Gold Hill 4W
356	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Stone Corral 2E
357	Coalinga-01	02/05/1983	6.36	Parkfield - Stone Corral 3E
410	Coalinga-05	22/07/1983	5.77	Palmer Ave
414	Coalinga-05	22/07/1983	5.77	Sulphur Baths (temp)

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
450	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Corralitos
451	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	Coyote Lake Dam - Southwest Abutment
471	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	San Justo Dam (L Abut)
472	Morgan Hill	24/04/1984	6.19	San Justo Dam (R Abut)
514	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	Cabazon
524	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	Joshua Tree
554	Chalfant Valley-02	21/07/1986	6.19	Long Valley Dam (L Abut)
587	New Zealand-02	02/03/1987	6.60	Matahina Dam
590	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Altadena - Eaton Canyon
600	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Brea Dam (Downstream)
648	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	La Crescenta - New York
675	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Athenaeum
755	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Coyote Lake Dam - Southwest Abut.
763	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy - Gavilan Coll.
779	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	LGPC
787	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Palo Alto - SLAC Lab
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
825	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Cape Mendocino
864	Landers	28/06/1992	7.28	Joshua Tree
901	Big Bear-01	28/06/1992	6.46	Big Bear Lake - Civic Center
952	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Beverly Hills - 12520 Mulhol
982	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Jensen Filter Plant Administrative Buil.

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükük	İstasyon Kodu
983	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Jensen Filter Plant Generator Buil.
990	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - City Terrace
991	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Cypress Ave
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
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
1062	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Rancho Palos Verdes - Luconia
1072	Northridge-01	17/01/1994	6.69	San Marino - SW Academy
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
1197	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY028
1205	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY041
1208	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY046
1492	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU052
1502	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU064
1504	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU067
1505	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU068
1510	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU075
1511	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU076
1520	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU088

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
1529	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU102
1532	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU105
1549	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU129
1551	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU138
1612	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Lamont 1059
1617	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	Lamont 375
1632	Upland	28/02/1990	5.63	Rancho Cucamonga - Law and Justince Center FF, Foothill and Haven
1633	Manjil, Iran	20/06/1990	7.37	Abbar
1643	Sierra Madre	28/06/1991	5.61	LA - City Terrace
1762	Hector Mine	16/10/1999	7.13	Amboy
1787	Hector Mine	16/10/1999	7.13	Hector
1787	Hector Mine	16/10/1999	7.13	Hector
2462	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	CHY029
2624	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU073
2626	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU075
2646	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU109
2650	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU116
2658	Chi-Chi, Taiwan-03	20/09/1999	6.20	TCU129
2712	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY042
2717	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY052
2821	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	KAU054
2888	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	TCU116
2942	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	CHY024
3192	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	TCU082
3264	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	CHY024
3346	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	HWA034

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
3468	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU067
3474	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU079
3505	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU125
3507	Chi-Chi, Taiwan-06	25/09/1999	6.30	TCU129
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
3757	Landers	28/06/1992	7.28	North Palm Springs Fire Sta #36
3760	Landers	28/06/1992	7.28	Big Bear Lake - Civic Center
3870	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	HRS001
3871	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	HRS002
3884	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	HRS021
3907	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	OKY004
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
4031	San Simeon, CA	22/12/2003	6.52	Templeton - 1-story Hospital
4040	Bam, Iran	26/12/2003	6.60	Bam
4064	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - DONNA LEE
4070	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - JOAQUIN CANYON
4071	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - MIDDLE MOUNTAIN
4101	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 3E
4133	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Vineyard Cany 2W
4149	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - UPSAR 13
4169	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	FKSH21

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
4193	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NGNH29
4205	Niigata, Japan	23/10/2004	6.63	NIG015
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
4285	Basso Tirreno, Italy	15/04/1978	6.00	Patti-Cabina Prima
4350	Umbria Marche, Italy	26/09/1997	6.00	Gubbio-Piana
4369	Umbria Marche (aftershock 1), Italy	06/10/1997	5.50	Nocera Umbra-Salmata
4383	Umbria Marche (aftershock 2), Italy	14/10/1997	5.60	Borgo-Cerreto Torre
4477	L'Aquila, Italy	06/04/2009	6.30	GRAN SASSO (Assergi)
4510	L'Aquila (aftershock 1), Italy	07/04/2009	5.60	L'Aquila - V. Aterno - Centro Valle
4845	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Oshimaku Oka
4846	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Yanagishima paddocks
4848	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu Ogataku
4850	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Yoshikawaku Joetsu City
4857	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kamo Kouiti Town
4858	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Tokamachi Chitosecho
4864	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Yoitamachi Yoita Nagaoka
4870	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Horinouchi Uonuma City
4873	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki City Takayanagicho
4874	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Oguni Nagaoka
4876	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki Nishiyamacho Ikeura

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükük	İstasyon Kodu
5265	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG019
5270	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG024
5286	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIGH13
5474	Iwate	13/06/2008	6.90	AKT019
5478	Iwate	13/06/2008	6.90	AKT023
5482	Iwate	13/06/2008	6.90	AKTH04
5484	Iwate	13/06/2008	6.90	AKTH06
5617	Iwate	13/06/2008	6.90	IWT009
5637	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH05
5656	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH24
5658	Iwate	13/06/2008	6.90	IWTH26
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
5776	Iwate	13/06/2008	6.90	Kami, Miyagi Miyazaki City
5800	Iwate	13/06/2008	6.90	Yokote Masuda Tamati Masu
5804	Iwate	13/06/2008	6.90	Yamauchi Tsuchibuchi Yokote
5804	Iwate	13/06/2008	6.90	Yamauchi Tsuchibuchi Yokote
5807	Iwate	13/06/2008	6.90	Yuzama Yokobori
5807	Iwate	13/06/2008	6.90	Yuzama Yokobori
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
6875	Joshua Tree, CA	23/04/1992	6.10	Morongo Valley Fire Station

Tablo B.5: ZC sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
6928	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	LPCC
6971	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	SPFS
8164	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	IRIGM 487
8166	Duzce, Turkey	12/11/1999	7.14	IRIGM 498
8833	14383980	29/7/2008	5.39	Puddingstone Reservoir

Tablo B.6: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
6	Imperial Valley-02	19/05/1940	6.95	El Centro Array #9
30	Parkfield	28/06/1966	6.19	Cholame - Shandon Array #5
126	Gazli, USSR	17/05/1976	6.80	Karakyr
130	Friuli, Italy-02	15/09/1976	5.91	Buia
161	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Brawley Airport
169	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	Delta
171	Imperial Valley-06	15/10/1979	6.53	El Centro - Meloland Geot. Array
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
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
209	Imperial Valley-08	16/10/1979	5.62	Westmorland Fire Sta
232	Mammoth Lakes-01	25/05/1980	6.06	Mammoth Lakes H. S.
310	Taiwan SMART1(5)	29/01/1981	5.90	SMART1 M07
314	Westmorland	26/04/1981	5.90	Brawley Airport
315	Westmorland	26/04/1981	5.90	Niland Fire Station
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
412	Coalinga-05	22/07/1983	5.77	Pleasant Valley P.P. - yard
502	Mt. Lewis	31/03/1986	5.60	Halls Valley
529	N. Palm Springs	08/07/1986	6.06	North Palm Springs
547	Chalfant Valley-01	20/07/1986	5.77	Zack Brothers Ranch
558	Chalfant Valley-02	21/07/1986	6.19	Zack Brothers Ranch
562	Chalfant Valley-04	31/07/1986	5.44	Bishop - LADWP South St

Tablo B.6: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
595	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Bell Gardens - Jaboneria
602	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Burbank - N Buena Vista
614	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Downey - Birchdale
625	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Inglewood - Union Oil
627	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - Baldwin Hills
634	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	LA - Fletcher Dr
652	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Lakewood - Del Amo Blvd
668	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Norwalk - Imp Hwy, S Grnd
679	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Keck Lab
681	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Pasadena - CIT Lura St
692	Whittier Narrows-01	01/10/1987	5.99	Santa Fe Springs - E.Joslin
711	Whittier Narrows-02	04/10/1987	5.27	LA - 116th St School
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)
767	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #3
768	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #4
770	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Gilroy Array #7
776	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Hollister - South & Pine
778	Loma Prieta	18/10/1989	6.93	Hollister Differential Array
826	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Eureka - Myrtle & West
949	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Arleta - Nordhoff Fire Sta
953	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Beverly Hills - 14145 Mulhol
958	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Camarillo
960	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Canyon Country - W Lost Cany

Tablo B.6: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükük	İstasyon Kodu
964	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Compton - Castlegate St
981	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Inglewood - Union Oil
984	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - 116th St School
987	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Centinela St
993	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Fletcher Dr
998	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - N Westmoreland
1000	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Pico & Sentous
1003	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - Saturn St
1007	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Los Angeles - 7-story Univ Hospital (FF)
1008	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LA - W 15th St
1015	Northridge-01	17/01/1994	6.69	LB - Rancho Los Cerritos
1026	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Lawndale - Osage Ave
1044	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Newhall - Fire Sta
1045	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Newhall - W Pico Canyon Rd.
1063	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Rinaldi Receiving Sta
1076	Northridge-01	17/01/1994	6.69	Santa Fe Springs - E.Joslin
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	Sylmar - Converter Sta
1101	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Amagasaki
1106	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	KJMA
1106	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	KJMA
1115	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Sakai
1116	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Shin-Osaka
1116	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Shin-Osaka
1119	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Takarazuka

Tablo B.6: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
1120	Kobe, Japan	16/01/1995	6.90	Takatori
1176	Kocaeli, Turkey	17/08/1999	7.51	Yarimca
1203	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	CHY036
1491	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU051
1495	Chi-Chi, Taiwan	20/09/1999	7.62	TCU055
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
1646	Sierra Madre	28/06/1991	5.61	Pasadena - USGS/NSMP Office
2005	CA/Baja Border Area	22/02/2002	5.31	El Centro - Meadows Union School
2009	CA/Baja Border Area	22/02/2002	5.31	Holtville Post Office
2378	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU059
2429	Chi-Chi, Taiwan-02	20/09/1999	5.90	TCU141
2694	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY015
2706	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY032
2710	Chi-Chi, Taiwan-04	20/09/1999	6.20	CHY036
2943	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	CHY025
3215	Chi-Chi, Taiwan-05	22/09/1999	6.20	TCU123
3563	Taiwan SMART1(5)	29/01/1981	5.90	SMART1 M04
3717	Whittier Narrows-02	04/10/1987	5.27	LA - W 70th St
3749	Cape Mendocino	25/04/1992	7.01	Fortuna Fire Station
3754	Landers	28/06/1992	7.28	Indio - Jackson Road
3830	Yountville	03/09/2000	5.00	Napa - Napa College
3963	Tottori, Japan	06/10/2000	6.61	TTR006

Tablo B.6: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükük	İstasyon Kodu
4066	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - FROELICH
4081	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	Parkfield - Cholame 5W
4084	Parkfield-02, CA	28/09/2004	6.00	PARKFIELD - 1-STORY SCHOOL BLDG
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
4348	Umbria Marche, Italy	26/09/1997	6.00	Castelnuovo-Assisi
4391	Umbria Marche (aftershock 2), Italy	14/10/1997	5.60	Norcia-Altavilla
4393	Umbria Marche (aftershock 2), Italy	14/10/1997	5.60	Rieti
4853	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Joetsu City
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
4881	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Nagaoka Kouiti Town
4894	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki NPP, Unit 1: ground surface
4895	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	Kashiwazaki NPP, Unit 5: ground surface
5249	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG003
5268	Chuetsu-oki	16/07/2007	6.80	NIG022
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
5780	Iwate	13/06/2008	6.90	Iwadeyama
5785	Iwate	13/06/2008	6.90	Yoneyamacho Tome City
5797	Iwate	13/06/2008	6.90	Oomagari Hanazono-cho, Daisen
5803	Iwate	13/06/2008	6.90	Yokote Ju Monjimachi
5812	Iwate	13/06/2008	6.90	Kitakami Yanagiharach

Tablo B.6: ZD sınıfı zeminlerde kaydedilen kayıtlara ait bilgiler
(devamı)

KAYIT	Deprem İsmi	Tarihi	Büyükölük	İstasyon Kodu
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 GEOTHERMAL
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
5832	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	TAMAULIPAS
5836	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	El Centro - Meloland Geot. Array
5838	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	El Centro - Meloland Geotechnic
5969	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	Bonds Corner
5975	El Mayor-Cucapah	04/04/2010	7.20	Calexico Fire Station
6893	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	DFHS
6911	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	HORC
6927	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	LINC
6930	Darfield, New Zealand	03/09/2010	7.00	LRSC
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
8102	Christchurch, New Zealand	21/02/2011	6.20	LINC
8625	40204628	31/10/2007	5.45	San Jose; Fire Stat. 26 East
8887	14383980	29/7/2008	5.39	Santa Ana - I5 & 4th St
8958	14383980	29/7/2008	5.39	Compton; Cressey Park Fire Stat. 3 Rosec.

EK C. *F* Tablosu

Tablo C.1: Varyans analizi için *F* tablosu ($\sim=0.05$)

Payda Serbest. Derece.	Pay Serbestlik Derecesi									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.45	199.50	215.71	224.58	230.16	233.99	236.77	238.88	240.54	241.88
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
50	4.03	3.18	2.79	2.56	2.40	2.29	2.20	2.13	2.07	2.03
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
70	3.98	3.13	2.74	2.50	2.35	2.23	2.14	2.07	2.02	1.97
80	3.96	3.11	2.72	2.49	2.33	2.21	2.13	2.06	2.00	1.95
90	3.95	3.10	2.71	2.47	2.32	2.20	2.11	2.04	1.99	1.94
100	3.94	3.09	2.70	2.46	2.31	2.19	2.10	2.03	1.97	1.93

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Melike Tezel

Doğum Yeri ve Tarihi : Fethiye 13/01/1993

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta : meliketezel122@outlook.com

İletişim Adresi : Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü