

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



**BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ
BELİRLENMESİNDE DEPREM DÜŞEY BİLEŞENİNİN ETKİSİ**

MEHMET KÜRŞAT KOÇMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Fehmi ÇİVİCİ (Tez Danışmanı)
Dr. Öğr. Üyesi Altuğ YAVAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Serkan SAĞIROĞLU

BALIKESİR, NİSAN - 2022

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan “**Betonarme Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesinde Deprem Düşey Bileşeninin Etkisi**” başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Mehmet Kürşat KOÇMAN

(imza)

ÖZET

**BETONARME YAPILARIN DEPREM PERFORMANSININ
BELİRLENMESİNDE DEPREM DÜŞEY BİLEŞENİNİN ETKİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEHMET KÜRŞAT KOÇMAN
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ FEHİMİ ÇİVİCİ)
BALIKESİR, NİSAN - 2022**

Betonarme yapılar kendi ağırlıkları ve hareketli yükler altında tasarlandığı için depremin düşey bileşeninin etkisi genellikle ihmal edilmiştir. Son zamanlarda yaşanan depremlerin düşey ivme değerlerinin yatay ivme değerlerinden daha büyük olmasından oluşan hasarların da depremin düşey bileşeninin etkisiyle oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle depremin düşey bileşeninin etkisi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaya başlamıştır.

Bu tez çalışması kapsamında depremin düşey ivme bileşeninin etkisi TBDY-2018 yönetmeliğine uygun olarak tasarlanmış 5 farklı zemin sınıfında 4 farklı kat sayısına sahip düzgün simetrik betonarme binalar üzerinde incelenmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal analizlerde kullanılacak 11 adet deprem kayıtlarının seçiminde depremin büyüklüğü, süresi ve düşey ivme/ yatay ivme(V/H) oranları dikkate alınmış ve farklı karakterde depremler seçilmiştir. İlk olarak depremlerin iki yatay bileşeni aynı anda kullanılarak analizler yapılmış, daha sonra bu yatay deprem bileşenine düşey deprem bileşeni ilave edilerek analizler tekrarlanmıştır.

Yapılan analizlerde depremin düşey bileşeninin kolonlarda eksenel kuvvet ve tepe kat birleşim noktalarında düşey yer değiştirme değerlerini önemli oranda arttırdığı; taban kesme kuvveti, devrilme momenti ve yatay yer değiştirme değerleri üzerinde önemli bir değişikliğe yol açmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Kolonlardaki eksenel kuvvet değerinde artışa depremin düşey ivme/yatay ivme(V/H) oranıyla beraber yapı ağırlığının etkili olduğu sonucuna varılırken depremin süresinin ve büyüklüğünün bir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Yapılan analiz sonuçları neticesinde deprem düşey bileşeninin yeni yapılacak yapılarda dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELELER: Betonarme yapılar, deprem, yapı dinamiği

Bilim Kodları : 91102, 91104, 91128

Sayfa Sayısı : 73

ABSTRACT

**THE EFFECT OF VERTICAL COMPONENT ON DETERMINATION OF
EARTHQUAKE PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES
MSC THESIS
MEHMET KÜRŞAT KOÇMAN
BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
CIVIL ENGINEERING
(SUPERVISOR: ASSİST. PROF. DR FEHMİ ÇİVİCİ)
BALIKESİR, APRIL - 2022**

Since reinforced concrete structures are designed according to vertical loads under their own weight, the effect of the vertical component of the earthquake is usually neglected. The fact that the vertical acceleration values of recent earthquakes are greater than the horizontal acceleration values has led to the fact that the damage caused was also caused by the impact of the vertical component of the earthquake. For this reason, various studies have been conducted on the effect of the vertical component of the earthquake.

The effect of the vertical acceleration component of the earthquake on properly symmetrical reinforced concrete buildings with 4 different number of floors in 5 different soil classes designed in accordance with the TBDY-2018 regulation has been studied within the scope of this thesis study. In the selection of 11 earthquake records to be used in linear time history analysis, the magnitude, duration and vertical acceleration / horizontal acceleration (V/H) ratios of the earthquake were taken into account and earthquakes of different characters were selected. Firstly, analyses were made using two horizontal components of earthquakes at the same time, and then vertical earthquake component was added to these horizontal earthquake components and the analyses were repeated.

Axial force in the columns and the vertical component of the earthquake in the analysis of vertical displacement at peak times junctures significant increase in the values of the base shear force, moment and horizontal displacement on the values do not result in a significant change tipping it has been concluded that.

It was concluded that the increase in the axial force value on the columns was influenced by the vertical acceleration / horizontal acceleration (V/H) ratio of the earthquake, as well as the weight of the structure, while the duration and magnitude of the earthquake had no effect.

As a result of the analysis results, it was concluded that the vertical component of the earthquake should be taken into account in the new structures to be built.

KEYWORDS: Reinforced concrete structures, earthquakes, structure dynamics

Science Codes : 91102, 91104, 91128

Page Number : 73

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
KISALTMALAR LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
2. DEPREMİN DÜŞEY BİLEŞENİ	6
2.1 Farklı Deprem Yönetmeliklerinde Deprem Düşey Bileşeni	8
2.1.1 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007) ...	8
2.1.2 İran Deprem Yönetmeliği (Standard 2800).....	9
2.1.3 Hindistan Deprem Yönetmeliği (IS 1893)	10
2.1.4 Avrupa Deprem Yönetmeliği (Eurocode 8).....	10
2.1.5 Amerikan Deprem Yönetmeliği (ASCE/SEI 7-10).....	11
2.1.6 İsrail Deprem Yönetmeliği (SI 413)	12
2.1.7 Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği (Nzs 1170 – 2004)	13
2.1.8 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)	13
3. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNA PERFORMANS HEDEFLERİ VE UYGULANACAK TASARIM YAKLAŞIMLARI	16
3.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri	16
3.1.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)	16
3.1.2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)	16
3.1.3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)	16
3.1.4 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)	16
3.2 Bina Performans Düzeyleri.....	17
3.2.1 Kesintisiz Kullanım(KK) Performans Düzeyi	17
3.2.2 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi.....	17
3.2.3 Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi	17
3.2.4 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi	17
3.3 Bina Performans Hedefleri	17
3.4 Uygulanacak Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımları	18
3.4.1 Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımı (DGT).....	18
3.4.1.1 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı	19
3.4.1.2 Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi İle Deprem Hesabı.....	19
3.4.2 Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı (ŞGDT)	19
3.4.2.1 İtme Yöntemleri	20
3.4.2.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Deprem Hesabı	21
3.5 Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketlerinin Tanımlanması	21
3.5.1 Deprem Kayıtlarının Seçimi	21
3.5.2 Deprem Kayıtlarının Basit Ölçeklendirme Yöntemi ile Ölçeklendirilmesi.....	22

3.5.3 Deprem Kayıtlarının Spektral Uyuşum Sağlayacak Şekilde Dönüştürülmesi.....	22
4. YAPI ANALİZİ.....	23
4.1 Yapı Modeli Genel Bilgiler	23
4.1.1 Malzeme Bilgileri.....	25
4.1.1.1 Beton	25
4.1.1.2 Donatı Çeliği	26
4.1.2 Düşey Statik Yükler	26
4.1.3 Deprem Yer Hareketi Spektrumu.....	26
4.1.4 Yerel Zemin Etki Katsayıları	26
4.1.5 Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısı	27
4.1.6 Deprem Tasarım Sınıfı ve Bina Yükseklik Sınıfı	28
4.1.7 Deprem Yükü Katsayıları	28
4.1.8 Kütlelerin Modellenmesi.....	29
4.1.9 Yük Kombinasyonları	29
4.2 Modelleme Aşamasında Yapılan Kabuller	29
5. DEPREM KAYITLARININ SEÇİMİ VE KULLANIMI.....	31
6. ANALİZ SONUÇLARI	38
6.1 Modal Analiz Sonuçları	40
6.2 Zemin Sınıfının Depremin Düşey Bileşeni Üzerine Etkisi.....	42
6.3 Depremin Düşey Bileşeninin Taban Kesme Kuvveti, Taban Devrilme Momenti ve Tepe Kat Yatay Yer Değiştirme Değeri Üzerine Etkisi.....	47
6.4 Depremin Düşey Bileşeninin Tepe Kat Düşey Yer Değiştirme Değeri Üzerine Etkisi	51
6.5 Depremin Düşey Bileşeninin Taban Eksenel Kuvvet Değeri Üzerine Etkisi.....	58
6.6 Taban Eksenel Kuvvet ve Düşey Yer Değiştirme Arasındaki İlişki.....	65
6.6.1 Hooke Kanunu	65
6.7 Deprem Parametrelerinin Depremin Düşey Bileşeni Üzerine Etkisi.....	67
7. SONUÇLAR.....	69
8. KAYNAKLAR	71
ÖZGEÇMİŞ	73

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: M kütlesini taşıyan ve mesnetinde düşey ivmeye maruz olan bir kolon..	6
Şekil 2.2: Imperial Valley depremi sonrası düşey deprem etkisi sonucu yapı kolonlarında oluşan hasarı gösteren bir resim...	9
Şekil 4.1: Kolon donatı planı...	23
Şekil 4.2: Bina geometrisini gösteren tipik kalıp planı...	24
Şekil 4.3: 20 katlı model taşıyıcı sistem üç boyutlu görünümü.	25
Şekil 5.1: Imperial Valley depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.....	32
Şekil 5.2: Kobe depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği. ..	32
Şekil 5.3: Manjil depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.	32
Şekil 5.4: Kalamata depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.....	33
Şekil 5.5: Kocaeli depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.	33
Şekil 5.6: Düzce depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği..	33
Şekil 5.7: Montenegro depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.....	34
Şekil 5.8: Dursunbey depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.....	34
Şekil 5.9: Sitka depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği....	34
Şekil 5.10: Erzincan depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.....	35
Şekil 5.11: Northridge-01 depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.....	35
Şekil 5.12: Sap2000 V20 analiz programı deprem yükü tanımlama ekranı..	36
Şekil 5.13: Sap2000 V20 analiz programında dinamik yük durumları tanımlama ekranı..	37
Şekil 6.1: Zemin kat kolon numaralarının yerleşim planı üzerinde gösterilmiş hali..	38
Şekil 6.2: Depremin düşey ivme bileşeni etkisiyle 11 farklı deprem kaydının tepe kat kolon üst noktalarındaki ortalama düşey yer değiştirme değişim oranı..	52
Şekil 6.3: Depremin düşey ivme bileşeni etkisiyle 11 farklı deprem kaydının taban kolonlarındaki ortalama eksenel kuvvet değişim oranı.	59
Şekil 6.4: Düşey deprem etkisinin taban eksenel kuvvet değeri ve tepe kat düşey yer değişme değeri arasındaki ilişki.....	66

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut yüksek binalar (BYS=1) için performans hedeflerinde uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları.....	18
Tablo 4.1: TBDY-2018 Tablo2.1-Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları..	27
Tablo 4.2: TBDY-2018 Tablo2.1-1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.....	27
Tablo 4.3: Yerel zemin etki katsayıları.....	27
Tablo 5.1: Seçilen deprem kayıtları ve özellikleri.....	31
Tablo 5.2: Seçilen deprem kayıtlarına ait süre artış aralığı ve sayısını gösteren tablo.....	36
Tablo 6.1: Tepe kat kolonlarının üst birleşim noktalarının numaraların hangi taban kolonların hizasında olduğunu gösteren tablo..	39
Tablo 6.2: 5 katlı yapının model analiz sonuçları.....	40
Tablo 6.3: 10 katlı yapının model analiz sonuçları.....	41
Tablo 6.4: 15 katlı yapının model analiz sonuçları.....	41
Tablo 6.5: 20 katlı yapının model analiz sonuçları.....	42
Tablo 6.6: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin taban eksenel kuvvet değerine etkisi.....	43
Tablo 6.7: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin taban kesme kuvveti değerine etkisi.....	44
Tablo 6.8: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin taban devrilme momenti değerine etkisi.....	45
Tablo 6.9: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin tepe kat yatay ve düşey yer değiştirme değerlerine etkisi..	46
Tablo 6.10: Kocaeli depreminin ZE zemin sınıfı için depremin düşey bileşeninin taban kesme kuvveti değeri üzerine etkisi.....	48
Tablo 6.11: Kocaeli depreminin ZE zemin sınıfı için depremin düşey bileşeninin taban devrilme momenti değeri üzerine etkisi..	49
Tablo 6.12: Kocaeli Depreminin ZE zemin sınıfı için depremin düşey bileşeninin tepe kat yatay yer değiştirme değeri üzerine etkisi..	50
Tablo 6.13: 11 farklı deprem kaydının 5 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.....	54
Tablo 6.14: 11 farklı deprem kaydının 10 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.....	55
Tablo 6.15: 11 farklı deprem kaydının 15 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.....	56
Tablo 6.16: 11 farklı deprem kaydının 20 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.....	57
Tablo 6.17: 11 farklı deprem kaydının 5 katlı model üzerindeki taban kolonlarının eksenel kuvvet değerlerindeki değişim oranı..	61
Tablo 6.18: 11 farklı deprem kaydının 10 katlı model üzerindeki taban kolonlarının eksenel kuvvet değerlerindeki değişim oranı..	62
Tablo 6.19: 11 farklı deprem kaydının 15 katlı model üzerindeki taban kolonlarının eksenel kuvvet değerlerindeki değişim oranı..	63
Tablo 6.20: 11 farklı deprem kaydının 20 katlı model üzerindeki taban kolonlarının eksenel kuvvet değerlerindeki değişim oranı..	64
Tablo 6.21: 11 farklı deprem kaydında değişim oranlarının en yüksek olduğu kat seviyesi..	67

SEMBOL LİSTESİ

A	: Kesit alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi katsayısı
A_h	: Yatay tasarım sismik yapı katsayısı
a_g	: İvmenin genliği
c	: Elastik yer değiştirme dalgasının eksen boyunca yayılma hızı
D	: Ölü yük
E	: Elastisite modülü
EE_x	: Deprem x doğrultusunda oluşturacağı etki
EE_y	: Deprem y doğrultusunda oluşturacağı etki
EE_z	: Deprem z doğrultusunda oluşturacağı etki
EL_x	: X doğrultusundaki deprem yükü
EL_y	: Y doğrultusundaki deprem yükü
EL_z	: Z doğrultusundaki deprem yükü
E_h	: Yatay deprem etkisi
E_v	: Düşey deprem etkisi
E_d^Z	: Düşey deprem etkisi
E_d^H	: Doğrultu birleşmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisi
G	: Sabit yük etkisi
h	: Yükseklik
H	: Yatay zemin etkisi
I	: Bina önem katsayısı
M	: Eleman tarafından taşınan kütle
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
S	: Zemin katkısı (SI413)
S	: Kar yükü etkisi (TBDY2018)
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
t	: Zaman
$u(x,t)$: Elemanın yatay kesitinin eleman tabanına göre yer değiştirmesi
$\ddot{u}_g(t)$: Eleman mesnetindeki düşey ivme
V/H	: Düşey ivme değerinin yatay ivme değerine oranı
Z	: Bölge faktörü (IS1893)
Z	: Beklenen yer ivmesi katsayısı (SI413)
Q	: Hareketli yük etkisi
Q_E	: Yatay deprem kuvveti
w_g	: Açısal frekans
W	: Yapısal eleman üzerindeki yüklü ağırlık
W_{min}	: Yapısal eleman üzerindeki minimum servis yüklü ağırlık
ρ	: Malzemenin yoğunluğu
ρ	: Fazlalık katsayısı (ASE/SEI7-10)

KISALTMALAR LİSTESİ

BYS	: Bina yükseklik sınıfı
DD – 1	: Deprem yer hareketi düzeyi-1
DD – 2	: Deprem yer hareketi düzeyi-2
DD – 3	: Deprem yer hareketi düzeyi-3
DD – 4	: Deprem yer hareketi düzeyi-4
DTS	: Deprem tasarım sınıfı
DGT	: Dayanıma göre tasarım
GÖ	: Göçmenin önlenmesi performans düzeyi
KH	: Kontrollü hasar performans düzeyi
KK	: Kesintisiz kullanım performans düzeyi
ŞGDT	: Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme ve tasarım
TBDY-2018	: Türkiye bina deprem yönetmeliği - 2018

ÖNSÖZ

Tez süresi boyunca yardımlarını ve desteğini hiç esirgemeyen danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Fehmi ÇİVİCİ' ye, bana ofisini açan arkadaşım Ahmet Faruk Bakkal'a ve ihtiyacım olan her anda bana yardımlarını esirgemeyen can dostum Hasan Güven'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım esnasında bana gerekli anlayış ve özveri gösteren çalıştığım kurum EÜAŞ Genel Müdürlüğü yönetici ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarında bana her zaman güvenen ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Balıkesir, 2022

Mehmet Kürşat KOÇMAN

1. GİRİŞ

Doğal afetler içerisinde önceden bir uyarı olmadan meydana gelen deprem ancak tsunami ve heyelan gibi bazı nadir durumlar dışında insan hayatına bir tehdit oluşturmaz. Burada asıl sorun depremin kendisi değil deprem etkisindeki yapının davranışdır. Bu nedenle yapı dinamiğinin ana problemi deprem anında yapıda meydana gelebilecek olan titreşim hareketlerini inceleyerek bina taşıyıcı sisteminin depreme dayanıklı olarak yapılmasını sağlamaktır. Deprem anında can kaybına yol açan asıl sorun depremin kendisi değil de deprem etkisindeki yapının depreme dayanıklı olarak yapılmamış olması ise inşaat mühendislerinin ilk yapması gereken depremi tanımak ve deprem etkilerini anlayarak tasarım yapmak olmalıdır [1].

Bir yapının depreme dayanıklı olarak tasarlanmasındaki amaç o yapının inşaat edildiği yerde oluşması beklenen en şiddetli depremde dahi yıkılmadan ayakta kalabilmesini sağlayarak can kaybını önlemektir.

Yerküre çeşitli katmanlardan oluşmaktadır. En dış katmanı oluşturan litosfer tabakası tek parçaymış gibi gözükse de aslında çok sayıda devasa kütlelerin bir yap-boz parçası gibi birbirine geçmesinden oluşmaktadır. Tektonik levha ya da plaka adı verilen bu devasa kütleler yerkürenin çok sıcak çekirdek bölgesinden daha soğuk olan dış bölge litosfere doğru oluşan konveksiyon akımı nedeniyle birbirine göre göreceli hareket etmektedir. Bir levhanın yılda ortalama 5(beş) santimetre yol aldığı düşünüldüğünde bu hareketin çok yavaş olduğu düşünülse de oluşan gerilme birikimi yeterli büyüklüğe ulaştığında dış kabuğu yırtarak “fay” adıyla adlandırılan zayıf düzlem boyunca hareket eder. Biriken gerilmeler nedeniyle yırtılan fay bir enerji ortaya çıkarır ve yerkürede sönmülenerik uzaklara yayılan titreşim dalgaları oluşturur. Bu dalgaların yayılarak yer yüzeyini sarsma olayına deprem, bu enerjinin ilk çıktığı noktaya ise odak noktası denir. Odak noktasından yayılmaya başlayan dalgalar tüm doğrultularda hareket ederek yayılır. Dalgaların geçtiği her yer sarsılmakla birlikte depremin etkisi ortaya çıkan toplam enerjinin büyüklüğüne, enerjinin sönmülenerik yayılması sebebiyle odaktan uzaklığına ve zemin sınıfına göre farklılıklar göstermektedir [1,2].

Deprem doğası gereği üç boyutlu olarak hareket ettiğinden yapıya da hem yatayda hem de düşeyde etki yapmaktadır. Deprem odağına yakın dış merkezliklerde düşey etki yatay

etkiden daha fazla olurken uzaklaştıkça yatay etki daha fazla olmaktadır. Mevcut deprem kayıtlarına bakıldığında genelde yatay bileşenin düşey bileşenden daha yüksek ivme değerleri üretmesi ve yapı tasarlanırken düşey yükler altında büyük bir emniyet katsayısı uygulamasının yeterli olduğu düşünüldüğünden depremin düşey bileşen etkisine yeterince önem verilmemiştir. Ancak yakın geçmişte ülkemizde ve dünyada alışılmışın üzerinde düşey deprem ivmeleri kaydedilmiş ve bu depremlerde oluşan hasarların depremin yatay bileşeninden daha çok düşey bileşenin etkisiyle oluştuğu görülmüştür.

Bir depremin ivmesinin deprem istasyonunun odak noktasına uzaklığına göre farklı ölçüldüğü bu nedenle de her istasyonda farklı ivme değerleri ölçüldüğü unutulmamalıdır.

M.E. Aydemir ve S. Jakayev'in çalışmalarında belirttiği gibi 1958 senesinde Amerikan sismoloğu Richter: "Çalışılan hipotezden ziyade, sabitlenmiş, gerçek olarak daha az kabul edilmesi gereken kanıtlar vardır; merkez üssü çevresinde merkezden uzak yerlere ziyade, depremin dikey hareket bileşeni, yatay bileşenlere göre daha büyüktür" ifadesinde bulunmuştur [3].

Depremin düşey bileşeninin etkisini anlamak üzere yapılan çalışmalar son zamanlarda giderek artmaktadır. Bunun nedeni olarak düşey ivme değerlerinin yatay ivme değerlerinden daha büyük olan depremlerin sayısının artması, deprem sonrası yıkılan binalardaki hasarların depremin düşey bileşen etkisiyle oluşması gösterilebilir. Bu kapsamda yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Y. Genç'in çalışmalarında belirtildiği gibi 1990 yılında Watabe ve arkadaşları tarafından ABD' de kayıt altına alınan kuvvetli yer hareketleri üzerine çalışma yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda yatay ve düşey ivme bileşenleri arasında bir bağlantı olduğu yatay spektrumdan düşey ivme spektrumunun bazı kurullarla üretilebileceği öne sürülmüştür [4].

M.E. Aydemir ve S. Jakayev'in çalışmalarında belirttiği gibi 1996 yılında Papazoglou ve Elnashai tarafından yapılan çalışmada depremin V/H oranının 2/3 değerinden büyük olan 3 adet depremin binalarda verdiği hasarı incelemişlerdir. Saha gözlemleri sonucunda deprem sırasında binaların sadece kesme veya eğilme kapasitesini aşmasından hasar görmediği depremin düşey bileşenin etkisiyle oluşan aşırı eksenel gerilmelerden de olabileceğini kanıtlamışlar [3].

Y. Genç'in çalışmalarında belirtildiği gibi 2002 yılında Gürel ve Kısa tarafından yapılan çalışmada depremin düşey bileşenin bazı betonarme taşıyıcı sistemler üzerindeki muhtemel etkilerini ve hasar potansiyellerini incelemiştir. Yaptıkları bu çalışmada depremin düşey bileşenin bazı yapı elemanlarında ciddi etkilerinin olabileceği ve bu yüzden ihmal edilmemesi gerektiğini ortaya koymuşlardır [4].

Y. Genç'in çalışmalarında belirtildiği gibi 2004 yılında Bozorgnia ve Campbell tarafından yapılan çalışmada tasarımlarda düşey spektral ivmenin yatay spektral ivmenin 2/3'ü şeklinde kullanılmasının faya yakın orta ve büyük depremler için yetersiz olduğunu öne sürmüşlerdir [4].

Y. Genç'in çalışmalarında belirtildiği gibi 2004 yılında Rahai tarafından yapılan çalışmada depremin yalnızca yatay bileşenin etkimesi durumu ile yatay ve düşey bileşenlerinin birlikte etkimesi durumunda kolonlardaki değişimi incelemiştir. Yaptığı çalışmayla eksenel kuvvetin değişiminin yatay kuvvetle orantılı olmadığı düşey ivmenin kolonlardaki eksenel kuvvet değerini %25'den fazla değiştirdiği sonucuna varmıştır [4].

Y. Genç'in çalışmalarında belirtildiği gibi 2007 yılında Kalkan ve Graizer yapmış oldukları çalışmada fay kırılmasının olduğu bölgelerde düşey deprem etkisinin yatay deprem etkisinin 2 katını aştığı sonucuna ulaşmışlardır [4].

M.E. Aydemir ve S. Jakayev'in çalışmalarında belirttiği gibi 2008 yılında Kim ve Elnashai yapmış oldukları analitik ve deneysel çalışmalarının sonunda betonarme yapıların daha çok yatay ve düşey deprem etkisinin birleşiminden hasar gördüklerini tespit etmişlerdir. Tasarımda düşey deprem etkisinin dikkate alınması gerektiği sonucuna varmışlardır [3].

Y. Genç'in çalışmalarında belirtildiği gibi 2010 yılında Kadid ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda rijit, yarı rijit ve esnek betonarme yapıların, depremin yatay ve düşey ivme bileşenin birleşmesi sonucu yapılarda meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Yaptıkları bu çalışmalar sonunda kolonlardaki eksenel kuvvet ve kirişlerdeki düşey yer değiştirme değerlerinin büyük ölçüde etkilenebileceği sonucuna varmışlardır [4].

G. Eren'in çalışmalarında belirttiği gibi 2012 yılında Hongliu Xia ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda depremin sadece yatay bileşenin etkimesi durumuyla yatay

bileşenin düşey bileşenle beraber etkimesi durumu arasındaki performansını karşılaştırmıştır. Yapılan çalışma sonunda depremin sadece yatay bileşenin etkimesi durumunda mafsallaşmanın kiriş uçlarında olduğunu ancak yatay bileşenin düşey bileşenle beraber etkimesi durumunda kolonlarda mafsallaşmanın arttığı ve bu mafsallaşmanın orta kat iç kolonlarında artmakta olduğu sonucuna varmışlardır [5].

2014 yılında Eren tarafından yapılan çalışmada düşey deprem bileşenin kolon ve perdelerde normal kuvvette artışa sebep olduğu yatay yer değiştirmeler ve taban kesme kuvveti üzerinde belirgin bir değişikliğe neden olmadığı sonucuna varılmıştır [5].

2018 yılında Aydemir ve Jakayev tarafından depremin düşey bileşenin yapısal davranışa etkisinin incelenmesi amacıyla analitik çalışma yapmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda deprem kayıtlarının yatay bileşenine düşey bileşenin eklenmesi durumunda yapı kolonlarındaki normal kuvvetler göz ardı edilemeyecek düzeyde artış göstermiş, kolonlardaki kesme kuvvetleri düzeyinde önemli bir artış gözlenmemiştir [3].

2019 yılında Alzadeh tarafından yapılan analitik çalışma sonucunda düşey deprem etkisinin kolonlarda normal kuvvet değerlerinde büyük bir etkisinin olduğu fakat kolon kesme kuvveti ve yatay yer değiştirme değerlerinde önemli bir değişime sebep olmadığı sonucuna varmıştır [6].

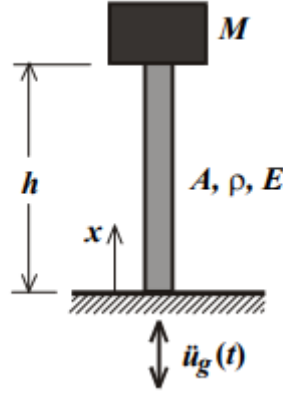
2019 yılında Celep ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma sonucunda düşey deprem etkisinin bina yüksekliği boyunca değiştiği, kolonlarda normal kuvveti arttırdığı ve devrilme momentinde değişikliğin önemsenmeyecek kadar az olduğu sonucuna varılmıştır[7].

Bu tez çalışması kapsamında depremin düşey bileşenin etkisini araştırmak amacıyla 11 adet gerçek deprem kaydının 5, 10, 15 ve 20 katlı modeller üzerinde zaman tanım alanında doğrusal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde yapının depremin sadece yatay bileşeni etkisi altındaki durumu ile deprem yatay bileşenine düşey bileşenin etkisi eklenerek oluşan durum arasındaki fark incelenmiştir. Bu kapsamda tasarlanan modelin taban kolonlarındaki aksenal kuvvet değerleri, taban kesme kuvveti değerleri ve devrilme momenti değerleri ile tepe kat kolon üst noktalarının yatay yer değiştirme ve düşey yer değiştirme değerlerin değişimine bakılmıştır. Değişimler oranlanarak yüzdesel artış veya

azalış miktarları belirlenmiştir. Taban kolonlarındaki aksenal kuvvet değerleri ile tepe kat düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranları kat sayısı değiştikçe farklılık göstermekle birlikte önemli ölçüde depremin düşey bileşeninden etkilendiği görülmüştür.

2. DEPREMİN DÜŞEY BİLEŞENİ

Depremiñ düşey bileşeni yapının aşağı ve yukarı yönlü hareketinde etkilidir. Bu etkiden en çok etkilenen yapı elemanları kolonlar, uzun açıklıklı kirişler ve döşemeler olmaktadır. Basınç kuvvetinin daha çok etki ettiği kolonlara ait depremin düşey bileşeni altındaki dinamik davranışını incelemek için Şekil 2.1’de gösterilen modeli göz önüne alalım [8].



Şekil 2.1: M kütlesini taşıyan ve mesnetinde düşey ivmeye maruz olan bir kolon.

Bu şekilde sırasıyla h yükseklik, A kesit alanı, ρ malzemenin yoğunluğu, M eleman tarafından taşınan kütle, E elastisite modülü, $\ddot{u}_g(t)$ eleman mesnetindeki düşey ivmeyi göstermektedir. Bu ivmeyi harmonik bir ivme olarak $\ddot{u}_g(t)=a_g \sin(\omega_g t)$ şeklinde alalım. Burada ω_g açısal frekansı ve a_g ivmenin genliğidir. Ayrıca malzemenin doğrusal-elastik, elemanın burkulma olmayacak kadar tıknaz ve kesitin yükseklik boyunca sabit olduğu kabul edilsin. Bu kabuller doğrultusunda elemanın aksel titreşimini veren denklem

$$C^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial t^2} \quad (2.1)$$

şeklindedir. Bu denklemdeki t zamanı, $c=(E/\rho)^{1/2}$ yer değiştirme dalgasının yayılma hızını, $u(x,t)$ elemanın yatay bir kesitinin tabanına göre yer değiştirmesini ve x aksel koordinatı göstermektedir. (2.1) denkleminin çözümü Denklem (2.2) biçimindedir [8].

$$u_n(x,t) = (C_1 \cos \omega_n t + C_2 \sin \omega_n t) (C_3 \cos \frac{\omega_n x}{c} + C_4 \sin \frac{\omega_n x}{c}) \quad (2.2)$$

Eleman için sınır koşulları kullanılarak gerekli ara işlemler yapıldıktan sonra titreşim frekanslarını verecek (2.3) denkleminde ulaşırlır [8].

$$\frac{w_n h}{c} \tan \frac{w_n h}{c} = \frac{A h \rho}{M} \quad (2.3)$$

Bu denklem göz önüne alınacak bir eleman için sayısal olarak çözümlenerek titreşim frekansları belirlenebilir. Öte yandan titreşim teorisine göre bir sistemin doğal frekanslarından biri o sisteme dışarıdan etkiyen etkinin frekansı ile çakışırsa, sistemdeki yer değiştirmeler aşırı büyük değerlere ulaşır. Bu duruma rezonans adı verilmektedir. Dolayısıyla (2.3) denkleminde $w_n = w_g$ alındığında (2.4) denklemini rezonans koşulunu oluşturur [8].

$$\frac{w_g h}{c} \tan \frac{w_g h}{c} = \frac{A h \rho}{M} \quad (2.4)$$

Bu denklem yardımıyla bir basınç elemanının çeşitli frekanslardaki ($f_g = w_g / 2\pi$) düşey harmonik mesnet ivmeleriyle taşıyabileceği M kütleleri belirlenebilir [8].

Denklemlerden de görüleceği gibi depremin düşey bileşeninin yapı taşıyıcı sistemine etkisinin farklı değerlerden etkilendiği anlaşılmaktadır. Bu değerler; yapının ağırlığı, kolon en kesit alanı, kolon yüksekliği, yapının periyodu ve depremin düşey ivme değerinin büyüklüğüdür. Şekil 2.2’de Imperial Valley depremi sonrası düşey deprem etkisi sonucu yapı kolonlarında oluşan hasarı gösteren bir resim mevcuttur.

Bu çalışma kapsamında 4 farklı kat sayısında modeller oluşturularak yapının ağırlığının ve periyodunun farklı olması ve 11 farklı gerçek deprem kaydı kullanılarak da depremin düşey ivme değerinin farklı büyüklüklerde olması sağlanarak sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 2.2: Imperial Valley depremi sonrası düşey deprem etkisi sonucu yapı kolonlarında oluşan hasarı gösteren bir resim [9].

2.1 Farklı Deprem Yönetmeliklerinde Deprem Düşey Bileşeni

2.1.1 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY 2007)

Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmeliğe göre B3 türü düzensizliği bulunan binalara bazı kısıtlamalar getirilerek düşey deprem etkisinin azaltılması yoluna gidilmiştir. Bu kısıtlamalar aşağıdaki gibidir [10].

- a) Kolonların binanın herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan güselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemektedir.
- b) Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda, kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılmaktadır.

- c) Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemektedir.
- d) Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmemektedir.

2.1.2 İran Deprem Yönetmeliği (Standard 2800)

İran Deprem Yönetmeliğine göre, düşey deprem yükü aşağıdaki durumlarda dikkate alınmaktadır [4].

- a) Açıklıkları 15 m'yi geçen kirişler.
- b) Diğer uygulanan yüklere göre önemli derecede yoğun yüklere sahip kirişler. Önemli derecede yoğun yük, uygulanan diğer tüm yüklerin toplamının en az yarısı büyüklüğünde bir yükür.
- c) Balkonlar ve konsollar.

Yukarıda açıklanan (a) ve (b) maddeleri için düşey deprem yükü, Denkem (2.5) ile belirlenmektedir. Yukarıda açıklanan (c) maddesi için bu yük iki katına çıkartılmaktadır.

$$F_v = 0,7 A_0 I W_p \quad (2.5)$$

Denklem (2.5)'de yer alan, W_p yapı elemanlarının ağırlığının ve hareketli yükün toplamını, A_0 etkin yer ivme katsayısını, I bina önem katsayısını ifade etmektedir.

İDY'ye göre, düşey ve yatay deprem yükleri için aşağıdaki yük kombinasyonları dikkate alınmaktadır.

- Herhangi bir doğrultuda yatay deprem yükünün yüzde 100'ü, buna dik doğrultudaki yatay deprem yükünün yüzde 30'u ve düşey deprem yükünün yüzde 30'unun toplamı
- Düşey deprem yükünün yüzde 100'ü ve her iki birbirine dik doğrultudaki yatay deprem yüklerinin ayrı ayrı yüzde 30'unun toplamı

2.1.3 Hindistan Deprem Yönetmeliği (IS 1893)

Hindistan Deprem Yönetmeliğine göre yatay tasarım sismik yapı katsayısı A_h , Denklem (2.6) ile belirlenmektedir [4].

$$A_h = \frac{ZIS_a}{2Rg} \quad (2.6)$$

Denklem (2.6)'da yer alan, Z bölge faktörünü, I bina önem katsayısını, R taşıyıcı sistem davranış katsayısını, (S_a/g) ortalama tepki ivme katsayısını ifade etmektedir.

Düşey deprem hareketleri için tasarım ivme spektrumu, gerektiği zaman, yukarıda tanımlanan yatay tasarım ivme spektrumunun 2/3'ü alınabilmektedir.

Yük kombinasyonlarında depremin üç doğrultusu için;

$$\begin{aligned} &\pm EL_x \pm 0,30 EL_y \pm 0,30 EL_z \\ &\pm EL_y \pm 0,30 EL_x \pm 0,30 EL_z \\ &\pm EL_z \pm 0,30 EL_x \pm 0,30 EL_y \end{aligned} \quad (2.7)$$

Olarak tanımlanmaktadır.

Denlem (2.7)'de yer alan, EL_x x doğrultusundaki deprem yükünü, EL_y y doğrultusundaki deprem yükünü, EL_z z doğrultusundaki deprem yükünü ifade etmektedir.

2.1.4 Avrupa Deprem Yönetmeliği (Eurocode 8)

Avrupa yönetmeliklerinde, betonarme yapıların tasarımı düzenlenirken “Eurocode 2”, depreme dayanıklı yapı tasarımında ise “Eurocode 8” kuralları dikkate alınmaktadır [4].

Düşey doğrultudaki tasarım ivmesinin 0,25g'den büyük olduğu zaman aşağıda belirtilen durumlarda dikkate alınması gerektiği ifade edilmiştir.

- Açıklığı 20 m veya 20 m üzeri olan yatay veya neredeyse yataya yakın elemanlar,
- 5 m den daha uzun yatay veya neredeyse yataya yakın konsol elemanlar,
- Yatay veya neredeyse yataya yakın öngermeli elemanlar,

- d) Kolonları taşıyan kirişler,
- e) Deprem yalıtım sistemli yapılar.

Yük kombinasyonlarında depremin üç doğrultusu için;

$$\begin{aligned} & EEdx + 0,30 EEdy + 0,30 EEdz \\ & 0,30 EEdx + EEdy + 0,30 EEdz \\ & 0,30 EEdx + 0,30 EEdy + EEdz \end{aligned} \quad (2.8)$$

Olarak tanımlanmaktadır.

Denlem (2.8)'de yer alan, EEdx depremin x doğrultusunda oluşturacağı etki, EEdy depremin y doğrultusunda oluşturacağı etki ve EEdz ise depremin z doğrultusunda oluşturacağı etkiyi ifade etmektedir.

2.1.5 Amerikan Deprem Yönetmeliği (ASCE/SEI 7-10)

Amerikan Deprem Yönetmeliğine göre, deprem yükü E, Denklem (2.9)'a göre belirlenmektedir [4].

$$E = E_h \mp E_v \quad (2.9)$$

Denklem (2.9)'da yer alan E_h yatay deprem etkisini, E_v ise düşey deprem etkisini ifade etmektedir.

Yatay deprem etkisi, yatay deprem kuvveti Q_E ve fazlalık katsayısı ρ 'ya bağlı olarak Denklem (2.10)'a göre belirlenmektedir.

$$E_h = \rho Q_E \quad (2.10)$$

Yatay deprem etkileri birbirine dik iki doğrultuda binaya etkittirilmektedir. Söz konusu yatay etkileri birleştirilirken, bir yöndeki deprem etkisinin %100'ü, diğer yöndeki deprem etkilerinin de %30'u alınmaktadır.

Sismik tasarım sınıfı B ve C olan yapılarda ρ katsayısı 1,00 alınmaktadır. Sismik tasarım sınıfı D, E ve F olan yapılarda ise, aşağıda belirtilen iki koşuldan biri sağlanmadığı sürece ρ katsayısı 1,30 alınmaktadır. Aksi durumda ρ katsayısı 1,00 alınmaktadır. Yapılacak analizlerde, aşağıda yer alan her iki koşul da sağlandığı için ρ katsayısı 1,00 alınmıştır.

- a) Çerçeve sistemli yapılar için; tek bir kirişin her iki ucundaki kiriş-kolon bağlantılarındaki mukavemet momentinin dikkate alınmadığı durumda, kat dayanımında %33 den fazla bir azalmaya neden olmayan ve aşırı burulma düzensizliği bulunmayan binalar.
- b) Birbirine dik olan her bir doğrultuda yatay yüklere karşı koyan, en az 2 açıklıktan oluşan düzenli binalar.

Düşey deprem etkisi, kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı S_{DS} 'ye ve ölü yük D 'ye bağlı olarak Denklem (2.11)'e göre belirlenmektedir.

$$E_v = 0,2S_{DS}D \quad (2.11)$$

Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısının $S_{DS} \leq 0,125$ olduğu durumlarda düşey deprem etkisi 0 alınabilmektedir.

2.1.6 İsrail Deprem Yönetmeliği (SI 413)

Düşey deprem etkisi konsollar, öngermeli betonarme kirişler ve kolonların oturduğu kirişlerin tasarımında dikkate alınmaktadır. Eşdeğer statik analizde düşey deprem yükü F_v , sadece yükün bu bileşenine duyarlı olan elemanlarına uygulanır. (öngermeli kirişler, konsollar, kolon taşıyan kirişler vb.) Bu kuvvet aşağıda gösterilen Denklem (2.12), (2.13) ve (2.14)'e göre hesaplanır [4].

- a) Üzerinde hareketli yük olmayan yatay konsollarda;

$$F_v = \mp \left(\frac{2}{3}\right) ZW \quad (2.12)$$

- b) Öngermeli betonarme kirişlerde,

$$F_V = W_{min}(1 - 1,5ZIS) \geq 0,5W_{min} \quad (2.13)$$

c) Açıklıklarında kolon taşıyan kirişlerde,

$$F_V = W(1 - 2/3ZIS) \quad (2.14)$$

Denklem (2.12), (2.13) ve (2.14)'de yer alan; I bina önem katsayısını, Z beklenen yatay yer ivmesi katsayısını, S zemin katsayısını, W yapısal eleman üzerindeki yüklü ağırlığı, W_{min} yapısal eleman üzerindeki minimum servis yüklü ağırlığı ifade etmektedir.

2.1.7 Yeni Zelanda Deprem Yönetmeliği (Nzs 1170 – 2004)

Bu yönetmelikte mevcut yatay spektrumu 0.7 katsayısıyla çarpılması sonucu elde edilen spektrum, düşey tasarım spektrumu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, faya 10 km den daha yakın bölgeler için yapı periyodunun 0,3 sn den daha az olduğu durumlarda, bu katsayının yataya eşdeğer değer olan 1 katsayısı olarak kullanılmasını önermektedir [6].

2.1.8 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY 2018)

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) 1, 1a, 2 ve 2a olarak sınıflandırılan ve aşağıdaki elemanları içeren binalarda düşey deprem hesabı, bu elemanların yerel düşey titreşim modları esas alınarak sadece bu elemanlar için düşey elastik ivme spektrumuna göre mod birleştirme yöntemi ile yapılacaktır. $E_d^{(Z)}$ 'in bu şekilde hesabında tüm taşıyıcı sistemler için R/I ve D=1 alınacaktır [11].

- a) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 20 m veya daha fazla olan kirişleri içeren binalar
- b) Açıklıklarının yataydaki izdüşümü 5 m veya daha fazla olan konsolları içeren binalar
- c) Kirişlere oturan kolonları içeren binalar
- d) Kolonları düşeye göre eğimli olan binalar

Bu elemanların dışındaki taşıyıcı sistem kısımlarında ve yukarıda açıklanan tanımın dışında kalan binalarda düşey deprem etkisi $E_d^{(Z)}$, özel bir hesap yapılmaksızın Denklem (2.15) ile yaklaşık olarak hesaplanacaktır.

$$E_d^Z \approx \left(\frac{2}{3}\right) S_{DS} G \quad (2.15)$$

Denklem (2.15)'de yer alan, G sabit yük etkisini, S_{DS} ise kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısını göstermektedir.

TBDY'ye göre, deprem etkisini içeren yük birleşimleri Denklem (2.16) ve (2.17)'ye göre yapılmaktadır.

$$G + Q + 0,2S + E_d^H + 0,3E_d^Z \quad (2.16)$$

$$0,9G + H + E_d^H - 0,3E_d^Z \quad (2.17)$$

Burada Q hareketli yük etkisini, S kar yükü etkisini, H yatay zemin etkisi etkisini, E_d^H doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisini, E_d^Z ise z doğrultusundaki depremin etkisi altında tasarıma esas deprem etkisini ifade etmektedir.

Yatay deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin deprem hesabında yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularında tanımlanan depremlerden oluşan deprem etkileri Denklem (2.18) ve (2.19) tanımlandığı şeklinde birleştirilecektir.

$$E_d^H = \mp E_d^X \mp 0,3E_d^Y \quad (2.18)$$

$$E_d^H = \mp 0,3E_d^X \mp E_d^Y \quad (2.19)$$

Burada E_d^X ve E_d^Y herhangi bir kesitte birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularındaki depremlerin etkisi altında hesaplanan tasarıma esas deprem etkilerini, E_d^H ise doğrultu birleştirmesi uygulanmış tasarıma esas toplam deprem etkisini simgelenmektedir [11].

TBDY, yatay deprem etkisine benzer şekilde, düşey deprem etkisi için üç uygulama yöntemi vermiştir. Birinci yöntem öngörülen spektrum ile uyumlu uygun deprem ivme kayıtlarını seçerek, zaman tanım alanında çözüm yapılmasıdır. İkinci yöntem, öngörülen spektrumu kullanarak yapılan mod birleştirme yöntemi uygulaması ile tasarım kesit kuvvetleri ve momentlerinin elde edilmesidir. Bu iki yöntem herhangi bir kısıtlama olmadan kullanılabilir. Üçüncü ve göreceli en kolay olan uygulama yöntemi, düşey deprem

etkisinin, dūşey olarak ařađı ve yukarı yōnde uygulanan ađırlık yūkū gibi kabul edilmesidir. Ancak, ūçūncū adımın uygulanabilmesi için dūşey dūzensizliđin sınırlı ve depremselliđin dūşūk olması ($S_{SD} < 0.50$) gerekir. Bu içerikte dūşey yapısal dūzensizlik, Tūrkiye Bina Deprem Yōnetmeliđinde (a) kiriřin açıklıđının 20m'den būyūk olması, (b) konsol kiriřin 5m'den uzun olması, (c) kiriřin kolona mesnetlik yapması ve (d) dūşey dođrultuda olmayan kolonun bulunması, durumları olarak tanımlanır [7].

3. DEPREM ETKİSİ ALTINDA BİNA PERFORMANS HEDEFLERİ VE UYGULANACAK TASARIM YAKLAŞIMLARI

TBDY-2018’de deprem etkisi altında bina performans hedefleri deprem yer hareketi düzeyleri altında hedeflenen bina performans düzeylerini ifade eder [11].

3.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyleri

TBDY 2018 kapsamında aşağıda belirtilen dört farklı deprem yer hareketi düzeyi tanımlanmıştır

3.1.1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-1 (DD-1)

DD-1 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerinin 50 yılda aşılma olasılığının %2 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 2475 yıl olduğu çok seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, göz önüne alınan en büyük deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.1.2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-2 (DD-2)

DD-2 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerinin 50 yılda aşılma olasılığının %10 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 475 yıl olduğu seyrek deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, standart tasarım deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.1.3 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-3 (DD-3)

DD-3 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerinin 50 yılda aşılma olasılığının %50 ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 72 yıl olduğu sık deprem yer hareketini nitelemektedir.

3.1.4 Deprem Yer Hareketi Düzeyi-4 (DD-4)

DD-4 Deprem Yer Hareketi, spektral büyüklüklerinin 50 yılda aşılma olasılığının %68 (30 yılda aşılma olasılığı %50) ve buna karşı gelen tekrarlanma periyodunun 43 yıl olduğu çok sık deprem yer hareketini nitelemektedir. Bu deprem yer hareketi, servis deprem yer hareketi olarak da adlandırılmaktadır.

3.2 Bina Performans Düzeyleri

TBDY 2018’de Bina Performans Hedeflerinin tanımına esas olmak üzere, deprem etkisi altında bina taşıyıcı sistemleri için Bina Performans Düzeyleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

3.2.1 Kesintisiz Kullanım(KK) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında yapısal hasarın meydana gelmediği veya hasarın ihmal edilebilir ölçüde kaldığı duruma karşı gelmektedir.

3.2.2 Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında sınırlı düzeyde hasarın meydana geldiği, diğer deyişle doğrusal olmayan davranışın sınırlı kaldığı hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.2.3 Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında çok ağır olmayan ve çoğunlukla onarılması mümkün olan hasar düzeyine karşı gelmektedir.

3.2.4 Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi

Bu performans düzeyi, bina taşıyıcı sistem elemanlarında ileri düzeyde ağır hasarın meydana geldiği göçme öncesi duruma karşı gelmektedir. Binanın kısmen veya tamamen göçmesi önlenmiştir.

3.3 Bina Performans Hedefleri

3.1’de tanımlanan dört deprem yer hareketi düzeyi için TBDY-2018 kapsamındaki binalara uygulanmak üzere, Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1, 2, 3, 3a, 4, 4a için tanımlanan Normal Performans Hedefleri ile Deprem Tasarım Sınıfı DTS= 1a, 2a için tanımlanan İleri Performans Hedefleri aşağıdaki Tablo 3.1’deki gibidir.

Tablo 3.1: Deprem tasarım sınıflarına göre yeni yapılacak veya mevcut yüksek binalar (BYS=1) için performans hedeflerinde uygulanacak değerlendirme/tasarım yaklaşımları.

	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/ Tasarım Yaklaşımı
DD-4	KK	DGT		
DD-3			SH	ŞGDT
DD-2	KH	DGT	KH	DGT
DD-1	GÖ	ŞGDT	KH	ŞGDT

3.4 Uygulanacak Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımları

TBDY-2018’de hesap esasları verilen Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) yaklaşımı bulunmaktadır.

3.4.1 Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımı (DGT)

Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımında öngörülen belirli bir performans hedefi için tanımlanan taşıyıcı sistem süneklik kapasitesine gelen azaltılmış deprem yükleri belirlenir. Azaltılmış deprem yükleri altında taşıyıcı sistemin doğrusal deprem hesabı yapılır. Bu hesaptan eleman azaltılmış iç kuvvetlerle birleştirilerek dayanım talepleri elde edilir. Eleman dayanım talepleri, öngörülen performans hedefi için tanımlanmış bulunan eleman iç kuvvet kapasiteleri (dayanım kapasiteleri) ile karşılaştırılır. Deprem hesabından elde edilen görelî kat ötelemeleri izin verilen sınırlarla karşılaştırılır. Dayanım taleplerinin dayanım kapasitelerinin altında olduğu ve aynı zamanda görelî kat ötelemelerinin izin verilen sınırların altında olduğu gösterilerek tasarım tamamlanır. Aksi durumda eleman kesitleri değiştirilir ve hesap tekrarlanır.

Dayanıma Göre Tasarım (DGT) hesap esasları TBDY-2018 Bölüm 13’te açıklanan Yüksek Binaların tasarımı, Bölüm 14’te açıklanan Deprem Yalıtımlı Binaların tasarımı ve Bölüm 15’te açıklanan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi dışında yönetmelikte belirtilen tüm binaların temel hesap esasları olarak uygulanacaktır.

TBDY-2018 Bölüm 13’te DD-2 deprem yer hareketinin etkisi altında Kontrollü Hasar (KH) performans hedefini sağlamak üzere yüksek binanın Dayanıma Göre Tasarım (DGT) yaklaşımı ile ön tasarımı- boyutlandırılması yapılacaktır. Bu kapsamda Mod Birleştirme

Yöntemi veya Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi ile üç boyutlu doğrusal hesap yapılacaktır.

Deprem etkisi altında taşıyıcı sistemin modal davranışını esas alan Modal Hesap Yöntemleri; deprem spektrumu ile hesaba dayalı Mod Birleştirme Yöntemi ve zaman tanım alanında hesaba dayalı Mod Toplama Yöntemidir.

3.4.1.1 Mod Birleştirme Yöntemi ile Deprem Hesabı

Mod Birleştirme Yönteminde, verilen bir deprem doğrultusunda deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak göz önüne alınan her bir titreşim modunda davranış büyüklüklerinin en büyük değerleri modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan, ancak eşzamanlı olmayan en büyük modal davranış büyüklükleri daha sonra istatistiksel olarak birleştirilerek en büyük davranış büyüklüklerinin yaklaşık değerleri elde edilir.

3.4.1.2 Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi İle Deprem Hesabı

Mod Toplama Yönteminde, depremin eşzamanlı olarak birbirine dik iki yatay doğrultuda etkidiğinin göz önüne alınması durumunda, her bir titreşim moduna ait modal davranış büyüklükleri zaman tanım alanında modal hesap yöntemi ile hesaplanır. Yeteri kadar titreşim modu için hesaplanan eşzamanlı modal davranış büyüklükleri daha sonra zaman tanım alanında doğrudan toplanarak davranış büyüklüklerinin zamana göre değişimi ve tasarımda esas alınmak üzere en büyük değerleri elde edilir.

Bu yöntemde mod katkıları doğrudan zaman tanım alanında toplandığından istatistiksel mod birleştirme kurallarının uygulanmasına gerek kalmamaktadır. Aynı anda birbirlerine dik yatay yer hareketi bileşenlerinin göz önüne alınabilmesi nedeni ile yaklaşık doğrultu birleştirme kurallarının uygulanmasına da gerek kalmamaktadır.

3.4.2 Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım Yaklaşımı (ŞGDT)

Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım yaklaşımında mevcut veya daha önce tasarımı yapılmış taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal olmayan modelleme yaklaşımları ile uyumlu iç kuvvet – şekildeğiştirme bağıntıları belirlenir. Öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak seçilen deprem yer hareketleri altında, taşıyıcı sistemin statik veya zaman tanım alanında dinamik artımsal yöntemlerle hesabı yapılır, doğrusal olmayan

sünek davranışa ilişkin şekildeğiştirme talepleri ile gevrek davranışa ilişkin dayanım talepleri elde edilir. Elde edilen şekildeğiştirme ve iç kuvvet talepleri, öngörülen performans hedefleri ile uyumlu olarak tanımlanan şekildeğiştirme ve dayanım kapasiteleri ile karşılaştırılır. Mevcut binalar için şekildeğiştirme ve dayanım taleplerinin bunlara karşı gelen şekildeğiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında olduğu veya onları aştığı gösterilerek Şekildeğiştirmeye göre değerlendirme tamamlanır. Yeni yapılacak veya güçlendirilecek mevcut binalar için şekildeğiştirme ve dayanım talepleri, bunlara karşı gelen şekildeğiştirme ve dayanım kapasitelerinin altında ise Şekildeğiştirmeye göre tasarım sonuçlandırılır.

Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım (ŞGDT) hesap esasları TBDY-2018 Bölüm 13'te açıklanan Yüksek Binaların tasarımı, Bölüm 14'te açıklanan Deprem Yalıtımlı Binaların tasarımı ve Bölüm 15'te açıklanan Mevcut Binaların Değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi için uygulanacaktır.

Şekildeğiştirmeye Göre Değerlendirme ve Tasarım kapsamında kullanılacak doğrusal olmayan hesap yöntemleri, İtme Yöntemleri ile Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemidir.

3.4.2.1 İtme Yöntemleri

TBDY-2018 kapsamında Tek Modlu İtme Yöntemleri ve Çok Modlu İtme Yöntemleri doğrusal olmayan deprem hesabında kullanılabilir. Tüm doğrusal olmayan yöntemlerde olduğu üzere hesabın başlangıç adımında (0'ıncı adımda), deprem dışı yüklemeler altında doğrusal olmayan artımsal statik hesap yapılır. Bu hesaptan elde edilen iç kuvvetler ve şekil değiştirmeler, deprem hesabında başlangıç değerleri olarak göz önüne alınacaktır. Yeni yapılan binalarda düşey yüklerden meydana gelen doğrusal olmayan şekil değiştirmelere izin verilmez.

İtme yöntemi 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 izin verilen sınır değerlerle karşılaştırılarak şekildeğiştirme tamamlanır.

3.4.2.2 Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi ile Deprem Hesabı

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap deprem yer hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden diferansiyel denklem hareketinin etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade eden diferansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonuna karşı gelir. Bu işlem sırasında, doğrusal olmayan davranış nedeni ile sistem rijitlik matrisinin zamanla değişimi göz önüne alınır.

3.5 Zaman Tanım Alanında Deprem Yer Hareketlerinin Tanımlanması

TBDY-2018'e göre bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında bir veya iki boyutlu ve üç boyutlu deprem hesabında gerekli deprem yer hareketlerinin tanımlanması için kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi ve basit ölçeklendirilmesi veya spektral uyum sağlayacak şekilde dönüştürülmesi için uygulanması gerekli kurallar aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

3.5.1 Deprem Kayıtlarının Seçimi

Bina taşıyıcı sistemlerinin zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçimi, tasarıma esas deprem yer hareketi düzeyi ile uyumlu deprem büyüklükleri, fay uzaklıkları, kaynak mekanizmaları ve 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 ayrıştırma işleminden yararlanılabilir.

Yeterli sayı veya nitelikte deprem kaydı seçiminin yapılmadığı durumlarda, zaman tanım alanında benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları kullanılabilir. Bu tür kayıtların kullanılması durumunda, binanın bulunduğu sahanın sismik kaynak, dalga yayılım ve yerel zemin özellikleri göz önüne alınacaktır. Benzeştirme için kullanılacak model parametrelerinin, söz konusu bölgede meydana gelmiş depremlerde kaydedilmiş gerçek deprem kayıtları ile uyumlu olduğu gösterilecektir.

Bir veya iki boyutlu hesap için seçilecek deprem kayıtlarının ve üç boyutlu hesap için seçilecek deprem kaydı takımlarının sayısı en az onbir olacaktır. Aynı depremden seçilecek kayıt veya kayıt takımı sayısı üçü geçmeyecektir.

3.5.2 Deprem Kayıtlarının Basit Ölçeklendirme Yöntemi ile Ölçeklendirilmesi

Yapılacak zemin davranış analizleri dışında, zaman tanım alanında hesapta kullanılacak deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarından basit ölçeklendirme yöntemi ile aşağıdaki şekilde elde edilebilir:

- a- Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları arasındaki genliklerinin tasarım spektrumun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir.
- b- 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 ortalaması $0,2T_p$ ve $1,5T_p$ periyotları 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.

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 saçılmayı sağlayacak şekilde seçilerek ölçeklendirilmesi yoluna gidilebilir.

3.5.3 Deprem Kayıtlarının Spektral Uyuşum Sağlayacak Şekilde Dönüştürülmesi

Yapılacak zemin davranış analizlerinde veya zaman tanım alanında yapılacak diğer hesaplarda kullanılmak üzere deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarının tasarım spektrumuna spektral uyum sağlayacak şekilde dönüştürülmesi ile de elde edilebilir. Dönüştürülen deprem yer hareketlerinin spektrumlarının ortalamaları, tüm periyotlar için tasarım spektrumu ordnatlarından daha küçük olmayacaktır.

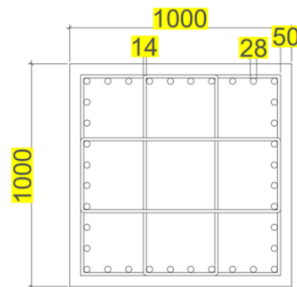
4. YAPI ANALİZİ

4.1 Yapı Modeli Genel Bilgiler

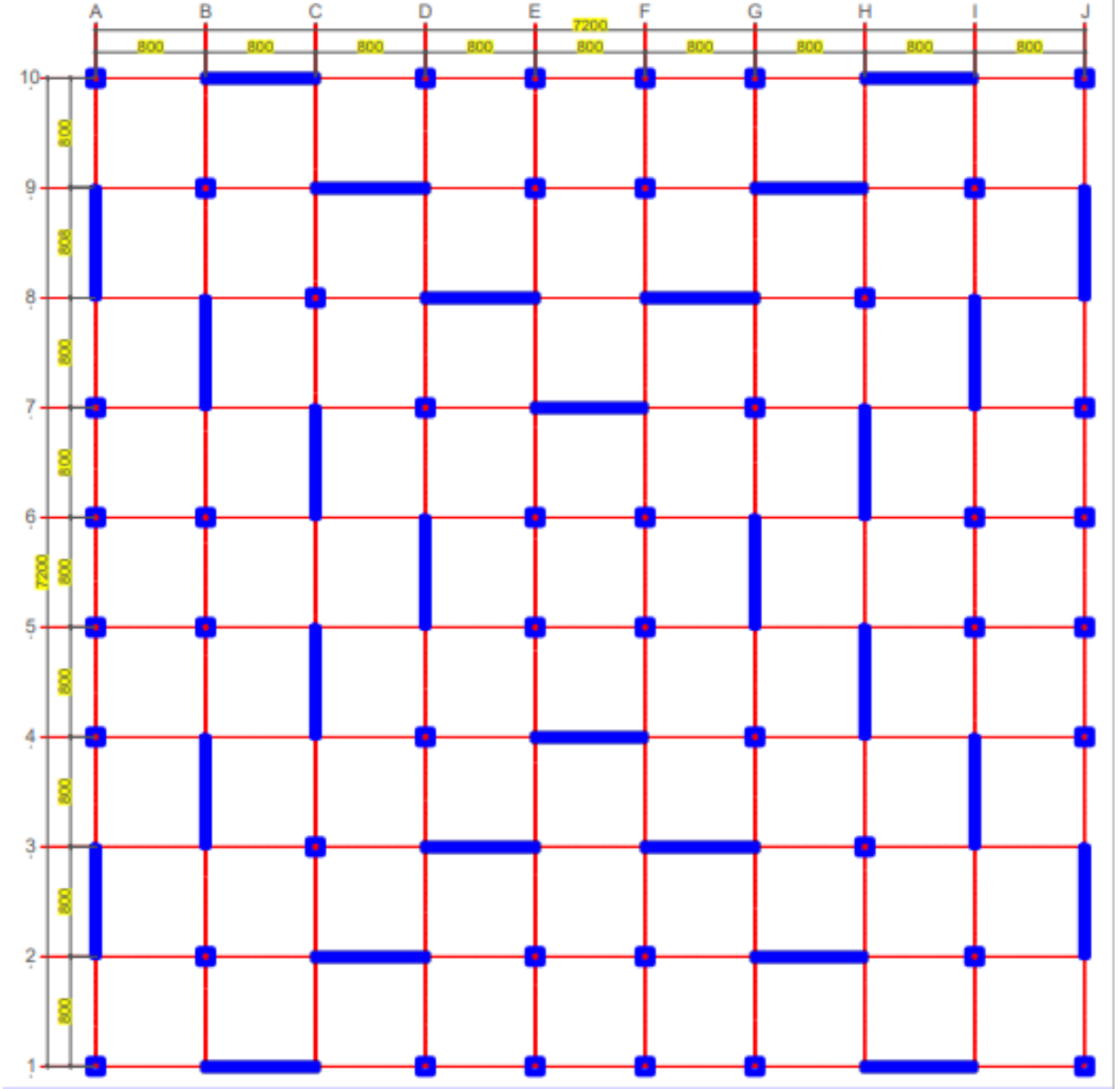
Hesabı ve tasarımı yapılacak örnek bina Balıkesir İli, Altıeylül İlçesi'nde yer almaktadır. Bina 20 kat, 15 kat, 10 kat ve 5 kat olarak 4 farklı şekilde hastane binası olarak modellenerek hesaplar yapılmıştır. Kat yükseklikleri tüm katlarda 4,5m'dir. Zemin üstünden bina yükseklikleri sırasıyla 90m, 67,5m, 45m ve 22,5m'dir. Bina temelsiz üst yapı şeklinde 1. Kat kolonları zemine ankastre mesnet olacak şekilde tasarlanmıştır. Binanın aks sistemi ortogonal olup açıklıkları 8 metre olan X-X doğrultusunda 10 aks, Y-Y doğrultusunda 10 akstan oluşmaktadır. Binanın X-X doğrultusunda ve Y-Y doğrultusundaki uzunluğu akstan aksa 72 metredir. Bina geometrisini gösteren tipik kalıp planı Şekil 4.2'de, 20 katlı modelin taşıyıcı sistem üç boyutlu görünümü ise Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Yapının taşıyıcı sisteminin deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı öngörülmüştür. Binanın kalıp planında 44 adet kolon ve her iki yönde birbirine simetrik toplam 28 adet perdeden oluşmaktadır. Binanın tasarımı Sap2000 V20 programı yardımıyla 11 farklı gerçek deprem ivme kaydının zaman tanım alanında doğrusal analiz hesap yöntemi kullanılarak yapılmıştır [12].

Bina modelindeki kolonların tamamı tüm katlarda aynı boyutlarda olup 100cm x 100cm ebatlarındadır. Perde ebatları 800cm x 40cm, kiriş ebatları 100cm x 40cm'dir. Döşeme kalınlığı ise 30 cm seçilmiştir.

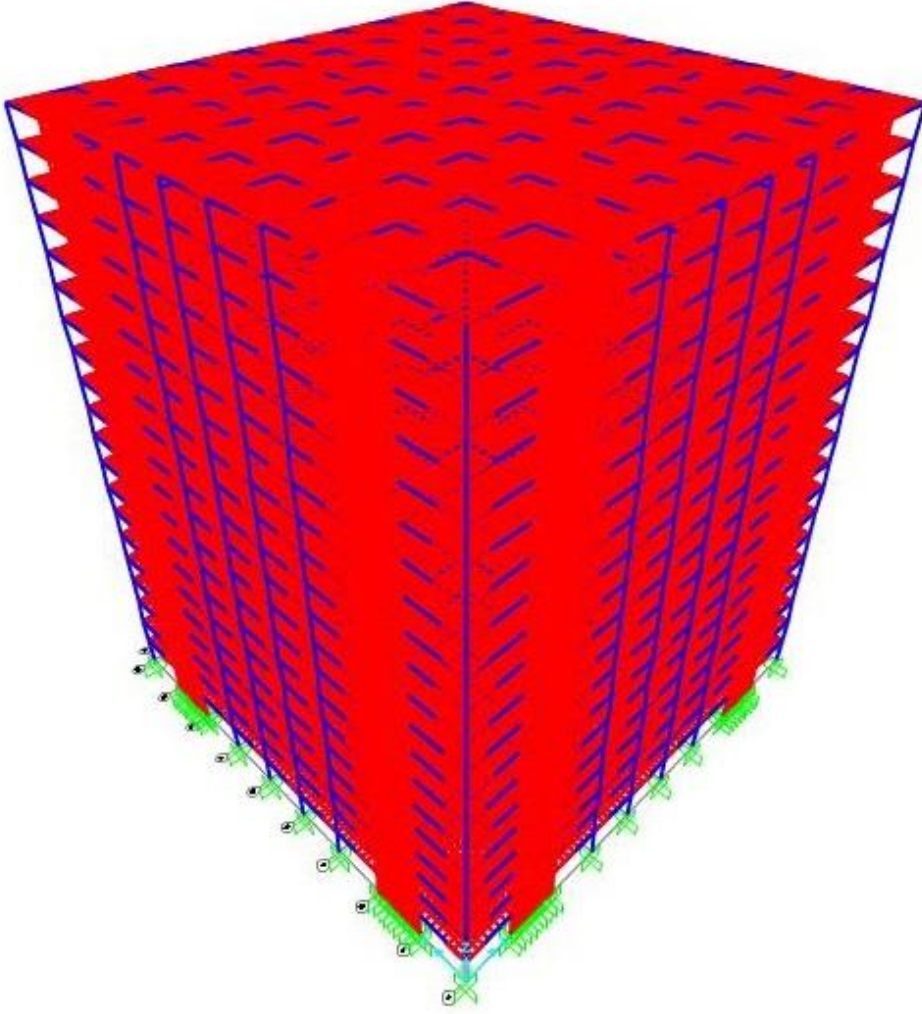
Kolonlar 36 adet 28 mm çapında boyuna donatı ve her iki yönde 4 kol geçecek şekilde 14 mm çapında etriye ile donatılmıştır. Etriyeler arası mesafe 10 cm olurken net beton örtüsü 5 cm olarak tasarlanmıştır. Kolon donatı planı Şekil 4.1'deki gibidir [13].



Şekil 4.1: Kolon donatı planı.



Şekil 4.2: Bina geometrisini gösteren tipik kalıp planı.



Şekil 4.3: 20 katlı model taşıyıcı sistem üç boyutlu görünümü.

4.1.1 Malzeme Bilgileri

4.1.1.1 Beton

Beton sınıfı, 28 günlük silindirik basınç dayanımı 35 MPa olan (C35) beton seçilmiştir.

- $f_{ck}=35$ MPa $f_{ctk}=2,1$ MPa
- E_c (Elastisite Modülü)=33000 MPa

4.1.1.2 Donatı Çeliği

Donatı çeliği, minimum karakteristik akma dayanımı 420 MPa, çekme dayanımı karakteristik akma dayanımının 1,15 ile 1,35 katı arasında olan çekme dayanımına karşılık gelen birim şekil değiştirmesi %8 olan B420C çeliğidir.

- $f_{yk} = 420 \text{ MPa}$
- $E_s(\text{Elastisite Modülü}) = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$

4.1.2 Düşey Statik Yükler

Hesaplarda kullanılan statik yük değerleri TS498 ve TS500'deki kurallar çerçevesinde aşağıdaki gibi alınmıştır [15,16].

- Betonarme elemanın sabit ağırlığı :25,0 kN/m³
- Duvar Yüğü :4,2 kN/m²
- Kaplama Yüğü :3 kN/m²
- Hareketli Yüğü :5 kN/m²

4.1.3 Deprem Yer Hareketi Spektrumu

Tasarımı yapılacak olan örnek bina Balıkesir İli, Altıeylül İlçesi'nde yer almaktadır. (Enlem 39.549542° , Boylam 28.000457°). DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi'nde, Yatay Elastik Spektrum'un elde edilmesi için gerekli olan, kısa periyot harita spektral ivme katsayısı S_s ve 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı S_1 değerlerine <https://tdth.afad.gov.tr/> adresli internet sitesinden erişilmiştir. Haritadan elde edilen harita spektral ivme katsayıları S_s ve S_1 değerleri aşağıdaki gibidir [16].

- $S_s = 0,847$
- $S_1 = 0,210$

4.1.4 Yerel Zemin Etki Katsayıları

TBDY-2018 Tablo 2.1 ve Tablo 2.2 'de verilen aşağıdaki tablolar yardımıyla yerel zemin etki katsayıları Tablo 4.3'deki gibi elde edilmiştir [11].

Tablo 4.1: TBDY-2018 Tablo2.1-Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayıları.

YEREL ZEMİN SINIFI	KISA PERİYOT BÖLGESİ İÇİN YEREL ZEMİN ETKİ KATSAYISI F_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,50$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,00$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
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	1
ZE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8

Tablo 4.2: TBDY-2018 Tablo2.1-1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayıları.

YEREL ZEMİN SINIFI	1,0 SANİYE PERİYOT BÖLGESİ İÇİN YEREL ZEMİN ETKİ KATSAYISI F_1					
	$S_1 \leq 0,10$	$S_1 = 0,20$	$S_1 = 0,30$	$S_1 = 0,40$	$S_1 = 0,50$	$S_1 \geq 0,60$
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	1,9	1,8	1,7
ZE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2

Tablo 4.3: Yerel zemin etki katsayıları.

YEREL ZEMİN SINIFI	YEREL ZEMİN ETKİ KATSAYILARI					
	F_s	F_1	$S_{DS} = S_s * F_s$	$S_{D1} = S_{D1} * F_1$	$T_B = S_{D1} / S_{DS}$	$T_A = 0,2 * T_B$
ZA	0,8	0,8	0,6776	0,168	0,248	0,050
ZB	0,9	0,8	0,7623	0,168	0,220	0,044
ZC	1,2	1,5	0,0164	0,315	0,310	0,062
ZD	0,1612	2,18	0,9835	0,4578	0,465	0,093
ZE	1,2224	3,25	1,0353	0,6825	0,659	0,132

4.1.5 Bina Kullanım Sınıfı ve Bina Önem Katsayısı

Yapı modeli hastane binası olarak tasarlandığı için TBDY-2018 Tablo3.1'e göre binanın kullanım amacı "Deprem sonrası kullanımı gereken binalar, insanların uzun süreli ve yoğun olarak bulunduğu binalar, değerli eşyanın saklandığı binalar ve tehlikeli madde içeren binalar" olduğundan BKS(Bina Kullanım Sınıfı)=1 ve I(Bina Önem Katsayısı)=1,5 olarak seçilmiştir.

4.1.6 Deprem Tasarım Sınıfı ve Bina Yükseklik Sınıfı

TBDY-2018 Tablo 3.2'ye göre zemin sınıfı ZA olan modelimizin Deprem Tasarım Sınıfı DTS=2a iken zemin sınıfı ZB, ZC, ZD ve ZE olan modellerimizin Deprem Tasarım Sınıfı DTS=1a olur.

TBDY-2018 Tablo3.3'e göre 20 katlı modelimizin Bina Yükseklik Sınıfı BYS=1, 15 katlı modelimizin Bina Yükseklik Sınıfı BYS=2, 10 katlı modelimizin Bina Yükseklik Sınıfı BYS=3 ve 5 katlı modelimizin Bina Yükseklik Sınıfı BYS=5 olarak bulunur.

4.1.7 Deprem Yüğü Katsayıları

Model binamız TBDY-2018 Tablo 4.1'e göre Süneklik Düzeyi Yüksek Yerinde Dökme Betonarme Bina Taşıyıcı Sistemlerinden "Deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar" sınıfına girdiği için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı $R=7$ ve Dayanım Fazlalığı Katsayısı $D=2,5$ olarak seçilmiştir. Modelimiz 4 farklı kat seviyesinde tasarlandığı için analiz sonuçlarını karşılaştırma kolaylığı açısından tüm modeller için $R=7$ ve $D=2,5$ olarak seçilmiştir.

Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ TBDY-2018 4.2.1.'de aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$R_a(T) = R/I \quad T > T_B \quad (4.1)$$

$$R_a(T) = D + (R/I - D)(T/T_B) \quad T \leq T_B \quad (4.2)$$

Yatay Deprem Etkisi Altında Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi $S_{AR}(T)$ TBDY-2018 4.4.1.'de aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

$$S_{AR}(T) = S_{ae}(T)/R_a(T) \quad (4.3)$$

Düşey Deprem Etkisi Altında TBDY-2018 4.4.3.'de tüm taşıyıcı sistemler için $R/I=1$ ve $D=1$ alınacaktır.

4.1.8 Kütlelerin Modellenmesi

Modelimizde betonarme taşıyıcı sistem elemanlarının etkin kesit rijitliğinin çarpanları TBDY-2018 Tablo 4.2.'ye göre seçilmiş olup hareketli yük kütle katılım oranı ise TBDY-2018 Tablo 4.3.'e göre $n=0,3$ olarak seçilmiştir.

4.1.9 Yük Kombinasyonları

Bina modellerimizde depremin düşey bileşeninin etkisini görmek amacıyla analizler yapılacağından tasarım amacıyla kullanılan yük kombinasyonları kullanılmamıştır. Bu nedenle sadece deprem etkisini barındıran TBDY-2018 denklem 5.1'de geçen aşağıdaki Denklem (4.4)'den faydalanacaktır.

$$G + Q_e + 0,2S + E_d^{(H)} + 0,3E_d^{(Z)} \quad (4.4)$$

Bu eşitlikte G sabit yük etkisini, S kar yükü etkisini, $E_d^{(H)}$ yatay deprem etkisini ve $E_d^{(Z)}$ ise düşey deprem etkisini göstermektedir. Etkin hareketli yük etkisi olan $Q_e = nQ$ TBDY-2018 Tablo 4.3'de yer alan hareketli yük kütle katılım katsayısı $n=0,3$ alınır ve kar yükü etkisi ihmal edilirse yeni kombinasyon Denklem (4.5)'deki gibi olur.

$$G + 0,3Q + E_d^{(H)} + 0,3E_d^{(Z)} \quad (4.5)$$

4.2 Modelleme Aşamasında Yapılan Kabuller

Sap2000 programı yardımıyla 3 boyutlu yapı modeli oluştururken işlem kolaylığı olması açısından bazı kabuller yapılmıştır;

- 1- Yapı sistemi temelsiz üst yapı şeklinde tasarlandığından zemin kat kolon alt uçlarının zemine ankastre mesnet şeklinde bağlandığı kabul edilmiştir.
- 2- Kolon ve kirişler çubuk eleman, döşeme ve perdeler ise alan eleman olarak modellenmiştir. Kirişlerin çubuk eleman olarak modellenmesi sebebiyle kiriş yüksekliğinin döşeme yüksekliği kadar olan kısmında hem döşeme ağırlığı hem de kiriş ağırlığı hesaba katılmaktadır. Bu sebeple analiz sonuçlarında hata olmaması için kiriş ağırlığı döşeme yüksekliği kadar azaltılmıştır.

- 3- Sap2000 analiz programı yükleri kolon ve kirişlere köşe noktalarından aktarması sebebiyle alan eleman olarak seçtiğimiz döşeme ve perdelerde yük dağıtımında hatalar oluşmaktadır. Bu sorunu çözmek için döşemeler enine ve boyuna 8 eşit parçaya, perdeler ise enine 5 boyuna 8 eşit parçaya bölünerek sonlu elemanlı yük aktarım noktaları oluşturulmuştur.
- 4- Her kat döşemeleri hizasında rijit diyafram kabulü yapılarak kat sayısının üç katı kadar serbestlik derecesi tanımlanmıştır.

5. DEPREM KAYITLARININ SEÇİMİ VE KULLANIMI

Modelimizde 11 farklı gerçek deprem kaydı kullanılarak analizler yapılmıştır. Bu analizlerde ilk önce deprem kayıtlarının yatay bileşenlerinin ivme değerleri etki ettirilmiş daha sonra ise deprem kayıtlarının yatay ivme bileşenlerine deprem kayıtlarının düşey ivme bileşenleri ilave edilerek analizler tekrarlanmıştır. İlk durum ile ikinci durum arasındaki farklılıklar depremin düşey bileşeninin etkisini oluşturmaktadır.

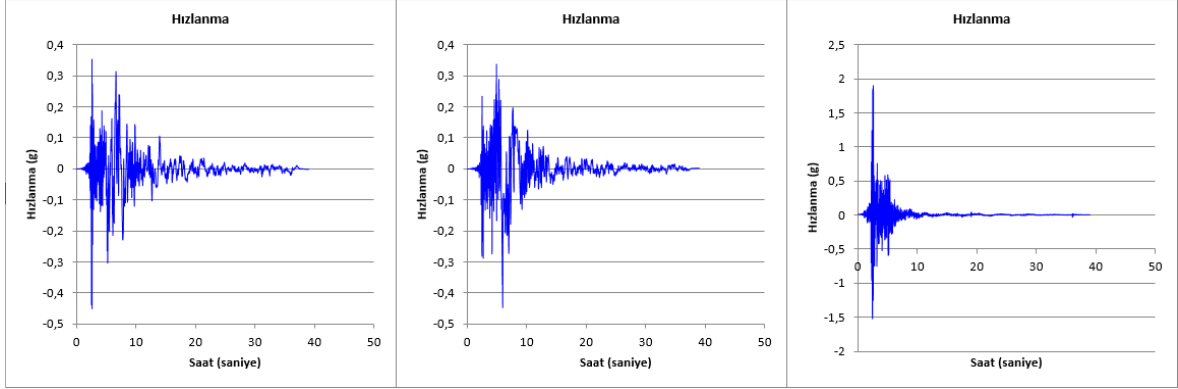
Sap2000 V20 yazılımı yardımıyla zaman tanım alanında doğrusal analiz hesap yöntemi ile yapılan bu analizlerde kullanılmak üzere seçilen deprem kayıtlarının farklı karakterlerde olması sağlanarak değişimin daha çok hangi parametrelerden etkilendiğini görmek amaçlanmıştır. Bu parametreler; V/H oranı, deprem büyüklüğü, deprem süresi ve en büyük düşey ivme değerleridir. Bu bilgiler doğrultusunda seçilen deprem kayıtları aşağıdaki Tablo 5.1'deki gibidir. Tabloda verilen ivme değerleri depremin H1, H2 ve V izdüşümünde kaydedilen değerlerin mutlak değerce en büyüğü olup, V/H oranı da mutlak değerce ölçülen en büyük yatay ivme değerinin mutlak değerce ölçülen en büyük düşey ivme değerine oranını ifade etmektedir.

Tablo 5.1: Seçilen deprem kayıtları ve özellikleri.

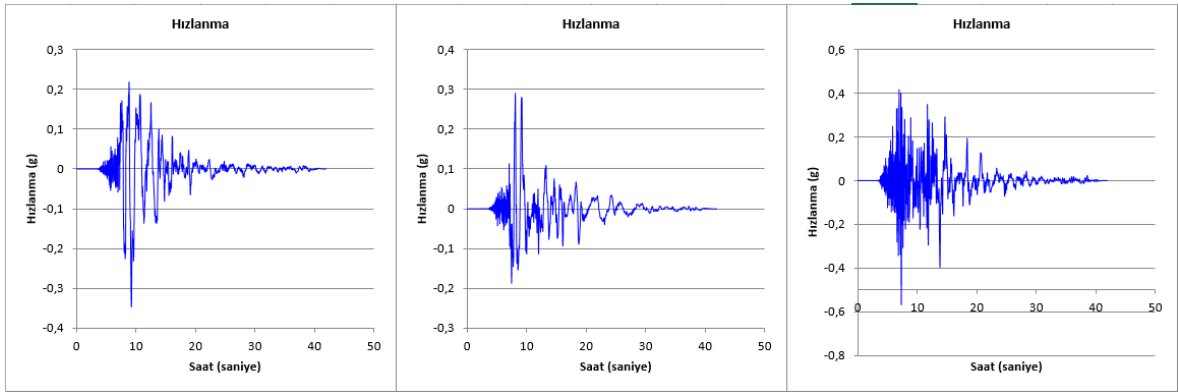
SIRA	YIL	DEPREM	İSTASYON	MW	Süre	En Büyük İvme (g)			V/H
						H1	H2	V	
1	1979	Imperial Valley	El Centro Array #6	6,53	39,07	-0,449	-0,447	1,895	4,220
2	1996	Kobe	Port Island (0 m)	6,9	41,99	-0,348	0,290	-0,567	1,629
3	1990	Manjil, Iran	Abbar	7,37	45,98	0,515	-0,497	0,538	1,046
4	1986	Kalamata	Kalamata (bsmt)	6,2	29,23	0,239	-0,272	0,221	0,810
5	1999	Kocaeli	Yarimca	7,51	35,00	-0,227	-0,322	-0,242	0,751
6	1999	Düzce	Duzce	7,14	25,88	-0,404	0,515	0,346	0,672
7	1979	Montenegro, Yugo.	Bar-Skupstina Opstine	7,1	47,83	0,372	-0,368	0,244	0,654
8	1979	Dursunbey	Dursunbey	5,34	7,15	-0,224	-0,287	0,155	0,540
9	1972	Sitka, Alaska	Sitka Observatory	7,68	55,04	0,096	-0,086	-0,050	0,520
10	1992	Erzincan	Erzincan	6,69	19,88	-0,496	0,387	0,235	0,473
11	1994	Northridge-01	Alhambra - Fremont School	6,69	59,98	-0,101	0,080	0,046	0,460

Kayıtlar PEER NGA West2 veritabanından ham olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu kayıtlar Sap2000 V20 yazılımında kullanılmadan önce DEEPSOIL v7 yazılımı yardımıyla kullanılabilir hale dönüştürülmüş ve Microsoft Excel Elektronik Tablo Yazılımı yardımıyla TBDY-2018'e göre 5 farklı yerel zemin sınıfına uygun olarak ölçeklenmiştir [17,18,19].

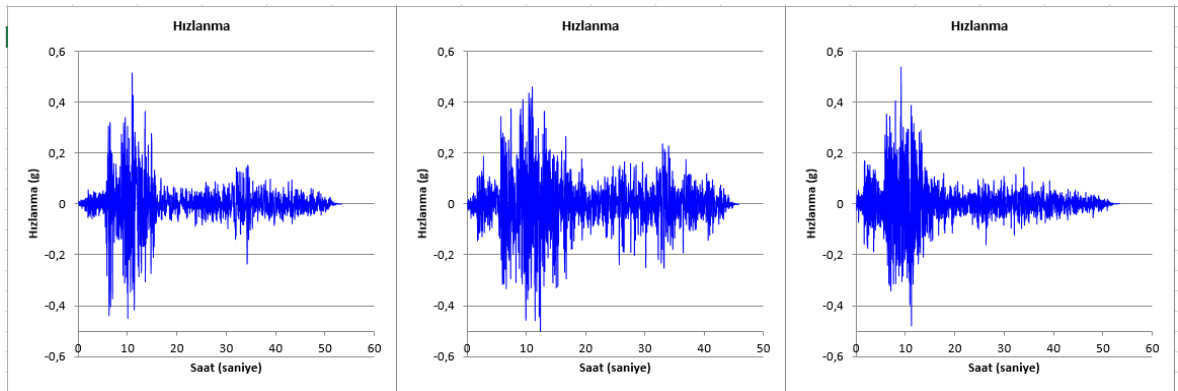
11 adet gerçek deprem kaydına ait DEEPSOIL v7 yazılımından elde edilen ivme zaman grafikleri aşağıda Şekil 5.1 - Şekil 5.11'de sırasıyla gösterilmiştir.



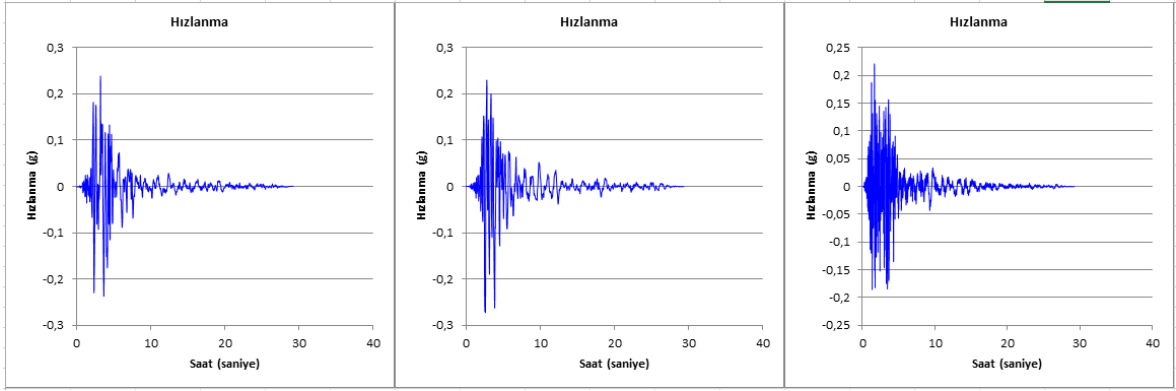
Şekil 5.1: Imperial Valley depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



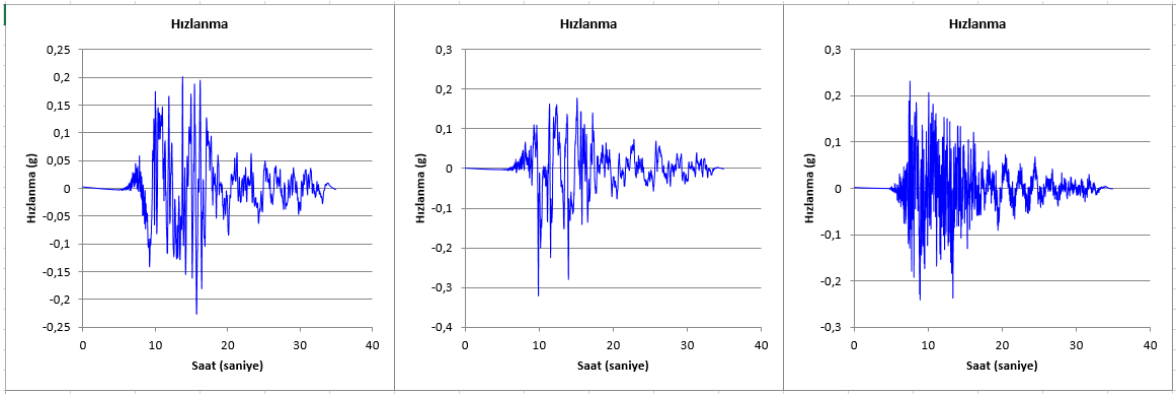
Şekil 5.2: Kobe depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



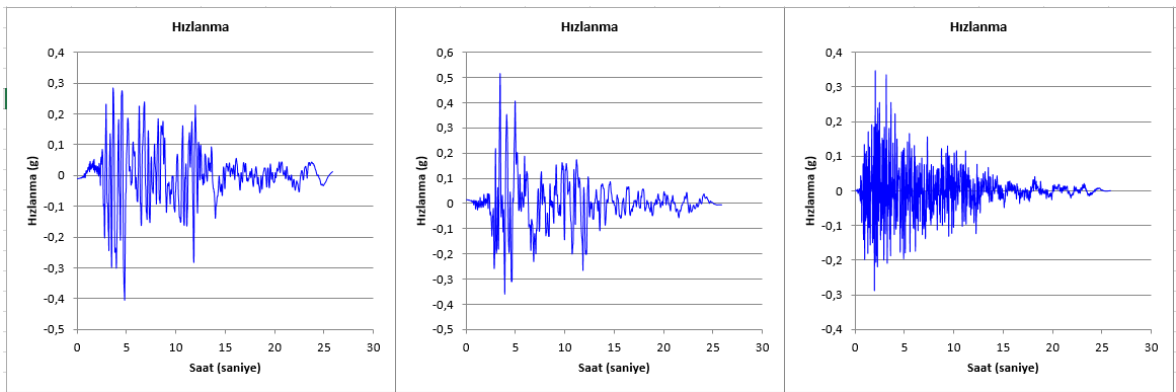
Şekil 5.3: Manjil depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği..



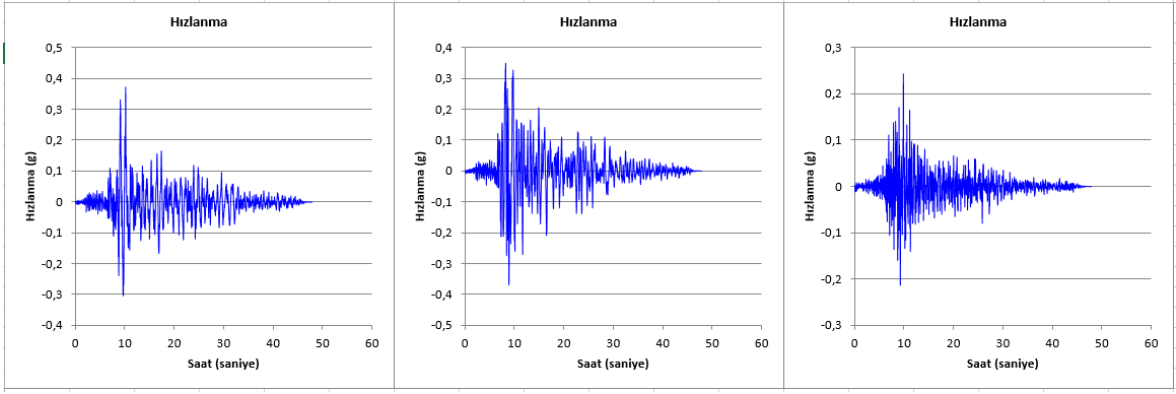
Şekil 5.4: Kalamata depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



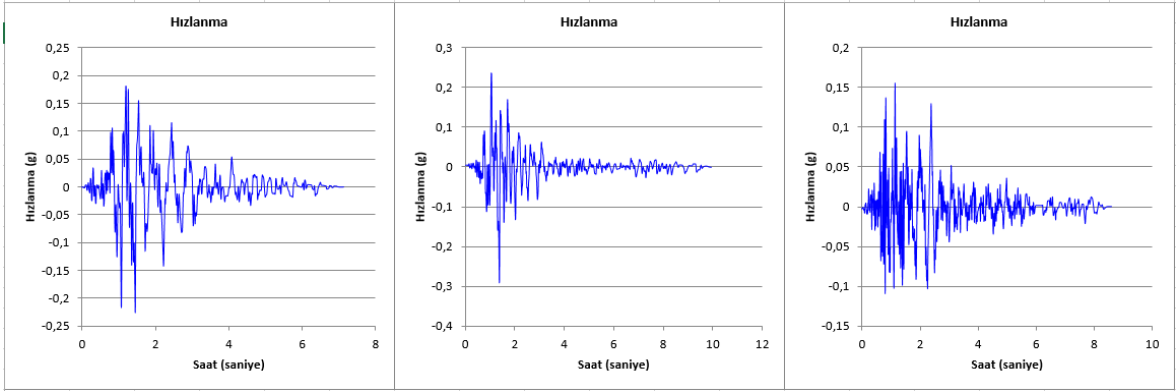
Şekil 5.5: Kocaeli depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



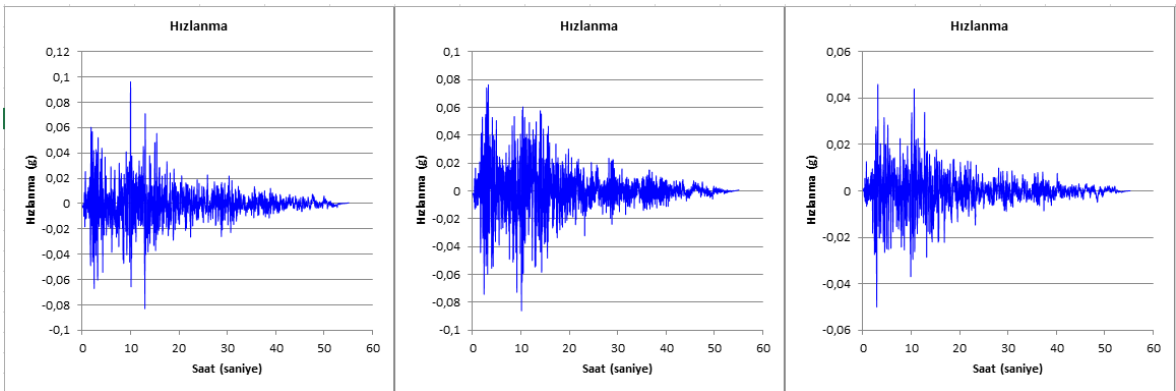
Şekil 5.6: Düzce depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



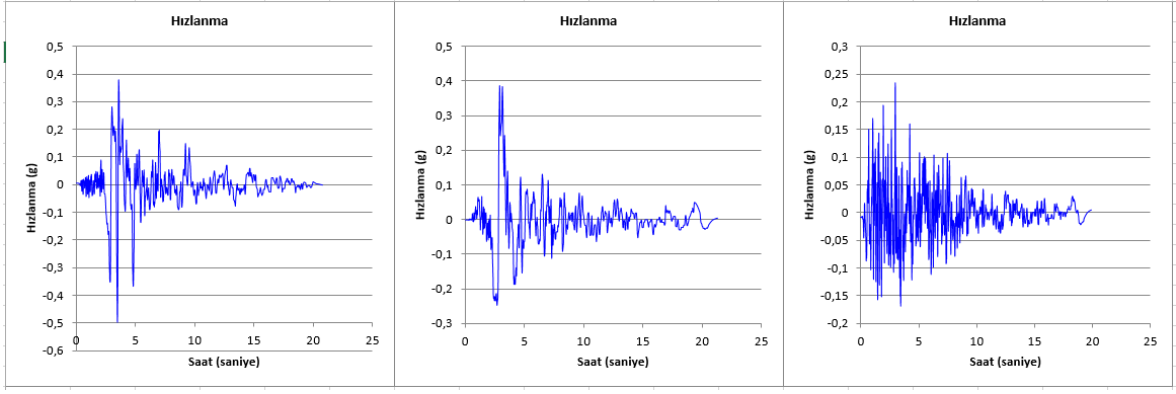
Şekil 5.7: Montenegro depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



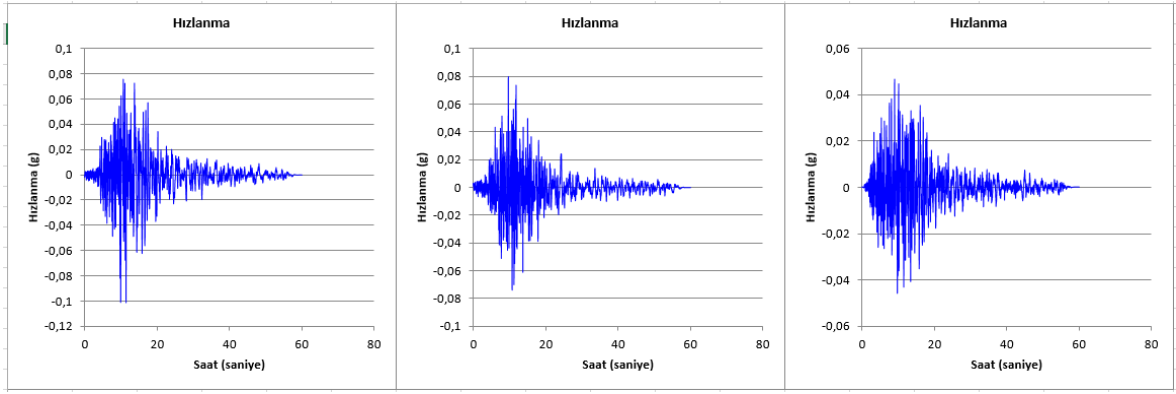
Şekil 5.8: Dursunbey depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



Şekil 5.9: Sitka depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.

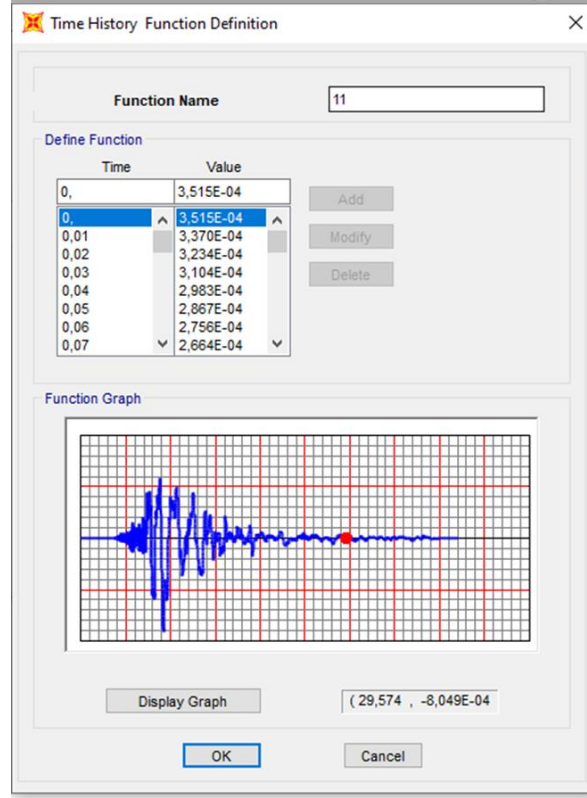


Şekil 5.10: Erzincan depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.



Şekil 5.11: Northridge-01 depreminin sırasıyla H1, H2 ve V izdüşümüne ait ivme zaman grafiği.

Microsoft Excel Elektronik Tablo Yazılımı yardımıyla TBDY-2018'e göre 5 farklı yerel zemin sınıfına uygun olarak ölçeklenen deprem kayıtlarının üç farklı doğrultuda elde edilen verileri ayrı ayrı text dosyalarına kopyalanmıştır. Şekil 5.12'de gösterildiği her bir text dosyası Sap2000 V20 yazılımına zaman tanım alanında fonksiyon olarak tanımlanmıştır.



Şekil 5.12: Sap2000 V20 analiz programı deprem yükü tanımlama ekranı.

Her bir doğrultuda ayrı ayrı elde edilen bu fonksiyonlar Tablo 5.2'deki süre artış aralığı ve sayısına dikkat edilerek Şekil 5.13'teki gibi Sap2000 V20 yazılımına zaman tanım alanında doğrusal yük durumları şeklinde xyz doğrultusunda ve xy doğrultusunda ayrı ayrı tanımlanmıştır. Yük durumları tanımlaması yapıldıktan sonra kombinasyonlar tanımlanarak analiz başlatılmıştır.

Tablo 5.2: Seçilen deprem kayıtlarına ait süre artış aralığı ve sayısını gösteren tablo.

SIRA	YIL	PEER RSN NUMARASI	DEPREM	İSTASYON	MW	Süre	Süre Artış Aralığı	Süre Artış Sayısı
1	1979	181	Imperial Valley	El Centro Array #6	6,53	39,07	0,005	7815
2	1996	1114	Kobe	Port Island (0 m)	6,9	41,99	0,01	4200
3	1990	1633	Manjil, Iran	Abbar	7,37	45,98	0,02	2300
4	1986	564	Kalamata	Kalamata (bsmt)	6,2	29,2344	0,0024	12182
5	1999	1176	Kocaeli	Yarımca	7,51	34,995	0,005	7000
6	1999	1605	Düzce	Duzce	7,14	25,88	0,005	5177
7	1979	4451	Montenegro, Yugo.	Bar-Skupstina Opstine	7,1	47,83	0,01	4784
8	1979	144	Dursunbey	Dursunbey	5,34	7,15	0,01	716
9	1972	1626	Sitka, Alaska	Sitka Observatory	7,68	55,035	0,005	11008
10	1992	821	Erzincan	Erzincan	6,69	19,88	0,005	3977
11	1994	942	Northridge-01	Alhambra - Fremont School	6,69	59,98	0,02	3000

Load Case Data - Linear Modal History

Load Case Name:

Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Modal History

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Modal Load Case:

Use Modes from Case:

Loads Applied:

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	11	1,
Accel	U2	12	1,
Accel	U3	3	1,

Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:

Number of Output Time Steps:

Output Time Step Size:

Other Parameters:

Modal Damping:

Analysis Type: Linear Nonlinear

History Type: Transient Periodic

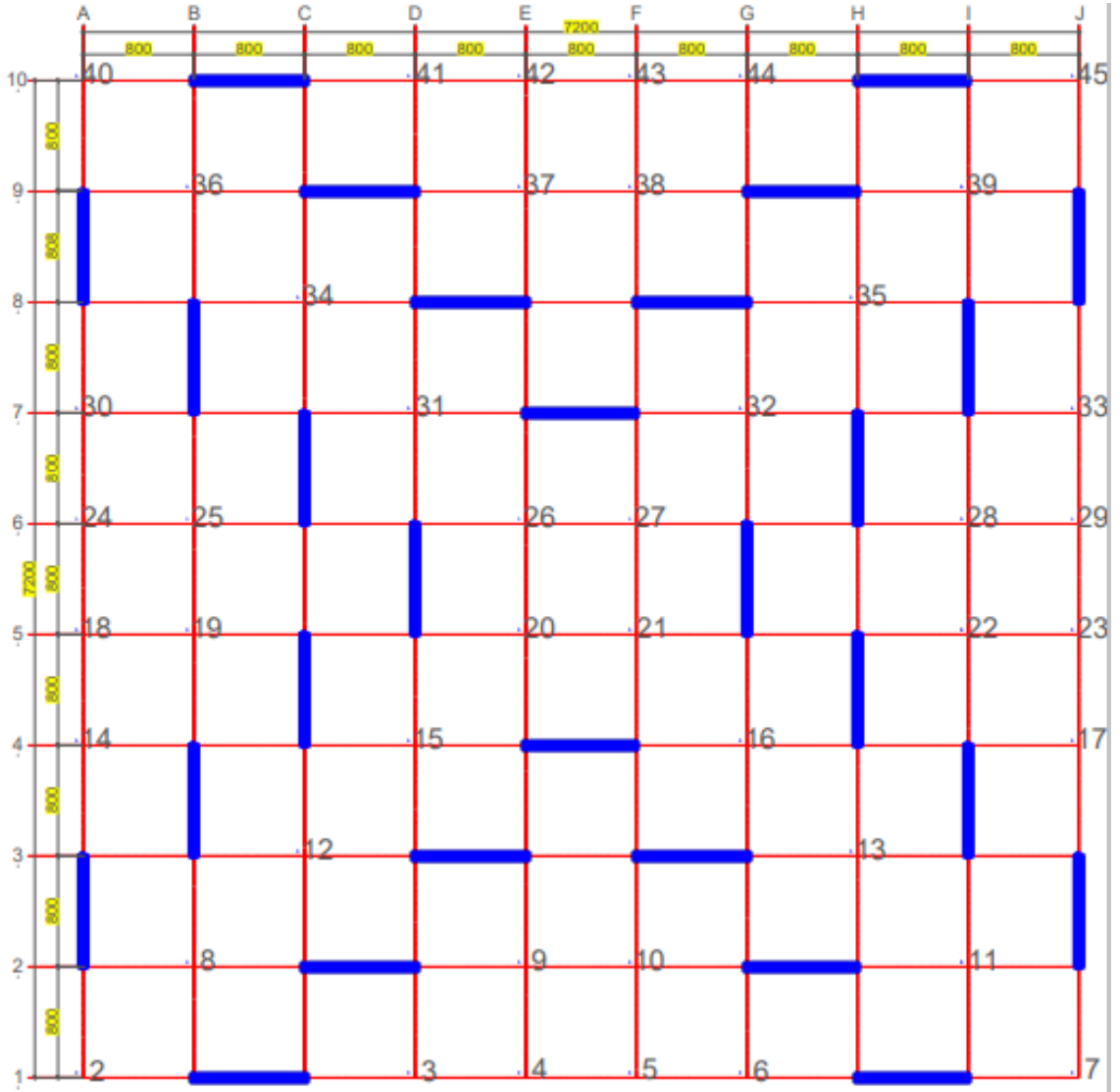
Solution Type: Modal Direct Integration Frequency Domain

Mass Source:

Şekil 5.13: Sap2000 V20 analiz programında dinamik yük durumları tanımlama ekranı.

6. ANALİZ SONUÇLARI

Yapılan analizler bina modelinin 20, 15, 10 ve 5 katlı olmak üzere 4 farklı kat sayısında; 5 farklı zemin sınıfında 11 farklı gerçek deprem kaydının yatay ve yatay ile birlikte düşey deprem etkisi altında yapılan toplam 440 adet analizden oluşmaktadır. Analiz sonuçları karşılaştırılırken kat sayısının, zemin sınıfının ve farklı deprem kayıtlarının depremin düşey bileşeni üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan incelemede zemin kat kolonlarındaki aksel kuvvet, kesme kuvveti ve devrilme momenti değerleri ile tepe kat kolonlarının üst birleşim noktalarının yatay ve düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim dikkate alınmıştır. Karşılaştırması yapılan zemin kat kolon numaralarının yerleşim planı üzerinde gösterilmiş hali Şekil 6.1'deki gibidir. Tablo 6.1'de tepe kat kolonlarının üst birleşim noktalarının numaraların hangi taban kolonların hizasında olduğu yer almaktadır.



Şekil 6.1: Zemin kat kolon numaralarının yerleşim planı üzerinde gösterilmiş hali.

Tablo 6.1: Tepe kat kolonlarının üst birleşim noktalarının numaraların hangi taban kolonların hizasında olduğunu gösteren tablo.

Taban Kolon Numaraları	5. Kat Kolon Üst Birleşim Noktası Numaraları	10. Kat Kolon Üst Birleşim Noktası Numaraları	15. Kat Kolon Üst Birleşim Noktası Numaraları	20. Kat Kolon Üst Birleşim Noktası Numaraları
2	4148	4368	4588	4808
3	4149	4369	4589	4809
4	4150	4370	4590	4810
5	4151	4371	4591	4811
6	4152	4372	4592	4812
7	4153	4373	4593	4813
8	4154	4374	4594	4814
9	4155	4375	4595	4815
10	4156	4376	4596	4816
11	4157	4377	4597	4817
12	4158	4378	4598	4818
13	4159	4379	4599	4819
14	4160	4380	4600	4820
15	4161	4381	4601	4821
16	4162	4382	4602	4822
17	4163	4383	4603	4823
18	4164	4384	4604	4824
19	4165	4385	4605	4825
20	4166	4386	4606	4826
21	4167	4387	4607	4827
22	4168	4388	4608	4828
23	4169	4389	4609	4829
24	4170	4390	4610	4830
25	4171	4391	4611	4831
26	4172	4392	4612	4832
27	4173	4393	4613	4833
28	4174	4394	4614	4834
29	4175	4395	4615	4835
30	4176	4396	4616	4836
31	4177	4397	4617	4837
32	4178	4398	4618	4838
33	4179	4399	4619	4839
34	4180	4400	4620	4840
35	4181	4401	4621	4841
36	4182	4402	4622	4842
37	4183	4403	4623	4843
38	4184	4404	4624	4844
39	4185	4405	4625	4845
40	4186	4406	4626	4846
41	4187	4407	4627	4847
42	4188	4408	4628	4848
43	4189	4409	4629	4849
44	4190	4410	4630	4850
45	4191	4411	4631	4851

6.1 Modal Analiz Sonuçları

Yapı modelinin 4 farklı kat sayısı için analizi yapıldığından her kat sayısı için yapı modelinin periyodu değişmektedir. Modelin düşey periyoduyla depremin düşey bileşeninin periyodu arasındaki ilişkiden daha önce bölüm 2’de bahsedildi. Bu ilişkiyi karşılaştırmak için 4 farklı kat seviyesi için oluşan modal analiz sonuçları aşağıdadır. Farklı kat seviyeleri için oluşturulan modal analiz sonuçları Tablo 6.2, 6.3, 6.4 ve 6.5’te verilmiştir. Tablolar hakim periyot değerlerini kapsayacak şekilde kısaltılmış olup tablonun son 5 satırı ilave edilmiştir.

Tablo 6.2: 5 katlı yapının model analiz sonuçları.

	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı			Artımlı Kütle Katılım Oranı		
		X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ
1	0,667	0,713	0,003	0,000	0,713	0,003	0,000
2	0,667	0,003	0,713	0,000	0,716	0,716	0,000
3	0,542	0,000	0,000	0,000	0,716	0,716	0,000
4	0,166	0,155	0,001	0,000	0,870	0,716	0,000
5	0,166	0,001	0,155	0,000	0,871	0,871	0,000
6	0,161	0,000	0,000	0,019	0,871	0,871	0,019
7	0,161	0,000	0,000	0,000	0,871	0,871	0,019
8	0,160	0,005	0,011	0,000	0,876	0,882	0,019
9	0,160	0,011	0,005	0,000	0,887	0,887	0,019
10	0,160	0,000	0,000	0,014	0,887	0,887	0,032
11	0,160	0,000	0,000	0,000	0,887	0,887	0,032
12	0,160	0,000	0,000	0,000	0,887	0,887	0,032
13	0,160	0,000	0,000	0,000	0,887	0,887	0,032
14	0,158	0,000	0,000	0,001	0,887	0,887	0,033
15	0,158	0,000	0,000	0,000	0,887	0,887	0,033

Tablo 6.3: 10 katlı yapının model analiz sonuçları.

	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı			Artımlı Kütle Katılım Oranı		
		X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ
1	1,697	0,690	0,014	0,000	0,690	0,014	0,000
2	1,697	0,014	0,690	0,000	0,704	0,704	0,000
3	1,396	0,000	0,000	0,000	0,704	0,704	0,000
4	0,436	0,159	0,001	0,000	0,863	0,705	0,000
5	0,436	0,001	0,159	0,000	0,864	0,864	0,000
6	0,353	0,000	0,000	0,000	0,864	0,864	0,000
7	0,206	0,000	0,000	0,610	0,864	0,864	0,610
8	0,203	0,000	0,002	0,000	0,864	0,866	0,610
9	0,203	0,002	0,000	0,000	0,866	0,866	0,610
10	0,199	0,000	0,000	0,000	0,866	0,866	0,610
11	0,199	0,000	0,000	0,067	0,866	0,866	0,677
12	0,197	0,020	0,039	0,000	0,886	0,905	0,677
13	0,197	0,039	0,020	0,000	0,925	0,925	0,677
14	0,196	0,000	0,000	0,000	0,925	0,925	0,677
15	0,196	0,000	0,000	0,000	0,925	0,925	0,677
26	0,178	0,000	0,000	0,000	0,927	0,927	0,744
27	0,177	0,000	0,000	0,000	0,927	0,927	0,744
28	0,177	0,000	0,000	0,000	0,927	0,927	0,744
29	0,176	0,000	0,000	0,000	0,927	0,927	0,744
30	0,176	0,000	0,000	0,013	0,927	0,927	0,757

Tablo 6.4: 15 katlı yapının model analiz sonuçları.

	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı			Artımlı Kütle Katılım Oranı		
		X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ
1	2,839	0,712	0,003	0,000	0,712	0,003	0,000
2	2,839	0,003	0,712	0,000	0,715	0,715	0,000
3	2,337	0,000	0,000	0,000	0,715	0,715	0,000
4	0,781	0,135	0,001	0,000	0,850	0,716	0,000
5	0,781	0,001	0,135	0,000	0,851	0,851	0,000
6	0,637	0,000	0,000	0,000	0,851	0,851	0,000
7	0,362	0,000	0,059	0,000	0,851	0,910	0,000
8	0,362	0,059	0,000	0,000	0,910	0,910	0,000
9	0,293	0,000	0,000	0,000	0,910	0,910	0,000
10	0,283	0,000	0,000	0,627	0,910	0,910	0,627
11	0,274	0,000	0,000	0,000	0,910	0,910	0,627
12	0,274	0,000	0,000	0,000	0,910	0,910	0,627
13	0,267	0,000	0,000	0,084	0,910	0,910	0,711
14	0,266	0,000	0,000	0,000	0,910	0,910	0,711
15	0,260	0,000	0,000	0,000	0,910	0,910	0,711
41	0,198	0,000	0,000	0,000	0,942	0,942	0,794
42	0,198	0,000	0,000	0,000	0,942	0,942	0,794
43	0,196	0,000	0,000	0,000	0,942	0,942	0,794
44	0,193	0,000	0,000	0,002	0,942	0,942	0,796
45	0,190	0,000	0,000	0,000	0,942	0,942	0,796

Tablo 6.5: 20 katlı yapının model analiz sonuçları.

	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı			Artımlı Kütle Katılım Oranı		
		X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ	X YÖNÜ	Y YÖNÜ	Z YÖNÜ
1	4,048	0,724	0,002	0,000	0,724	0,002	0,000
2	4,048	0,002	0,724	0,000	0,726	0,726	0,000
3	3,325	0,000	0,000	0,000	0,726	0,726	0,000
4	1,164	0,121	0,001	0,000	0,847	0,727	0,000
5	1,164	0,001	0,121	0,000	0,848	0,848	0,000
6	0,952	0,000	0,000	0,000	0,848	0,848	0,000
7	0,561	0,037	0,017	0,000	0,886	0,865	0,000
8	0,561	0,017	0,037	0,000	0,902	0,902	0,000
9	0,456	0,000	0,000	0,000	0,902	0,902	0,000
10	0,363	0,000	0,000	0,636	0,902	0,902	0,636
11	0,347	0,001	0,001	0,000	0,903	0,903	0,636
12	0,347	0,001	0,001	0,000	0,904	0,904	0,636
13	0,336	0,000	0,000	0,100	0,904	0,904	0,736
14	0,332	0,025	0,004	0,000	0,929	0,907	0,736
15	0,332	0,004	0,025	0,000	0,933	0,933	0,736
56	0,202	0,000	0,000	0,007	0,952	0,952	0,816
57	0,202	0,000	0,000	0,000	0,952	0,952	0,816
58	0,201	0,000	0,000	0,000	0,952	0,952	0,816
59	0,199	0,000	0,000	0,000	0,952	0,952	0,816
60	0,199	0,000	0,000	0,000	0,952	0,952	0,816

Modal analiz sonuçlarına göre kat yüksekliği arttıkça hem yatay hem de düşey periyot değerlerinin arttığı görülmektedir.

6.2 Zemin Sınıfının Depremin Düşey Bileşeni Üzerine Etkisi

Yapılan analizler değerlendirildiğinde zemin sınıfının farklı olmasının 4 farklı kat seviyesinde taban aksenal kuvvet, taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti ve tepe kat yatay ve düşey yer değiştirme değerlerindeki değişiminin çok sınırlı düzeyde kaldığı görülmüştür. Örnek olması amacıyla Kocaeli Depreminin 20 katlı modeli için değerler aşağıdaki Tablo 6.6, 6.7, 6.8 ve 6.9’da gösterilmiş olup diğer sonuçlara ise benzerlik gösterdiği için değinilmemiştir. Zemin sınıfının depremin düşey bileşeninin taban aksenal kuvvet değerine etkisi Tablo 6.6’te, taban kesme kuvveti değerine etkisi Tablo 6.7’de, taban devrilme momenti değerine etkisi Tablo 6.8’de ve Tepe kat yatay ve düşey yer değiştirme değerlerine etkisi Tablo 6.9’de gösterilmiştir.

Tablo 6.6: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin taban eksenel kuvvet değerine etkisi.

DEPREM ZEMİN	YATAY BİLEŞEN					YATAY + DÜŞEY DİLEŞEN				
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf	Eksenel Kuvvet Kgf
2	-1780475	-1780465	-1780495	-1780531	-1780555	-1788497	-1788491	-1788510	-1788529	-1788533
3	-2209136	-2209138	-2209132	-2209119	-2209100	-2234611	-2234613	-2234607	-2234593	-2234574
4	-2155051	-2155047	-2155061	-2155081	-2155099	-2197597	-2197592	-2197607	-2197629	-2197649
5	-2144412	-2144406	-2144426	-2144454	-2144479	-2181917	-2181911	-2181928	-2181953	-2181975
6	-2095875	-2095869	-2095890	-2095919	-2095943	-2120558	-2120550	-2120575	-2120609	-2120641
7	-2088614	-2088623	-2088593	-2088536	-2088462	-2106842	-2106851	-2106821	-2106765	-2106691
8	-3183604	-3183597	-3183619	-3183646	-3183664	-3359405	-3359408	-3359397	-3359372	-3359332
9	-2768518	-2768515	-2768523	-2768530	-2768531	-2921927	-2921930	-2921920	-2921898	-2921863
10	-2879180	-2879183	-2879171	-2879148	-2879119	-3045504	-3045507	-3045497	-3045477	-3045451
11	-3412948	-3412955	-3412933	-3412892	-3412838	-3469909	-3469917	-3469892	-3469847	-3469790
12	-3329193	-3329185	-3329210	-3329241	-3329260	-3603527	-3603530	-3603520	-3603492	-3603446
13	-3607655	-3607664	-3607636	-3607586	-3607519	-3728723	-3728732	-3728703	-3728651	-3728582
14	-2260458	-2260466	-2260441	-2260396	-2260339	-2340632	-2340638	-2340618	-2340579	-2340529
15	-3355951	-3355942	-3355968	-3355998	-3356016	-3661577	-3661580	-3661570	-3661542	-3661495
16	-3654917	-3654926	-3654896	-3654842	-3654770	-3822896	-3822905	-3822875	-3822821	-3822749
17	-2083459	-2083461	-2083452	-2083428	-2083388	-2158263	-2158269	-2158250	-2158210	-2158154
18	-2267531	-2267542	-2267505	-2267437	-2267352	-2348073	-2348084	-2348049	-2347985	-2347903
19	-2763482	-2763476	-2763494	-2763521	-2763544	-2898271	-2898265	-2898282	-2898307	-2898327
20	-3102187	-3102179	-3102202	-3102229	-3102244	-3290167	-3290169	-3290161	-3290137	-3290097
21	-3366847	-3366855	-3366829	-3366781	-3366717	-3501818	-3501825	-3501800	-3501753	-3501690
22	-2868660	-2868662	-2868655	-2868643	-2868627	-3032633	-3032635	-3032628	-3032615	-3032599
23	-2258643	-2258654	-2258617	-2258546	-2258454	-2329658	-2329665	-2329641	-2329590	-2329518
24	-2233500	-2233509	-2233480	-2233426	-2233353	-2316809	-2316812	-2316801	-2316773	-2316729
25	-2856168	-2856170	-2856163	-2856149	-2856130	-2948972	-2948973	-2948970	-2948962	-2948950
26	-3366664	-3366672	-3366646	-3366600	-3366542	-3604998	-3605007	-3604980	-3604932	-3604873
27	-3073810	-3073795	-3073840	-3073904	-3073959	-3257884	-3257869	-3257916	-3257981	-3258039
28	-2766386	-2766382	-2766393	-2766406	-2766415	-2952895	-2952896	-2952892	-2952882	-2952865
29	-2295198	-2295210	-2295170	-2295097	-2295003	-2356228	-2356235	-2356211	-2356162	-2356093
30	-2107868	-2107870	-2107860	-2107837	-2107800	-2228994	-2228997	-2228988	-2228965	-2228929
31	-3654109	-3654118	-3654089	-3654038	-3653972	-3889059	-3889069	-3889038	-3888985	-3888918
32	-3321249	-3321231	-3321286	-3321365	-3321437	-3588263	-3588246	-3588298	-3588371	-3588437
33	-2278991	-2278999	-2278973	-2278925	-2278863	-2305098	-2305107	-2305079	-2305029	-2304965
34	-3603668	-3603676	-3603650	-3603602	-3603541	-3834297	-3834306	-3834277	-3834228	-3834165
35	-3298380	-3298368	-3298406	-3298458	-3298498	-3495950	-3495935	-3495981	-3496045	-3496101
36	-3413136	-3413143	-3413121	-3413082	-3413032	-3614565	-3614572	-3614549	-3614509	-3614458
37	-2885522	-2885526	-2885513	-2885489	-2885457	-2989705	-2989707	-2989700	-2989685	-2989662
38	-2777103	-2777101	-2777106	-2777110	-2777108	-3010060	-3010061	-3010057	-3010045	-3010025
39	-3162014	-3162001	-3162042	-3162103	-3162159	-3307794	-3307783	-3307818	-3307867	-3307909
40	-2086441	-2086450	-2086420	-2086367	-2086299	-2117653	-2117662	-2117631	-2117576	-2117507
41	-2093718	-2093708	-2093740	-2093787	-2093833	-2129573	-2129565	-2129590	-2129625	-2129655
42	-2210646	-2210638	-2210663	-2210700	-2210736	-2263109	-2263101	-2263126	-2263162	-2263198
43	-2239506	-2239500	-2239518	-2239543	-2239567	-2277608	-2277602	-2277619	-2277644	-2277666
44	-2231899	-2231901	-2231895	-2231883	-2231867	-2330804	-2330806	-2330800	-2330788	-2330772
45	-1754745	-1754727	-1754781	-1754859	-1754928	-1784665	-1784648	-1784700	-1784773	-1784837

Tablo 6.7: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin taban kesme kuvveti değerine etkisi.

DEPREM ZEMİN	YATAY BİLEŞEN					YATAY + DÜŞEY DİLEŞEN				
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf	Kesme Kuvveti Kgf
2	-27411,3	-27411,4	-27410,9	-27409,9	-27408,2	-27461,1	-27461,3	-27460,8	-27459,7	-27458
3	-27459	-27459,2	-27458,5	-27457	-27454,7	-27439,8	-27440	-27439,3	-27437,8	-27435,5
4	-28679,7	-28679,9	-28679,2	-28677,7	-28675,4	-28667,1	-28667,3	-28666,6	-28665,1	-28662,8
5	-28757,3	-28757,5	-28756,8	-28755,3	-28753	-28770,7	-28770,9	-28770,2	-28768,7	-28766,4
6	-29685,2	-29685,4	-29684,7	-29683,1	-29680,8	-29704,3	-29704,5	-29703,8	-29702,3	-29700
7	-16124,2	-16124,4	-16123,9	-16122,8	-16121,1	-16074,4	-16074,5	-16074,1	-16073	-16071,3
8	-27706,6	-27706,8	-27706,1	-27704,5	-27702	-27719,2	-27719,4	-27718,7	-27717,1	-27714,7
9	-28895,7	-28895,9	-28895,1	-28893,4	-28890,9	-28860,3	-28860,6	-28859,8	-28858,1	-28855,6
10	-32218,7	-32218,9	-32218,2	-32216,5	-32214	-32254,8	-32255	-32254,2	-32252,6	-32250,1
11	-29237,5	-29237,7	-29237,1	-29235,6	-29233,4	-29173,8	-29174	-29173,4	-29171,9	-29169,6
12	-29965	-29965,2	-29964,4	-29962,7	-29960,3	-29888,6	-29888,8	-29888	-29886,4	-29883,9
13	-27008,6	-27008,8	-27008,2	-27006,8	-27004,6	-26987,8	-26988	-26987,4	-26985,9	-26983,6
14	-28458,2	-28458,4	-28457,8	-28456,6	-28454,9	-28498,2	-28498,4	-28497,9	-28496,8	-28495,2
15	-29581,2	-29581,5	-29580,7	-29579	-29576,5	-29575	-29575,2	-29574,4	-29572,7	-29570,2
16	-27483,5	-27483,6	-27483	-27481,6	-27479,4	-27513,1	-27513,3	-27512,7	-27511,3	-27509,1
17	-12087,4	-12087,5	-12087,1	-12086,2	-12084,8	-11967,8	-11967,9	-11967,5	-11966,6	-11965,2
18	-29910,7	-29910,8	-29910,3	-29909,2	-29907,5	-30016,6	-30016,7	-30016,3	-30015,2	-30013,6
19	-28144	-28144,2	-28143,4	-28141,8	-28139,4	-28112,4	-28112,6	-28111,9	-28110,4	-28108,1
20	-26579,6	-26579,8	-26579,1	-26577,5	-26575,1	-26606,7	-26606,9	-26606,2	-26604,5	-26602,2
21	-28105,3	-28105,5	-28104,9	-28103,6	-28101,6	-28148,9	-28149	-28148,5	-28147,2	-28145,2
22	-27320,5	-27320,7	-27320,1	-27318,8	-27316,7	-27187,4	-27187,6	-27187	-27185,5	-27183,3
23	-14205,7	-14205,8	-14205,3	-14204,3	-14202,6	-14112,1	-14112,3	-14111,8	-14110,6	-14108,9
24	-29903,7	-29903,8	-29903,3	-29902,2	-29900,6	-30011,9	-30012	-30011,6	-30010,5	-30008,9
25	-28459	-28459,1	-28458,5	-28457,2	-28455,1	-28612,9	-28613	-28612,5	-28611,2	-28609,2
26	-26957,8	-26957,9	-26957,4	-26956,1	-26954	-26916,9	-26917,1	-26916,5	-26915,2	-26913,1
27	-27727,2	-27727,4	-27726,6	-27725	-27722,7	-27705	-27705,2	-27704,5	-27702,9	-27700,6
28	-27005,6	-27005,8	-27005	-27003,4	-27001	-27081,7	-27081,9	-27081,1	-27079,5	-27077
29	-14212,7	-14212,8	-14212,3	-14211,2	-14209,6	-14123,1	-14123,3	-14122,8	-14121,6	-14119,8
30	-28928	-28928,1	-28927,7	-28926,8	-28925,4	-29049,9	-29050	-29049,6	-29048,7	-29047,2
31	-29899,5	-29899,7	-29899,1	-29897,7	-29895,5	-29869,9	-29870,1	-29869,5	-29868,1	-29865,9
32	-27165,1	-27165,4	-27164,6	-27162,9	-27160,4	-27172,2	-27172,5	-27171,7	-27170	-27167,5
33	-11617,6	-11617,7	-11617,2	-11616	-11614,3	-11606,3	-11606,5	-11605,9	-11604,7	-11603
34	-30233,1	-30233,3	-30232,7	-30231,3	-30229,1	-30269,4	-30269,6	-30269	-30267,7	-30265,5
35	-26740,5	-26740,7	-26739,9	-26738,2	-26735,8	-26819,9	-26820,1	-26819,3	-26817,6	-26815,1
36	-27893,5	-27893,7	-27893,1	-27891,6	-27889,4	-27963,4	-27963,6	-27963	-27961,6	-27959,4
37	-28894,5	-28894,7	-28894	-28892,3	-28889,8	-28858,4	-28858,7	-28857,9	-28856,3	-28853,8
38	-32219,8	-32220	-32219,3	-32217,6	-32215,1	-32255,1	-32255,3	-32254,6	-32252,9	-32250,4
39	-29050,6	-29050,8	-29050	-29048,4	-29046	-29054	-29054,2	-29053,4	-29051,7	-29049,2
40	-27361,8	-27362	-27361,5	-27360,4	-27358,7	-27411,7	-27411,8	-27411,3	-27410,2	-27408,6
41	-27495,4	-27495,5	-27494,9	-27493,3	-27491	-27476,5	-27476,7	-27476	-27474,5	-27472,2
42	-28669,7	-28669,9	-28669,2	-28667,7	-28665,3	-28656,3	-28656,5	-28655,8	-28654,3	-28651,9
43	-28767,3	-28767,5	-28766,8	-28765,3	-28763	-28780,2	-28780,4	-28779,7	-28778,2	-28775,8
44	-29648,8	-29649	-29648,3	-29646,8	-29644,4	-29668	-29668,1	-29667,5	-29665,9	-29663,6
45	-16173,6	-16173,8	-16173,3	-16172,2	-16170,5	-16123,8	-16123,9	-16123,4	-16122,4	-16120,7

Tablo 6.8: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin taban devrilme momenti değerine etkisi.

DEPREM ZEMİN	YATAY BİLEŞEN					YATAY + DÜŞEY DİLEŞEN				
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti
KOLON NO	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
2	-134935	-134936	-134933	-134925	-134914	-134987	-134988	-134985	-134977	-134966
3	-135070	-135071	-135067	-135059	-135047	-135040	-135041	-135037	-135029	-135017
4	-136787	-136788	-136784	-136776	-136764	-136765	-136766	-136763	-136754	-136742
5	-136913	-136914	-136910	-136902	-136890	-136935	-136936	-136932	-136924	-136912
6	-138224	-138225	-138221	-138213	-138201	-138254	-138255	-138251	-138243	-138231
7	-118920	-118921	-118918	-118910	-118899	-118872	-118873	-118869	-118862	-118850
8	-135498	-135499	-135495	-135487	-135475	-135493	-135494	-135491	-135482	-135470
9	-137128	-137129	-137125	-137117	-137104	-137087	-137088	-137084	-137076	-137063
10	-141826	-141827	-141823	-141815	-141803	-141867	-141869	-141865	-141856	-141844
11	-137431	-137432	-137428	-137420	-137408	-137413	-137414	-137411	-137403	-137391
12	-138707	-138708	-138704	-138696	-138684	-138602	-138603	-138599	-138591	-138578
13	-134144	-134145	-134141	-134133	-134121	-134215	-134216	-134212	-134204	-134192
14	-136565	-136566	-136562	-136555	-136544	-136624	-136625	-136622	-136614	-136603
15	-138161	-138162	-138158	-138149	-138137	-138147	-138149	-138145	-138136	-138124
16	-134812	-134813	-134809	-134801	-134789	-134837	-134838	-134835	-134827	-134815
17	-112747	-112748	-112744	-112737	-112727	-112633	-112634	-112630	-112623	-112612
18	-138491	-138492	-138488	-138481	-138469	-138546	-138547	-138543	-138536	-138525
19	-136123	-136124	-136120	-136111	-136099	-136064	-136065	-136061	-136053	-136041
20	-133898	-133899	-133895	-133887	-133875	-133926	-133927	-133923	-133915	-133903
21	-135641	-135642	-135639	-135631	-135619	-135647	-135648	-135645	-135637	-135625
22	-134544	-134546	-134542	-134534	-134522	-134534	-134535	-134531	-134523	-134511
23	-116166	-116167	-116164	-116156	-116145	-116123	-116124	-116120	-116112	-116101
24	-138465	-138466	-138462	-138455	-138444	-138521	-138522	-138519	-138511	-138500
25	-136162	-136163	-136159	-136151	-136139	-136197	-136198	-136195	-136187	-136176
26	-134011	-134012	-134009	-134001	-133989	-134011	-134012	-134008	-134000	-133989
27	-135528	-135529	-135525	-135517	-135505	-135500	-135501	-135497	-135489	-135477
28	-134505	-134507	-134503	-134494	-134482	-134582	-134583	-134579	-134571	-134559
29	-116192	-116193	-116189	-116182	-116170	-116149	-116150	-116146	-116139	-116128
30	-136669	-136670	-136666	-136659	-136648	-136788	-136789	-136786	-136778	-136768
31	-138244	-138245	-138241	-138233	-138221	-138218	-138219	-138215	-138207	-138195
32	-134729	-134730	-134726	-134717	-134705	-134742	-134743	-134739	-134730	-134718
33	-112643	-112644	-112640	-112633	-112622	-112591	-112592	-112589	-112581	-112570
34	-138724	-138725	-138721	-138713	-138701	-138658	-138659	-138655	-138647	-138636
35	-134127	-134128	-134124	-134115	-134103	-134232	-134233	-134229	-134221	-134209
36	-135522	-135523	-135519	-135511	-135499	-135549	-135550	-135546	-135538	-135527
37	-137104	-137105	-137101	-137093	-137081	-137063	-137064	-137060	-137052	-137039
38	-141850	-141851	-141847	-141839	-141826	-141891	-141892	-141888	-141880	-141868
39	-137407	-137408	-137404	-137396	-137384	-137416	-137417	-137413	-137405	-137393
40	-134883	-134884	-134881	-134873	-134862	-134932	-134933	-134929	-134921	-134910
41	-135114	-135115	-135111	-135103	-135091	-135084	-135085	-135081	-135073	-135061
42	-136789	-136790	-136786	-136778	-136766	-136767	-136768	-136764	-136756	-136744
43	-136911	-136912	-136908	-136900	-136888	-136933	-136934	-136930	-136922	-136910
44	-138180	-138181	-138178	-138169	-138157	-138210	-138211	-138207	-138199	-138187
45	-118972	-118973	-118970	-118962	-118951	-118924	-118925	-118921	-118914	-118903

Tablo 6.9: Kocaeli depremi 20 katlı model zemin sınıfının değişiminin tepe kat yatay ve düşey yer değiştirme değerlerine etkisi.

DEPREM ZEMİN Düğüm Noktası Numarası	YATAY BİLEŞEN						YATAY + DÜŞEY DİLEŞEN					
	ZA			ZE			ZA			ZE		
	YER DEĞİŞTİRME			YER DEĞİŞTİRME			YER DEĞİŞTİRME			YER DEĞİŞTİRME		
	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3	U1	U2	U3
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
4808	-0,33923	-0,27985	-0,02512	-0,33912	-0,27989	-0,02512	-0,33923	-0,27985	-0,02506	-0,33912	-0,27989	-0,02506
4809	-0,33923	-0,27985	-0,03075	-0,33912	-0,27989	-0,03075	-0,33923	-0,27985	-0,03123	-0,33912	-0,27989	-0,03123
4810	-0,33923	-0,27985	-0,0305	-0,33912	-0,27989	-0,0305	-0,33923	-0,27985	-0,03101	-0,33912	-0,27989	-0,03101
4811	-0,33923	-0,27985	-0,03047	-0,33912	-0,27989	-0,03047	-0,33923	-0,27985	-0,03117	-0,33912	-0,27989	-0,03117
4812	-0,33923	-0,27985	-0,0298	-0,33912	-0,27989	-0,0298	-0,33923	-0,27985	-0,03037	-0,33912	-0,27989	-0,03037
4813	-0,33923	-0,27985	-0,0289	-0,33912	-0,27989	-0,0289	-0,33923	-0,27985	-0,02919	-0,33912	-0,27989	-0,02919
4814	-0,33923	-0,27985	-0,04351	-0,33912	-0,27989	-0,04351	-0,33923	-0,27985	-0,0463	-0,33912	-0,27989	-0,0463
4815	-0,33923	-0,27985	-0,03752	-0,33912	-0,27989	-0,03752	-0,33923	-0,27985	-0,0413	-0,33912	-0,27989	-0,0413
4816	-0,33923	-0,27985	-0,03883	-0,33912	-0,27989	-0,03883	-0,33923	-0,27985	-0,04193	-0,33912	-0,27989	-0,04193
4817	-0,33923	-0,27985	-0,04617	-0,33912	-0,27989	-0,04617	-0,33923	-0,27985	-0,04728	-0,33912	-0,27989	-0,04728
4818	-0,33923	-0,27985	-0,04618	-0,33912	-0,27989	-0,04618	-0,33923	-0,27985	-0,05058	-0,33912	-0,27989	-0,05058
4819	-0,33923	-0,27985	-0,04932	-0,33912	-0,27989	-0,04932	-0,33923	-0,27985	-0,05148	-0,33912	-0,27989	-0,05148
4820	-0,33923	-0,27985	-0,03141	-0,33912	-0,27989	-0,03141	-0,33923	-0,27985	-0,03294	-0,33912	-0,27989	-0,03293
4821	-0,33923	-0,27985	-0,04649	-0,33912	-0,27989	-0,04649	-0,33923	-0,27985	-0,05131	-0,33912	-0,27989	-0,05131
4822	-0,33923	-0,27985	-0,04991	-0,33912	-0,27989	-0,04991	-0,33923	-0,27985	-0,0528	-0,33912	-0,27989	-0,0528
4823	-0,33923	-0,27985	-0,02917	-0,33912	-0,27989	-0,02917	-0,33923	-0,27985	-0,0306	-0,33912	-0,27989	-0,0306
4824	-0,33923	-0,27985	-0,03145	-0,33912	-0,27989	-0,03145	-0,33923	-0,27985	-0,03271	-0,33912	-0,27989	-0,0327
4825	-0,33923	-0,27985	-0,03789	-0,33912	-0,27989	-0,03789	-0,33923	-0,27985	-0,0407	-0,33912	-0,27989	-0,0407
4826	-0,33923	-0,27985	-0,04283	-0,33912	-0,27989	-0,04283	-0,33923	-0,27985	-0,04561	-0,33912	-0,27989	-0,04561
4827	-0,33923	-0,27985	-0,04573	-0,33912	-0,27989	-0,04573	-0,33923	-0,27985	-0,0483	-0,33912	-0,27989	-0,0483
4828	-0,33923	-0,27985	-0,0388	-0,33912	-0,27989	-0,0388	-0,33923	-0,27985	-0,04166	-0,33912	-0,27989	-0,04166
4829	-0,33923	-0,27985	-0,03113	-0,33912	-0,27989	-0,03113	-0,33923	-0,27985	-0,03224	-0,33912	-0,27989	-0,03223
4830	-0,33923	-0,27985	-0,03082	-0,33912	-0,27989	-0,03082	-0,33923	-0,27985	-0,03254	-0,33912	-0,27989	-0,03254
4831	-0,33923	-0,27985	-0,03858	-0,33912	-0,27989	-0,03858	-0,33923	-0,27985	-0,04155	-0,33912	-0,27989	-0,04155
4832	-0,33923	-0,27985	-0,04574	-0,33912	-0,27989	-0,04574	-0,33923	-0,27985	-0,0501	-0,33912	-0,27989	-0,0501
4833	-0,33923	-0,27985	-0,04247	-0,33912	-0,27989	-0,04247	-0,33923	-0,27985	-0,04553	-0,33912	-0,27989	-0,04553
4834	-0,33923	-0,27985	-0,03798	-0,33912	-0,27989	-0,03798	-0,33923	-0,27985	-0,04091	-0,33912	-0,27989	-0,04091
4835	-0,33923	-0,27985	-0,03185	-0,33912	-0,27989	-0,03185	-0,33923	-0,27985	-0,03268	-0,33912	-0,27989	-0,03268
4836	-0,33923	-0,27985	-0,0295	-0,33912	-0,27989	-0,0295	-0,33923	-0,27985	-0,03156	-0,33912	-0,27989	-0,03156
4837	-0,33923	-0,27985	-0,04988	-0,33912	-0,27989	-0,04988	-0,33923	-0,27985	-0,05419	-0,33912	-0,27989	-0,05419
4838	-0,33923	-0,27985	-0,04611	-0,33912	-0,27989	-0,04611	-0,33923	-0,27985	-0,05047	-0,33912	-0,27989	-0,05047
4839	-0,33923	-0,27985	-0,03172	-0,33912	-0,27989	-0,03171	-0,33923	-0,27985	-0,03221	-0,33912	-0,27989	-0,03221
4840	-0,33923	-0,27985	-0,04926	-0,33912	-0,27989	-0,04926	-0,33923	-0,27985	-0,05348	-0,33912	-0,27989	-0,05348
4841	-0,33923	-0,27985	-0,04584	-0,33912	-0,27989	-0,04584	-0,33923	-0,27985	-0,04893	-0,33912	-0,27989	-0,04893
4842	-0,33923	-0,27985	-0,04618	-0,33912	-0,27989	-0,04618	-0,33923	-0,27985	-0,04988	-0,33912	-0,27989	-0,04987
4843	-0,33923	-0,27985	-0,03886	-0,33912	-0,27989	-0,03885	-0,33923	-0,27985	-0,04183	-0,33912	-0,27989	-0,04183
4844	-0,33923	-0,27985	-0,0376	-0,33912	-0,27989	-0,0376	-0,33923	-0,27985	-0,04178	-0,33912	-0,27989	-0,04178
4845	-0,33923	-0,27985	-0,04322	-0,33912	-0,27989	-0,04322	-0,33923	-0,27985	-0,04539	-0,33912	-0,27989	-0,04539
4846	-0,33923	-0,27985	-0,0289	-0,33912	-0,27989	-0,0289	-0,33923	-0,27985	-0,02968	-0,33912	-0,27989	-0,02968
4847	-0,33923	-0,27985	-0,02977	-0,33912	-0,27989	-0,02978	-0,33923	-0,27985	-0,03033	-0,33912	-0,27989	-0,03034
4848	-0,33923	-0,27985	-0,03122	-0,33912	-0,27989	-0,03122	-0,33923	-0,27985	-0,03212	-0,33912	-0,27989	-0,03212
4849	-0,33923	-0,27985	-0,03169	-0,33912	-0,27989	-0,03169	-0,33923	-0,27985	-0,03237	-0,33912	-0,27989	-0,03237
4850	-0,33923	-0,27985	-0,03137	-0,33912	-0,27989	-0,03136	-0,33923	-0,27985	-0,03289	-0,33912	-0,27989	-0,03289
4851	-0,33923	-0,27985	-0,02469	-0,33912	-0,27989	-0,02469	-0,33923	-0,27985	-0,02507	-0,33912	-0,27989	-0,02507

Zemin sınıfının değişmesinin analiz sonuçlarına önemli düzeyde etkisinin olmaması sebebiyle bundan sonraki değerlendirmelerde zemin sınıfı ZE'ye ait değerlerle kıyaslama yapılacaktır.

Zemin-yapı etkileşimi özellikle, yapının temele rijit bağlı olmaması sebebiyle mod şeklinde değişikliğe ve periyodunda büyümeye sebep olur. Bunun sonucu olarak genellikle karşı gelen spektral ivme azalır, bu da eşdeğer deprem kuvvetini küçültür [20].

Yapımızı gerçek deprem kayıtları yardımıyla modellediğimiz için zemin sınıfı etkilerini sadece yatay elastik tasarım spektrumunun köşe periyotlarını belirleyerek deprem yükü azaltma katsayısı $R_a(T)$ 'yi elde etmek için kullandık. Bu sayede yatayda azaltılmış tasarım spektral ivme $S_{aR}(T)$ değerleri zemin sınıfına göre farklılık gösterirken düşeyde deprem etkisine azaltma yapılmadığı için zemin sınıfına göre bir farklılık göstermemektedir.

Yapının temelsiz, zemine ankastre mesnet olarak modellenmesi ve TBDY-2018'de düşey deprem etkileri için zemin sınıfına göre azaltma katsayısı kullanılmaması sonucunda zemin sınıfı etkileri yeterince hissedilmemiştir.

6.3 Deprem Düşey Bileşenin Taban Kesme Kuvveti, Taban Devrilme Momenti ve Tepe Kat Yatay Yer Değiştirme Değeri Üzerine Etkisi

Yapılan analizler değerlendirildiğinde depremin düşey bileşenin taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti ve tepe kat yatay yer değiştirme değerleri üzerindeki etkisinin 4 farklı kat seviyesinde de sınırlı düzeyde kaldığı görülmüştür. Örnek olması amacıyla Kocaeli Depreminin ZE zemin sınıfı için olan değerleri aşağıdaki Tablo 6.10, 6.11, 6.12'de gösterilmiş olup diğer sonuçlara ise benzerlik gösterdiği için değinilmemiştir.

Elde edilen sonuçların daha önce yapılmış çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bunlar;

- 1- 2014 yılında Eren ve 2018 yılında Aydemir ve Jakayev tarafından yapılan çalışmalarda düşey deprem etkisinin taban kesme kuvveti ve yatay yer değiştirme değerlerinde önemli bir değişiklik yapmadığı [5],
- 2- 2019 yılında Celep ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmalarda düşey deprem etkisinin devrilme momenti değerlerinde önemli bir değişiklik yapmadığıdır [7].

Tablo 6.10: Kocaeli depreminin ZE zemin sınıfı için depremin düşey bileşeninin taban kesme kuvveti değeri üzerine etkisi.

Kat Sayısı	5 Katlı Model		10 Katlı Model		15 Katlı Model		20 Katlı Model	
Deprem	XY	XYZ	XY	XYZ	XY	XYZ	XY	XYZ
KOLON NO	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti	Kesme Kuvveti
	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf
2	-16075,1	-16065,3	-15070,8	-15078	-21506,1	-21547,4	-27408,2	-27458
3	-12026,8	-12028,6	-10971,7	-10979,4	-19536,3	-19532	-27454,7	-27435,5
4	-13191,2	-13191,3	-12035,6	-12040,8	-20612,3	-20611,4	-28675,4	-28662,8
5	-13220,3	-13220,2	-12220,3	-12215,1	-20827,3	-20829,3	-28753	-28766,4
6	-14246,5	-14244,7	-13143,2	-13135,5	-21707,6	-21712,3	-29680,8	-29700
7	-5050,53	-5067,19	-4142,13	-4141,25	-10461,4	-10420,2	-16121,1	-16071,3
8	-11960,5	-11987	-11790,5	-11750,7	-20509,2	-20533,9	-27702	-27714,7
9	-12256,9	-12256,7	-11190,1	-11220,6	-20382,5	-20373,3	-28890,9	-28855,6
10	-15483,4	-15483,7	-14315,6	-14285	-23526,6	-23535,8	-32214	-32250,1
11	-14134,5	-14122,1	-12214,3	-12256,1	-20544,1	-20520,5	-29233,4	-29169,6
12	-14570,1	-14560,8	-14616,1	-14596,7	-23257,1	-23272,3	-29960,3	-29883,9
13	-11452	-11456,3	-9287,78	-9309,17	-17681,1	-17674,1	-27004,6	-26983,6
14	-17948,7	-17942	-18358,1	-18384,1	-24448,3	-24546,9	-28454,9	-28495,2
15	-14246,7	-14252,9	-14313,5	-14306,5	-22950,7	-22947,3	-29576,5	-29570,2
16	-11901,6	-11898,5	-9668,08	-9678,51	-18080,6	-18086,8	-27479,4	-27509,1
17	-1860,33	-1863,61	287,46	279,98	-5325,39	-5234,74	-12084,8	-11965,2
18	-18289,8	-18289,5	-17484,2	-17531,3	-24050,8	-24149	-29907,5	-30013,6
19	-12876,6	-12879	-13160	-13130,3	-21691,1	-21748,5	-28139,4	-28108,1
20	-12228,3	-12225,6	-12321	-12340,4	-20527,5	-20478,4	-26575,1	-26602,2
21	-13386,7	-13388,2	-11123,4	-11106,5	-19128,1	-19177,4	-28101,6	-28145,2
22	-12897,5	-12896,2	-10463,1	-10513	-18413,3	-18378,7	-27316,7	-27183,3
23	-3259,4	-3259,72	-2157,02	-2152,31	-8463,85	-8368,4	-14202,6	-14108,9
24	-18290,2	-18289,9	-17413,5	-17461,1	-23974,9	-24073,1	-29900,6	-30008,9
25	-12993,2	-12994,6	-10972,2	-10945,9	-19268,5	-19309,9	-28455,1	-28609,2
26	-12378,2	-12376,6	-10059,3	-10078,7	-18016	-17966,7	-26954	-26913,1
27	-13236,8	-13239,6	-13385,1	-13366	-21639,6	-21688,7	-27722,7	-27700,6
28	-12780,9	-12778,5	-12651	-12704,5	-20835,8	-20784,8	-27001	-27077
29	-3258,99	-3259,31	-2227,71	-2223,79	-8539,73	-8444,23	-14209,6	-14119,8
30	-18074,7	-18071,4	-16126,2	-16152,7	-21985,2	-22075,8	-28925,4	-29047,2
31	-14376,6	-14379,7	-12114,2	-12109,3	-20509,1	-20503	-29895,5	-29865,9
32	-11771,8	-11765,6	-11867,4	-11877,8	-20522,3	-20525,7	-27160,4	-27167,5
33	-1734,36	-1741,1	-1944,37	-1957,09	-7788,52	-7689,91	-11614,3	-11603
34	-14701,9	-14697,5	-12477,9	-12460,9	-20873,7	-20880,8	-30229,1	-30265,5
35	-11320,1	-11329,4	-11426	-11447,4	-20064,4	-20050,5	-26735,8	-26815,1
36	-12104,5	-12119,6	-10460,4	-10422,5	-19014,3	-19037,9	-27889,4	-27959,4
37	-12263,1	-12262,8	-11064,7	-11095,2	-20232,2	-20223	-28889,8	-28853,8
38	-15477,2	-15477,5	-14441	-14410,5	-23676,9	-23686	-32215,1	-32250,4
39	-13990,4	-13971,1	-13544,3	-13586,2	-22039	-22014,4	-29046	-29049,2
40	-16015,5	-15999,8	-15152,4	-15159,9	-21593,5	-21634,8	-27358,7	-27408,6
41	-12048,4	-12050,1	-10938,8	-10946,5	-19501,1	-19496,7	-27491	-27472,2
42	-13157,6	-13157,7	-12138	-12143,2	-20737,4	-20736,8	-28665,3	-28651,9
43	-13253,9	-13253,8	-12117,9	-12112,7	-20702,2	-20704,9	-28763	-28775,8
44	-14225	-14223,2	-13176,1	-13168,5	-21742,8	-21747,1	-29644,4	-29663,6
45	-5110,15	-5125,35	-4060,56	-4059,73	-10374	-10332,7	-16170,5	-16120,7

Tablo 6.11: Kocaeli depreminin ZE zemin sınıfı için depremin düşey bileşeninin taban devrilme momenti değeri üzerine etkisi.

Kat Sayısı	5 Katlı Model		10 Katlı Model		15 Katlı Model		20 Katlı Model	
Deprem	XY	XYZ	XY	XYZ	XY	XYZ	XY	XYZ
KOLON NO	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti	Devrilme Momenti
	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m	Kgf-m
2	-60425,3	-60411,4	-56744,8	-56721,3	-96426,4	-96492,9	-134914	-134966
3	-54674,8	-54677,3	-50938,6	-50952	-93650	-93644,5	-135047	-135017
4	-56328,8	-56328,9	-52447,4	-52454,7	-95174,4	-95176,5	-136764	-136742
5	-56370,1	-56369,9	-52710,5	-52703,2	-95481,6	-95479,5	-136890	-136912
6	-57827,8	-57825,3	-54023,5	-54010,1	-96730,9	-96736,3	-138201	-138231
7	-44756,7	-44770,5	-41220,9	-41244,4	-80745,2	-80678,7	-118899	-118850
8	-54574,6	-54596	-52105	-52038,7	-95041	-95077,6	-135475	-135470
9	-55001,7	-55001,3	-51249,7	-51296,2	-94853,9	-94843,9	-137104	-137063
10	-59584,8	-59585,2	-55689,2	-55642,7	-99317,6	-99327,5	-141803	-141844
11	-57668,7	-57647,3	-52703,1	-52769,4	-95060,3	-95023,6	-137408	-137391
12	-58272	-58265,8	-56119,5	-56081,1	-98949,8	-98978,9	-138684	-138578
13	-53858,2	-53864,4	-48545,4	-48583,8	-90984,1	-90955,1	-134121	-134192
14	-63062,3	-63057,6	-61419	-61372,2	-100634	-100778	-136544	-136603
15	-57808,8	-57813,2	-55688,5	-55664,9	-98515,6	-98514,8	-138137	-138124
16	-54497	-54492,6	-49084,8	-49108,3	-91549,1	-91549,9	-134789	-134815
17	-40233,4	-40238	-34925,7	-34980,2	-73397,5	-73254,4	-112727	-112612
18	-63571,3	-63570,8	-60175,1	-60156,9	-100040	-100202	-138469	-138525
19	-55865,6	-55867,6	-54049,7	-53951,8	-96721,8	-96814,2	-136099	-136041
20	-54938,9	-54936,7	-52857,3	-52888,6	-95070,4	-95001,9	-133875	-133903
21	-56606,4	-56608,6	-51151	-51119,7	-93025,8	-93094,3	-135619	-135625
22	-55911,6	-55909,7	-50213,6	-50311,5	-92016,1	-91930,2	-134522	-134511
23	-42220,7	-42221,2	-38401,9	-38435,2	-77899,1	-77737,2	-116145	-116101
24	-63571,9	-63571,4	-60073,5	-60055,9	-99932,5	-100094	-138444	-138500
25	-56047,5	-56049,5	-50936,7	-50839,6	-93231	-93323,4	-136139	-136176
26	-55173,9	-55171,7	-49639,4	-49670,7	-91446,1	-91377,7	-133989	-133989
27	-56371,4	-56373,6	-54368,9	-54337,6	-96650	-96718,5	-135505	-135477
28	-55729,8	-55727,8	-53326,7	-53424,6	-95506,9	-95414,6	-134482	-134559
29	-42220,2	-42220,6	-38503,4	-38536,8	-78006,9	-77845	-116170	-116128
30	-63265,7	-63261,1	-58241,2	-58199,2	-97062,6	-97206,8	-136648	-136768
31	-58012,6	-58017	-52559,4	-52535,9	-94998,6	-94997,8	-138221	-138195
32	-54293,2	-54288,8	-52213,8	-52237,3	-95066	-95066,8	-134705	-134718
33	-40029,9	-40034,6	-38103,5	-38157,9	-76969,1	-76825	-112622	-112570
34	-58474,7	-58468,5	-53076,9	-53038,5	-95519,3	-95548,3	-138701	-138636
35	-53655,5	-53661,7	-51588	-51626,4	-94414,7	-94385,6	-134103	-134209
36	-54785,2	-54806,6	-50211,8	-50145,5	-92887,2	-92923,8	-135499	-135527
37	-55010,5	-55010,1	-51071,3	-51117,8	-94638	-94628,1	-137081	-137039
38	-59576	-59576,5	-55867,6	-55821	-99533,5	-99543,4	-141826	-141868
39	-57458	-57436,6	-54596,3	-54662,6	-97214,1	-97177,4	-137384	-137393
40	-60332,2	-60318,4	-56860,8	-56837,3	-96558,3	-96624,8	-134862	-134910
41	-54705,4	-54707,9	-50892,2	-50905,6	-93596,6	-93591,2	-135091	-135061
42	-56281,1	-56281,2	-52593,6	-52600,9	-95354	-95356,1	-136766	-136744
43	-56417,8	-56417,6	-52564,3	-52557	-95302,1	-95299,9	-136888	-136910
44	-57797,2	-57794,7	-54069,9	-54056,5	-96784,3	-96789,7	-138157	-138187
45	-44849,7	-44863,6	-41104,8	-41128,4	-80613,4	-80546,9	-118951	-118903

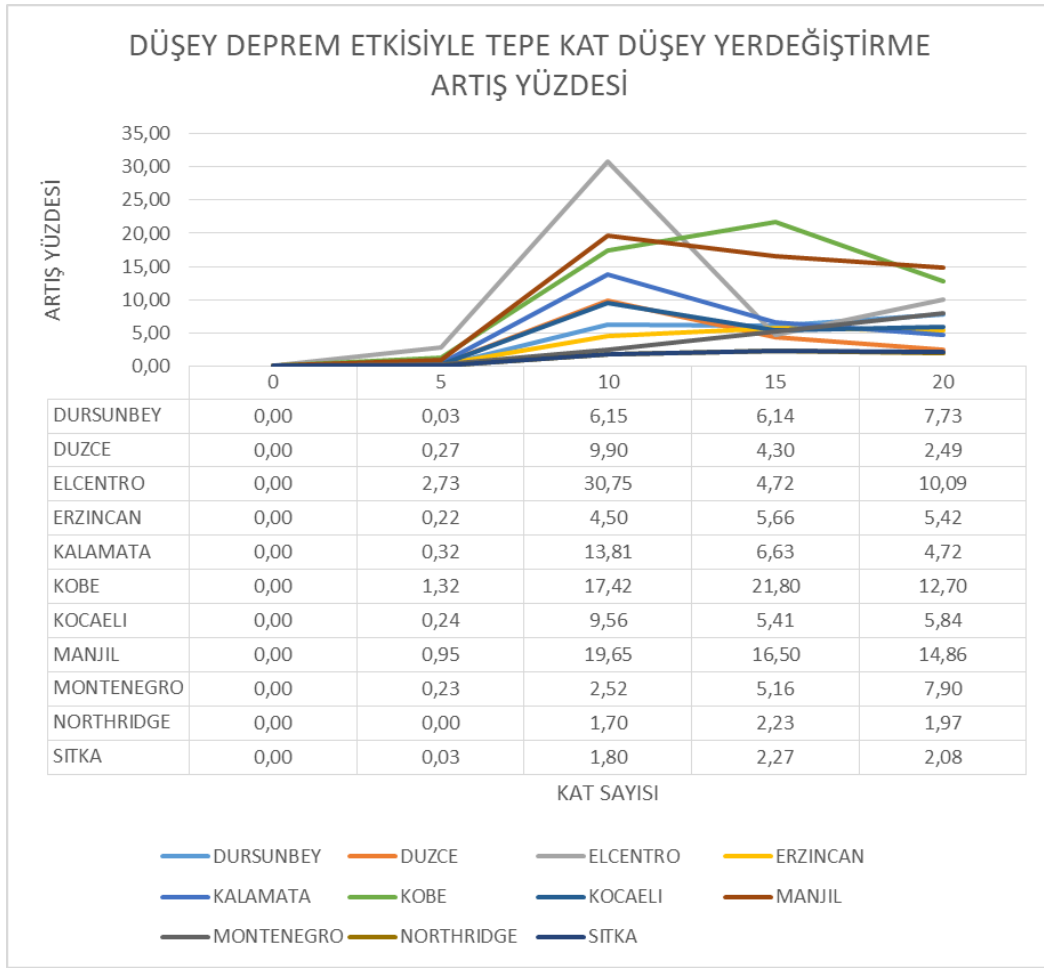
6.4 Deprem Düşey Bileşenin Tepe Kat Düşey Yer Değiştirme Değeri Üzerine

Etkisi

11 farklı gerçek deprem kaydının 4 farklı kat seviyesinde depremin sadece yatay ivme bileşenin etki ettirilmesi sonucunda oluşan ortalama tepe kat düşey yer değiştirme değerleri ile depremin yatay bileşeniyle beraber düşey ivme bileşenin de etki ettirilmesi sonucu oluşan ortalama tepe kat düşey yer değiştirme değerindeki değişim oranları Şekil 6.2’de gösterilmiştir.

Bu şekilden farklı deprem kayıtlarının en yüksek etkiye sahip oldukları kat seviyelerinin farklılık gösterdiği görülmüştür. Örneğin Düzce %9,9 Elcentro %30,75 Kalamata %13,81 Kocaeli %9,56 Manjıl %19,65 oranlarıyla en yüksek etkiye 10 katlı bina modelde maruz kalmıştır. Erzincan %5,66 Kobe %21,80 Nortridge %2,23 Sıtka %2,27 oranlarıyla en yüksek etkiye 15 katlı bina modelinde maruz kalırken Dursunbey %7,73 Montenegro %7,90 oranıyla en yüksek etkiye 20 katlı bina modelinde maruz kalmıştır.

Yapı yüksekliği arttıkça yapı ağırlığı artmakta dolayısıyla yapı frekansının değişmesine neden olmaktadır. Titreşim teorisi gereği yapı frekansı ile deprem frekansının yakınlığı oluşacak etkinin büyüklüğünü arttırmaktadır. Dolayısıyla depremlerin frekansıyla yapı frekansının en yakın olduğu kat seviyeleri farklılık gösterdiğinden tepe kat düşey yer değiştirme değerlerinde en yüksek etkiye sahip oldukları kat seviyeleri de farklılık göstermektedir.



Şekil 6.2: Depremiñ düşey ivme bileşeni etkisiyle 11 farklı deprem kaydının tepe kat kolon üst noktalarındaki ortalama düşey yer değıştirme değışim oranı.

Depremiñ düşey ivme bileşeniñin her kat seviyesinde tepe kat kolon üst noktalarındaki değışim oranlarını veren tablolar Tablo 6.13, 6.14, 6.15, 6.16'deki gibidir. Bu tablolardan her kat seviyesi için farklı deprem kayıtlarının farklı tepe kat birleşim noktalarına farklı etki yaptığı bu etkinin kat sayısı değıştikçe farklı bölgedeki tepe kat birleşim noktalarına kaydđı görülmüşür. Örneğin Tablo 6.13'de 5 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4191 değışim oranı %19,14 Manjıl depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4157 değışim oranı %8,18 Düzce depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4186 değışim oranı %3,70'dir. Tablo 6.14'de 10 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4388 değışim oranı %47,89 Manjıl depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4405 değışim oranı %32,93 Düzce depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4377 değışim oranı %16,28 olmuştur. Tablo 6.15'de 15 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkidiği tepe kat

birleşim noktası numarası 4605 değişim oranı %15,09 Manjıl depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4598 değişim oranı %26,98 Düzce depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4620 değişim oranı %7,82 olmuştur. Tablo 6.16'da 20 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4834 değişim oranı %24,56 Manjıl depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4814 değişim oranı %22,07 Düzce depreminin en fazla etkidiği tepe kat birleşim noktası numarası 4815 değişim oranı %5,78 olmuştur.

Depremlerin üç boyutlu olması etki eden deprem kuvvetlerinin bileşke doğrultularının farklı olmasına dolayısıyla etki ettikleri bölgelerin de değişmesine neden olmaktadır. Kat sayısı arttıkça yapı periyodu değiştii için yapının yapmış olduğu salınım hareketi değişmektedir. Depremin farklı kat sayılarında farklı sanınım hareketi yapması tepe kat düşey yer değiştirme değerlerinin de değişmesine neden olmaktadır. Bu sonuçlar depremin dinamik bir süreç olduğunun kanıtıdır.

Tablo 6.13: 11 farklı deprem kaydının 5 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.

5 KATLI MODEL											
	DURSUNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELI	MANIL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
Düğüm No	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
4148	0,80	-0,14	19,00	3,34	2,35	11,23	3,02	3,83	2,03	0,09	-0,09
4149	0,31	-0,69	0,06	0,69	-0,06	0,06	0,00	0,17	0,33	0,00	0,00
4150	0,00	0,00	0,06	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4151	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4152	0,00	-0,83	0,17	0,78	0,12	0,73	0,35	-1,93	0,34	0,00	0,00
4153	0,35	-0,20	10,94	1,22	2,77	0,69	-0,32	8,15	1,53	0,09	0,09
4154	0,42	0,86	16,35	0,84	-0,18	8,26	1,91	2,86	1,08	-0,03	-0,10
4155	0,00	-0,04	-0,11	0,00	-0,04	0,00	-0,04	-0,14	-0,04	0,00	0,00
4156	0,04	0,03	0,00	-0,04	0,00	0,04	0,04	0,00	0,03	0,00	0,00
4157	0,19	1,71	14,07	1,33	2,70	4,55	0,12	8,18	1,02	0,00	0,03
4158	0,04	0,50	-0,20	-0,03	0,07	1,10	0,30	0,99	-0,03	0,11	0,04
4159	-0,03	0,83	-0,17	-0,07	0,00	0,03	0,10	0,00	-0,09	0,00	0,00
4160	-0,18	0,33	0,00	0,00	0,41	0,46	-0,06	0,06	-0,33	-0,06	0,00
4161	0,00	-0,25	0,13	0,06	-0,03	0,00	-0,10	-0,63	0,10	-0,07	-0,04
4162	0,03	-0,52	0,10	0,06	0,17	0,00	-0,03	0,13	0,15	0,00	0,00
4163	-0,24	-0,28	0,59	0,17	0,41	0,36	0,17	-0,91	0,41	0,06	0,06
4164	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4165	0,00	0,04	0,04	-0,03	-0,04	0,00	-0,04	-0,14	-0,04	0,00	0,00
4166	0,00	0,10	-0,04	-0,03	0,00	0,00	0,04	0,25	-0,04	0,00	0,00
4167	0,00	0,16	-0,04	-0,04	-0,07	0,07	0,04	0,14	-0,03	0,00	0,00
4168	0,04	0,00	0,00	-0,04	-0,04	0,00	0,04	0,00	0,03	0,04	0,00
4169	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4170	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00
4171	0,00	0,14	0,00	0,00	-0,07	0,04	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00
4172	0,04	0,03	0,00	-0,04	-0,07	0,00	0,07	-0,03	0,07	0,00	0,00
4173	0,00	0,03	-0,11	-0,03	-0,07	0,00	-0,04	-0,21	-0,04	0,00	0,00
4174	0,04	0,03	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00	0,04	0,00
4175	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4176	0,18	-0,17	1,08	0,28	0,77	0,37	0,59	0,40	0,29	0,00	0,00
4177	-0,14	0,19	0,03	0,13	0,20	-0,06	-0,20	0,03	-0,09	0,00	0,04
4178	0,00	0,00	0,41	-0,06	0,13	0,17	0,13	0,78	0,17	-0,03	0,00
4179	0,00	-0,33	0,23	0,11	0,46	0,23	-0,23	0,97	0,16	0,00	0,00
4180	0,21	-0,03	-0,07	-0,16	-0,17	0,20	0,34	-0,03	0,22	0,00	-0,04
4181	0,04	0,10	1,11	0,12	0,17	-0,04	-0,20	-0,73	-0,23	0,00	0,04
4182	-0,85	2,99	13,69	0,80	1,54	4,63	1,04	0,65	0,47	0,03	0,36
4183	0,00	0,14	0,00	-0,04	0,00	0,04	0,04	0,07	-0,03	0,00	0,00
4184	0,04	0,07	0,00	-0,03	0,00	-0,04	0,04	0,18	0,00	0,00	0,00
4185	0,32	1,03	16,22	0,15	0,71	11,19	0,96	7,59	1,40	0,00	0,23
4186	-0,35	3,70	12,64	1,56	2,27	2,19	2,23	0,95	0,21	-0,18	0,27
4187	0,30	-0,51	0,59	0,06	0,40	0,98	0,23	2,13	0,35	0,06	0,00
4188	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4189	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4190	0,06	0,50	0,06	0,23	0,17	0,28	0,24	0,23	-0,17	0,00	0,00
4191	0,18	0,75	19,14	0,76	2,59	14,02	1,40	10,31	2,49	0,00	0,27

Tablo 6.14: 11 farklı deprem kaydının 10 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.

10 KATLI MODEL											
	DURSUNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELI	MANJIL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
Düğüm No	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
4368	2,96	4,23	0,02	3,61	2,40	8,80	3,10	9,20	1,58	1,22	0,62
4369	3,50	3,56	17,10	1,84	8,99	8,65	4,78	11,73	0,06	0,38	1,15
4370	2,98	4,55	17,20	4,18	8,40	6,37	3,37	12,43	-0,65	1,10	0,79
4371	2,87	4,80	16,87	4,13	7,80	7,92	3,35	13,16	-0,72	1,07	0,86
4372	4,28	5,64	18,88	4,83	8,30	11,96	5,70	13,32	1,15	1,18	1,19
4373	0,92	1,90	-0,02	2,27	5,41	3,80	4,97	4,34	-0,13	-0,02	0,41
4374	9,81	11,62	44,61	10,36	21,50	27,52	17,00	25,19	6,42	3,67	3,27
4375	7,25	12,54	46,56	6,57	13,00	28,31	8,52	25,15	4,13	2,01	2,06
4376	7,76	13,73	47,75	5,25	19,24	22,23	14,33	26,17	3,39	2,71	2,12
4377	9,04	16,28	41,22	6,28	19,41	21,97	13,75	30,89	1,34	2,21	3,01
4378	8,31	11,82	36,16	9,17	20,66	21,45	15,67	16,23	4,94	3,33	3,06
4379	7,85	13,81	32,84	4,89	21,18	13,19	14,00	22,51	1,55	1,20	2,80
4380	3,45	7,15	21,17	1,86	11,17	8,72	6,26	10,67	1,20	1,50	0,75
4381	7,99	11,86	24,56	7,02	16,07	17,04	12,53	17,77	4,71	2,50	2,57
4382	7,40	12,20	20,62	5,92	16,74	8,73	9,78	16,16	1,43	0,96	2,43
4383	3,04	3,36	17,95	1,67	5,03	11,75	5,74	10,20	1,36	0,31	0,72
4384	2,97	1,96	19,12	2,44	8,52	6,86	5,65	16,66	0,29	1,19	0,26
4385	7,20	11,40	47,27	4,10	14,52	32,58	9,14	26,65	5,49	2,25	1,91
4386	6,54	8,90	36,72	7,15	14,58	24,43	10,68	24,02	4,62	2,63	1,75
4387	5,44	9,19	32,45	5,70	12,67	16,40	8,30	21,79	1,29	0,89	1,62
4388	7,72	13,73	47,89	3,11	18,20	23,14	14,43	23,41	3,38	2,55	2,15
4389	1,61	3,27	8,65	3,36	4,15	8,25	2,52	10,65	1,22	0,02	0,51
4390	3,27	2,25	18,26	1,56	8,17	6,92	5,37	15,92	-0,36	1,14	0,22
4391	7,60	13,30	44,31	6,00	17,04	22,86	9,75	25,77	1,39	1,97	2,07
4392	6,15	10,37	39,21	3,51	17,18	10,77	13,23	23,32	2,76	2,46	1,94
4393	5,38	4,99	37,88	2,32	6,48	21,90	11,08	24,03	4,45	0,74	2,15
4394	7,71	11,45	46,38	8,52	17,01	33,41	12,14	24,28	5,00	2,55	2,36
4395	1,82	3,27	8,50	1,61	4,16	8,14	2,46	12,01	1,11	0,03	0,55
4396	3,96	5,74	18,82	5,04	8,30	9,85	5,20	12,89	2,16	1,34	0,90
4397	7,55	15,86	26,65	5,47	18,66	13,18	13,86	17,26	2,35	2,35	1,99
4398	7,34	12,93	25,54	2,72	16,14	23,99	4,97	24,79	4,12	0,95	1,78
4399	3,48	5,28	14,78	3,03	5,14	8,97	4,96	10,40	0,14	0,29	0,75
4400	7,71	15,84	38,61	4,45	23,09	17,73	13,52	27,86	2,66	3,21	2,57
4401	7,59	13,97	38,30	2,65	16,43	30,40	9,47	27,10	4,65	1,05	1,80
4402	9,46	16,01	46,26	6,80	23,80	21,11	14,03	31,08	2,87	3,36	2,68
4403	7,41	15,31	43,98	5,88	15,21	21,02	11,16	26,43	1,96	1,54	2,32
4404	8,01	11,41	46,75	8,68	17,68	30,36	11,94	26,20	4,74	2,77	2,25
4405	8,94	12,37	45,32	3,81	16,89	35,10	12,50	32,93	5,00	1,79	2,23
4406	1,99	6,14	7,95	-0,30	6,71	5,63	3,84	3,56	-0,19	1,07	0,19
4407	2,87	3,02	18,94	0,52	5,24	16,03	5,64	7,99	1,91	0,10	0,86
4408	2,53	5,65	15,52	0,72	2,78	6,25	4,75	3,72	1,37	0,54	0,89
4409	2,61	6,03	15,66	0,79	2,78	4,38	4,78	2,75	1,39	0,34	0,90
4410	3,70	7,02	20,50	-0,01	9,02	7,94	6,53	7,53	0,59	1,52	0,97
4411	1,65	2,91	1,23	-1,07	5,65	9,73	4,57	6,27	0,21	0,09	0,71

Tablo 6.15: 11 farklı deprem kaydının 15 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.

15 KATLI MODEL											
	DURUNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELI	MANJIL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
Düğüm No	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
4588	2,36	1,65	-0,34	-0,35	-0,11	5,35	-0,03	1,24	1,25	0,28	0,48
4589	4,50	3,00	0,57	3,81	4,20	16,88	3,45	6,12	2,44	1,65	1,70
4590	4,62	3,86	0,11	3,27	4,63	15,06	3,64	5,71	2,07	0,83	0,49
4591	4,71	4,25	0,86	3,40	5,38	13,60	3,70	6,96	2,31	0,64	0,45
4592	4,84	3,28	1,37	1,78	5,56	17,97	4,11	7,99	3,56	0,89	0,65
4593	2,15	-0,08	0,16	1,02	1,12	7,21	1,10	4,18	0,21	-0,07	1,97
4594	6,10	5,68	12,20	3,38	6,19	32,65	5,25	20,88	7,36	2,62	2,02
4595	6,86	7,03	14,05	7,46	9,15	31,93	8,08	26,67	5,41	3,06	2,54
4596	6,51	7,00	7,18	9,86	9,29	18,56	9,48	20,96	5,46	2,34	3,30
4597	6,69	5,47	2,28	9,25	7,44	28,08	4,50	20,72	6,30	3,11	4,27
4598	7,95	6,34	10,03	6,73	6,08	35,57	7,56	26,98	7,81	3,01	2,34
4599	8,28	1,88	0,61	13,87	7,73	34,37	6,04	24,60	6,72	3,78	4,83
4600	5,10	2,97	1,10	4,16	5,20	9,21	3,73	4,92	3,00	0,73	1,70
4601	7,50	5,41	9,26	8,39	8,16	25,36	7,86	26,32	8,32	3,03	1,84
4602	6,97	1,47	1,01	12,56	9,63	33,86	6,19	23,84	6,84	3,97	3,98
4603	4,63	2,64	3,02	1,32	2,71	17,78	2,74	12,95	2,71	2,01	0,43
4604	5,55	0,00	0,72	1,96	5,18	8,45	2,96	6,46	2,74	0,49	0,49
4605	6,47	6,42	15,09	7,35	9,13	34,43	5,99	24,04	6,42	3,04	2,54
4606	6,61	5,40	6,32	3,40	7,31	19,85	7,18	18,18	3,89	2,22	0,88
4607	7,31	4,21	0,38	9,44	9,37	16,96	5,78	16,04	1,98	2,07	3,25
4608	6,52	6,57	8,34	10,92	9,73	20,01	10,18	20,27	5,65	2,40	3,10
4609	4,54	3,53	-0,12	0,33	1,18	13,93	4,09	15,11	2,24	1,36	0,44
4610	5,48	0,17	0,73	-1,33	5,43	8,55	2,93	7,06	3,27	0,27	0,45
4611	6,43	6,68	8,76	11,31	9,48	28,07	6,71	23,05	5,02	3,07	3,30
4612	6,83	2,32	0,99	6,38	9,21	13,47	9,80	12,18	8,21	2,37	3,25
4613	7,86	4,54	5,78	2,07	8,61	25,73	2,06	19,27	8,44	2,43	1,54
4614	6,41	5,83	14,39	7,64	8,66	32,17	6,61	23,12	5,77	2,72	2,21
4615	4,18	3,07	-0,04	0,54	1,48	13,46	4,24	13,09	2,03	1,19	0,53
4616	4,57	1,30	0,94	-1,13	5,36	10,23	3,35	9,94	2,90	0,70	0,65
4617	7,14	6,51	1,19	10,83	9,19	14,77	9,83	17,46	8,79	2,20	3,98
4618	7,05	4,55	9,90	4,18	8,83	39,44	4,44	24,52	7,54	3,91	2,43
4619	4,06	1,30	0,22	1,85	2,86	16,02	4,04	9,65	2,77	1,54	1,87
4620	7,93	7,82	0,99	9,60	6,86	17,80	6,97	18,88	6,41	2,37	4,83
4621	8,69	6,66	9,42	3,09	6,02	40,89	3,78	25,98	7,45	3,73	2,42
4622	6,51	6,37	2,00	10,09	6,47	16,93	7,97	15,08	5,13	2,65	4,27
4623	5,88	6,73	8,01	10,81	8,88	27,27	7,04	23,95	5,28	3,06	3,10
4624	6,23	4,34	14,07	5,91	8,28	28,11	7,38	24,23	5,79	2,56	2,21
4625	7,35	4,78	11,84	4,97	6,35	37,41	3,82	22,80	6,92	3,62	2,60
4626	2,44	1,12	0,78	1,55	0,46	4,08	0,98	1,51	0,79	-0,01	1,97
4627	4,67	2,61	3,28	2,46	3,78	21,09	2,75	6,40	5,09	1,85	0,43
4628	4,15	1,96	0,75	2,08	4,11	10,31	2,62	2,86	4,33	0,71	0,44
4629	4,16	2,03	0,58	1,88	3,90	9,83	2,57	3,32	4,15	0,58	0,53
4630	4,75	3,46	0,81	5,66	5,63	9,67	5,12	3,18	3,08	0,74	1,87
4631	3,18	1,54	0,96	0,33	1,62	9,27	1,38	2,42	1,79	0,37	0,03

Tablo 6.16: 11 farklı deprem kaydının 20 katlı model üzerindeki tepe kat kolon üst noktalarının düşey yer değiştirme değerlerindeki değişim oranı.

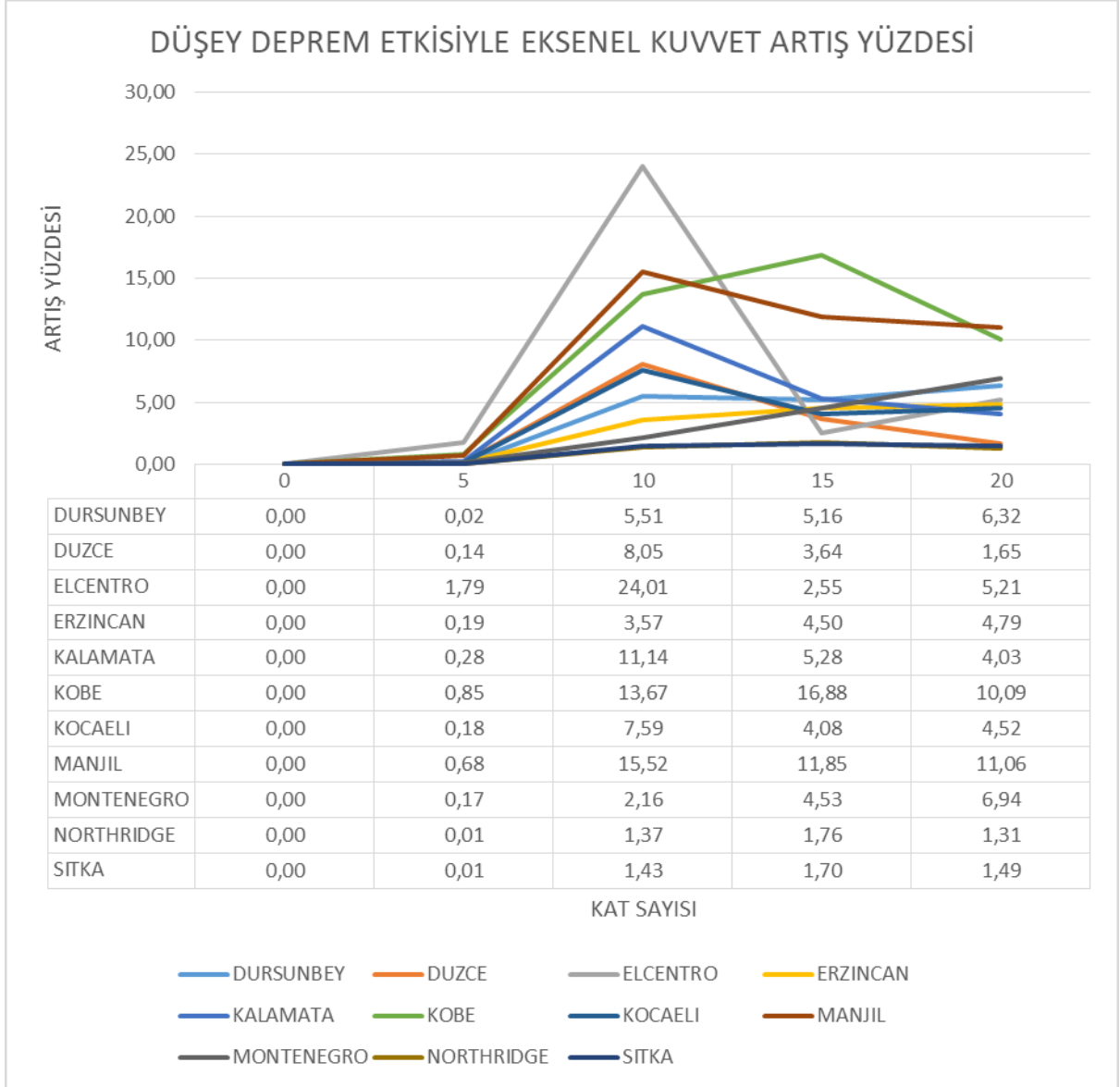
20 KATLI MODEL											
	DÜRSÜNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELI	MANJIL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
Düğüm No	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
4808	5,34	0,91	0,23	0,73	2,22	2,35	-0,24	6,29	3,19	0,19	0,24
4809	6,72	1,98	0,58	2,20	5,83	3,82	1,56	10,98	5,25	1,32	1,45
4810	6,09	2,70	0,96	3,05	4,17	5,06	1,66	8,76	5,02	1,64	1,37
4811	6,13	2,77	4,72	3,27	2,98	5,87	2,30	9,75	5,01	1,54	1,30
4812	6,96	2,64	13,04	1,50	3,24	6,33	1,92	13,17	6,16	1,13	1,20
4813	5,01	0,13	0,34	2,30	3,02	0,97	0,99	2,62	3,02	0,23	1,07
4814	8,18	2,05	16,51	3,74	4,87	19,02	6,42	22,07	6,91	1,53	2,43
4815	7,58	5,78	22,17	7,92	5,11	16,54	10,08	18,19	10,07	2,42	2,23
4816	7,65	4,43	16,37	9,58	5,31	15,84	7,98	16,79	10,78	2,54	2,67
4817	8,01	0,88	7,71	4,44	6,03	5,97	2,39	19,06	5,78	1,97	2,50
4818	10,48	3,69	18,92	5,05	5,68	18,95	9,54	21,67	9,76	2,24	2,81
4819	10,74	1,28	9,30	5,77	6,78	7,30	4,37	16,84	7,05	2,52	2,97
4820	6,65	2,68	0,35	3,54	4,56	11,50	4,87	12,53	7,88	1,10	1,96
4821	9,39	3,41	14,92	4,16	4,50	19,02	10,37	18,24	8,10	2,59	1,92
4822	9,43	1,53	5,30	3,79	7,14	11,70	5,80	12,10	5,44	2,59	2,77
4823	6,80	2,56	3,15	1,81	2,05	7,34	4,90	11,70	5,31	0,91	0,63
4824	5,71	3,76	0,35	2,73	1,98	11,90	3,99	8,63	5,64	0,52	1,85
4825	7,02	4,93	23,76	8,21	6,49	16,34	7,40	17,94	11,00	2,61	2,20
4826	8,61	2,82	17,36	7,88	3,62	18,88	6,50	21,62	8,56	2,44	2,35
4827	8,30	1,03	7,82	6,42	3,55	15,78	5,62	18,61	6,72	2,51	2,88
4828	7,36	4,47	18,88	9,95	5,67	15,96	7,39	15,90	11,33	2,75	2,71
4829	5,94	2,57	0,31	1,65	2,35	3,81	3,56	10,50	3,44	0,84	0,79
4830	6,15	3,24	0,31	2,66	1,86	12,23	5,58	8,33	5,07	0,53	1,60
4831	6,75	2,41	18,28	6,39	7,15	12,54	7,70	18,41	6,30	2,59	2,46
4832	8,40	-0,02	6,93	7,08	5,58	19,64	9,53	15,25	10,53	3,15	3,10
4833	8,38	4,23	19,89	2,70	2,83	22,38	7,19	18,86	9,40	2,40	2,45
4834	7,56	3,50	24,56	5,65	5,26	16,49	7,71	18,71	8,42	2,47	2,42
4835	5,96	1,63	0,39	1,67	2,61	2,92	2,59	10,82	3,67	0,82	1,03
4836	6,92	1,11	0,14	2,51	3,77	12,83	6,96	12,75	5,95	0,68	1,34
4837	9,65	1,38	4,13	8,65	5,33	14,05	8,63	14,09	12,90	3,33	2,96
4838	9,88	3,75	17,40	4,80	3,49	20,47	9,46	13,03	11,61	2,59	2,35
4839	6,71	-0,22	-0,09	1,92	4,66	2,98	1,56	12,43	4,48	0,80	1,17
4840	9,84	3,96	8,65	12,68	6,21	15,23	8,56	16,20	11,38	2,99	3,31
4841	10,79	3,25	21,55	7,97	4,07	19,72	6,74	16,40	10,09	2,50	2,30
4842	7,69	2,76	7,24	11,87	8,17	16,46	8,00	16,37	10,65	2,09	2,80
4843	6,85	3,30	16,84	8,04	6,53	12,22	7,67	18,22	5,59	2,49	2,63
4844	7,08	3,88	19,79	5,85	6,10	17,18	11,13	18,67	10,31	2,42	2,66
4845	8,11	4,32	18,58	6,90	5,52	15,71	5,01	18,88	9,70	1,80	1,55
4846	4,95	-0,03	-0,17	5,76	3,38	7,49	2,70	7,77	4,71	0,43	1,12
4847	6,77	0,21	10,11	3,46	3,57	6,14	1,88	10,55	8,67	1,09	0,49
4848	5,52	1,17	8,78	3,48	3,03	10,11	2,91	9,61	8,51	1,57	0,63
4849	5,71	0,84	3,34	4,13	3,16	12,48	2,14	10,09	8,60	1,68	1,04
4850	7,01	0,48	0,13	6,94	4,90	11,72	4,86	12,35	9,15	1,74	1,83
4851	5,06	0,34	-0,09	2,13	2,96	3,67	1,55	3,56	2,00	0,23	0,35

6.5 Deprem Düşey Bileşenin Taban Eksenel Kuvvet Değeri Üzerine Etkisi

11 farklı gerçek deprem kaydının 4 farklı kat seviyesinde depremin sadece yatay ivme bileşenin etki ettirilmesi sonucunda oluşan ortalama taban eksenel kuvvet değerleri ile depremin yatay bileşeniyle beraber düşey ivme bileşenin de etki ettirilmesi sonucu oluşan ortalama taban eksenel kuvvet değerindeki değişim oranı Şekil 6.3’de gösterilmiştir.

Bu şekilden farklı deprem kayıtlarının en yüksek etkiye sahip oldukları kat seviyelerinin farklılık gösterdiği görülmüştür. Örneğin Düzce %8,05 Elcentro %24,01 Kalamata %11,14 Kocaeli %7,59 Manjıl %15,52 oranlarıyla en yüksek etkiye 10 katlı bina modelde maruz kalmıştır. Kobe %16,88 Northridge %1,76 Sıtka %1,70 oranlarıyla en yüksek etkiye 15 katlı bina modelinde maruz kalırken Dursunbey %6,32 Erzincan %4,79 Montenegro %6,94 oranıyla en yüksek etkiye 20 katlı bina modelinde maruz kalmıştır.

Taban eksenel kuvvet değerlerindeki bu etki, tepe kat düşey yer değiştirme değerlerindeki etkiye benzerlik göstermektedir. Buradaki farklı deprem kayıtlarının en yüksek etkiye sahip oldukları kat seviyelerinin farklılık göstermesinin nedeni de kat sayısı arttıkça yapı modelinin frekansının değişmesidir. Yapı modelinin frekansı ile deprem frekansının yakın olduğu kat seviyeleri farklı olduğu için taban eksenel kuvvet değerlerinin en yüksek etkiye sahip oldukları kat seviyeleri de farklılık göstermektedir.



Şekil 6.3: Depremin düşey ivme bileşeni etkisiyle 11 farklı deprem kaydının taban kolonlarındaki ortalama aksenal kuvvet değişim oranı.

Depremin düşey ivme bileşeninin her kat seviyesinde taban kolonlarındaki aksenal kuvvet değerindeki değişim oranlarını veren tablolar Tablo 6.17, 6.18, 6.19, 6.20'deki gibidir. Bu tablolardan her kat seviyesi için farklı deprem kayıtlarının farklı taban kolonlarına farklı etki yaptığı bu etkinin kat seviyesi değiştikçe farklı bölgedeki taban kolonlarına kaydığı görülmüştür. Örneğin Tablo 6.17'da 5 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkilediği taban kolon numarası 39 değişim oranı %12,07 Kobe depreminin en fazla etkilediği taban kolon numarası 45 değişim oranı %8,72 Kalamata depreminin en fazla etkilediği taban kolon numarası 2 değişim oranı %2,40'dır. Tablo 6.18'de 10 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkilediği taban kolon numarası 22 değişim oranı %38,22 Kobe

depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 39 değişim oranı %28,29 Kalamata depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 36 değişim oranı %19,48 olmuştur. Tablo 6.19’da 15 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 19 değişim oranı %10,67 Kobe depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 35 değişim oranı %32,86 Kalamata depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 16 değişim oranı %8,43 olmuştur. Tablo 6.20’de 20 katlı bina modelinde Elcentro depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 19 değişim oranı %17,07 Kobe depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 26 değişim oranı %15,92 Kalamata depreminin en fazla etkidiği taban kolon numarası 36 değişim oranı %6,27 olmuştur.

Taban eksenel kuvvet değerlerindeki bu etki, tepe kat dūřey yer değiştirme değerlerindeki etkiye benzerlik gōstermektedir. Buradaki farklı deprem kayıtlarının farklı taban kolonlarına farklı etki yapmasının nedeni de depremin ũç boyutlu olması nedeniyle etki eden deprem kuvvetlerinin bileşke doğrultularının farklı olmasıdır. Bu etkinin kat sayısı değiştikçe farklı bōlgedeki taban kolonlarına kaymasının nedeni de yapının farklı kat sayılarında farklı salınım hareketi yapmasıdır.

Tablo 6.17: 11 farklı deprem kaydının 5 katlı model üzerindeki taban kolonlarının eksenel kuvvet değerlerindeki değişim oranı.

5 KATLI MODEL											
	DURSUNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELI	MANJIL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
KOLON NO	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
2	0,57	-0,76	11,33	2,41	2,40	7,17	2,20	2,50	1,47	0,05	-0,09
3	0,07	-0,51	0,11	0,51	0,11	0,02	0,00	-0,62	0,24	0,01	0,01
4	0,00	0,01	0,00	-0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,01	-0,02	0,00	0,00	0,00
6	0,01	-0,55	0,13	0,59	0,14	0,54	0,22	-1,34	0,23	0,01	-0,01
7	0,21	-0,77	4,15	0,63	2,04	0,45	-0,05	4,24	1,20	0,01	0,03
8	0,33	0,51	11,98	1,08	0,26	6,21	1,57	2,27	0,93	0,13	-0,07
9	-0,01	0,00	-0,06	-0,01	-0,03	0,02	-0,02	-0,09	-0,02	0,00	0,00
10	0,02	0,02	0,00	-0,02	-0,01	0,00	0,03	-0,01	0,03	0,00	0,00
11	0,13	0,71	9,74	0,99	2,15	2,26	0,06	6,37	0,82	0,01	0,04
12	0,01	0,36	-0,14	0,00	0,05	0,06	0,14	0,61	-0,09	0,04	0,01
13	-0,02	0,55	-0,09	-0,09	-0,03	-0,01	0,09	0,32	-0,07	0,00	0,00
14	-0,09	0,13	0,01	0,02	0,26	0,30	-0,07	0,07	-0,23	-0,02	0,03
15	0,00	-0,19	0,09	0,12	-0,02	0,03	-0,01	-0,45	0,10	0,00	-0,01
16	0,01	-0,35	0,07	0,05	0,12	-0,02	-0,05	-0,15	0,09	0,00	0,00
17	-0,16	-0,18	0,44	0,11	0,25	0,18	0,11	-0,48	0,28	0,02	0,05
18	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,01	0,00	0,00
19	0,01	0,02	-0,01	-0,01	-0,03	0,00	-0,02	-0,09	-0,02	0,00	0,00
20	0,01	0,07	-0,02	-0,04	0,00	-0,02	0,00	0,13	-0,03	0,00	0,00
21	-0,01	0,10	-0,02	-0,01	-0,05	0,03	0,01	0,12	-0,03	0,00	0,00
22	0,02	-0,01	0,00	-0,02	-0,03	-0,01	0,03	-0,01	0,03	0,00	0,00
23	0,00	0,01	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	0,00	-0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	-0,01	-0,01	0,00	0,00
25	0,00	0,08	-0,02	-0,01	-0,04	0,02	0,01	0,05	-0,01	0,00	0,00
26	0,03	0,01	0,00	-0,03	-0,04	-0,02	0,05	-0,03	0,04	0,00	0,00
27	0,00	0,01	-0,09	-0,02	-0,05	0,03	-0,03	-0,14	-0,04	0,00	0,00
28	0,00	0,04	-0,02	-0,02	0,00	0,00	0,00	0,11	-0,02	0,00	0,00
29	0,01	-0,02	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00
30	0,10	-0,43	0,22	0,21	0,54	0,28	0,36	0,22	0,21	0,00	0,00
31	-0,09	0,11	0,01	0,09	0,14	-0,03	-0,15	0,04	-0,07	-0,01	0,01
32	-0,01	-0,02	0,28	0,05	0,14	0,10	0,08	0,38	0,11	0,00	-0,01
33	-0,02	-0,36	0,14	0,11	0,33	0,11	-0,17	0,67	0,11	0,00	0,00
34	0,14	-0,02	-0,03	-0,12	-0,14	0,11	0,21	-0,02	0,15	0,01	-0,02
35	0,02	0,08	0,13	-0,08	-0,17	0,01	-0,11	-0,46	-0,17	0,01	0,01
36	-0,51	2,28	9,79	0,69	1,22	2,64	0,92	0,60	0,28	-0,07	0,14
37	0,00	0,07	-0,02	-0,01	-0,01	0,02	0,02	0,08	-0,02	0,00	0,00
38	0,00	0,05	-0,01	-0,03	0,00	-0,01	0,01	0,10	-0,02	0,00	0,00
39	0,12	0,71	12,07	0,44	1,24	8,18	0,74	5,89	1,15	0,02	0,13
40	-0,19	2,51	5,48	1,23	1,75	1,79	1,44	0,57	-0,09	-0,13	0,21
41	0,21	-0,36	0,49	0,08	0,27	0,36	0,15	1,33	0,26	0,02	0,01
42	0,00	-0,01	0,00	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
43	0,00	-0,01	0,00	-0,01	-0,01	0,01	0,00	-0,03	0,01	0,00	0,00
44	0,02	0,35	0,03	0,17	0,12	0,24	0,26	0,07	-0,16	-0,02	0,00
45	0,22	0,40	11,55	0,58	1,92	8,72	1,04	7,56	1,94	0,13	0,30

Tablo 6.18: 11 farklı deprem kaydının 10 katlı model üzerindeki taban kolonlarının aksenal kuvvet değerlerindeki değişim oranı.

10 KATLI MODEL											
	DÜRSÜNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELİ	MANJİL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
KOLON NO	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
2	2,89	3,59	-0,03	2,82	1,20	6,81	1,78	7,44	1,31	0,83	0,47
3	3,39	3,00	12,54	1,09	6,96	6,53	3,98	9,30	-0,08	0,36	0,92
4	2,89	3,51	12,28	3,46	5,39	4,59	2,73	9,87	-0,56	0,89	0,64
5	2,80	3,80	11,98	3,43	5,35	4,46	2,78	10,19	-0,64	0,67	0,68
6	3,64	4,67	14,43	3,95	6,58	8,74	4,01	10,96	1,13	0,97	0,90
7	2,18	1,73	0,86	1,30	4,31	2,19	4,08	2,37	-0,17	-0,03	0,17
8	8,23	9,57	35,46	8,40	17,34	21,10	13,48	19,43	5,53	3,08	2,57
9	6,31	9,95	37,36	4,30	9,67	22,11	6,45	19,52	3,53	1,53	1,69
10	6,51	11,01	38,20	3,83	15,43	16,08	11,59	21,07	3,00	2,22	1,70
11	7,79	12,71	32,56	5,04	17,32	16,40	10,72	23,70	0,85	1,54	2,39
12	7,25	9,78	28,62	7,77	16,68	17,78	12,29	13,23	4,63	2,83	2,50
13	7,21	10,65	25,65	3,82	17,10	11,03	10,98	16,25	1,22	0,82	2,24
14	3,15	4,58	16,24	1,55	8,31	7,29	5,00	8,36	0,81	1,18	0,61
15	7,01	9,82	19,00	5,89	12,88	14,08	9,75	14,73	4,53	2,21	2,01
16	6,83	9,28	15,46	4,71	13,91	7,33	7,60	12,71	0,89	0,84	1,95
17	3,09	2,65	13,39	1,51	4,18	9,67	4,58	7,47	1,06	0,19	0,57
18	2,84	2,16	14,07	2,47	5,91	5,67	4,98	13,19	0,03	0,91	0,17
19	6,29	10,15	37,67	3,38	10,70	25,23	6,55	20,67	4,58	1,69	1,61
20	5,69	7,36	28,84	5,83	11,64	18,02	7,75	19,85	4,28	2,31	1,36
21	5,33	6,72	24,87	4,35	11,38	12,88	6,82	17,26	0,79	0,74	1,22
22	6,52	11,06	38,22	2,43	14,90	16,80	11,67	18,91	3,08	2,11	1,74
23	2,50	2,19	4,42	2,14	3,48	6,73	2,86	8,45	0,85	0,03	0,36
24	3,08	2,27	13,42	1,78	5,45	5,70	4,72	13,17	-0,32	0,85	0,17
25	6,63	10,44	35,11	4,14	14,80	16,24	7,64	20,88	0,93	1,41	1,66
26	5,40	8,03	30,92	2,92	14,05	8,99	10,71	18,74	2,80	2,07	1,49
27	5,21	5,76	29,59	2,08	4,70	17,64	9,07	18,01	3,89	0,48	1,76
28	6,55	9,41	37,10	6,75	13,55	26,04	9,51	19,69	4,50	2,10	1,85
29	2,66	2,17	4,29	0,80	3,48	6,64	2,46	9,36	0,70	0,03	0,39
30	3,50	4,81	14,15	3,91	6,20	8,12	3,30	10,68	1,97	1,08	0,72
31	6,68	12,65	20,78	4,50	15,48	10,90	11,37	13,21	1,74	1,96	1,52
32	6,68	11,44	19,62	2,40	13,27	19,24	3,96	20,71	3,63	0,71	1,47
33	3,46	3,47	10,05	2,43	4,09	7,03	3,88	8,08	-0,08	0,21	0,53
34	6,90	12,63	30,60	3,65	19,22	14,71	10,95	22,02	2,81	2,66	2,00
35	6,94	12,11	30,10	2,30	13,54	24,55	7,68	21,06	3,54	0,72	1,59
36	7,96	12,90	36,83	5,03	19,48	17,31	11,28	24,71	2,82	2,74	2,11
37	6,41	12,00	34,71	4,59	13,73	14,95	8,63	20,17	1,35	1,25	1,85
38	6,70	9,44	37,41	7,06	14,33	23,75	9,11	21,30	4,12	2,32	1,75
39	7,68	10,70	35,83	2,58	12,58	28,29	10,12	25,76	3,91	1,28	1,89
40	2,15	3,89	6,83	-0,29	4,51	4,71	3,12	2,95	-0,23	0,67	0,04
41	2,94	3,99	14,41	0,48	4,31	13,17	4,60	6,69	2,23	0,04	0,68
42	2,44	5,24	11,20	0,60	2,20	3,84	3,96	2,48	1,04	0,60	0,74
43	2,50	5,21	11,23	0,64	2,23	3,63	3,98	1,86	0,96	0,60	0,74
44	3,17	5,81	15,35	0,02	7,06	6,54	5,21	5,15	0,75	1,18	0,73
45	1,85	1,00	0,90	-0,63	4,61	8,09	3,57	5,41	0,49	0,02	0,57

Tablo 6.19: 11 farklı deprem kaydının 15 katlı model üzerindeki taban kolonlarının eksenel kuvvet değerlerindeki değişim oranı.

15 KATLI MODEL											
	DURSUNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELI	MANJIL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
KOLON NO	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
2	1,93	2,00	-0,07	-0,04	-0,12	4,69	-0,15	0,84	1,01	0,12	0,34
3	4,00	1,29	0,60	3,34	3,58	13,65	2,58	2,93	3,48	1,17	1,34
4	4,01	3,47	0,15	2,10	5,04	10,97	3,01	2,43	2,17	0,27	0,43
5	4,08	3,27	1,28	2,71	5,50	10,00	2,92	2,88	2,20	0,29	0,34
6	3,99	2,52	1,14	3,30	4,79	13,38	3,18	5,10	2,91	0,66	0,49
7	1,98	1,05	-0,28	0,67	0,84	5,66	0,55	3,32	2,72	0,21	1,60
8	5,20	4,91	7,81	5,11	4,91	25,04	4,00	15,40	5,54	2,22	1,40
9	5,47	5,58	9,61	5,19	6,98	25,24	6,33	20,36	5,07	2,52	1,67
10	5,41	4,55	1,29	6,21	7,30	11,51	7,52	14,66	4,30	1,73	2,65
11	5,36	3,70	-0,53	7,20	6,25	21,30	3,36	15,22	6,41	2,53	3,39
12	7,00	5,53	5,52	8,42	4,38	27,80	5,86	20,24	5,92	2,26	1,55
13	7,08	3,60	0,15	10,90	7,02	28,25	3,63	17,63	7,59	3,10	3,92
14	4,25	1,94	0,88	3,15	3,68	7,73	2,81	3,39	1,98	0,58	1,34
15	6,09	4,83	4,82	9,58	6,66	17,66	6,08	19,29	6,27	2,25	1,09
16	6,01	3,65	0,15	9,66	8,43	27,84	4,57	16,72	7,70	3,22	3,22
17	4,04	2,90	2,69	0,79	1,84	14,36	2,26	9,76	2,70	1,49	0,15
18	4,51	-0,21	0,54	1,96	3,25	7,16	2,36	5,50	2,10	0,69	0,43
19	5,35	4,99	10,67	5,22	7,17	27,25	4,42	18,14	5,43	2,49	1,67
20	5,94	4,64	2,05	5,46	5,30	14,90	5,50	12,45	2,93	1,84	0,60
21	6,02	4,27	-0,31	7,26	8,06	13,43	2,47	11,17	3,19	1,69	2,63
22	5,33	5,31	1,92	6,95	7,74	12,26	8,06	13,90	4,27	1,73	2,47
23	4,31	1,76	-0,11	0,47	0,95	11,09	3,50	12,53	3,01	1,28	0,08
24	4,28	-0,01	0,53	-0,19	3,50	7,28	2,33	5,93	2,67	0,73	0,34
25	5,31	4,92	3,10	8,58	7,79	21,41	4,14	17,28	4,71	2,45	2,65
26	6,01	3,92	0,54	4,57	7,41	10,95	7,85	7,59	6,07	1,78	2,63
27	6,16	3,36	2,24	2,16	6,52	20,33	1,74	13,74	7,60	1,82	1,05
28	5,29	4,32	9,96	5,51	6,68	24,57	5,06	17,18	4,52	2,03	1,58
29	3,82	1,33	-0,02	0,50	0,88	10,75	3,35	10,46	2,71	1,33	0,16
30	3,71	2,08	0,61	1,27	4,14	8,57	2,58	6,84	1,73	0,86	0,49
31	5,98	5,32	0,77	5,72	7,33	12,11	7,76	11,15	6,80	1,42	3,22
32	6,03	3,67	5,68	2,25	6,74	32,19	3,66	18,07	7,29	3,26	1,61
33	3,55	1,20	-0,23	1,44	2,60	12,94	3,09	6,07	3,64	1,57	1,43
34	6,87	6,44	0,77	5,13	5,36	11,75	5,51	12,51	4,74	1,49	3,92
35	7,05	5,43	5,39	2,01	4,55	32,86	3,13	19,25	7,03	3,23	1,56
36	5,51	5,13	1,56	6,10	5,12	10,84	6,28	9,45	3,70	1,86	3,39
37	4,93	4,68	2,18	8,46	7,34	20,86	4,10	18,20	5,06	2,55	2,47
38	5,01	3,74	9,15	5,74	6,56	21,14	5,11	18,21	4,25	2,01	1,58
39	5,74	3,83	7,78	3,27	4,70	29,41	3,08	17,05	5,72	2,76	1,61
40	2,18	0,99	0,63	0,58	0,23	3,62	0,87	0,41	0,16	-0,05	1,60
41	4,16	2,11	2,12	2,03	2,61	16,53	2,25	3,15	4,27	1,25	0,15
42	3,84	1,75	0,49	1,75	3,02	8,37	2,11	2,58	3,03	0,29	0,08
43	3,86	1,78	0,34	1,58	3,04	8,09	2,07	2,67	2,68	0,32	0,16
44	4,10	2,84	0,67	2,33	4,20	8,08	4,02	2,49	2,13	0,28	1,43
45	2,31	1,34	1,13	0,20	1,20	7,21	1,17	1,95	2,21	0,16	-0,08

Tablo 6.20: 11 farklı deprem kaydının 20 katlı model üzerindeki taban kolonlarının aksel kuvvet değerlerindeki değişim oranı.

20 KATLI MODEL											
	DURSUNBEY	DUZCE	ELCENTRO	ERZINCAN	KALAMATA	KOBE	KOCAELI	MANJIL	MONTENEGRO	NORTHRIDGE	SITKA
KOLON NO	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ	ARTIŞ YÜZDESİ
2	4,54	1,40	0,37	1,19	1,62	0,21	0,45	4,33	1,14	0,16	0,20
3	5,69	1,44	0,24	1,90	3,91	5,16	1,15	7,79	4,94	0,89	1,17
4	5,23	2,32	0,78	1,97	4,07	5,14	1,97	7,15	3,85	1,20	1,19
5	5,35	2,32	0,88	2,40	3,51	3,84	1,75	7,18	3,80	1,19	1,13
6	5,82	2,45	7,41	2,89	4,36	3,43	1,18	10,18	4,43	0,67	0,92
7	4,51	-0,02	0,38	1,89	0,68	1,02	0,87	1,96	2,64	0,20	0,85
8	6,50	2,16	9,83	2,55	4,36	13,29	5,52	17,05	4,89	0,97	1,78
9	6,07	2,50	14,61	6,64	3,42	12,77	5,54	13,07	8,66	1,60	1,57
10	5,99	3,79	8,09	6,78	4,57	13,21	5,78	11,96	8,43	1,84	2,05
11	6,39	0,16	2,00	3,51	4,43	7,17	1,67	13,85	5,64	1,37	1,79
12	8,63	3,55	10,94	4,46	5,61	12,96	8,24	16,70	7,11	1,51	2,08
13	8,68	0,52	1,86	4,62	4,64	8,83	3,36	12,16	7,93	1,63	2,15
14	5,44	2,97	0,35	1,82	4,24	9,46	3,55	9,72	6,73	0,56	1,59
15	7,85	2,71	7,63	2,74	5,44	11,90	9,10	14,44	6,93	1,77	1,37
16	7,59	0,67	0,36	3,32	4,32	9,78	4,60	9,55	6,57	1,66	1,91
17	5,68	1,49	0,67	1,58	1,71	6,05	3,59	7,58	6,24	0,37	0,25
18	4,63	3,49	0,25	2,77	3,42	9,90	3,55	7,21	5,23	0,20	1,51
19	5,65	1,96	17,07	7,60	4,52	11,52	4,88	13,22	9,36	1,78	1,51
20	7,03	2,27	9,49	4,73	2,46	13,43	6,06	16,99	6,31	1,63	1,67
21	6,95	0,16	0,68	6,10	3,40	14,49	4,01	13,32	6,86	1,49	2,00
22	5,82	3,05	10,35	8,44	5,12	13,39	5,72	11,49	8,33	2,02	2,00
23	5,06	0,27	-0,22	1,36	2,02	5,02	3,15	6,28	3,83	0,22	0,42
24	4,95	1,12	0,13	2,81	3,19	10,13	3,73	6,90	5,11	0,28	1,31
25	5,54	1,41	10,98	5,17	5,15	10,98	3,25	13,55	5,89	1,81	1,82
26	6,74	0,68	-0,07	7,05	3,89	15,92	7,08	10,33	8,33	2,13	2,29
27	6,92	3,16	12,10	3,55	2,53	14,77	5,99	13,55	9,07	1,52	1,59
28	6,06	2,76	16,69	4,48	5,17	11,34	6,74	14,61	6,55	1,80	1,82
29	5,17	0,30	0,32	1,36	2,13	4,29	2,66	6,98	4,05	0,20	0,59
30	5,56	0,86	0,10	3,30	4,41	10,52	5,75	10,87	5,29	0,30	0,90
31	7,94	1,56	0,23	7,01	5,36	11,40	6,43	11,07	10,13	2,29	2,19
32	7,94	1,34	10,77	4,58	2,60	13,60	8,04	10,16	11,33	1,61	1,50
33	5,66	-0,28	0,20	1,56	2,96	4,31	1,15	8,13	5,25	0,38	0,75
34	8,21	3,65	0,25	10,41	6,04	14,98	6,40	13,05	9,00	2,05	2,43
35	8,78	1,16	13,63	7,73	3,88	13,22	5,99	11,18	9,92	1,58	1,47
36	6,05	2,75	0,26	9,74	6,27	14,71	5,90	11,70	8,31	1,36	2,02
37	5,51	0,24	9,56	5,37	4,59	10,86	3,61	13,38	6,41	1,66	1,91
38	5,65	2,26	12,78	5,12	5,73	13,20	8,39	14,95	8,29	1,77	1,96
39	6,34	1,72	12,00	7,01	4,73	10,84	4,61	13,31	9,00	1,29	0,84
40	4,16	-0,03	0,13	5,84	1,68	6,17	1,50	5,90	3,63	0,25	0,93
41	5,65	0,87	6,35	5,86	3,06	2,93	1,71	6,94	7,72	0,69	0,24
42	4,59	0,70	3,77	5,81	2,73	6,91	2,37	5,25	6,95	1,12	0,28
43	4,73	0,99	0,15	6,26	2,87	8,71	1,70	6,85	7,10	1,33	0,49
44	5,63	0,64	0,07	6,91	4,58	9,54	4,43	10,13	7,24	1,15	1,48
45	4,42	-0,08	0,93	1,15	2,60	0,79	1,70	3,53	4,93	0,23	0,28

6.6 Taban Aksenal Kuvvet ve Düşey Yer Değiştirme Arasındaki İlişki

Düşey deprem etkisinin taban aksenal kuvvet değerleri ve tepe kat düşey yer değişme değerleri arasında birbirlerine benzer bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki Şekil 6.4'deki grafikten açıkça gözükmemektedir. Bu bize yapı modelinin Hooke Kanununa uygun hareket ettiğini yani lineer elastik davrandığını göstermektedir.

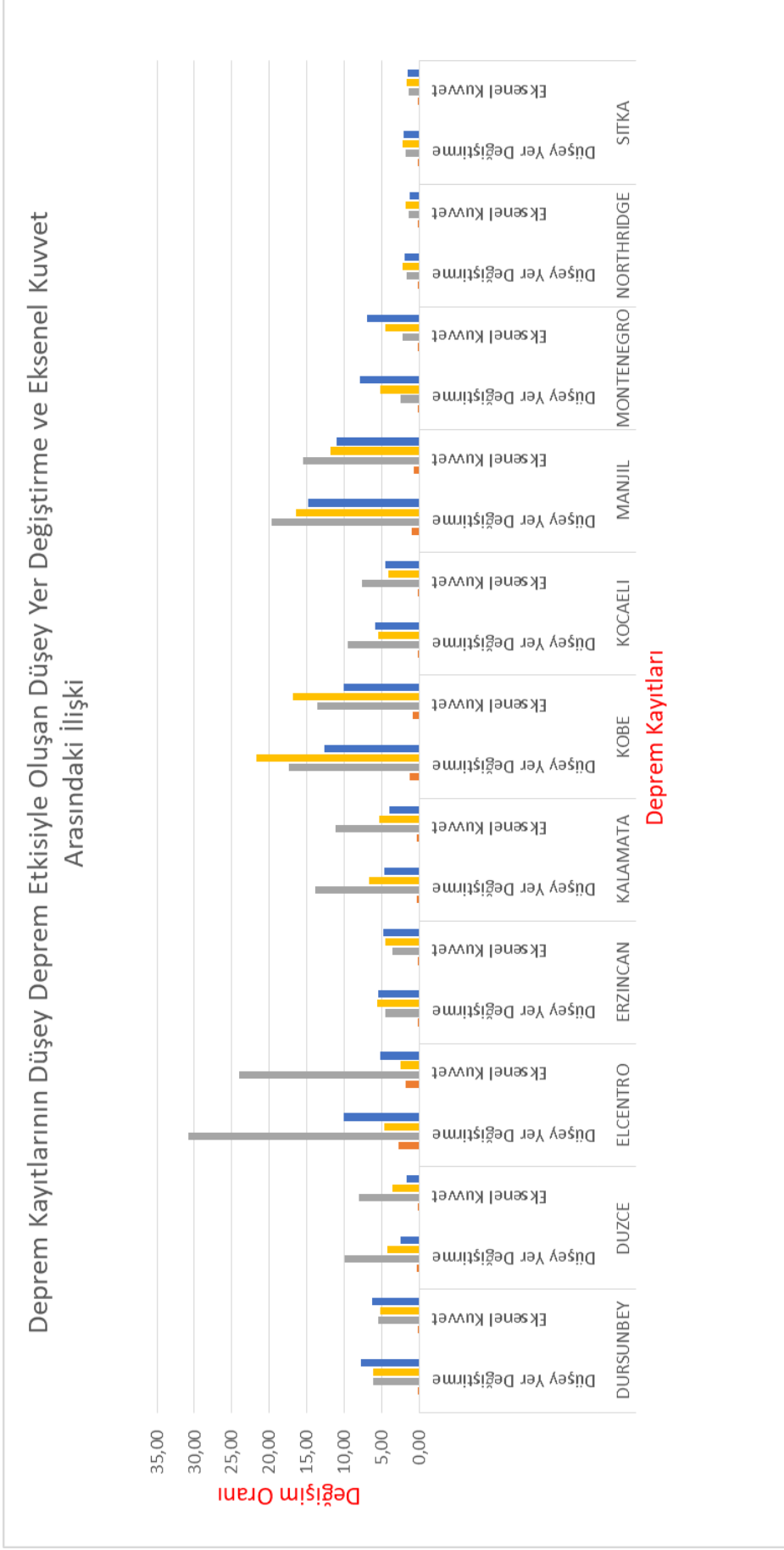
6.6.1 Hooke Kanunu

Bir maddenin bozunumunun, o maddenin bozunuma sebep olan kuvvetle yaklaşık doğru orantılı olduğunu açıklayan kanununa Hooke Kanunu denir. Bu kanuna uyan maddeler lineer elastik maddeler olarak adlandırılır.

Hooke kanunu adını 17. yüzyıl İngiliz fizikçisi Robert Hooke'dan almıştır. 1670'te Latince bir anagramla yayımlamış, 1678'de ise çözümünü vermiştir: Ut tensio, sic vis (Türkçe anlamıyla Ne kadar uzanım, o kadar kuvvet). Bu kanununa uyan sistemlerde uzanım miktarı kuvvete lineer bağlıdır. Bu bağıntı Denklem (6.1)'deki gibidir:

$$F = -k \cdot x \quad (6.1)$$

Burada eksi (-) işareti hareketin yönünü belirtirken; x çekilen durumun sistemin denge durumuna olan uzaklığını (genellikle metre cinsinden), k kuvvet sabiti veya yay sabitini ve F sistemin denge durumuna ulaşmak için uyguladığı kuvvet (genellikle Newton cinsinden) olarak tanımlanır [21].



Şekil 6.4: Düşey deprem etkisinin taban eksenel kuvvet değeri ve tepe kat düşey yer değışme değeri arasındaki ilişki.

6.7 Deprem Parametrelerinin Depremin Düşey Bileşeni Üzerine Etkisi

Depremin düşey bileşeni etkisiyle taban eksenel kuvvet ve bu kuvvet etkisiyle oluşan tepe kat düşey yer değiştirme değerlerinin birbirlerine benzer şekilde değiştiği görülmektedir. Bu değişikliğin farklı kat seviyeleri ve farklı deprem kayıtları etkisiyle değişiklik gösterdiği Tablo 6.21’de açıkça görülmektedir.

Tablo 6.21: 11 farklı deprem kaydında değişim oranlarının en yüksek olduğu kat seviyesi.

SIRA	YIL	DEPREM	İSTASYON	MW	Süre	V	V/H	KAT SEVİYESİ	En Yüksek Değişim Oranı	
									Düşey Yer Değiştirme	Eksenel Kuvvet
1	1979	Imperial Valley	El Centro Array #6	6,53	39,07	1,894979	4,220037	10	30,75	24,01
2	1996	Kobe	Port Island (0 m)	6,9	41,99	-0,5668	1,629416	15	21,8	16,88
3	1990	Manjil, Iran	Abbar	7,37	45,98	0,538042	1,045627	10	19,65	15,52
4	1986	Kalamata	Kalamata (bsmt)	6,2	29,23	0,220742	0,810441	10	13,81	11,14
5	1999	Kocaeli	Yarimca	7,51	35,00	-0,24157	0,750681	10	9,56	7,59
6	1999	Düzce	Duzce	7,14	25,88	0,346128	0,672143	10	9,9	8,05
7	1979	Montenegro, Yugo.	Bar-Skupstina Opstine	7,1	47,83	0,243741	0,654497	20	7,9	6,94
8	1979	Dursunbey	Dursunbey	5,34	7,15	0,155283	0,540474	20	7,73	6,32
9	1972	Sitka, Alaska	Sitka Observatory	7,68	55,04	-0,0501	0,520188	15	2,27	1,7
10	1992	Erzincan	Erzincan	6,69	19,88	0,234538	0,472682	15-20	5,66	4,79
11	1994	Northridge-01	Alhambra - Fremont School	6,69	59,98	0,046487	0,460054	15	2,23	1,76

Düşey İvme/Yatay İvme (V/H) Oranı: Tablo 6.21’de düşey ivme/yatay ivme (V/H) oranı arttıkça düşey yer değiştirme ve eksenel kuvvet değerlerindeki değişim oranlarının da Erzincan depremi dışında arttığı görülmektedir. Fakat değişim oranlarının en yüksek olduğu kat sayısı değişmektedir. O halde kat sayısı arttıkça depremin düşey bileşeninin etkisi artmamaktadır. Bu da bize V/H oranının depremin düşey bileşeni üzerine tek başına etkili olmadığını gösterir.

Deprem Büyüklüğü: Tablo 6.21’de deprem büyüklüğü en büyük olan Sitka depremi(7,68Mw) ile deprem büyüklüğü en küçük olan Dursunbey depreminin(5,34Mw) düşey deprem etkilerinin çok düşük olduğu hatta düşey ivme değeri daha yüksek olan Dursunbey depreminin yapıya daha çok etki ettiği görülmektedir. Bu deprem büyüklüğünün depremin düşey bileşeni üzerine etkisinin olmadığını gösterir.

Deprem Süresi: Tablo 6.21’de deprem süresinin en uzun olduğu Northridge depreminde depremin düşey bileşeninin etkisi en az olurken deprem süresinin en az olduğu Dursunbey

depreminde de depremin düşey bileşenin etkisi çok fazla değişmemektedir. Bu deprem süresinin depremin düşey bileşeni üzerine etkisinin olmadığını gösterir.

Depremin Düşey İvme Bileşenin Frekansı: Daha önce V/H oranını incelemiş ve V/H oranı arttıkça etkinin de arttığını görmüştük. Burada etkinin tek başına depremin düşey ivme bileşenin frekansının yüksek olmasından mı yoksa düşey ve yatay ivme bileşenlerinin birleşiminden mi kaynaklandığını inceleyelim. Tablo 6.21’de Kalamata depremini ele alacak olursak düşey ivme bileşenin frekansı mutlak değerce Kocaeli, Düzce, Montenegro ve Erzincan depremlerinin düşey ivme bileşenin frekanslarından küçük olmasına rağmen yapmış olduğu etki daha büyüktür. O halde depremin düşey ivme bileşenin frekansı depremin düşey bileşeni üzerine tek başına etkili değildir.

Yapı Modelinin Ağırlığı: Analizler 4 farklı kat seviyesinde yapılarak yapı ağırlığı ve yapı frekansının farklı olması sağlanmıştır. Kat sayısı arttıkça yapı ağırlığı ve dolayısıyla yapı frekansı artmaktadır. Titreşim teorisi gereği rezonans koşulları oluşabilmesi için yapı frekansıyla deprem frekansının birbirine çok yakın olması gerekmektedir. O halde en büyük etkinin frekans koşulları birbirine yakın olduğu zaman olması beklenir. Bu durum depremin düşey ivme bileşeni ve yapı ağırlığının birbirlerinden etkilendiği anlamına gelmektedir.

7. SONUÇLAR

Depremiñ dūşey bileşeniñin etkisini araştırmak için 11 farklı gerçek deprem kaydı 4 farklı kat seviyesi 5 farklı zemin sınıfı kullanılarak Sap2000 V20 analiz programı aracılığıyla zaman tanım alanında doğrusal analiz yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında taşıyıcı yapı elemanlarından sadece kolonların değerleri incelenmiştir. Bu değerler taban aksenal kuvvet, taban kesme kuvveti, taban devrilme momenti ve tepe kat yatay ve dūşey yer değişme değerleridir.

Zemin sınıfının farklı olmasının depremin dūşey bileşeni üzerine bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu sonuca modelleme aşamasında yapmış olduğumuz temelsiz zemine ankastre mesnet kabulü ve kullandığımız gerçek deprem kayıtlarında dūşeyde zemin sınıfına göre azaltma katsayısı kullanmamamız neden olmuş olabilir. Farklı çalışmalar ile de bu konunun araştırılması gerekmektedir.

Depremin dūşey bileşeniñin taban kesme kuvveti taban devrilme momenti ve tepe kat yatay yer değiştirme değerleri üzerine de önemli bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Bu sonuçlar daha önce yapılan araştırmalarla benzerlik göstermektedir.

Yapılan analizler sonunda depremin dūşey ivme bileşeniñin taban aksenal kuvvet ve tepe kat dūşey yer değiştirme değerlerini önemli ölçüde etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu etki 11 farklı deprem kaydı, 4 farklı kat seviyesi ve her katta bulunan kolonların yerleri için farklılıklar göstermektedir. Tepe kat dūşey yer değiştirme değerlerindeki etki taban aksenal kuvvetin değerlerindeki etkiye paralellik göstermektedir. Bu etkilerin V/H oranı ve yapı ağırlığı ölçütlerine bağlı olduğu sonucuna varılmıştır. Bulunan bu sonuçlar da daha önce yapılan araştırmalara benzerlik göstermektedir.

Depremin dinamik bir süreç olduğu ve hiçbir depremin bir başka depreme benzemediği ve bundan sonra da benzemeyeceği düşünöldüğünde özellikle fay hatlarına yakın bölgelerde depreme dayanıklı yapı tasarımı büyük önem kazanmaktadır. Bir depremin ivme değeri deprem odağından uzaklaştıkça sönümlenerek azalmakta ve baskın olan ivme düzeyi dūşeyden yataya kaymaktadır.

Yurdumuzun büyük bir bölümünün deprem bölgesinde olması sebebiyle depremin düşey bileşeninin etkisini ihmal etmemek gerekmektedir. Bu maksatla yapımızı modellerken olabildiğince fazla deprem kaydının etkisinden faydalanmak uygun olacaktır.

Yapılan bu analizlerde simetrik bir yapı modeli üzerinde çalışılmış olup 4 farklı kat seviyesinde depremin düşey bileşeninin sadece kolonlara etkisi araştırılmıştır. Depremin düşey bileşeninin simetrik olmayan bir modelde farklı kat seviyelerinde ve betonarme taşıyıcı sistemin farklı elemanlarındaki etkileri başka bir çalışmanın konusu olabilir.

8. KAYNAKLAR

- [1] K. Darılmaz, *Depreme Dayanıklı Binaların Tasarımına Giriş*, İstanbul, Türkiye: Birsen Yayınevi, 2019.
- [2] B.B. Canbolat, H. Tüydeş, A. Erberik ve E. Karaesmen, *Deprem*, Ankara, Türkiye: ODTÜ Yayıncılık, 2020.
- [3] M.E. Aydemir ve S. Jakayev, “Düzenli Bir Betonarme Binada Düşey Deprem Bileşenlerinin Yapısal Davranışa Etkisi”, *Afet ve Risk Dergisi*, cilt 2, no 1, 1-13, Şub. 2019
- [4] Y. Genç, “Türk ve Bazı Yabancı Deprem Yönetmeliklerine Göre Betonarme Binaların Analizinde Düşey Deprem Yük Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniv., Kocaeli, 2019.
- [5] G. Eren, “Yönetmelik Tanımlı Deprem Yüklerinin Tipik Bir Binada Gözlenen Performanslarının Deprem Düşey Bileşen Etkisi Dahil Edildiğinde Çıkan Sonuçların Tartışılması”, Yüksek lisans tezi, Kocaeli Üniv., Kocaeli, 2014
- [6] M. Alızadeh, “Çok Katlı Yapılarda Düşey Deprem Etkisinin Yapısal Davranış Üzerine Etkisi”, Yüksek lisans tezi, İstanbul Aydın Üniv., İstanbul, 2019
- [7] M.Ş. Yavaş, A.N. Teloğlu, and Z. Celep, “Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’nde Binaların Taşıyıcı Sisteminde Tanımlanan Düşey Deprem Etkisi Üzerine”, in *5. International Conference on Earthquake Engineering and Seismology (SICEES)*, METU Ankara, Turkey, Oct. 2019, s. 1-10
- [8] M.A. Gürel, and M. Kısa, “Deprem Hareketinin Düşey Bileşeninin Çeşitli Yapı Elemanları Üzerindeki Etkileri ve Hasar Potansiyeli,” *ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Eki. 2002, s. 118-125
- [9] Wikipedia, “Damage to the Imperial County Services Building’s Columns”, https://en.wikipedia.org/wiki/1979_Imperial_Valley_earthquake#/media/File:Imperial_County_Services_building_1979.tif, Erişim tarihi: 29 Eylül 2021.
- [10] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (06 Mart 2007). *Resmi Gazete* (Sayı:26454). [Online] Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2007/03/20070306-3.htm>

- [11] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. (18 Mart 2018). *Resmi Gazete* (Sayı:30364(Mükerrer)). [Online] Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1-2.htm>.
- [12] SAP2000 v20.2.0, Integrated Solution for Structural Analysis and Design, Computer and Structures Inc., Berkeley, CA, USA, 2019
- [13] AutoCAD 2022 – English, Bilgisayar Destekli Tasarım Programı, Autodesk, USA, 2021
- [14] *Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri*, TS 498, Ankara, 1997.
- [15] *Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*, TS 500, Ankara, 2000.
- [16] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması”, <https://tdth.afad.gov.tr/>, Erişim tarihi: 01 Mayıs 2021.
- [17] PEER Ground Motion Database NGA-West2, “Pacific Eartquake Engineering Research Center”, <https://ngawest2.berkeley.edu/spectras/465066/searches/new>, Erişim tarihi: 01 Mayıs 2021
- [18] DEEPSOIL v7.0, Evaluation of the DEEPSOIL Software on the DesignSafe Cyberinfrastructure, Board of Trustees of University of Illinois at Urbana-Champaign and Youssef Hashash, USA, 2021
- [19] Microsoft Excel, Elektronik Tablo Yazılımı, Microsoft, USA, 2021
- [20] Z. Celep, *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., 2017.
- [21] Wikipedia, “Hooke Yasası”, https://tr.wikipedia.org/wiki/Hooke_yasas%C4%B1, Erişim tarihi: 25 Aralık 2021.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mehmet Kürşat KOÇMAN

Doğum tarihi ve yeri : 1984/BALIKESİR

e-posta : kursat.kocman@baun.edu.tr

Öğrenim Bilgileri

Derece	Okul/Program	Yıl
Y. Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2018-2022
Lisans	Balıkesir Üniversitesi/İnşaat Mühendisliği	2011-2018
Lise	Balıkesir Muharrem Hasbi Koray Lisesi	1999-2002