

T.C.
NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR YAPININ SİSMİK İZOLASYONLU
VE İZOLASYONSUZ OLARAK TÜRKİYE BİNA
DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018' E GÖRE DİNAMİK
DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİ VE YAPIM
MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bülent KAPLAN

Enstitü Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Enstitü Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Furkan ŞAHİN

AĞUSTOS 2022

T.C.
NİŞANTAŞI ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**BETONARME BİR YAPININ SİSMİK İZOLASYONLU
VE İZOLASYONSUZ OLARAK TÜRKİYE BİNA
DEPREM YÖNETMELİĞİ 2018' E GÖRE DİNAMİK
DAVRANIŞLARININ BELİRLENMESİ VE YAPIM
MALİYETLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bülent KAPLAN

ORCID ID: 0000-0001-9918-4513

Enstitü Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği

Enstitü Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

“Bu tez 17 / 08 /2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ	İMZA
Dr. Öğretim Üyesi Furkan ŞAHİN	Başarılı	
Dr. Öğretim Üyesi Kazım Burç CİVELEK	Başarılı	
Dr. Öğretim Üyesi Erdem DAMCI	Başarılı	

Enstitü Müdürü
Onay

BEYAN

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Bülent KAPLAN

17.08.2022



ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Nişantaşı Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Toplu Konut İdaresince yapımı gerçekleştirilmiş olan bir yapının deprem yalıtım elemanları kullanılarak TBDY 2018' e göre yeniden tasarlanması ve yapının ankastre mesnetli durumuyla beraber dinamik davranışının ve maliyetlerinin bir karşılaştırılması incelenmiştir.

Çalışmanın oluşturulmasında bilgi, deneyim, destek ve zamanını esirgemeyen saygıdeğer hocam, danışmanım, sayın Dr. Öğr. Üyesi Furkan ŞAHİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın tasarım aşamasında her türlü soruma üşenmeden cevap veren Dr. Bahadır ŞADAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca, bu yolda yürümemde katkısı olan tüm hocalarıma, eğitim ve öğrenim hayatı boyunca desteklerini benden esirgemeyen başta rahmetli annem, babam, eşim ve oğluma teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Bülent KAPLAN

17.08.2022

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
KISALTMALAR	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
GİRİŞ	1

BÖLÜM 1: KONU İLE İLGİLİ ÖNCEDEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR..... 6

BÖLÜM 2: DEPREM YALITIM SİSTEMLERİ..... 11

2.1. Deprem Yalıtımı Kavramı.....	11
2.2. Deprem Yalıtımı Uygulamasının Avantajları	14
2.3. Deprem Yalıtımı Uygulamasının Zorlukları ve Dezavantajları.....	16
2.4. Deprem Yalıtımı Metodunun Tarihi	18
2.5. Deprem Yalıtımı Metodunun Türkiye’deki Gelişimi	22
2.6. Deprem Yalıtım Çeşitleri	30
2.6.1. Elastomerik Esaslı Yalıtım Birimleri.....	30
2.6.1.1. Düşük Sönümlü Kauçuk Tip Yalıtım Birimleri (LDRB).....	32
2.6.1.2. Yüksek Sönümlü Kauçuk Tip Yalıtım Birimleri (HDRB).....	32
2.6.1.3. Kurşun Çekirdekli Kauçuk Yalıtım birimleri (LRB).....	33
2.6.2. Kayma Esaslı Yalıtım Birimleri.....	33
2.6.2.1. Sürtünmeli Sarkaç Yalıtım Birimleri (FPS).....	34

BÖLÜM 3: DEPREM YALITIMI İLE İLGİLİ TASARIM PARAMETRELERİ VE TBDY 2018 KURALLARI..... 36

3.1. Genel Tasarım İlkeleri.....	36
3.2. Performans Hedefleri	37
3.3. Yalıtım Arayüzü ve Altında Kalan Altyapı Elemanların Tasarımında Kullanılacak Yük Birleşimleri	38
3.4. Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimlerinin Temel Özellikleri	39
3.5. Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimleri Hesap Esasları.....	41
3.5.1. Hesap Yönteminin Seçilmesi	41
3.5.2. Etkin Deprem Yüğü Yöntemi	41
3.5.3. Mod Birleştirme Yöntemi	43
3.5.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi	44
3.6. Deprem Kayıtlarının Seçimi	45
3.7. Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirme Kuralları	46

BÖLÜM 4: YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	47
4.1. Uygulamada İncelenen Ankastre Mesnetli Binanın Özellikleri.....	47
4.2. Analiz İçin Kullanılan Hedef Spektrumların Elde Edilmesi.....	49
4.3. Tasarımı yapılan Deprem Yalıtımlı Binanın Özellikleri.....	52
4.3.1. Deprem yalıtımı Birimi Ön Tasarımı.....	54
4.3.2. Eğri Yüzeyle Sürtünmeli Yalıtım Biriminin ETABS Programında Tanımlanması.....	57
4.3.3. Seçilen ve Ölçeklenen Deprem Kayıtları.....	58
4.3.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz.....	60
BÖLÜM 5: SAYISAL UYGULAMALAR VE MALİYET HESAPLARI	61
5.1. Ankastre Mesnetli Binanın Tasarımı	61
5.1.1. Ankastre Mesnetli Binanın Modal Analiz Sonuçları	61
5.1.2. Ankastre Mesnetli Binanın Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları ..	63
5.1.3. Ankastre Mesnetli Binanın Kat İvmeleri Sonuçları ve Grafikleri	75
5.1.4. Ankastre Mesnetli Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları	77
5.1.5. Ankastre Mesnetli Binanın Maksimum Kat Deplasmanı Göreli Kat Öteleme Sonuçları.....	78
5.1.6. Ankastre Mesnetli Binanın Maliyet Analizi	86
5.2. Deprem Yalıtımlı Binanın Tasarımı	87
5.2.1. Deprem Yalıtımlı Binanın Modal Analiz Sonuçları	87
5.2.2. Deprem Yalıtım Birimi Analiz Sonuçları	88
5.2.3. Deprem Yalıtımlı Binanın Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları....	89
5.2.4. Deprem Yalıtımlı Binanın Kat İvmeleri Sonuçları ve Grafikleri.....	101
5.2.5. Deprem Yalıtımlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları	103
5.2.6. Deprem Yalıtımlı Binanın Maksimum Kat Deplasmanı ve Göreli Kat Öteleme Sonuçları.....	104
5.2.7. Deprem Yalıtımlı Binanın Maliyet Analizi.....	111
BÖLÜM 6: ANALİZ VE MALİYET SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	113
6.1. Modal Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	113
6.2. Zaman Tanım Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	113
6.2.1. Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın Kat İvmeleri Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	113
6.2.2. Deprem Yalıtımlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının karşılaştırılması	125
6.2.3. Deprem Yalıtımlı Binanın Maksimum Kat Deplasmanı ve Göreli Kat Öteleme Sonuçlarının Karşılaştırılması	128
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	132
KAYNAKÇA	135

KISALTMALAR

b, d	: Yapının plandaki boyutları
c_b	: İzolatör sönümü
d1, d2	: İzolatör Yerdeğiştirmesi
D	: Dayanım Fazlalılığı Katsayısı
D_D	: İzolatörün tasarım deprem yer hareketi için yerdeğiştirmesi
D_M	: İzolatörün en büyük deprem yer hareketi için yerdeğiştirmesi
D_{TD}	: Tasarım deprem yer hareketi düzeyinde dikkate alınan doğruItuda izolasyon sistemi etkin rijitlik merkezinde oluşacak yerdeğiştirme
D_{TM}	: En büyük deprem yer hareketi düzeyinde dikkate alınan doğruItuda izolasyon sistemi etkin rijitlik merkezinde oluşacak yerdeğiştirme
D_y	: Etkin akma yerdeğiştirmesi
e	: Dışmerkezlik
E	: Elastisite modülü
F	: D yerdeğiştirmesine karşı gelen kuvvet
F_Q, F_y	: Etkin akma dayanımı
h1, h2:	: İzolatörün üst ve alt yükseklikleri
H_N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam yüksekliği (m)
I	: Bina Önem Katsayısı
k₁	: Başlangıç rijitliği
k₂	: İkincil rijitlik
k_e	: D yerdeğiştirmesine karşı gelen rijitlik
k_b	:İzolatör Eşdeğer Rijitliği
m_b	: İzolatör Kütlesi
n	: Hareketli yük azaltma katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_a	: Elastik Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
R₁, R₂	: İzolatörün üst ve alt eğrilik yarıçapları
T	: Binanın hakim periyodu

T_D	: Tasarım Deprem Yer Hareketi Düzeyi İçin Doğal Titreşim Periyodu
T_M	: En büyük Yerdeğiştirme Altında sismik izolasyonlu binanın etkin titreşim periyodu
T_P	: Binanın en büyük doğal titreşim periyodu
TV	: İzolatörün Düşeydeki Doğal Titreşim Periyodu
u	: Yerdeğiştirme
v_b	: İzolatör uzunluğu
V_D	: Tasarım deprem yer hareketi düzeyi için hesaplanan üst yapıya etkiyen kuvvet
V_M	: En büyük deprem yer hareketi düzeyi için hesaplanan üst yapıya etkiyen kuvvet
y	: Hesap yapılan doğrultuda bina rijitlik merkezini en dışta bulunan izolatöre olan dik uzaklığı
β_e	: Yerdeğiştirme çevriminde sönmölenen enerji
η_D, η_M	: Sönüm Ölçeklendirme Katsayıları
ξ	: Etkin Sönüm Yüzdesi
μ₁, μ₂	: İzolatörün üst ve alt sürtünme katsayıları
μ_s	: Sürtünme Katsayısı
DD-1	: En Büyük Deprem Yer Hareketi
DD-2	: Tasarım Deprem Yer Hareketi
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
FPS	: Sürtünmeli Sarkaç Sistemi
GÖ	: Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
HDRB	: Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatör
KK	: Kesintisiz Kullanım Performans Düzeyi
KH	: Kontrollü Hasar Performans Düzeyi
LRB	: Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör
LRDB	: Düşük Sönümlü Kauçuk İzolatör
R-FBI	: Esnek Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi
SH	: Sınırlı Hasar Performans Düzeyi
ŞGDT	: Şekil Değiştirmeye Dayalı Tasarım

TABLO LİSTESİ

Tablo 3. 1: Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Deprem Yalıtımlı Binalar için Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları	37
Tablo 3. 2: Deprem Yüğü Azaltma ve Dayanım Fazlalığı Katsayıları	38
Tablo 4. 1: TBDY 2018 Sınır Değerler	55
Tablo 4. 2: Seçilen Deprem Yer Hareketlerinin Karakteristik Özellikleri	59
Tablo 5. 1: Ankastre Mesnetli Bina İçin Modal Analiz Sonuçları	61
Tablo 5. 2: Referans Düğüm Noktasının Kat Seviyesindeki Yerdeğiştirme Sonuçları ...	75
Tablo 5. 3: Ankastre Mesnetli Binanın Kat İvmeleri Sonuçları	75
Tablo 5. 4: Ankastre Mesnetli Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları	77
Tablo 5. 5: Ankastre Mesnetli Binanın R1-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	78
Tablo 5. 6: Ankastre Mesnetli Binanın R1-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	79
Tablo 5. 7: Ankastre Mesnetli Binanın R2-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	79
Tablo 5. 8: Ankastre Mesnetli Binanın R2-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	79
Tablo 5. 9: Ankastre Mesnetli Binanın R3-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	80
Tablo 5. 10: Ankastre Mesnetli Binanın R3-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	80
Tablo 5. 11: Ankastre Mesnetli Binanın R4-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	80
Tablo 5. 12: Ankastre Mesnetli Binanın R4-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	81
Tablo 5. 13: Ankastre Mesnetli Binanın R5-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	81
Tablo 5. 14: Ankastre Mesnetli Binanın R5-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	81
Tablo 5. 15: Ankastre Mesnetli Binanın R6-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	82
Tablo 5. 16: Ankastre Mesnetli Binanın R6-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	82
Tablo 5. 17: Ankastre Mesnetli Binanın R7-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	82
Tablo 5. 18: Ankastre Mesnetli Binanın R7-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	83
Tablo 5. 19: Ankastre Mesnetli Binanın R8-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	83
Tablo 5. 20: Ankastre Mesnetli Binanın R8-2 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	83

Tablo 5. 21: Ankastre Mesnetli Binanın R9-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	84
Tablo 5. 22: Ankastre Mesnetli Binanın R9-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	84
Tablo 5. 23: Ankastre Mesnetli Binanın R10-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	84
Tablo 5. 24: Ankastre Mesnetli Binanın R10-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	85
Tablo 5. 25: Ankastre Mesnetli Binanın R11-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	85
Tablo 5. 26: Ankastre Mesnetli Binanın R11-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	85
Tablo 5. 27: Ankastre Mesnetli Binanın Maliyet Analizi	86
Tablo 5. 28: Deprem Yalıtımlı bina için modal analiz sonuçları	88
Tablo 5. 29: Deprem Yalıtım Birimi Yerdeğiştirme Sonuçları	89
Tablo 5. 30: Referans Düğüm Nokt. Kat Seviyesindeki Yerdeğiştirme Sonuçları	101
Tablo 5. 31: Deprem Yalıtımlı Binanın Kat İvmeleri Sonuçları	102
Tablo 5. 32: Deprem Yalıtımlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları	103
Tablo 5. 33: Deprem yalıtımlı Binanın R1-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçlar	104
Tablo 5. 34: Deprem yalıtımlı Binanın R1-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	104
Tablo 5. 35: Deprem yalıtımlı Binanın R2-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	105
Tablo 5. 36: Deprem yalıtımlı Binanın R2-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	105
Tablo 5. 37: Deprem yalıtımlı Binanın R3-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	105
Tablo 5. 38: Deprem yalıtımlı Binanın R3-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	106
Tablo 5. 39: Deprem yalıtımlı Binanın R4-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	106
Tablo 5. 40: Deprem yalıtımlı Binanın R4-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	106
Tablo 5. 41: Deprem yalıtımlı Binanın R5-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	107
Tablo 5. 42: Deprem yalıtımlı Binanın R5-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	107
Tablo 5. 43: Deprem yalıtımlı Binanın R6-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	107
Tablo 5. 44: Deprem yalıtımlı Binanın R6-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	108
Tablo 5. 45: Deprem yalıtımlı Binanın R7-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	108

Tablo 5. 46: Deprem yalıtımlı Binanın R7-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	108
Tablo 5. 47: Deprem yalıtımlı Binanın R8-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	109
Tablo 5. 48: Deprem yalıtımlı Binanın R8-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	109
Tablo 5. 49: Deprem yalıtımlı Binanın R9-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	109
Tablo 5. 50: Deprem yalıtımlı Binanın R9-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	110
Tablo 5. 51: Deprem yalıtımlı Binanın R10-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	110
Tablo 5. 52: Deprem yalıtımlı Binanın R10-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	110
Tablo 5. 53: Deprem yalıtımlı Binanın R11-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	111
Tablo 5. 54: Deprem yalıtımlı Binanın R11-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları	111
Tablo 5. 55: Deprem yalıtımlı Binanın Maliyet Analizi	112
Tablo 5. 56: Deprem yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Yapıların Periyotları.....	113
Tablo 7. 1: Sabit temelli binanın-deprem yalıtımlı binanın X (+) yönünde zaman tanım alanında analiz göre en büyük göreceli deplasman oranları kıyaslama tablosu	131

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1: Ankastre mesnetli yapı ile deprem yalıtımlı yapının deprem yükleri altında davranışı.....	12
Şekil 2. 2: Ankastre Mesnetli Yapı ve Sismik İzolasyon Uygulanmış Yapı.....	12
Şekil 2. 3: Artan periyodun İvme ve deplasmana etkisi.....	13
Şekil 2. 4: Klasik Yapı ve Deprem Yalıtımlı Yapının Yer Değiştirmesi.....	13
Şekil 2. 5: Deprem yalıtımlı yapılarda Sönüm&İvme&Deplasman İlişkisi.....	14
Şekil 2. 6: Yapılarda burulma halinin etkisi.....	15
Şekil 2. 7: Deprem Yalıtımlı Yapılarda Sönümün Etkisi.....	16
Şekil 2. 8: Zemin koşullarının Deprem Yalıtımlı Yapıya Etkisi.....	18
Şekil 2. 9: A. Westwood'un Önerdiği Deprem Yalıtım Sistemi.....	19
Şekil 2. 10: Dr. Calantarients'in Önerdiği Sismik İzolasyon Çalışması.....	20
Şekil 2. 11: Pestalozzi Okulunda Kullanılan Yalıtıcılar.....	21
Şekil 2. 12: Bolu Viyadüğü Sürtünmeli Sarkaç İzolatör Uygulaması.....	24
Şekil 2. 13: Kocaeli Hastanesi Sismik İzolatör Uygulaması.....	25
Şekil 2. 14: İstanbul Atatürk Havalimanı Sarkaç Tipi İzolatör Uygulaması.....	26
Şekil 2. 15: Antalya Havalimanı Kauçuk İzolatör Uygulaması.....	27
Şekil 2. 16: İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı İzolatör Uygulaması.....	27
Şekil 2. 17: Tarabya Otel.....	28
Şekil 2. 18: Erzurum Devlet Hastanesi ve Uygulanan Sismik İzolatör.....	28
Şekil 2. 19: Aliğa Bulunan Lng Tankları.....	29
Şekil 2. 20: Aykent Loft Türkiye Sismik İzolatör Yerleşimi ve Uygulama Modeli.....	29
Şekil 2. 21: Kauçuk Ve Çelik Levhalı Mesnetin Yük Altındaki Şekil Değiştirmesi.....	31
Şekil 2. 22: Elastomer Mesnet Kesiti.....	31
Şekil 2. 23: Düşük Sönümlü Elastomer Mesnet.....	32
Şekil 2. 24: Yüksek Sönümlü Elastomer Mesnet Kesiti.....	32
Şekil 2. 25: Yüksek Sönümlü Elastomer Mesnet Kesiti.....	33
Şekil 2. 26: Sürtünmeli Sarkaç Sistem Kesiti (Çağlar, 2002).....	34
Şekil 2. 27: Esnek Sürtünmeli İzolatör Kesiti.....	35
Şekil 3. 1: Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimleri.....	39
Şekil 3. 2: Basitleştirilmiş Kuvvet-Yerdeğiştirme eğrisi (TBDY 2018).....	39
Şekil 4. 1: Analizi yapılan Ankastre Mesnetli Yapının Kalıp Planı.....	48
Şekil 4. 2: Ankastre Mesnetli Yapının 3D Görüntüsü.....	49
Şekil 4. 3: AFAD Deprem Tehlikesi Haritası Bilgi Girişi.....	49
Şekil 4. 4: DD-1 Yer hareket Düzeyi için AFAD'a Girilen Veriler.....	50
Şekil 4. 5: Hedef Spektrum İçin Spektral Veriler.....	50
Şekil 4. 6: Yerel Zemin Etki Katsayısı (Fs).....	51
Şekil 4. 7: Yerel Zemin Etki Katsayısı (F1).....	51
Şekil 4. 8: Yatay Elastik Tasarım Spektrumu.....	51
Şekil 4. 9: Ölçekleme İçin Kullanılan Elastik Yatay Tasarım Spektrumları.....	52
Şekil 4. 10: Analizi yapılan Deprem Yalıtımlı Yapının Kalıp Planı.....	53
Şekil 4. 11: Deprem Yalıtımlı Yapının 3D Görüntüsü.....	54
Şekil 4. 12: ETABS Programından Alınan Sismik Ağırlık.....	55
Şekil 4. 13: Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Biriminin Tasarımı İçin.....	56
Şekil 4. 14: Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Deprem Yalıtım Biriminin Özelliklerinin.....	57

Şekil 4. 15: Çoklu Lineer Plastik Deprem Yalıtım Biriminin Özelliklerinin	58
Şekil 4. 16: Spektral İvme Bileşke Spektrumları Ve Ortalamaları.....	60
Şekil 4. 17: Zaman tanım alanında (FNA) Deprem Kaydı Yükleme.....	60
Şekil 5. 1: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 1-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	63
Şekil 5. 2: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 1-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	64
Şekil 5. 3: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 2-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	64
Şekil 5. 4: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 2-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	65
Şekil 5. 5: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 3-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	65
Şekil 5. 6: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 3-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	66
Şekil 5. 7: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 4-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	66
Şekil 5. 8: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 4-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	67
Şekil 5. 9: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 5-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	67
Şekil 5. 10: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 5-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	68
Şekil 5. 11: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 6-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	68
Şekil 5. 12: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 6-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	69
Şekil 5. 13: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 7-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	69
Şekil 5. 14: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 7-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	70
Şekil 5. 15: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 8-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	70
Şekil 5. 16: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 8-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	71
Şekil 5. 17: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 9-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	71
Şekil 5. 18: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 9-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	72
Şekil 5. 19: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 10-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	72
Şekil 5. 20: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 10-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	73
Şekil 5. 21: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 11-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	73

Şekil 5. 22: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 11-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları.....	74
Şekil 5. 23: Ankastre Mesnetli Binanın Kat Yerdeğiştirmelerinin Değişimi İçin Referans Alınan Düğüm Noktası	74
Şekil 5. 24: Ankastre Mesnetli Binanın R 1-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	76
Şekil 5. 25: Ankastre Mesnetli Binanın R 2-1 Deprem Kaydı İçin	77
Şekil 5. 26: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 1-1 Deprem Kaydı İçin	90
Şekil 5. 27: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 1-2 Deprem Kaydı İçin	90
Şekil 5. 28: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 2-1 Deprem Kaydı İçin	91
Şekil 5. 29: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 2-2 Deprem Kaydı İçin	91
Şekil 5. 30: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 3-1 Deprem Kaydı İçin	92
Şekil 5. 31: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 3-2 Deprem Kaydı İçin	92
Şekil 5. 32: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 4-1 Deprem Kaydı İçin	93
Şekil 5. 33: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 4-2 Deprem Kaydı İçin	93
Şekil 5. 34: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 5-1 Deprem Kaydı İçin	94
Şekil 5. 35: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 5-2 Deprem Kaydı İçin	94
Şekil 5. 36: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 6-1 Deprem Kaydı İçin	95
Şekil 5. 37: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 6-2 Deprem Kaydı İçin	95
Şekil 5. 38: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 7-1 Deprem Kaydı İçin	96
Şekil 5. 39: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 7-2 Deprem Kaydı İçin	96
Şekil 5. 40: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 8-1 Deprem Kaydı İçin	97
Şekil 5. 41: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 8-2 Deprem Kaydı İçin	97
Şekil 5. 42: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 9-1 Deprem Kaydı İçin	98
Şekil 5. 43: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 9-2 Deprem Kaydı İçin	98
Şekil 5. 44: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 10-1 Deprem Kaydı İçin	99
Şekil 5. 45: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 10-2 Deprem Kaydı İçin	99
Şekil 5. 46: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 11-1 Deprem Kaydı İçin	100
Şekil 5. 47: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 11-2 Deprem Kaydı İçin	100
Şekil 5. 48: Deprem Yalıtımlı Binanın Kat Yerdeğiştirmelerinin Değişimi İçin Referans Alınan Düğüm Noktası	101
Şekil 5. 49: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın R 1-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları.....	102
Şekil 5. 50: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın R 2-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları.....	102
Şekil 6. 1: R 1-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	114
Şekil 6. 2: R 1-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	115
Şekil 6. 3: R 2-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	115
Şekil 6. 4: R 2-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	115
Şekil 6. 5: R 3-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	116
Şekil 6. 6: R 3-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	116
Şekil 6. 7: R 4-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	117
Şekil 6. 8: R 4-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	117
Şekil 6. 9: R 5-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	118
Şekil 6. 10: R 5-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	118

Şekil 6. 11: R 6-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	119
Şekil 6. 12: R 6-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	119
Şekil 6. 13: R 7-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	120
Şekil 6. 14: R 7-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	120
Şekil 6. 15: R 8-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	121
Şekil 6. 16: R 8-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	121
Şekil 6. 17: R 9-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	122
Şekil 6. 18: R 9-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	122
Şekil 6. 19: R 10-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	123
Şekil 6. 20: R 10-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	123
Şekil 6. 21: R 11-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	124
Şekil 6. 22: R 11-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları	124
Şekil 6. 23: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (+) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları.....	125
Şekil 6. 24: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (+) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları.....	126
Şekil 6. 25: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (-) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları.....	127
Şekil 6. 26: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (-) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları.....	128
Şekil 6. 27: Deprem Yalıtımlı 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (+) ve X (-) Doğrultusunda Ortalama Göreli Kat Öteleme Sonuçları	129
Şekil 6. 28: Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (+) ve X (-) Doğrultusunda Ortalama Göreli Kat Öteleme Sonuçları	129
Şekil 6. 29: Deprem Yalıtımlı 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (+) ve Y (-) Doğrultusunda Ortalama Göreli Kat Öteleme Sonuçları	130
Şekil 6. 30: Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (+) ve Y (-) Doğrultusunda Ortalama Göreli Kat Öteleme Sonuçlar	130

Tezin Başlığı: Betonarme Bir Yapının Sismik İzolasyonlu Ve İzolasyonsuz Olarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018' e Göre Dinamik Davranışlarının Belirlenmesi Ve Yapım Maliyetlerinin Karşılaştırılması	
Tezin Yazarı: Bülent KAPLAN	Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Furkan ŞAHİN
Kabul Tarihi: 17.08.2022	Sayfa Sayısı: xiii (ön kısım)+137 (tez)
Anabilim Dalı: İnşaat Mühendisliği	Bilim Dalı: İnşaat Mühendisliği
Geçmiş yıllarda gerçekleşen yıkıcı depremler incelendiğinde birçoğunda çok sayıda can kaybı yaşandığı ve can kaybı yaşanmayan veya can kaybı az olan depremlerden sonra yapıların servis hizmetini sürdüremediği gözlemlenmiştir. Yapıların taşıyıcı sistemleri kalıcı hasar almış ya da yapısal olmayan bina elamanları büyük hasarlar alarak yapılar kullanılamaz hale gelmiştir. Ülkemizin sınırları içerisinde başta Kuzey Anadolu Fay hattı olmak üzere çok sayıda fay hattı bulunmaktadır. Bu nedenle depreme dayanıklı yapı tasarımı, başta ülkemizde yaşayan insanların can güvenliği olmak üzere gerçekleşecek depremlerden sonra olması muhtemel ekonomik kayıplarında önüne geçilmesi için çok önemli bir konudur. Yapıların deprem tasarımında yeni bir yaklaşım olan deprem yalıtımında ana hedef yatay doğrultuda esnek, düşey doğrultuda rijit elemanları yapı tabanına yerleştirilerek üst yapıya etkileyen deprem yüklerinin ve ivmelerinin büyük oranda azaltılarak yapıda olması muhtemel etkilerin azaltılmasıdır. Hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasında, deprem yalıtımının genel ilkeleri anlatılmış ayrıca ülkemizde de sıkça kullanılmaya başlayan ve Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'de konu olan deprem yalıtımı çeşitleri örnekleriyle anlatılmıştır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Toplu Konut İdaresince yapımı gerçekleştirilmiş olan ankastre mesnetli ve yüksek süneklik düzeyli boşluksuz perdeli bir yapının taban sismik izolasyonlu ve taşıyıcı sisteminin değiştirilerek süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeve bir yapı olarak ayrı ayrı ETABS sonlu eleman paket programıyla Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre zaman tanım alanında analizi yapılarak deprem davranışları belirlenmiştir. Deprem davranışları belirlenen yapıların maliyet analizleri çıkarılmıştır. Hazırlanan tez çalışmasının son kısmında, iki farklı taşıyıcı sistem tasarımı ile analizi yapılan yapıların modal analiz sonuçları, zaman tanım alanının da analiz sonuçları ve maliyetleri karşılaştırılarak sonuçlar yorumlanmıştır.	
Anahtar Kelimeler: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018, Sismik izolasyon, ETABS, Zaman Tanım Alanında Deprem Analizi, Maliyet analizi	

Tezin Başlığı: Determining The Dynamic Behaviors Of A Reinforced Concrete Building With And Without Base Isolation And Comparison Of The Construction Costs According To Turkey Building Seismic Code 2018.	
Author: Bülent KAPLAN	Supervisor: Assist. Prof. Dr. Furkan ŞAHİN
Date: 17.08.2022	Nu. of Pages: xiii (pre text)+137 (main body)
Department: Civil Engineering	Subfield: Civil Engineering
When the demolisher earthquakes in the past years are analyzed, it has been observed that many deaths occurred and that the structures could not continue their service after the earthquakes with no loss of life or less loss of life. The carrier systems of the structures have been damaged permanently or the non-structural building elements have been damaged and the structures have become unusable. There are many fault lines within the borders of our country, especially the North Anatolian Fault line. Hereby, earthquake resistant structural design is a very important issue in order to prevent possible economic losses after earthquakes, especially the life safety of people living in our country. The main goal in seismic isolation, which is a new approach in earthquake design of structures, is to reduce the possible effects on the structure by placing flexible elements in the horizontal direction and rigid in the vertical direction, by greatly reducing the earthquake loads and accelerations acting on the superstructure. In the master thesis study prepared; the general principles of seismic isolation are explained and also the types of seismic isolation, which are frequently used in our country and which are the subject of the Turkey Building Seismic Code 2018, are explained with examples. The base seismic isolation and carrier system of a built with fixed support, high ductility level and gapless curtain wall structure, which was constructed by the Housing Development Administration of the T.R. Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, was changed as a reinforced concrete frame structure with limited ductility level separately with the ETABS finite element package program. According to the Turkey Building Seismic Code 2018, analysis was made in the time history dynamic analysis and earthquake respond were determined. The cost analyzes of the structures whose earthquake responds were determined were made. In the last part of thesis study; the results of the modal analysis of the structures analyzed with two different structural system designs, the results of the time history dynamic analysis and the costs were compared and the results were interpreted.	
Key words: Turkey Building Seismic Code 2018, Seismic isolation, ETABS, Time history dynamic analysis, Cost analysis.	

GİRİŞ

Doğal afetlerin en önemlilerinden biri olan deprem, yer kabuğunun bir titreşimi olduğu için, yapıların mesnetlerinde zamana bağlı bir yer değiştirme hareketi doğurarak dinamik bir etki oluşturur. Bu titreşim hareketinin incelenmesi yapı dinamiğinin ana problemlerinden biridir. Depreme dayanıklı yapı tasarımının önemli iki adımından biri yapının taşıyıcı sisteminin iyi düzenlenmesi, yeterli malzeme kalitesinin sağlanması ve özenle inşa edilmesi, diğeri ise depremin taşıyıcı sistemde oluşturması beklenen kesit etkilerinin yeterli yaklaşıkyla belirlenerek karşılanmasıdır (Celep, 2019).

Geçmiş yıllarda oluşmuş olan depremleri incelediğimizde yapılarda hasar oluşumuna neden olan en büyük parametrenin, depremin yüksek yer değiştirme talebine karşılık olarak taşıyıcı elemanların şekil değiştirme kapasitelerinin yetersiz düzeyde kalmasıdır. Bunun önüne geçmek için yapılması gereken yapı- zemin ilişkisinin keserek deprem talebine yapının vereceği tepkinin azaltılması ve hasarın önüne geçilmesidir. Yapıların deprem talebinin karşılanması ve üstyapıda hasar oluşmadan enerjinin sönmülmesinde deprem yalıtımı sistemleri kullanılmaktadır.

Klasik yapı tasarımının temel felsefesi içindeki canlıların “can güvenliği” ni sağlamaktır. Bir başka deyişle yapıda belirli bir oranda hasara bilerek izin verilir Yapıların deprem tasarımında dünya genelinde ki yönetmeliklerde olduğu gibi ülkemizde 2018 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Yönetmeliği 2018’de de hasar beklentisi;

- Sık gerçekleşen depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda hasar olmaması,
- Daha az sık gerçekleşen depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda sınırlı ve onarılabilen hasar,
- Seyrek gerçekleşen depremlerde ise yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda kalıcı olmayan hasar ve can güvenliğinin sağlanmasıdır.

Gelişen teknoloji ile yapıların deprem sonrasında da kullanımın devam etmesi ve ekonomik kaygılar yapıların sadece içindekilerinin can güvenliğinin sağlanması yeterli bir tasarım felsefesi olmaktan çıkmıştır. Bu durumda başvurulması gereken tasarım yaklaşımı performans dayalı yapı tasarımıdır. Söz konusu tasarım felsefesinde deprem etkisi altında yapının daha önceden belirlenmiş bir davranış yerine bir deprem etkisi

altında belirli bir davranış için gerekli tasarımların yapılmasıdır. Burada hedeflenen davranışa göre taşıyıcı elemanların yanında taşıyıcı olmayan elemanlarında davranışları için belirli tasarım yaklaşımı yapılır. Bu yaklaşım ile sadece taşıyıcı eleman hasarından değil taşıyıcı olmayan elemanların hasarından da dolayı oluşacak olan can ve mal kayıplarının da önüne geçilebilir.

Ülkemizde olduğu gibi dünyada da gerçekleşen depremler sonrası taşıyıcı ve taşıyıcı olmayan elemanlarda oluşan hasarlar büyük ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Özellikle deprem sonrası kullanılması zorunlu olan ve işlevlerinin sürdürülebilmesi gerekli olan yapıların (köprüler, hastaneler, okullar, santraller vb.) bu işlevlerini sürdürememeleri deprem sonrası hem can hem mal kaybının daha da artmasını sebep olmaktadır.

Günümüzde depreme dayanıklı yapı oluşturmak için uygulama alanı bulmuş farklı yöntemleri bulunmaktadır. Deprem enerjisinin yapılarda tüketilmesi için kullanılan bu yöntemlerden bazıları aşağıda verilmiştir:

- Yapıya etkiyecek deprem enerjisinin yapı taban izolatör sistemleriyle tüketilmesi.
- Yapıya etkiyecek deprem enerjisinin üst yapıya yerleştirilen enerji sönümleyicilerle tüketilmesi.
- Yapıya etkiyecek deprem enerjisinin üst yapıya yerleştirilen ayarlanmış kütle sönümleyicilerle tüketilmesi.
- Yapıya etkiyecek deprem enerjisinin klasik yapım yöntemleri ile yapıya aktarılması ve yapı içinde oluşturulacak kontrollü kırış-kolon kırılma mekanizmaları ile tüketilmesi.

Yukarıda sayılan ilk üç yöntem, yüksek teknoloji gerektiren tasarım yöntemleridir. Bu yöntemler günümüzde oldukça maliyetli ve her tür yapıya uygulanması zor olan sistemlerdir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında mühendisin yapması gereken, depremin yüksek yerdeğiştirme talebine karşılık yapıda oluşacak kat ivmelerini ve görel kat ötelenmelerini en aza indirmektir. Büyük görel kat ötelenmeleri taşıyıcı olan ve olmayan elemanlarda büyük hasara sebep olur. Görel kat ötelenmesi yapının rijitleştirilmesi ile azaltılabilir, fakat bu da oluşan depremin yapıda oluşturacağı kat ivmelerini artırır. Kat ivmelerini

artması bilhassa yapıda taşıyıcı olmayan ama ekonomik değeri olan ekip-ekipmanlara büyük zarar verir. Kat ivmesi yapının sünekleştirilmesi ile azaltılabilir, ancak bu seferde sorun olarak karşımıza göreceli kat ötelenmeleri çıkar. Hem göreceli kat ötelenmeleri hem de kat ivmesinin aynı anda azaltılmasının en etkin yolu deprem yalıtımıdır (Naeim & Kelly, 1999).

Son yıllarda dünyada ve ülkemizde artan yüksek maliyetli yapılar beraberinde “Bu yapıların deprem güvenliği nedir?”, “Gerçekleşecek büyük depremden sonra yapılarda oluşması muhtemel hasar kabul edilebilir boyutta mı?”, “Hasar en aza nasıl indirilebilir mi?” ve “Çözümün maliyeti nedir?” gibi soruları getirmiştir. Bu soruların en etkin ve verimli çözümü deprem yalıtımıdır. Deprem yalıtım, son 25 yılda uygulama sayısı başta sağlık yapılarında olmak üzere ülkemizde de giderek artan ve deprem riski yüksek yerlerde deprem talebine yapının vereceği tepkinin azaltılması ve hasarın önüne geçilmesi için geliştirilmiş bir deprem mühendisliği uygulamasıdır.

Deprem yalıtımı kavramı, yapıyı depremin şiddetinin yatay etkisinden, yapıyla zemin arasına yatayda düşük rijitliğe fakat düşeyde yüksek rijitliğe sahip yapısal elemanlar kullanarak yapı-zemin ilişkisinin kesilmesi prensibine dayanır. Bu sayede doğal titreşim birinci modunda oluşan şekil değiştirmeler izolatörler üzerinde kalmaktadır. Diğer titreşim modları birinci moda ve yer hareketine ortogonal olmaları nedeniyle sismik enerji üst yapıya iletilmez ve üst yapı hemen hemen rijit bir davranış sergiler (Sansarcı, 2002)

1981 yılından itibaren tüm dünyada kullanımı artışa geçen deprem yalıtımı ülkemizde 1999 Marmara depreminden sonra önem kazanmıştır. Başlangıçta otoyol viyadüklerinin güçlendirmelerinde kullanılmıştır. Sağlık Bakanlığı, 2013/3 genelgesi (Deprem Yalıtımlı Olarak İnşa Edilen Yapılara Ait Proje ve Yapım İşlerinde Uygulanması Gereken Asgari Standartlar) 100 yataklı ve üzerinde olan hastane yapılarının deprem yalıtımlı olarak projelendirilmesi zorunluluğu getirmiştir. Hastanelerin deprem yalıtımlı olarak yapılmasının zorunlu hale getirilmesiyle ülkemizde kullanımı artmıştır. Ülkemizde yalıtımlı yapıların projelendirilmesinde uyulması gereken kurallar ve tasarım kriterleri ilk defa 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren TBDY-2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) yönetmeliği Bölüm-14 (Deprem etkisi altında yalıtımlı bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için özel kurallar) ile yönetmeliklerimizde yer bulmuştur.

Çalışmanın Konusu ve Kapsamı

Bu tezde, Toplu Konut İdaresi tarafından uygulaması yapılmış olan ve geleneksel ankastre mesnet olarak tasarlanmış yapı ile deprem yalıtımı kullanılarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e belirlenen esaslara göre tasarlanan yapının hem deprem davranışları belirlenmiş ve yapım maliyetlerinin karşılaştırması yapılmıştır.

Taban yalıtımı kullanılarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e belirlenen esaslara göre tasarlanan yapıların ülkemizde son yıllarda sağlık yapılarında kullanımı artsa da konut tipi yapılarda kullanımı yok denecek kadar azdır. Konut tipi yapılarda uygulama azlığından dolayı yapım maliyetlerinin tam olarak bilinmemektedir. Hem yönetmeliğe yeri giren "Deprem Etkisi Altında Yalıtımlı Bina Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarımı İçin Özel Kurallar" hesap esaslarının anlatımının yapılması hem de yapım maliyetlerinin çıkarılarak bir katkı sunulması amaçlanmıştır.

Bu tez 7 bölümden oluşmaktadır, bu bölümler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

1. Bölümde, Ülkemizde ve dünyada deprem yalıtımı ile ilgili yapılmış olan çalışmalar ele alınmıştır.
2. Bölümde, deprem yalıtımı kavramının genel bilgileri anlatılmış, katkıları, zorlukları ve dezavantajlarından bahsedilmiş, daha sonra deprem yalıtımı metodunun tarihinden bahsedilerek Türkiye'deki gelişimi anlatılmıştır. Son olarak, deprem yalıtımının en çok kullanılan iki çeşidi olan Elastomer Esaslı Sismik Yalıtım Sistemleri ve Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimlerinin genel tasarım ilkeleri ve açıklamalarından bahsedilmiştir.
3. Bölümde, Sismik Yalıtım ile İlgili Tasarım Parametreleri ve TBDY 2018 kurallarından bahsedilmiştir. Genel olarak yalıtım birimlerinin özellikleri, performans hedefleri, elastomer ve eğri yüzeyli sürtünmeli yalıtım birimlerinin ve tasarım parametreleri, hesap yönteminin seçimlerinden bahsedilmiştir. Deprem Kayıtlarının seçimi ve ölçeklendirme Kurallarının açıklanmasından sonra doğrusal olmayan hesap için taşıyıcı sistem modellemesinde kullanılacak kurallar açıklandıktan sonra tez kapsamında tasarımı yapılacak yapıda kullanılacak olan eğri yüzeyli sürtünmeli yalıtım biriminin tasarımı kuralları anlatılmış ve Deprem yalıtımlı yapıların hareket denkleminin detayları anlatılmıştır.

4. Bölümde, teze konu olan ve taşıyıcı sistemi yeniden düzenlenerek deprem yalıtımlı olarak tasarlanan yapının özellikleri ve modellenmesi anlatılmıştır. Analiz için kullanılan hedef spektrumların elde edilmiş ve deprem yalıtımlı olarak yeniden tasarlanan yapının zaman tanım alanından analizi için kullanılan 11 farklı deprem kaydının ölçeklendirilmesi yapılmıştır.
5. Bölümde, sayısal hesaplamalar ve maliyet analizleri anlatılmıştır. Hali hazırda yapımı tamamlanmış olan ankastre mesnetli binanın ve deprem yalıtımlı olarak yeniden tasarlanan yapının tasarımı, analizi ve maliyet analizi yapılmıştır.
6. Bölümde, her iki yapının da deprem davranışları ve maliyet analizleri karşılaştırılmıştır.
7. Bölümde, her iki yapının 6. Bölümde karşılaştırılan deprem davranışları ve maliyet analizleri göz önünde bulundurularak bir değerlendirme yapılmıştır.

BÖLÜM 1: KONU İLE İLGİLİ ÖNCE DEN YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Çalışmada yapıların aktif kontrol sistemleri altında davranışları incelenmiştir. Hem yapay olarak üretilmiş hem de gerçek deprem kayıtları kullanılarak nonlineer yapılar için geliştirilen algoritmaların kullanılarak aktif kontrol altında davranışları incelenmiştir. (Aldemir, 1994)

Çalışmada; zemin hâkim periyotlarının düşük olduğu bölgelerde yapı periyodu düşük olan tasarımların yapılması durumunda, alçak ve orta yükseklikteki yapıların depreme dayanıklı olarak tasarımında problem yaşandığını belirtmiştir. Bu sorunun giderilmesi için binaların esnekleştirilmesi gerektiği ancak esnek binalarda görece ötelenmeleri arttırdığı ve yapısal olmayan elemanların hasar görmesinden dolayı, yapısal olmayan elemanlarda kat ivmelenme değerlerini düşüren en etkin sistemin sismik izolatör kullanımının olduğunu belirtip Amerika’da hem yeni binalarda hem de tarihi yapıların güçlendirilmesinde bu sistemlerin kullanıldığını bazı örneklerle açıklamıştır. (Kelly, 1998)

Çalışmasında; sismik izolatör kullanarak yapıların periyotlarını büyütürken deprem davranışını incelemiştir. Sismik taban izolasyonlu sistemlerin etkilerini göstermek amacıyla iki katlı örnek bir bina önceden ankastre temelli sonradan sismik taban izolasyonlu olarak ele alınmış, statik eşdeğer deprem yükleri ve seçilen zaman tanım alanında deprem kayıtlarıyla davranış analizlerini yapılmıştır. Sismik izolasyon mesnetli yapının ankastre mesnetli yapıya göre daha iyi deprem performansı gösterdiğini örnekleriyle göstermişlerdir. (Tezcan & Cimilli, 2002)

Çalışmasında; seçilen ivme kayıtlarından yararlanılarak dinamik analizler yapılmıştır. Sismik izolatörlü yapı davranışını göstermek amacıyla seçilen yapının hem ankastre temelli hem de izolasyonlu olarak ayrı ayrı modellenmiş ve izolatörlerin yapı davranışına etkisi araştırılmıştır. Analizler sonucunda sismik izolasyonun yapı üzerindeki olumlu ve olumsuz etkileri karşılaştırmalı olarak açıklanmaktadır. (Yücesoy, 2005)

Çalışmasında; betonarme köprülerde sismik izolatörlerin etkileri incelenmiş ve SAP2000 yapı analiz programında bir köprü tasarımı yapılarak sismik izolasyon etkileri araştırılmıştır. (Mum, 2006)

Çalışmasında; sismik izolasyon sistemlerden biri olan sürtünmeli sarkaç mesnetleri konu almıştır. Yapıların güçlendirilmesinde klasik yöntemle güçlendirme ile yapıların sismik izolasyon kullanılarak güçlendirilmesi arasında çeşitli açılardan karşılaştırmalar yapılarak bazı sonuçlara ulaşmışlardır. (Ayhan, 2006)

Çalışmasında; sismik izolasyon sistemlerinden kauçuk esaslı ve kayıcı sistemler olarak açıklamalarda bulunmuştur. Sismik izolasyon sistemlerinin teorik esaslarını, mekanik karakteristiklerini ve modellenmesini açıklamıştır. Taban yalıtımlı ve ankastre olarak iki yapı modelini ele alarak Sta4Cad bilgisayar programı ile çözümlemeler gerçekleştirmiş ve maliyetlerini karşılaştırmıştır. (Tolay, 2006)

Çalışmasında; farklı deprem etkilerinde, lineer ve lineer olmayan yalıtım sistemlerine sahip yapılarda katlara gelen kat ivmelerinin nasıl dağıldığını ve yalıtım sisteminin sönüm oranındaki artışın kat ivmelerini nasıl değiştirdiğini incelemiştir. (Şahin, 2008)

Çalışmasında deprem yalıtım birimlerinin çalışma performansı, yalıtım tip çeşitleri ve deprem yalıtımlı yapılar incelenerek deprem yalıtımının deprem davranışını açıklamaya çalışmıştır. Konya Selçuk Üniversitesi Ar-Ge binası deprem yalıtımlı olarak analiz edilmiştir. Farklı deprem bölgelerinin deprem yalıtımlı yapılarda ve ankastre mesnetli yapılarda deprem performansında değişiklik gösterdiğini ortaya koymuştur. (Demir, 2008)

Çalışmasında; 5 katlı olan Erzurum Devlet Araştırma Hastanesi'ni ilk olarak geleneksel yöntemle yani ankastre mesnetli şekilde, daha sonrada deprem yalıtımı kullanarak modellemiş ve yapılan analizler sonucu deprem yalıtımının avantajları, dezavantajları, kat ötelenmeleri, momentleri, taban kesme kuvvetleri ve yapı periyotları karşılaştırılmıştır. (Şengel, Erol, & Yavuz, 2009)

Çalışmalarında; zayıf zemin üzerinde tasarlanan ankastre mesnetli ve deprem yalıtımlı iki yapının seçilen deprem kaydına göre deprem davranış sonuçlarını karşılaştırmıştır. Deprem yalıtımlı yapının deprem etkisinde daha iyi davranış gösterdiğini belirtmişlerdir. (Karabörk, Deneme, & Bilgehan, 2010)

Çalışmasında; yapılarda deprem yalıtımının genel esaslarından bahsettikten sonra yapı performansını etkileyen durumlar açıklanmıştır. Daha sonra verilen genel bilgiler ışığı altında uluslararası nitelikli ABD, AB ve Japonya yönetmelikleri karşılaştırılarak

Ülkemizdeki uygulamalardan Tarabya Otelini güçlendirmesi ve Erzurum Devlet Hastanesi incelenmiştir. (Erdik, 2007)

alışmasında; taşıyıcı sistem düzensizliği içeren binalarda sismik taban izolasyonu yapılmasının mimarı tasarıma etkileri araştırılmış ve bu araştırma için 2007 Deprem Yönetmeliğine göre tasarlanan L şeklinde kalıp planına sahip 7 katlı bir yapının ankastre mesnetli ve deprem yalıtımlı olarak analizi edilen ve sonucu elde edilen performans karşılaştırmalarına yer verilmiştir. (Soyluk & Tuna, 2011)

alışmasında; bir hastane yapısının klasik yöntemle ve UBC 97'ye kurallarına göre deprem yalıtımlı olarak tasarlanmış yapının dinamik yönden karşılaştırılması yapılmış ve sonuçlar paylaşılmıştır. (Güner, 2012)

alışmasında; burulma düzensizliği ve deprem yükleri etkisi altında bulunan yapının deprem yalıtımı kullanılarak düzensizlik durumunun giderilmesini hedeflemiştir. Üst yapı sünekliğinin etkisini de incelemek için 3, 5 ve 10 katlı yapılarda burulmanın olmadığı ve %5, %10, %20 olduğu modeller üretilmiştir. Yüksek sönümlü ve kurşun çekirdekli kauçuk mesnet olmak üzere iki tür izolatrle ayrı ayrı analiz ederek göreli kat ötelenmesi, kesme kuvvetleri ve moment değerlerini karşılaştırmıştır. Deprem yalıtımı kullanılan yapılarda burulma düzensizliğinin yapılara getirdiği yıkıcı etkisinin azaldığı sonucuna varmıştır. (Toprak, 2012)

alışmasında; hastane binasının deprem yalıtımı kullanılarak tasarımı üzerinde çalışılmıştır. Söz konusu yapının ankastre mesnetli ve deprem yalıtımlı olarak tasarımı yapılmış ve sonuçları karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. (Doğru, 2014)

alışmasında; deprem yalıtımının mimari tasarıma olan etkisi incelenmiştir. Çalışma kapsamında Türkiye'de deprem yalıtımı uygulaması yapılan 11 adet yapı incelenmiş ve mimari tasarım açısı da dikkate alınarak yalıtım birimlerinden beklenen performans hedefleri belirlenmiştir. (Kök, 2014)

alışmasında; sürtünmeli deprem yalıtım birimlerinin fiziksel ve dayanıklılık gibi özellikleriyle çeşitli yapı türlerinde hem yapım aşamasında hem de güçlendirme yöntemleri için kullanılabilecek bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Sürtünmeli sarkaç kullanarak deprem yalıtımı uygulanmış bir yapının deprem güvenliği değerlendirmiş ve

yapılarda deprem yalıtımı uygulanmasının uygun olduğunu belirtmiştir. (Castaldo, Palazzo, & Vecchia, 2015)

Çalışmasında; deprem yalıtım türleri ve kullanımlarına ilişkin özellikler incelenmiştir. Deprem yalıtım birimi türlerinden sürtünmeli sarkaç izolatör türü daha detaylı incelenmiş olup farklı kat adetlerine sahip hastane binalarına uygulanması durumunda oluşam deprem davranışı karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. (Karakurt, 2015)

Çalışmasında, deprem etkisinde yapı davranışı ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkelerinden bahsedilmiştir. Daha Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik (2007)'deki sünek tasarım ilkelerine göre tabanı ankastre mesnetli ve sismik izolatörlü iki binanın deprem davranışlarının belirlenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. (Sevim, 2016)

Çalışmalarında tarafından 2018 yılında yapılan çalışmada; günümüzde ülkemizde de yaygın olarak kullanılan sürtünmeli sarkaç izolatörlerin gelişiminin günümüze kadar olan serüvenini ele almışlardır. Klasik sürtünmeli sarkaç izolatörler, çift eğrilikli sarkaç izolatörler, üç eğrilikli sarkaç izolatörlerde kullanılan düşük sürtünmeli malzemeler, ısınma etkileri, bağlantı basınçları ve hızları geçmişteki çalışmalar, günümüzün nümerik ve deneysel çalışmalarının ışığında ele alınmıştır. Avrupa'da yapılmış iki çalışma (Bolu viyadüğü ve Complessi Antisismici Sostenibili Ecocompatibili projesi) ele alınmıştır. Aynı zamanda izolatörlerde kalkmayı önlemek için geliştirilen sürtünmeli sarkaç sistemlerin şimdiye kadar tam olarak çözüm getirilemeyen yüksek düşey ivmelerin tepkisi, izolatör kalkması durumu (çekme alması) ve kalıcı yerdeğiştirme konuları ele alınmıştır. Son olarak yenilikçi bir izolatör türü olan ve oluşabilecek çekme gerilmelerine karşı koyabilecek tasarıma sahip olan XF-FP izolatörlerine değinilmiştir. (Calvi & Calvi, 2018)

Çalışmasında, 2007 Deprem Yönetmeliğinde tanımlanan; düzensizlik durumlarının tümünü içeren düzensiz bir betonarme yapı üç şekilde modellenmiştir. Ankastre tabanlı, kurşun kauçuk mesnetli ve yüksek sönümleyici kauçuk mesnetli model olarak tasarlanan yapının periyot ve deprem davranışları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. İkinci olarak, tarihi yığma binalar da sismik izolasyon uygulaması da incelemiştir. Mimar Sinan'ın çıraklık eseri olarak bilinen Şehzade Mehmet Camisinin ankastre mesnetli, kurşun kauçuk

mesnetli ve yüksek sönümleyici kauçuk mesnetli üç modelinin dinamik davranışları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. (Soyluk, 2010)

Çalışmalarında, 1. Derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilen 6 katlı bir yapının, sabit mesnetli ve deprem yalıtımlı olarak ayrı ayrı analizleri yapılmış ve toplam yapım maliyetlerini çıkarmışlardır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur. (Pekgökgöz, Gürel, Kömür, & Çılı, 2007)



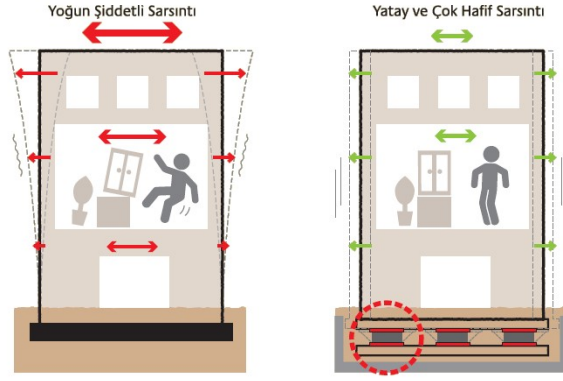
BÖLÜM 2: DEPREM YALITIM SİSTEMLERİ

2.1. Deprem Yalıtımı Kavramı

Ülkemizde ve dünyada her yerinde yıkıcı depremler meydana gelmektedir. Bu depremler nedeniyle başta insanlar olmak üzere birçok canlı zarar görmüş veya yaşamını yitirmiş, çok sayıda bina hasar görmüş ve insanlığın yıllar boyu biriktirdiği maddi manevi birikimleri çok büyük miktarda zarar görmüştür. Bu duruma mühendislik tarihinde sürekli çözümler aranmış ve çalışmalar yapılmıştır.

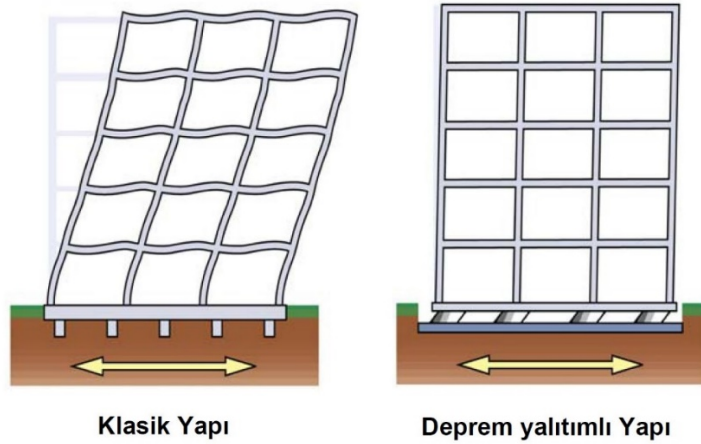
Deprem nedeniyle yapıda oluşan enerji ya ısı enerjisine dönüşerek kaybolur ya da potansiyel ve kinetik enerjiye dönüşür. Deprem yalıtım sistemleri gibi yapıya eklenen sistemler ile birlikte deprem nedeniyle oluşan enerjinin yapıya olan etkisi önemli ölçüde azaltılarak yapının depremden hasarsız çıkması sağlanır. Bu yöntem ile yapının deprem etkisiyle yapacağı hareket, yapıdaki yalıtım birimleri tarafından yapıldığı için oluşacak enerji sönmülenir ve yapıda ki oluşacak olan taban kesme kuvveti ve kat ivmelerini sınırlandırır. Yalıtım biriminde oluşan yer değiştirmeyi de yalıtım birimin kendi sönmü sınırlandırır. Böylece yapı neredeyse lineer bir davranış gösterir.

Deprem yalıtım metodu, yapıların depremden sonra ayakta kalabilmesi için keşfedilmiş bir yöntemdir. Sistemin hedefi deprem esnasından yapıya etkiyen dinamik yüklerin azaltılmasıdır. Sismik izolasyon, yapının depreme karşı dayanımını artırmak yerine depremden dolayı etkiyecek yüklerin azaltılmasını esas alan bir depreme dayanıklı yapı tasarımı anlayışıdır. Sismik yalıtım anlayışında, yapının yer hareketinden oluşacak yatay yükün 5-6 kat daha az bir yanal yükü taşıyabileceği öngörülür. Şiddetli sayılan bir depremde ise yapının depreme karşı direnç gösterebilmesi ve göçmemesi sağlanır (Yücesoy, 2005)



Şekil 2. 1: Ankastr Mesnətli Yapı İle Deprem Yalıtımlı Yapının Deprem Yükləri Altında Davranışı.

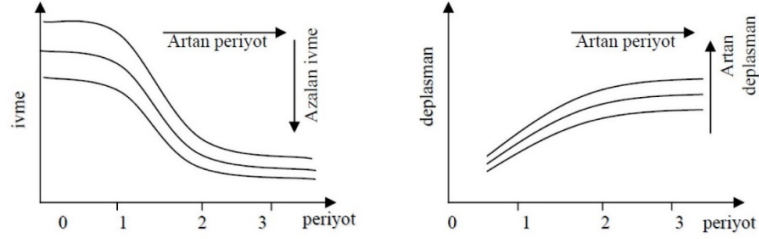
Sismik izolasyon metodunda; genelde yapı ile temeli arasında yerleştirilen, düşey rijitliği çok yüksek, ancak yanıl rijitliği yer değıştirme yapabilmesi için düşük malzemeler ile yapı ve zemin arasındaki etkileşim sınırlandırılmaktadır. Yapı temeli haricinde yapının farklı bölgelerinde (katlar arası, kolon ortası, çatı vb.) montajı yapılabilmektedir. Ancak büyük kısmı yapının temel seviyesinde uygulandığından “taban izolasyonu” adı da verilmektedir (Naeim & Kelly, 1999). Aşağıdaki şekilde ankastr mesnətli klasik yapı ve deprem yalıtımı uygulanmış yapılar şema olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. 2: Ankastr Mesnətli Yapı Ve Sismik İzolasyon Uygulanmış Yapı

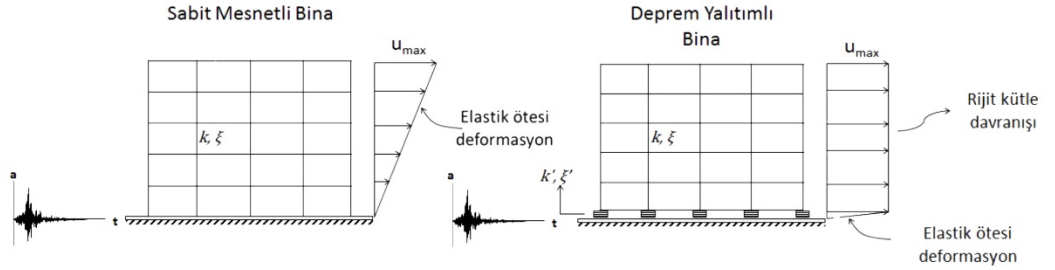
Deprem hareketi sırasında yapının titreşim periyodu ile zeminin hakim periyodunun aynı ya da yaklaşık olduğu hallerde deprem nedeniyle oluşan yükler birkaç kat artabildiğinden dolayı uzun periyoda sahip yapılar kısa periyoda sahip zeminlere, kısa periyoda sahip yapılar ise uzun hakim periyoda sahip zeminlere inşa edilerek oluşacak bu rezonans durumundan kaçınılmaya çalışılmaktadır (Şengel, Erol, & Yavuz, 2009). Deprem yalıtım

elemanları yalıtım katında yaptıkları büyük yatay yer değiştirmeler ile zeminden gelen düşük periyotlu titreşimleri, yüksek periyotlu titreşimlere çevirerek yapıya etki eden deprem ivmesini azaltır ve yapıya etkiyen taban kesme kuvveti düşeceği için üst yapıda ki hasarın önüne geçilmiş olur (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3: Artan Periyodun İvme Ve Deplasmana Etkisi

Değişen sönüm oranlarına göre için periyot arttıkça oluşan ivmenin düştüğü, ancak deplasmanın arttığı söylenebilir. Fakat bu elastik ötesi deplasmanın büyük çoğunluğu izolatör katında oluşur ve üst yapı rijit kütle hareketi yapar. Bu rijit kütle hareketinden dolayı, üst yapıdaki görel kat ötelemeleri önemsenmeyecek düzeyde kalır (Şekil 2.4). Zeminden yapıya etkiyen deprem kuvveti izolatör katında sönümleneceği için görel kat ötelemeleri sınırlandırılır ve oluşacak olan hasar minimize edilir.

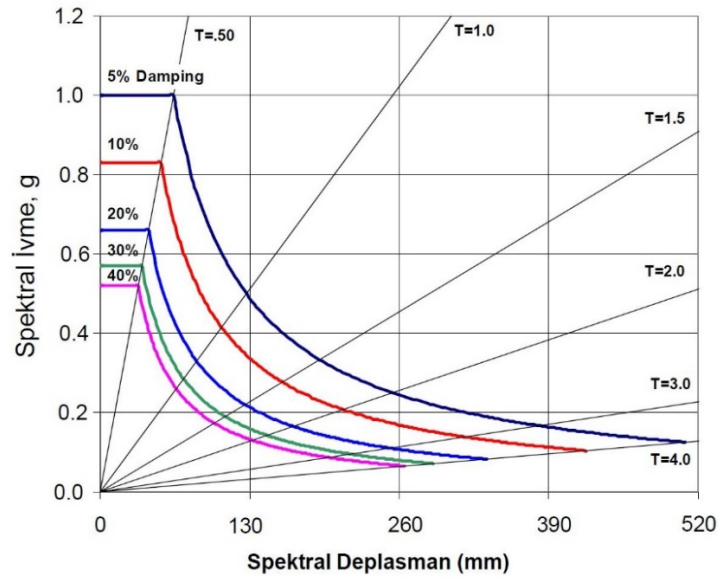


Şekil 2. 4: Klasik Yapı ve Deprem Yalıtımlı Yapının Yer Değiştirmesi

Genellikle depremlerin düşey bileşeninin büyüklüğü, yatay bileşenlerine göre düşük seviyededir. Bu sebepten ötürü, yapıyı depremde yalıtım için kullanılan izolatörlerin, genellikle yüksek düşey rijitliğe sahip olacak biçimde tasarımı yapılır. Bu amaçla tasarlanan yapı yatay yönde tek serbestlik dereceli sarkaç gibi davrandığı düşünülebilir. İyi bir tasarım ile belli bir kütlesi olan taban izolasyonlu bir yapı, zeminin hakim frekansından uzak bir titreşim frekansına sahip olacak özellikte tasarımı yapılabilir (Yücesoy, 2005)

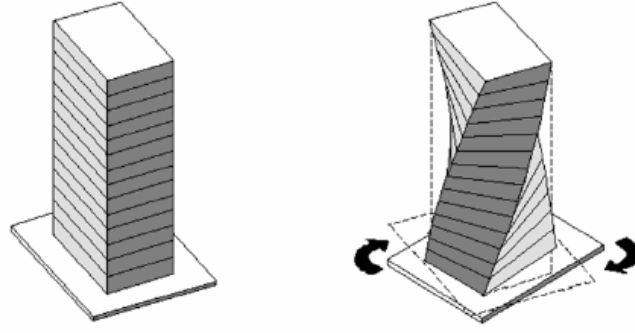
2.2. Deprem Yalıtımı Uygulamasının Avantajları

Deprem yalıtımı uygulaması deprem kuvvetine bağlı olarak oluşacak olan kat ivmeleri ve görelî kat yer değıştirmeleri problemini aynı anda çözüm bulur. Uygulandığı yapının rijitliğinin azalmasıyla periyodunu uzatarak üst yapıya daha az deprem yükü etki etmesi sağlanır (Şekil 2.5). Azalan kat ivmelerinin etkisiyle yapısal elemanların korunmasının yanında yapısal olmayan yapı elemanlarının hasarlarından kaynaklanacak mal ve can kayıplarının da önüne geçilmiş olur. Yapıda oluşması muhtemel elastik ötesi yer değıştirmelerin yalıtım katında gerçekleşmesiyle üst yapı rijit kütle hareketi yapar ve görelî kat ötelemeleri sınırlandırılmış olur. Yapıda elastik ötesi davranışlara çoğunlukla görelî kat ötelemeleri neden olduğundan sismik izolasyon kullanımıyla yapının hasar alması önlenmiş veya sınırlandırılmış olur.



Şekil 2. 5: Deprem Yalıtımlı Yapılarda Sönüm&İvme&Deplasman İlişkisi

Doğru tasarlanmış bir izolasyon sistemi ile üst yapının dış merkezliğinden dolayı oluşabilen burulma halinden de kaçınılabilmektedir. İzolasyon sistemi ile üst yapının rijitlik sistemi çakıştırılarak burulma etkileri yapıdan izole edilebilir. (Hoşbaş, 2006)

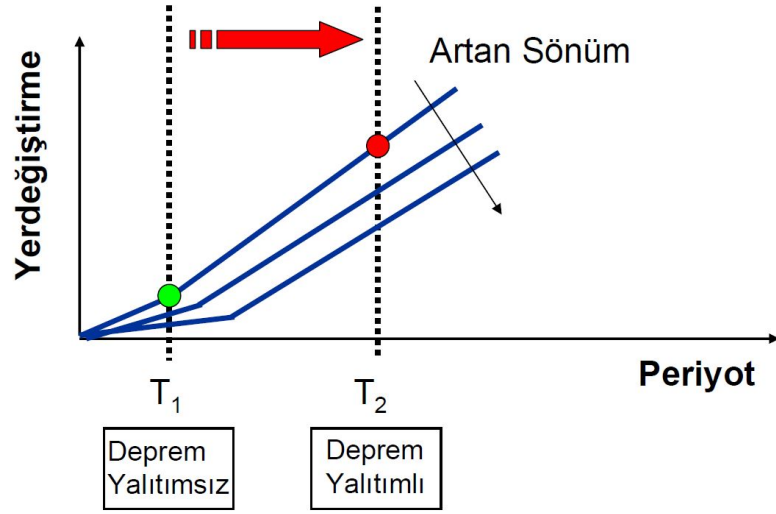


Şekil 2. 6: Yapılarda Burulma Halinin Etkisi (Hoşbaş, 2006:8)

Sismik izolasyonun bilinen diğer kazanımı ise enerji dağıtım olayıyla ilgilidir. Geleneksel depreme dayanıklı yapı tasarımında enerji dağılım işleyişi yapı içinde dağılmış alanlardaki plastik mafsalları ile oluşmaktadır. Sismik yalıtım sisteminde ise enerji dağılım işleyişinin büyük çoğunluğu izolasyon seviyesinde gerçekleşir, böylece tersinir yükler etkisindeki birçok plastik çevrimlere karşı koyabilmesi için basit bir tasarım yapılabilir ve sönüm işleyişinin uygunluğunun gözlemlenebilmesi sağlanabilir. Dikkat çekilmesi gereken önemli nokta, yapı sisteminin enerji dağıtım işleyişinin gerekli görüldüğü takdirde kolaylıkla değiştirilebilmesine olanak sağlamasıdır. Sismik izolasyon uygulanmış bir yapının sönümleme işleyişi üst yapının sünekliğine dayalı olmadığı ve yalıtım sisteminin enerji dağılım işleyişine dayalı olduğu için üst yapının süneklik gereksiniminden tamamen olmasa da kısmen vazgeçilebilir (Komodromos, 2000).

Sismik izolasyon genellikle temel seviyesinde yoğunlaştığından geçmişte deprem yıkıcı gücü hesap edilmeden yapılmış tarihi yapılarda, yapının mimari dokusuna diğer güçlendirme yöntemlerinden çok daha az etki ettiğinden dolayı birçok uygulamada kullanılabilir. Deprem yalıtımı diğer güçlendirme metotlarında olduğu gibi üst yapıda büyük değişiklikler yapmadan katlara etkiyen deprem yükleri azaltılabildiğinden tarihi yapılarda kullanımı oldukça önem arz etmektedir. (Murat, 2007:25).

Sismik izolasyon yönteminin bir diğer avantajı ise konvansiyonel tasarımlı betonarme yapılarda sönüm oranı %5 iken deprem yalıtımlı yapılarda sönüm oranı %40'a kadar çıkmaktadır (Şekil 2.7) Periyodun artışı ile yer değiştirme talebi artarken sönümün yani enerji tüketme kapasitesinin artışıyla da yer değiştirme talebi sınırlandırılır.



Şekil 2. 7: Deprem Yalıtımlı Yapılarda Sönümün Etkisi

2.3. Deprem Yalıtımı Uygulamasının Zorlukları ve Dezavantajları

Deprem yalıtımlı yapılarda ortaya çıkan temel problemlerden biri, yapının ekonomik ömrü boyunca sağlanması gereken yalıtım katı ile üst yapı arasındaki büyük göreceli yer değiştirmedir. Bu yer değiştirme enerji sönümleme sistemleri kullanılarak azaltılabilir. Birçok enerji sönümleme sistemi var olmasından ziyade kurşun veya çelik gibi metallerin plastik deformasyon yapmasına dayalı sistemler daha çok uygulanmaktadır. Aynı zamanda kullanılan kauçuğun sönümleme özelliğinin artımına bağlı olarak kullanılan sönüm mekanizmaları da bulunmaktadır. Sismik izolasyon uygulanmasındaki diğer bir zorluk, izolatörlerin havaya kalkması ihtimalidir. Büyük yer hareketleri esnasında, büyük yanal kuvvetler ve oluşturduğu momentlerin etkisiyle eksenel kuvvetlerin yer çekimi kuvvetlerinden büyük değerler alabilmesi muhtemeldir. Bu durumda izolatörlere tasarımda göz önünde bulundurulmayan çekme kuvvetleri etkiyebilir ve izolatörün gerçekleştirmesi beklenen performansı düşebilir. Montaj ayrıntıları ve yapı planına uygun yerleşimleri ile izolatörlerin kalkması engellenebilir. Yapı yüksekliği arttıkça izolatörün havaya kalkma ihtimali artar. Ayrıca yükseklik/genişlik oranının artmasıyla artan devrilme momentleri izolatör kalkması ihtimalini artıran bir durumdur. Bu nedenden

dolayı yüksek yapılarda izolatör uygulaması yapmak zor bir durumdur (Hoşbaş, 2006:10).

Deprem yalıtımının periyodu rezonans riski taşıyan esnek yapılar için uygulanması uygun değildir. Çünkü deprem yalıtımının temel amaçlarından biri oluşabilecek rezonansa engellemektir. Bu duruma ek olarak, yüksek yapıların tasarımında en önemli etkiler rüzgâr yüklerine deprem yüklerinden ziyade rüzgâr yükleridir. Bu sebeple rüzgâr yüklerini engellemek için sismik izolasyonun etkisi yoktur. Yüksek binalar için bu durumlarda enerji sönümlemek için aktif veya pasif farklı sistemleri beraber kullanılması gerekmektedir (Hoşbaş, 2006:11).

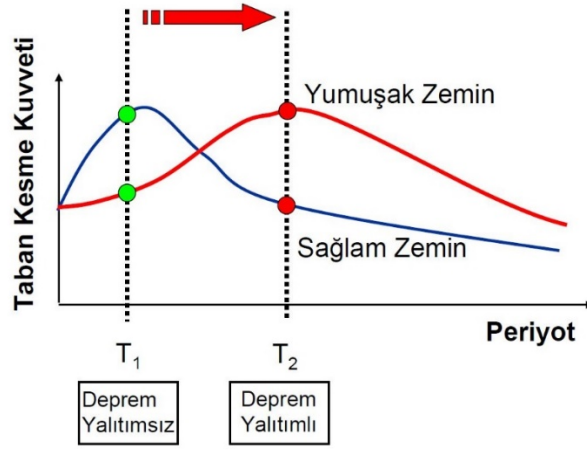
Deprem yalıtımının maliyeti yaklaşık olarak hesaplanırsa, yalıtım bodrum kat tavanında uygulanacaksa altında kalan yapı elemanlarının yalıtım sisteminin tasarım deplasmanını karşılayacak genişlikte olması hem de yalıtım sistemiyle birlikte gelen tüm deprem kuvvetini karşılayacağı düşünülürse çok büyük kesitlerin çıkacağı aşıkardır. Deprem yalıtımı temel üstünde uygulanacaksa, yalıtım sistemin üstünde kalacak üst yapının rijit kütle hareketi yapabilmesi için bir yalıtım katına ihtiyaç duyulması da dikkate alınmalıdır. Temel kazısı normalden daha derin olmalı ve deprem yalıtımı uygulanacak yapıda perde kullanımının yalıtım elemanlarında çekme kuvveti oluşturacağından tüm temel çevresinin istinat duvarıyla çevrenmesi gerekmektedir. Bu da yapıya ek bir maliyet getirmekte ayrıca izolatör yerleşimi için temel kirişleri ve bağlantılarının yapılması da ayrı bir maliyettir.

Asansör veya merdiven tertibatlarının, yatay hareketi engellemeyecek şekilde düzenlenmesi, servis bağlantılarının esnek birleşimlerinin oluşturulması ve yalıtım seviyesinde yer değiştirme mesafesinin ayarlanması mevcut yapılardan farklı olarak, deprem yalıtımlı yapılarda sağlanması gereken en önemli konulardandır. Ayrıca elektrik, doğalgaz, temiz su ve pissu hatlarının da yer değiştirme sırasında hasar almayacak ve servis vermeye devam edecek şekilde imal edilmesi gerekmektedir. Bütün bu sistemlerin imalat hesapları da maliyete dâhil edilmeli ve deprem yalıtım maliyeti de ilave edilerek yapı maliyeti hesaplanmalıdır.

Deprem yalıtımı için en uygun yapılar yapı periyodu 1 sn civarında olan yapılardır. Bu ifade; binalar için on kattan fazla olmayan, rijit çelik çerçeveli yapılar için beş kattan fazla olmayanlar için geçerli olmaktadır. İzolasyon sistemleri yapının periyodunu 1,5-3,5 sn

civarına ötelemektedirler. Eğer yapı periyodu halihazırda bu aralığın içinde ise sismik izolasyon yöntemi bu yapıda beklenen etkiyi göstermeyecektir (Güner, 2012:6)

Deprem yalıtımı en verimli olarak kaya ve sert zeminlerde uygulanabilmektedir. Yumuşak zeminler zemin hareketinin etkisinin büyüyerek rezonansa benzer büyük yer değiştirmelere ve daha büyük taban kesme kuvvetlerine neden olabilir Şekil 2.8 ‘te zemin koşullarının deprem yalıtımlı yapılara etkisi gösterilmiştir.



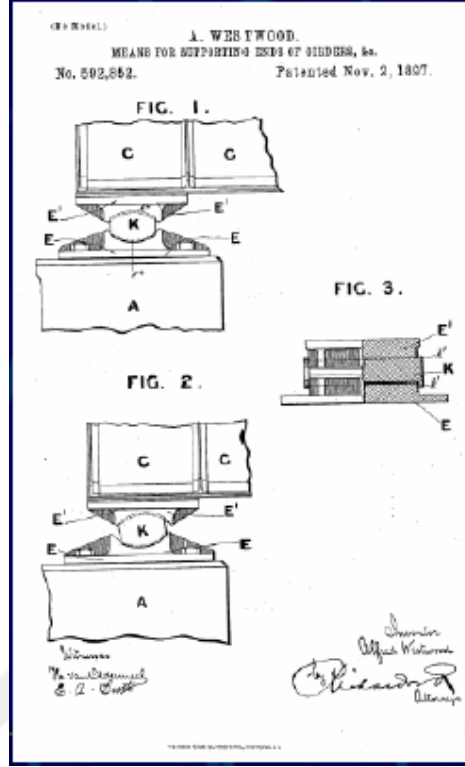
Şekil 2. 8: Zemin Koşullarının Deprem Yalıtımlı Yapıya Etkisi

Deprem yalıtım elemanları deprem anında yalıtım seviyesinde büyük yer değiştirmeler yapmaktadır. Yalıtım elemanlarının yapının ekonomik ömrü boyunca kullanılmak üzere tasarım yerdeğiştirme miktarı kadar bir boşluk bırakılması üst yapı ile yalıtım katı arasında büyük yer değiştirme yapabilme kapasitesi sağlanması çok önemlidir. Bu mesafe belirlenirken bölgenin depremselliğine dikkat edilmelidir. Bundan dolayı deprem yalıtım uygulaması bitişik nizam yapılar için uygun olmamaktadır.

2.4. Deprem Yalıtımı Metodunun Tarihi

J. Touaillon 1870 yılında ABD patent ofisine yaptığı başvurusunda çift konkav yüzeyler arasına oturan kürelerin olduğu bir sismik izolasyon sistemi önermiştir (Dicleli, 2013:7).

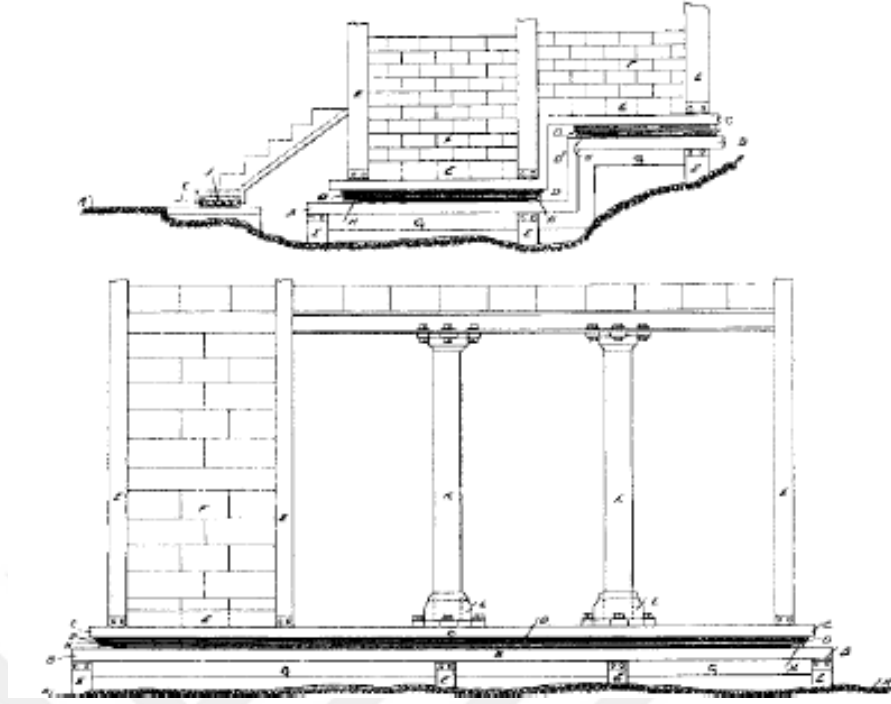
A. Westwood 1897 yılında Şekil 2.9’ da görüldüğü gibi bir blok kayıcının konkav yüzeyler arasında kaymasından oluşan bir sismik izolasyon sistemi önermiştir (Dicleli, 2013:8)



Şekil 2. 9: A. Westwood'un Önerdiği Deprem Yalıtım Sistemi.

Jacob Bechtold (Münih) 1906 yılında ABD patent ofisine yaptığı başvuruda bina altına yerleştirilmiş rijit bir taban plakasının sert kürelerin üzerinde kaydığı sistem önermiştir (Dicleli, 2013:9).

Kuzey İngiltere'nin Scarborough kentinden tıp doktoru olan J. A. Calantarients tarafından 1909 yılında Santiago Şili'deki sismoloji servisi müdürüne mektup yazılmış, geliştirdiği bir inşaat yöntemine dikkat çekmiş ve bu ilkeye dayanarak bina temelinde oluşturulan yalıtımlı serbest birleşim sayesinde depremin şiddetinin kaybedtiğini ve deprem kuşakları üzerinde bulunan büyük ve önemli yapıların kusursuz bir deprem güvencesine kavuşacağını belirtmiş ve patent başvurusunda bulunmuştur. Başvurusunda bu serbest birleşim ile deprem esnasında kayacağı ve dolayısıyla binaya gelecek kuvvetin azalacağı ince kum, mika ve talk kaymanı üzerine oturtulmasını önermiştir (Naeim & Kelly, 1999:46).



Şekil 2. 10: Dr. Calantarients'in Önerdiği Sismik İzolasyon Çalışması (Naeim & Kelly, 1999)

Bir yapıyı depremden korumak için kauçuk yalıtım sisteminin ilk uygulaması 1969 yılında Yugoslavya, Üsküp'teki bir ilkokulda uygulanmıştır. Üç katlı ve betonarme bir yapı olan Pestalozzi okuludur. Günümüzde kullanılan kauçuk yalıtıcılardan farklı olarak yalıtıcılar güçlendirilmemiştir. Bu sebepten dolayı yapının ağırlığı altında yalıtıcılar kenara doğru savrulmuştur. Deprem yükü belli bir eşik değerine geldiğinde kırılmak üzere deprem takozları gibi davranacak cam bloklar olarak tasarlanmıştır. Ancak sistemin düşey ve yatay rijitliği hemen hemen aynı olduğu için yapı deprem sırasında zıplayacak ve iki ucu sırayla yerden kalkmıştır (Naeim & Kelly, 1999:5).



Şekil 2. 11: Pestalozzi Okulunda Kullanılan Yalıtıcılar (Naeim & Kelly, 1999).

1970'ten sonra doğal kauçuğa vulkanize edilerek şekil verilmesi ve dayanım elde edilmesi, ince çelik plakalarla birleştirilerek çok tabakalı elastomerik mesnet haline getirilmesiyle sismik izolasyon gerçek yapılarda kullanılmaya başlanmıştır.

William Robinson 1974 yılında Yeni Zelanda'da kurşun çekirdekli izolatörü icat etmiştir (Diceli, 2013:9).

1982 yılında “Malaysian Rubber Producers” Research Association (MRPRA)” tarafından yüksek sönümlü kauçuk izolatörler geliştirilmiştir (Naeim & Kelly, 1999:44).

1985 yılında ABD'deki ilk sismik izolasyon uygulanan bina olan “Foothill Communities Law and Justice Center” ın inşası yapılmıştır. Yapı yaklaşık 15,794 m², 1 bodrum ve 4 normal kat olacak şekilde tasarlanmıştır (Naeim & Kelly, 1999:6).

Victor Zayas 1985 yılında sürtünmeli sarkaç izolatörü icat etmiş; 1987 yılında Zayas V. A., Low S. S., ve Mahin S. A. sürtünmeli sarkaçlarla ilgili deneysel çalışmaları yapmışlardır (Urgu, 2006).

Kelly, Griffith ve Aiken tarafından 1988 yılında elastomerik izolasyon sistemlerinin içine yerleştirilebilen bir yerdeğiştirme denetim aygıtı tasarlamışlardır. Bu cihaz ile birlikte mesnetlerde oluşacak yer değiştirmelerin sınırlandırılması sağlanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar ile birlikte bu kontrol cihazının, yapının mesnetlerinde oluşan kaldırma

kuvvetlerine karşı koyabildiği, yatay yer değiştirmeleri sınırladığı gözlenmiştir (Griffith, Kelly, & Aiken, 1988)

Chopra, 1995 yılında ilk defa bilgisayar programı yazarak sismik izolasyon hesaplarının çok daha kolay yapılabilmesini sağlamıştır (Chopra, 1995).

Kelly, 1999 yılında sismik izolasyon sistemlerinde sönümlemenin etkisini incelemiş ve yerdeğiştirme sınırlandırarak sönümleyici ilave edilen lineer bir modelin teorik temelleri çalışılmıştır (Naeim & Kelly, 1999).

Ryan ve Chopra 2001 yılında asimetrik planlı sismik izolasyonlu binaların analiz edilebilmesi için yaklaşık bir yöntem üzerine çalışmışlardır. Rayleigh-Ritz metodunun doğrudan uygulanması, etkili dışmerkezlilik için basitleştirme kullanılması ve üst yapının rijit olduğu kabulüyle üç farklı yöntem üzerine çalışmışlardır (Ryan & Chopra, 2006).

2.5. Deprem Yalıtımı Metodunun Türkiye’deki Gelişimi

Türkiye’de ilk deprem yalıtımı uygulaması 1993-1998 yılları arasında yapılan Tarsus-Adana Gaziantep (TAG) Otoyolu’daki viyadüklerin bazılarında uygulansa da özellikle Marmara depremi sonrasında uygulama alanları artmıştır. Sağlık Bakanlığı, 2013/3 genelgesi (Deprem Yalıtımlı Olarak İnşa Edilen Yapılara Ait Proje ve Yapım İşlerinde Uygulanması Gereken Asgari Standartlar) 100 yataklı ve üzerinde olan hastane yapılarının deprem yalıtımlı olarak projelendirilmesi zorunluluğu getirmiştir. Hastanelerin deprem yalıtımlı olarak yapılmasının zorunlu hale getirilmesiyle ülkemizde kullanımı artmıştır. Her ne kadar özel amaçlı yapılar da giderek kullanımı artsa da konut tipi yapılarda kullanımı oldukça azdır.

Ülkemizde yalıtımlı yapıların projelendirilmesinde uyulması gereken kurallar ve tasarım kriterleri ilk defa 01.01.2019 tarihinde yürürlüğe giren TBDY-2018 (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği) yönetmeliği Bölüm-14 (Deprem etkisi altında yalıtımlı bina taşıyıcı sistemlerinin tasarımı için özel kurallar) ile yönetmeliklerimizde yer bulmuştur. TBDY-2018 yayımlanana kadar sismik izolasyonla ilgili yapılan tasarım ve tez çalışmalarında Amerikan yönetmeliği UBC 97 (Uniform Building Code) kullanılmaktaydı. Ancak 2006 yılında kurulan Deprem İzolasyon Derneği, birçok üniversiteden katılan öğretim üyelerinden oluşan bir kurul oluşturarak bu alanda çalışmalarda bulunmuşlardır. Tüm bu yetersizliklere rağmen Türkiye’de yeterli

sayılamasa da deprem yalıtımı yöntemi uygulanan yapılar dünyada yer edinebilecek seviyeye yaklaşmıştır. Bu yapılardan bazıları;

- Tarsus- Adana- Gaziantep Otoyolu Viyadükleri,
- Gümüşova- Gerede otoyolu viyadüğü (Bolu Viyadüğü),
- İstanbul Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Binası,
- İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı MRO Hangarı,
- İzmir Aliğa Sıvılaştırılmış Gaz Depolama Terminali,
- Kocaeli Üniversite Araştırma Hastanesi,
- Ankara Büyükşehir Belediyesi Ego Genel Müdürlüğü Söğütözü Kongre ve Ticaret Merkezi,
- Atatürk Havalimanı,
- Sabiha Gökçen Havalimanı,
- Antalya Havalimanı Uluslararası Dış Hatlar Terminali,
- Tarabya Oteli,
- Erzurum Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi,
- Türk Ekonomi Bankası(TEB) Genel Müdürlüğü Binası,
- İstanbul Okmeydanı Hastanesi,
- İstanbul Göztepe Hastanesi,
- Kartal Lütfi Kırdar Hastanesi,
- Adana Sağlık Kompleksi,
- Elâzığ Entegre Sağlık Kampüsü,
- Sakarya Bozüyük- Mekece Karayolu Köprüsü,
- Bitlis Çayı Viyadüğü,
- Seyrantepe Stadyumu

- Adana Şehir Hastanesi
- Isparta Şehir Hastanesi
- Manisa Eğitim ve Araştırma Hastanesi
- Eskişehir Şehir Hastanesi
- İzmir Bayraklı Entegre Sağlık Kampüsü
- Bursa Ali Osman Sönmez Hastanesi
- Göztepe Eğitim ve Araştırma Hastanesi
- Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi
- Marmara Başbüyük Eğitim ve Araştırma Hastanesi
- Başakşehir Çam ve Sakura Şehir Hastanesi

Türkiye’de ilk sismik izolasyon 1993-1998 yılları arasında yapılan Tarsus- Adana Gaziantep (TAG) Otoyolu’daki viyadüklerin 1999 Düzce depremi sonra hasar alan bazı kısımlarında uygulanmıştır. Projenin 5 nolu viyadüğünde kurşun çekirdekli deprem yalıtım birimleri kullanılmıştır. 1993 yılında yapımına başlanan ancak 1999 Düzce Depremi’nde hasar gördüğü için 2007 yılında faaliyete giren Bolu Dağı Geçiş Projesi 4,6 km uzunluğunda 4 adet viyadük ve 900 m uzunluğunda 3 adet köprüden oluşmaktadır. Güçlendirme uygulaması kapsamında; 1999 ASSHTO yönetmeliğine göre hesaplanan, 70 ile 90 cm çaplı sürtünmeli sarkaç tip izolatörler ve EP, VP, VPJ tip sönümleyiciler kullanılmıştır (Roussis, Constantinou, Erdik, Durukal, & Dicleli, 2003: 182).



Şekil 2. 12: Bolu Viyadüğü Sürtünmeli Sarkaç İzolatör Uygulaması (Roussis, Constantinou, Erdik, Durukal, & Dicleli, 2003)

Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Kampüsü'nde inşaatına 2002 yılında başlanmış olan tıp merkezi, 12.500 m² taban alanına oturan ve toplam inşaat alanı 67,500 m² olan Türkiye'de deprem yalıtım birimi kullanılarak yapılan ilk yapıdır. Yapımında 256 adet deprem yalıtım birimi kullanılan yapı 27 cm yerdeğiştirme yapabilme kapasitesine sahiptir (Dinçer, 2013:16).



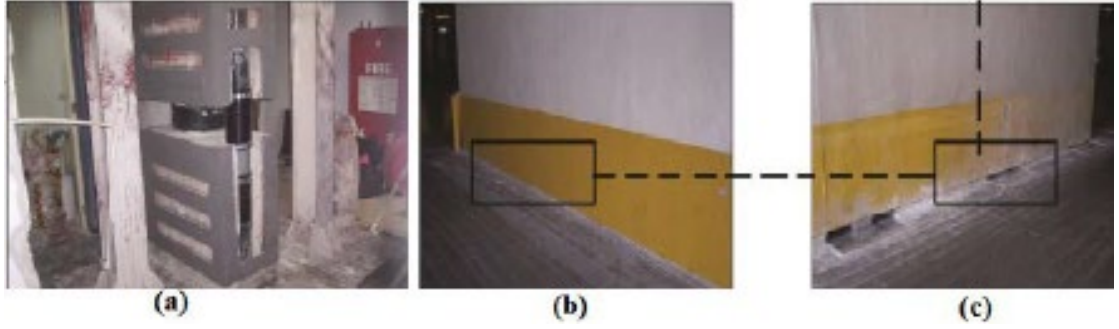
Şekil 2. 13: Kocaeli Hastanesi Sismik İzolatör Uygulaması (Kök, 2014:71)

Yapımına 1998 yılında başlanan Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali, 1999 Kocaeli Depremi'nden sonra projesi deprem yalıtımlı olarak güçlendirilmesi yapılan Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali'nde sürtünmeli sarkaç tip deprem yalıtım birimi kullanılmıştır. Deprem yalıtım uygulaması, yapımı tamamlanan 6000 tonluk uzay çatı ile 162 tane taşıyıcı kolon arasına yapılmıştır (Şekil 2.14). Yapılan güçlendirme işlemiyle çelik çatıdan yapıya iletilen yüklerin azaltılması ve yer değiştirmelerin kontrol altına alınması hedeflenmiştir. Terminalin uzay çatısı deprem yükleri altında 26 cm'e kadar yerdeğiştirme yapabilme kapasitesine sahiptir (Constantinou, Whittaker, & Velivasakis, 2001).



Şekil 2. 14: İstanbul Atatürk Havalimanı Sarkaç Tipi İzolatör Uygulaması
(Constantinou, Whittaker, & Velivasakis, 2001)

Antalya Havalimanı 1998 yılında tamamlandığından beri ülkemizin en yoğun havalimanlarından biridir. Yıllık 5 milyon yolcuya hizmet vermesi için tasarlandığı halde 2004 yılında 12.5 milyon yolcuya hizmet vermiştir. Havalimanının tasarımı 1996'da yapıldığından dolayı, 1975 Deprem Yönetmeliği'ne göre yapılmıştır. Ancak 1998 yılında yönetmelik büyük bir revizyon geçirmiş ve uygulanması gereken deprem yükleri bina türüne bağlı olmak üzere 2-6 kat arasında artmıştır. Diğer bir yandan 1998 yönetmeliğine deprem haritası eklenmiş ve eski yönetmelikte 0.1 olan sismik katsayı yeni yönetmelikte Antalya için 0.3 olmuştur. Binanın önemi göz önüne alındığında, binanın performansı en azından yeni yönetmeliğin şartlarını sağlaması için binanın projesi yeniden gözden geçirilmiş ve deprem yalıtımı uygulanmıştır. Binanın taban alanı yaklaşık 23 bin m², terminal binasının toplam kullanım alanı 55 bin m² ve bina yüksekliği 18 m'dir. Bina dilatasyon derziyle ayrılmış beş ana bölümden oluşmaktadır. Deprem yalıtımı çalışması için binada bodrum katı olmadığından, kolon tabanından 1.2 m yükseklikten kolonlar kesilerek 7 farklı tip ve 341 adet kurşun çekirdekli kauçuk deprem yalıtım birimi kullanılmıştır. Ayrıca perde elemanlar tabandan kesilerek kayıcı mesnetler montaj edilmiş, uzay kafes sistem olan çatıya ise 28 adet sürtünmeli sarkaç tipi deprem yalıtım birimi yerleştirilmiştir (Yılmaz, Booth, & Sketchley, 2006)



Şekil 2. 15: Antalya Havalimanı Kauçuk İzolatör Uygulaması (Yılmaz, Booth, & Sketchley, 2006)

İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı MRO HangarıX olup, taban alanı 15000 m^2 olan hangarın toplam alanı 45.000 m^2 'dir. Yapı yüksekliği 20 m olup, toplam 30 kolona oturan 2000 ton ağırlığındaki çatının ısı değişimlerinden kaynaklanan ve deprem yüklerinden izole edilmesi için kolonlar ve çatı arasına toplam 30 adet kauçuk deprem yalıtım birimi monte edilmiştir. Kullanılan bu izolatörlerden, düşey kuvvetin az olduğu 2 kenar aksa toplamda 20 adet HDRB (Yüksek Sönümlü Kauçuk Deprem Yalıtım Birimi), orta betonarme kolonların bulunduğu aksta ise 10 adet LRB (Kurşun Çekirdekli Kauçuk Deprem Yalıtım Birimi) yerleşimi yapılmıştır. Şiddetli bir rüzgar hareketinde orta akstaki izolatörlerde kullanılan kurşun çekirdek çatının hareketini önlemiştir. Böyle büyük bir yapıda deprem yalıtım Birimi kullanımı yapının ortasında teşkil edilmesi gereken dilatasyon ve böylelikle yapılması gereken yaklaşık 100 ton ağırlığındaki çatı makası iptal edilerek izolatör masrafları karşılanmıştır (Dinçer, 2013:16).



Şekil 2. 16: İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı İzolatör Uygulaması (Kök, 2014:95)

İstanbul’da yaklaşık 45 yıl önce yapımı tamamlanan ve 1999 Marmara Depreminden sonra bazı temel bağlantılarının mevcut olmadığı belirlenen Tarabya Otelı’nin depreme karşı güçlendirilmesi düşünülmüştür. Bu sebeple, Tarabya otelinin en alt kolonları kesilerek güçlendirme amaçlı sürtünmeli sarkaç tip deprem yalıtım birimi yerleştirilmiştir. Yapı, teşkil edilen sismik izolasyon uygulaması ile birlikte depremde her yönde 30 cm yerdeğiştirme kapasitesine sahiptir (Dinçer, 2013:17).



Şekil 2. 17: Tarabya Otelı

Erzurum Devlet Hastanesi, Türkiye’de deprem yalıtım yönteminin başarıyla uygulandığı yapılardan bir tanesidir. Erzurum Devlet Hastanesi’nin deprem yalıtımı için 386 adet kurşun çekirdekli kauçuk deprem yalıtım birimi kullanılmıştır. Kullanılan izolatörler 80, 90, 100, 110 cm uzunluğunda çaplara sahiptir. Tasarımdan kaynaklı olarak 80 cm çapa sahip olanların bir kısmında kurşun çekirdek kullanılmamıştır (Dinçer, 2013:18).



Şekil 2. 18: Erzurum Devlet Hastanesi Ve Uygulanan Sismik İzolatör (Yurdakul, 2011:27)

Sanayi sektöründe de deprem yalıtım uygulamaları yapılmıştır. Bunların başında İzmir Aliğa'da bulunan Ege Gaz terminalindeki LNG tanklarının yapımı sırasında deprem yalıtımlı olarak inşa edilmiştir. 140.000 m³ hacme sahip bu tankların kenar kısımlarında 112 adet kurşun çekirdekli kauçuk tip deprem yalıtım birimi (LRB) ve iç kısımlarda 221 adet düşük sönümlü kauçuk tip deprem yalıtım birimi (LRDB) kullanılmıştır (Dinçer, 2013:18)



Şekil 2. 19: Aliğa Bulunan Lng Tankları (Constantinou Ve Diğerleri, 2001).

Sismik izolasyon uygulaması yapılan ilk konut projesi olma özelliği taşıyan Aykent Loft Türkiye; 154,3 m² taban alanlı, 4 katlı, toplam 12,50 m yüksekliğinde ve betonarme taşıyıcı sistemli olarak inşa edilmiştir. Zemin sınıfı D olduğundan öncelikle jet grout metoduyla iyileştirme yapılmıştır. Zemin iyileştirmesinden sonra yapılan radye temel üzerine, 12 adet kurşun çekirdekli kauçuk tip sismik izolatör uygulaması yapılmıştır (Şekil 2.20). Uygulaması yapılan sismik izolatörlerin tasarım yer değiştirme kapasitesi 25,8 cm, maksimum yer değiştirme kapasitesi ise 51,1 cm olarak belirlenmiştir (Kök, 2014:110).



Şekil 2. 20: Aykent Loft Türkiye Sismik İzolatör Yerleşimi Ve Uygulama Modeli (Kök, 2014)

2.6. Deprem Yalıtım Çeşitleri

Yapıların deprem karşı korunmasında ilk kullanılan doğal kauçuk mesnetler büyük kauçuk bloklardan oluşuyordu ve günümüzde kullanılan gibi çelik plakalarla güçlendirilmediğinden binanın düşey yükü altında %25 sıkışıyordu. Mesnetler yatay rijitliklerinin birkaç katı kadar düşey rijitliğe sahipti ve kauçuk göreceli olarak sönümsüzdü. (Naeim, Kelly,1999:42). Daha sonraki yıllarda deprem yalıtım birimi çeşitleri çoğalmıştır. Deprem yalıtım uygulamalarında kullanılan yalıtım birimi tipleri sınıflandırılırken; şekil, kullanıldıkları yer, boyutları, üretildikleri malzeme, çalışma mekanizmaları gibi kriterler dikkate alınır. Bu tez kapsamında aşağıda ki 2 ana başlık hakkında genel bilgi verilecektir.

1. Elastomerik yalıtım birimleri

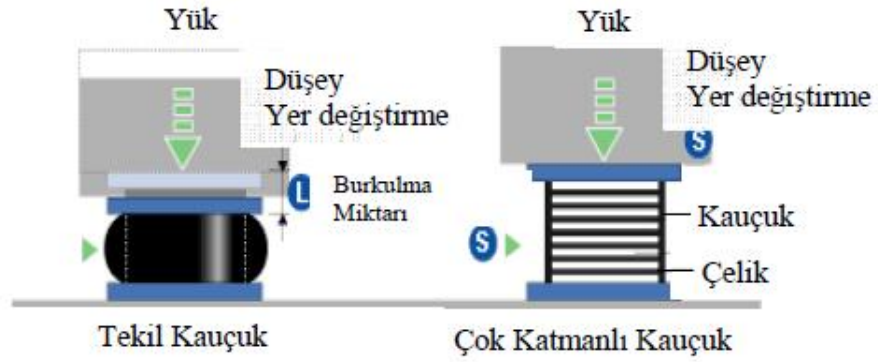
- Düşük sönümlü kauçuk tip yalıtım birimleri (LDRB)
- Yüksek sönümlü kauçuk tip yalıtım birimleri (HDRB)
- Kurşun çekirdekli küçük tip yalıtım birimleri (LRB)

2. Kayma esaslı yalıtım birimleri

- Sürtünmeli sarkaç sistem (FPS)
- Esnek sürtünmeli taban yalıtım birimleri (R-FBI)

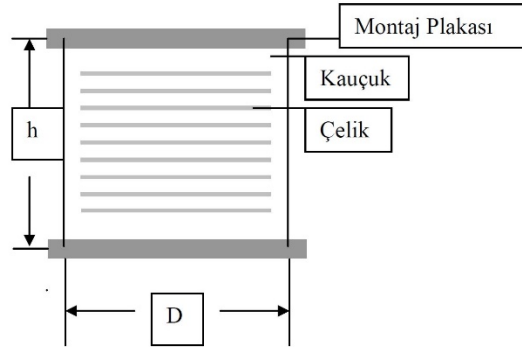
2.6.1. Elastomerik Esaslı Yalıtım Birimleri

Elastomerik mesnetli sistemler, ilk icat edilmelerinden ötürü deprem yalıtım sistemleri içerisinde en çok kullanılan çeşittir. Doğal ya da sentetik kauçuğun, 2-3 mm kalınlığındaki çelik levhalara, yüksek sıcaklık ve basınçla yapıştırılmasıyla oluşan izolatör tipidir. İlk kez 1969 yılında, Üsküp'te bir okul inşaatında doğal kauçuk bloklarla deprem yalıtım uygulaması yapılmıştır. Ancak şimdiki gibi uygulamada çelik levhalar kullanılmadığından kauçuk blok yanal yönde şişmiştir ve yeterli düşey rijitlik sağlanmamıştır. Yapı deprem hareketinin etkisinde yanal yer değiştirme yaparken yukarı yönde hareket etmiştir. Yalıtım birimine yerleştirilen çelik ara saclar; düşey rijitliği arttırırken, yanal burkulmayı da önlemektedir (Şekil 2.21).



Şekil 2. 21: Kauçuk Ve Çelik Levhalı Mesnetin Yük Altındaki Şekil Değişirmesi
(Çağlar, 2002)

Çelik ara saclar düşey yönde yüksek rijitlik sağlarken elastomerin kendi özellikleriyle kontrol edilen yatay yöndeki rititliğine bir etkisi olmaz. Kauçuk tabakaların kesme kuvveti etkisindeki yanal şekil değişirmesi elastomer mesnete yatay yönde büyük esneklik kazandırmaktadır. Yatay yük etkisinde yapının, yanal yerdeğışirme yaparak bu etkiyi sönümlemesi gerekmektedir. Bu da izolatorün yüksek düşey, düşük yatay rijitliğe sahip olmasıyla mümkündür. Vulkanize edilen kauçuğun alt ve üst yüzeyine yerleştirilen kalın çelik başlıklarla izolatorün taşıyıcıya montajı yapılmaktadır (Şekil 2.22).

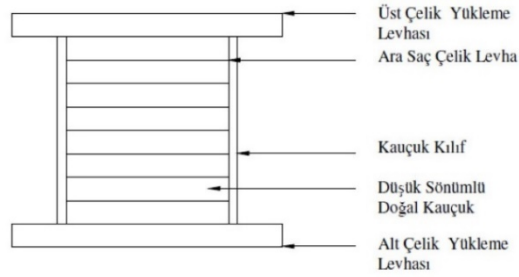


Şekil 2. 22: Elastomer Mesnet Kesiti (Çağlar, 2002)

Elastomerik yalıtım birimleri, malzeme özellikleri ve çalışma prensipleri bakımından neredeyse bakım gerektirmezler. Üretimleri yüksek teknoloji ve maliyet gerektirse de gün geçtikçe artan üretim kapasitesiyle maliyetin düşmesi sağlanabilir.

2.6.1.1. Düşük Sönümlü Kauçuk Tip Yalıtım Birimleri (LDRB)

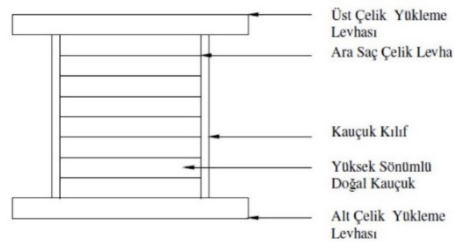
Çelik başlıklar arasına yerleştirilen çok sayıda sac levha ve vulkanize edilmiş kauçuğun basınç ve ısı etkisiyle tek seferde birleştirilmesiyle oluşan elastomer yalıtım birimi tipidir (Şekil 2.23) Mesnetin yatay rijitliği, kauçuğun tabaka kalınlığına ve sayısına bağlıdır; gerekli rijitlik, sabit kalınlıkta tabaka sayısı değiştirilerek sağlansa da yalıtım birimin yüksekliğinin artması burkulmaya yol açacağından yükseklik çapın yarısıyla sınırlandırılmıştır. Düşük sönümlü yalıtım birimi avantajları lineer olarak modellenirler, tüm üretim süreçleri uzun zamandan beri yapıldığından hata oranı düşüktür ve dış etkilerden (sıcaklık, zaman vb.) kolay etkilenmez. Dezavantajı ise çoğunlukla ek bir sönüm elemanına ihtiyaç duymasıdır.



Şekil 2. 23: Düşük Sönümlü Elastomer Mesnet (Çağlar, 2002)

2.6.1.2. Yüksek Sönümlü Kauçuk Tip Yalıtım Birimleri (HDRB)

Sönüm oranı %2-3 civarında olan düşük sönümlü kauçuğa, karbon ve reçine gibi özel malzeme katkısı yapılmasıyla, sönüm oranının %10-20 aralığına artırılmış olan sönüm seviyesine çıkarıldığı elastomer yalıtım birimidir. Mesnet kesiti ve tabakaların yapıştırılma yöntemi düşük sönümlü kauçuk mesnetle aynıdır (Şekil 2.24) (Sevim, 2016:20).

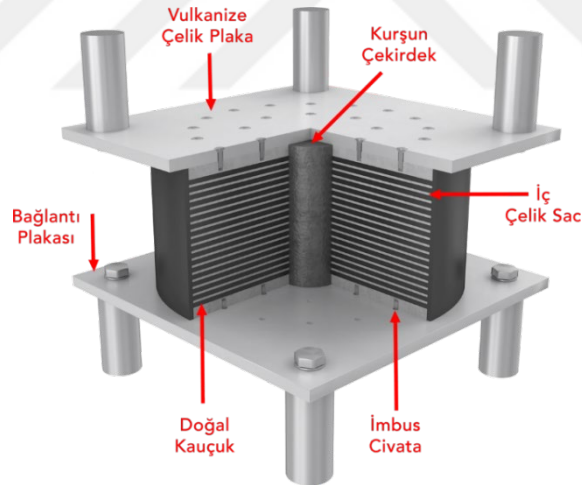


Şekil 2. 24: Yüksek Sönümlü Elastomer Mesnet Kesiti (Çağlar, 2002)

Yüksek sönümlü kauçuk yalıtım birimleri, ek sönümleyici eleman ihtiyacını ortadan kaldırmak için; ilk kez 1982 yılında İngiliz Malaysian Rubber Producers Reserach Association (MRPRA) firması tarafından icad edilmiştir. Kayma şekil değiştirmesinin %20'nin altında olduğu durumlarda kauçuk doğrusal davranmaz ve yüksek sönümünde etkisiyle rijit bir davranış gösterir ve düşük deprem kuvvetleri altında hareket etmez.

2.6.1.3. Kurşun Çekirdekli Kauçuk Yalıtım birimleri (LRB)

Kurşun çekirdekli kauçuk yalıtım birimleri düşük sönümlü kauçuk yalıtım birimine benzemektedir. Aralarında ki fark ise Şekil 2. 25'de görüldüğü gibi orta kısmında bulunan boşluğa kurşun bir çekirdeğin yerleştirilmiş olmasıdır. Bu kurşun çekirdek sayesinde sönüm oranı %15-35 oranına kadar yükselebilir. Kurşun çekirdek yüksek enerji yutma kapasitesiyle yatay hareketi sınırlar ve küçük depremlerde yalıtım birimi hareket etmez. Kurşun çekirdeğin deprem anında yalıtım biriminde depolanan enerjiyi kullanarak deprem sonrası yapıyı merkezleme etkisi yaratır ve başlangıç koşullarına geri döndürücü bir etkisi ortaya çıkar (Naeim & Kelly, 1999:43).



Şekil 2. 25: Yüksek Sönümlü Elastomer Mesnet Kesiti

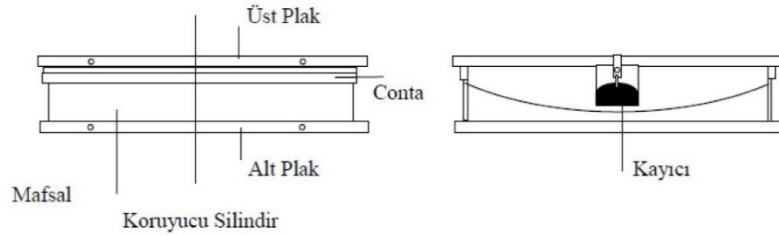
2.6.2. Kayma Esaslı Yalıtım Birimleri

İlk ve en basit haliyle kayma esasına dayanan en eski yalıtım birimleridir. Kayma esaslı sistemlerde esas, yalıtım birimi ara yüzeyinde kesme kuvvetinin sınırlandırılmasıyla sağlanır. Deprem büyüklüğünden bağımsız şekilde yapıya aktarılan kesme kuvvetleri

yalıtım birimi sürtünme katsayısına, sıcaklığa, yüzey temizliğine bağlıdır. Kayma esaslı yalıtım birimlerinde en çok kullanılan malzemeler, paslanmaz çelik ve teflondur.

2.6.2.1. Sürtünmeli Sarkaç Yalıtım Birimleri (FPS)

Sürtünmeli sarkaç yalıtım birimleri sistemin sürtünme katsayısı ve geometrisini kullanarak yapının merkezleme kuvvetini bir araya getiren yalıtım birimleridir. Ana prensip, paslanmaz çelikten küresel bir yüzey üzerinde hareket eden teflon kaplamalı mafsallı kayıcının (Şekil 2.26), ara yüzeyde oluşan sürtünme kuvveti sonucu enerji sönmelenmesi şeklindedir. Kayıcı eleman ile küresel paslanmaz çelik yüzey arasındaki sürtünme sönmünün oluşmasını sağlar. Yalıtım birimin etkin rijitliği ve yapının periyodu küresel yüzeyin eğrilik çapına bağlıdır ve kütleden bağımsızdır. Yapı deprem sırasında yalıtım biriminin etkisiyle basit sarkaç hareketi yaparak yapının periyodunu artırarak yapıya gelen deprem etkisinin azalmasını sağlar. Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimi çevrimsel bir kuvvet-yerdeğiştirme davranışına sahip olup başlangıç rijitliği k_1 çok büyük bir değer olup yalıtım birimin harekete başlamasıyla sınırlıdır. Daha sonra oluşan ikincil rijitlik k_2 yalıtım birimine etkileyen düşey kuvvet ve onu denge konuma getirmeye çalışan yalıtım birimin eğrisel yüzeyine paralel bileşeninin etkisiyle ortaya çıkar.

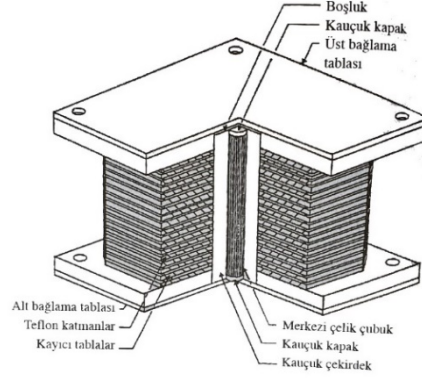


Şekil 2. 26: Sürtünmeli Sarkaç Sistem Kesiti (Çağlar, 2002)

2.6.2.2. Esnek Sürtünmeli Taban Yalıtım Birimleri (R-FBI)

Esnek sürtünmeli taban yalıtım birimleri, bir yalıtım biriminde birçok kayma ara yüzü kullanılarak teflonlu tabaka ile kayma ara yüzleri arasında sürtünme oluşturan ve merkezinde kauçuk çekirdek bulunan bir yalıtım birimidir. Kayıcı elemanlara ek olarak orta kısmında bulunan kauçuk çekirdek merkezleme kuvveti oluşturur. İlk tasarım aşamasında yapılan testlerde oluşan yer değiştirmenin tek bir ara yüzde yoğunlaştığı ve

diğer katmanlara dağılmadığı ortaya çıkmıştır. Merkezdeki kauçuk çekirdeğe ilave olarak koyulacak bir çelik çubuğun bu sorunu ortadan kaldırdığı ve yer değiştirmeyi diğer katmanlara da yayılmasını sağladığı görülmüştür (Naeim & Kelly, 1999:50).



Şekil 2. 27: Esnek Sürtünmeli İzolatör Kesiti (Naeim & Kelly, 1999).

BÖLÜM 3: DEPREM YALITIMI İLE İLGİLİ TASARIM PARAMETRELERİ VE TBDY 2018 KURALLARI

3.1. Genel Tasarım İlkeleri (TBDY, 2018:284)

1. Deprem yalıtımı uygulanan binalarda, Bina Önem Katsayısı $I = 1$ alınacaktır.
2. Tasarımda aşağıda (a) ve (b)'de belirtilen ve 2.2'de tanımlanan iki farklı düzeyde deprem yer hareketi göz önüne alınacaktır.
 - (a) **DD-2** Deprem Yer Hareketi Düzeyi (Tasarım Deprem Yer Hareketi)
 - (b) **DD-1** Deprem Yer Hareketi Düzeyi (En Büyük Deprem Yer Hareketi)
3. Deprem yalıtımı uygulanan binaların alt ve üstyapıları sınırlı süneklik düzeyine göre tasarlanabilir.
4. Burulma etkilerinin azaltılması için yalıtım sisteminin etkin rijitlik merkezi ile üstyapı kütle merkezinin yalıtım ara yüzündeki düşey izdüşümü mümkün olduğunca birbirine yakın olacaktır.
5. Yalıtım sisteminin en büyük yerdeğiştirme hesabı DD-1 deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimlerine ait parametrelerin alt sınır değerleri ile, üstyapıya etkileyen en büyük yatay kuvvetin hesabı ise DD-2 deprem yer hareketi düzeyinde yalıtım birimlerine ait parametrelerin üst sınır değerleri ile yapılacaktır.
6. Yalıtım sisteminin DD-1 deprem yer hareketi altında meydana gelen en büyük yerdeğiştirme durumunda sahip olduğu iç kuvvet ile en büyük yerdeğiştirmenin %50'sinde sahip olduğu iç kuvvet arasındaki fark en az 0.025W olacaktır. Bunun yanı sıra yalıtım sistemi herhangi bir D yerdeğiştirmesinde yatay merkezleme kuvveti oluşturabilecek şekilde tasarlanacak ve ikincil (elastik ötesi) rijitliği kullanılarak hesaplanan titreşim periyodu 6 saniyeden daha büyük olmayacaktır. Merkezleme kuvveti ve teğetsel rijitlik koşullarının sağlanmasında yerdeğiştirmeden bağımsız kuvvetler göz önüne alınmayacaktır.
7. Tüm yapı modelinde sadece yalıtım birimlerinin doğrusal olmayan davranış için modellenmesi, üst ve altyapıların ise doğrusal elastik olarak modellenmesi mümkündür.

8. Yapının modellemesinde kullanılacak etkin kesit rijitliği çarpanları Tablo 13.1 kullanılarak belirlenecektir.
9. Binadaki kat ivmelerinin belirlenmesinde ve donanım tahkiklerinde yalıtım sisteminin ilgili parametrelerinin nominal değerleri kullanılabilir.
10. Yalıtım sisteminin, hesaplanan en büyük yerdeğiştirmeye eşit miktarda engellenmemiş hareket alanına sahip olması gereklidir.

3.2. Performans Hedefleri (TBDY, 2018:18)

Deprem Yalıtımlı binaların Deprem Tasarım Sınıfı'na göre performans hedefleri ve uygulanacak tasarım yaklaşımları Tablo 3.1'de verilmiştir. Deprem yalıtımı uygulanan binaların tasarımında Tablo 3.1'de DD-2 deprem yer hareketi altında hedeflenen performans düzeylerine ulaşmak için deprem yükü azaltma katsayısı R ve dayanım fazlalığı katsayısı D Tablo 3.2'e göre belirlenecektir.

Tablo 3. 1
Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Deprem Yalıtımlı Binalar için Performans Hedefleri ve Uygulanacak Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımları

(a) Yeni Yapılacak Deprem Yalıtımlı Binalar – Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	SH	DGT	KK	DGT
DD-1	-	-	-	-

(b) Deprem Yalıtımı Yapılarak Güçlendirilecek Mevcut Binalar – Üstyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı

DD-2	KH	DGT	SH	DGT
DD-1	-	-	-	-

(c) Yeni Yapılacak ve Güçlendirilecek Deprem Yalıtımlı Binalar – Yalıtım Sistemi ve Altyapı

Deprem Yer H. Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Değerlendirme/Tasarım Yaklaşımı
DD-2	-	-	-	-
DD-1	KK	ŞGDT(1)–DGT(2)	KK	ŞGDT(1)–DGT(2)

(1) Yalıtım sistemi için uygulanacaktır.

(2) Altyapı için uygulanacaktır.

Tablo 3. 2
Deprem Yüğü Azaltma ve Dayanım Fazlalığı Katsayıları

Performans Hedefi	R	D
KK	1.2	1.2
SH	1.5	1.5

3.3. Yalıtım Arayüzü ve Altında Kalan Altyapı Elemanların Tasarımında Kullanılacak Yük Birleşimleri (TBDY, 2018:287)

Yalıtım arayüzünde bulunan ve altında kalan elemanlara etki eden yüklerin hesabın denklem (3.1), denklem (3.2), denklem (3.3)’te verilen yük birleşimlerine göre yapılacaktır.

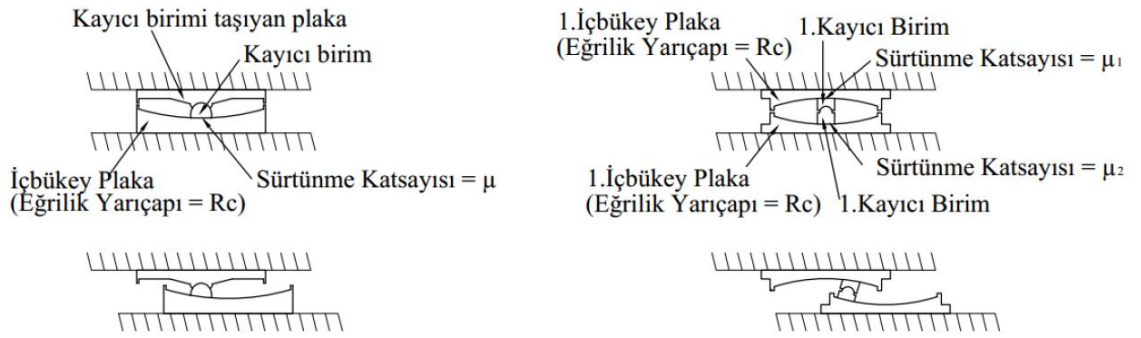
$$1.4G + 1.6Q \quad (3.1)$$

$$1.2G + Q \pm E_d \quad (3.2)$$

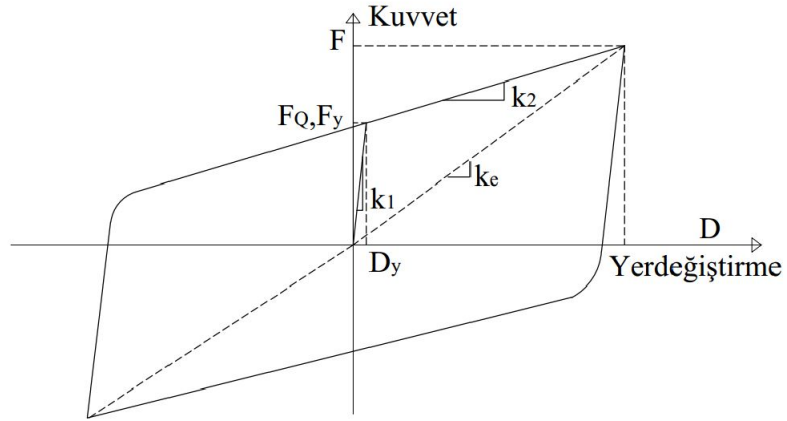
$$0.9G \pm E_d \quad (3.3)$$

3.4. Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimlerinin Temel Özellikleri (TBDY, 2018:293)

Eğri yüzeyli sürtünmeli yalıtım birimleri, içinde bir kayıcı elemanın yer aldığı, bir veya daha çok yüzeyli iç bükey çelik elemanlardan oluşur (Şekil 3.1). Bu tip yalıtım birimlerinin basitleştirilmiş kuvvet-yerdeğiştirme eğrisi (yükleme döngüsü) Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 1: Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimleri



Şekil 3. 2: Basitleştirilmiş Kuvvet-Yerdeğiştirme eğrisi (TBDY 2018)

Şekil3.2’de:

$F_Q = F_y$ = Karakteristik dayanım veya etkin akma dayanımı,

k_1 = Başlangıç rijitliği,

k_2 = İkincil rijitlik,

k_e = D yerdeğiştirmesine karşı gelen etkin rijitlik,

$F = D$ yerdeğiştirmesine karşı gelen kuvvet,

$D_y =$ Etkin akma yerdeğiştirmesidir.

- Karakteristik dayanım veya etkin akma dayanımı Denklem (3.4)'de belirtildiği gibi (sıfır yerdeğiştirmedeki) etkin sşrtşnme katsayısı μ_e ile yalıtım birimi şzerine etkiyen dşşey kuvvetin P şarpımına eşittir.

$$F_Q = F_y = \mu_e P \quad (3.4)$$

- Başlangış rijitliği, hesaplarda çok yşksek bir değer olan sanal bir rijitliktir. İkincil rijitlik Denklem (14B.2)'de belirtildiği gibi dşşey kuvvetin P eğri yşzeyli sşrtşnmeli yalıtım birimi kayma yşzeylerinin etkin eğrilik yarışapına R_c bşlşnmesi ile belirlenecektir.

$$K_2 = \frac{P}{R_c} \quad (3.5)$$

- Verilen bir yşkleme dşngşsşndeki etkin rijitlik k_e , Denklem (3.6)'da belirtildiği gibi sşz konusu dşngşde uygulanan maksimum yatay kuvvetin (F) ulaşılan maksimum yatay yerdeğiştirmeye (D) bşlşnmesi ile elde edilecektir.

$$k_e = \frac{F}{D} = \frac{P}{R_c} + \frac{\mu_e P}{D} \quad (3.6)$$

- Etkin sşnşm oranı β_e Denklem (3.7)'de belirtildiği gibi bir yerdeğiştirme dşngşsşnde tşketilen enerjinin W_d , $2\pi FD$ değerine bşlşnmesi ile elde edilecektir.

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{W_d}{FD} \right) = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + D/R_c} \right] \quad (3.7)$$

3.5. Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Birimleri Hesap Esasları (TBDY, 2018)

3.5.1. Hesap Yönteminin Seçilmesi

Aşağıda tanımlanan koşulların tümünün sağlanması durumunda, üstyapının ve altyapının deprem hesabı 3.5.2’de verilen **Etkin Deprem Yüğü Yöntemi** ile yapılabilir.

- a) Bina, ZA, ZB, ZC veya ZD türü zeminde bulunmaktadır.
- b) Yalıtımlı binanın DD-1 deprem yer hareketi etkisi altındaki etkin periyodu 4.0 saniyeden küçüktür.
- c) Yalıtım sistemi üzerindeki binanın kat adedi en fazla 4, yalıtım arayüzü üzerindeki toplam yüksekliği ise en fazla 20 metredir.
- d) Yalıtım birimlerinde kalkma veya çekme oluşmamaktadır.
- e) Etkin sönüm oranı %30 değerinin altındadır.
- f) Yalıtım sistemi üzerindeki binanın her katında burulma düzensizliği katsayısı $bi \leq 2.0$ koşulu sağlanmaktadır ve binada B2 türü düzensizlik yoktur.
- g) Binanın düşey doğrultudaki titreşim periyodu $v \leq Ts0.1$ ’dir.

Yukarıda verilen (a), (b), (d) koşullarının sağlandığı durumlarda **3.5.3’te** verilen **Mod Birleştirme Yöntemi** ile hesaplanabilir.

3.5.2. Etkin Deprem Yüğü Yöntemi

- a) Tasarım deprem yer hareketi düzeyi DD-2 için yalıtım birimi yerdeğiştirmesi D_D Denklem (3.8) ile hesaplanır.

$$D_D = 1.3 \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_D^2 \eta_D S_{ae}^{(DD-2)}(T_D) \quad (3.8)$$

- b) Tasarım deprem yer hareketi düzeyi DD-2 için bina etkin periyodu T_D Denklem (3.9) ile hesaplanır.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK_D}} \quad (3.9)$$

- c) En büyük deprem yer hareketi düzeyi DD-1 için yalıtım birimi yatay yerdeğiştirmesi D_M Denklem (3.10) ile hesaplanır.

$$D_M = 1.3 \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_M^2 \eta_M S_{ae}^{(DD-2)}(T_M) \quad (3.10)$$

- d) En büyük deprem yer hareketi düzeyi DD-1 için bina etkin periyodu T_M Denklem (3.11) ile hesaplanır.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{gK_D}} \quad (3.11)$$

- e) Sönüm ölçeklendirme katsayıları η_D ve η_M Denklem (3.8) ile hesaplanacaktır. Burada η , DD-1 veya DD-2 deprem yer hareketi düzeyindeki yalıtım birimi yerdeğiştirmeleri için hesaplanan etkin sönüm yüzdesidir.

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \quad (3.12)$$

- f) DD-2 ve DD-1 deprem yer hareketi düzeylerindeki yalıtım arayüzü toplam yerdeğiştirmesi, Denklem (3.9) ve Denklem (3.10)'dan hesaplanan yerdeğiştirme değerlerine üstyapı ve yalıtım sistemi burulmasından gelen ilave yer değiştirmelerin eklenmesi ile hesaplanacaktır. Düzgün bir dağılım olması durumunda toplam yerdeğiştirmeler Denklem (3.13) ve Denklem (3.14) ile hesaplanan değerlerden daha az olamaz.

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (3.13)$$

$$D_{TM} = D_M \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] \quad (3.14)$$

- g) Burulma etkisinin dikkate alınmasıyla hesap edilen yerdeğiştirme değerlerinin Denk. 3.13 ve Denk. 3.14'daki değerlerden daha küçük olması durumunda Denklem 3.9 ve Denklem 3.10 'deki değerler yerine hesaptan elde edilecek değerler ile 1.1DM ve 1.1DD değerlerinden büyük olanları seçilecektir. Burada; b ve d yapının plandaki boyutları, y hesap yapılan doğrultuda bina rijitlik merkezinin en dıştaki yalıtım birimine olan dik uzaklık, e ise eksantrisitedir.
- h) Üstyapıya etkileyen kuvvet, tasarım deprem yer hareketi düzeyi DD-2 için Denklem (3.15) ile DD-1 düzeyi için Denklem (3.16) ile hesaplanacaktır.

$$V_D = \frac{S_{ae}^{(DD-2)}(T_D) W \eta_D}{R} \quad (3.15)$$

$$V_M = \frac{S_{ae}^{(DD-1)}(T_M) W \eta_M}{R} \quad (3.16)$$

- i) Üstyapıya etki eden kuvvet, katlara Denklem (3.17)'ye göre dağıtılacaktır.

$$F_S = \frac{V_D w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (3.17)$$

- j) R değeri Tablo 3.1'deki performans hedeflerine göre Tablo 3.2.'den alınacaktır.
- k) Altyapıya etkileyen kuvvet $R = 1$ alınarak Denklem (3.16) ile hesaplanacaktır.

3.5.3. Mod Birleştirme Yöntemi

- a) Mod Birleştirme Yönteminin kullanılması durumunda TBDY 2018 4.8.2'de verilen koşullara ek olarak bu Bölümde yer alan kurallar da dikkate alınacaktır.

- b) Yalıtım sistemi birimleri, sistemin düşey ve her iki doğrultudaki yatay yerdeğiştirmeleri ile burulma etkilerini yeterli doğrulukta gösterecek şekilde modellenenecektir.
- c) Hesaplanan yerdeğiştirmeler, binada düzensizlik bulunmaması halinde **denklem (3.13) ve (3.14)**'a göre hesaplan değerlerin %80'inden, binada A1, B2 veya B3 düzensizliklerinden en az birinin bulunması halinde ise **denklem (3.13) ve (3.14)**'a göre hesaplan değerlerin %90'ından az olmayacaktır.
- d) Hesaplanan üstyapı ve altyapı kuvvetleri binada düzensizlik bulunmaması halinde **denklem (3.15) ve (3.16)**'a göre hesaplan değerlerin %80'inden, binada A1, B2 veya B3 düzensizliklerinden en az birinin bulunması halinde ise **denklem (3.15) ve (3.16)**'a göre hesaplanan değerlerin %90'ından az olmayacaktır.
- e) Etkin sönüm oranı **%30** değeri ile sınırlı olacaktır

3.5.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi (TBDY, 2018:296)

- a) Üstyapı ve altyapı, her durumda **TBDY 2018 3.5.4'te** verilen **Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz Yöntemi** ile hesaplanabilir
- b) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemi **TBDY 2018 5.7'ye** göre uygulanacaktır. **Madde 3.5.1 (g)**'in sağlandığı durumlarda depremin iki yatay bileşeni, sağlanamadığı durumlarda ise depremin iki yatay bileşenine ek olarak düşey bileşeni de kullanılacaktır.
- c) Deprem yalıtımlı binaların zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçiminde **TBDY 2018 2.5'te** verilen kuralların tümü geçerlidir. Ancak spektral eşleştirme yapılmayacaksa **TBDY 2018 2.5.2'de** tanımlanan $0.2T_p$ yerine $0.5T_M$ (T_M en büyük yerdeğiştirme altında deprem yalıtımlı binanın üst sınır değerleri ile hesaplanmış etkin titreşim periyodu), $1.5 T_p$ yerine ise $1.25 T_M$ (T_M en büyük yerdeğiştirme altında deprem yalıtımlı binanın alt sınır değerleri ile hesaplanmış etkin titreşim periyodu) kullanılacaktır.
- d) Zeminin ZD'den daha zayıf olduğu durumlarda, üç boyutlu dinamik yapı-zemin etkileşim hesapları yapılacak ve sonuçlar bina hesaplarında dikkate alınacaktır.
- e) Doğrusal olmayan hesap her deprem yer hareketi seviyesinde ve her doğrultuda **TBDY 2018 5.7.2.1'e** göre en az **on bir** kayıt çifti için tekrarlanacak, ilgili deprem

seviyesinde ve doğrultuda yapılan hesaplarda elde edilen en büyük değerlerin ortalamaları tasarıma esas değer olarak dikkate alınacaktır.

- f) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap sonucunda elde edilen yalıtım birimi yerdeğiştirmeleri, her bir zaman adımında meydana gelen birbirine dik doğrultudaki yerdeğiştirmelerin vektörel bileşkesi olarak belirlenecektir.
- g) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap sonucunda yalıtım arayüzünde hesaplanan yerdeğiştirmeler denklem (3.13) ve (3.14)'e göre hesaplan değerlerin %80'inden az olmayacaktır.
- h) Zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap sonucunda elde edilen üstyapı ve altyapı kuvvetleri, binada düzensizlik bulunmaması halinde denklem (3.15) ve (3.16)'ya göre hesaplanan değerlerin %80'inden az olmayacaktır.
- i) Üst yapıdaki görel kat ötelenmeleri, Kesintisiz Kullanım (KK) performans seviyesi için 0.005hi, Sınırlı Hasar (SH) performans seviyesi için 0.01hi, Kontrollü Hasar (KH) performans seviyesi için ise 0.015hi değerini aşmayacaktır.

3.6. Deprem Kayıtlarının Seçimi (TBDY, 2018:11)

- a) 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.
- b) Yeterli sayı veya nitelikte deprem kaydı seçiminin yapılamadığı 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.

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

3.7. Deprem Kayıtlarının Ölçeklendirme Kuralları (TBDY, 2018:12)

- a) **TBDY 2018 madde 16.5.2’ye veya 16.10’a** göre yapılacak zemin davranış analizleri dışında, zaman tanım alanında hesapta kullanılacak deprem yer hareketleri, seçilen deprem kayıtlarından basit ölçeklendirme yöntemi ile aşağıdaki şekilde elde edilebilir:
- Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm kayıtlara ait spektrumların ortalamasının 0.2Tp ve 1.5Tp periyotları arasındaki genliklerinin, **TBDY 2018 madde 2.3.4 veya 2.4.1’e** göre tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden daha küçük olmaması kuralına göre, deprem yer hareketlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir.
 - Deprem yalıtımlı binaların zaman tanım alanında deprem hesabında kullanılacak deprem kayıtlarının seçiminde 2.5’te verilen kuralların tümü geçerlidir. Ancak 2.5.2’de tanımlanan 0.2Tp yerine 0.5TM (TM en büyük yerdeğiştirme altında deprem yalıtımlı binanın üst sınır değerleri ile hesaplanmış etkin titreşim periyodu), 1.5Tp yerine ise 1.25TM (TM en büyük yerdeğiştirme altında deprem yalıtımlı binanın alt sınır değerleri ile hesaplanmış etkin titreşim periyodu) kullanılacaktır. 2.5.2.2 – 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.

4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1. Uygulamada İncelenen Ankastre Mesnetli Binanın Özellikleri

Toplu Konut İdaresi tarafından uygulaması yapılmış olan ve geleneksel ankastre mesnet olarak tasarlanmış yapı B + Z + 5 N.K olacak şekilde 7 katlıdır. Kat yüksekliği her kat için 3,0m'dir. Toplam bina yüksekliği 21 m'dir. Taban alanı 402 m²'dir. Yapı betonarme ve tünel kalıp sistemiyle inşa edileceği için boşluksuz perdeli olarak yapılmıştır. Analizi yapılmış olan binanın kalıp planı aşağıda verilmiştir. Kullanılan perdelerin kalınlığı 20 cm, kolonlar 20x50 cm² , bağ kirişleri ise 20x50, 20x60 ve 20x80 cm² kesit alanına sahiptir. Her katın döşeme yükseklikleri 14 cm olup geniş açıklıklı salon döşemeleri ise 16 cm olarak dikkate alınmıştır. Yapının ölü yükleri için; dış duvar ve iç duvar yükleri 4 kN/m, normal kat döşemelerinin kaplama yükü 2 kN/m², sahanlık ve merdiven kovası kaplama yükü ise 3,5 kN/m² olarak hesaplanmıştır. Hareketli yükler için ise tabliyenin genel 2 kN /m² , balkon döşemelerde ise 5 kN/m² ve sahanlık ve merdiven kovası hareketli yükü ise 5 kN/m² olarak dikkate alınmıştır. Kullanılan malzemelerin özellikleri ve zemin parametreleri aşağıda verilmektedir.

Kullanılan Malzemenin Özellikleri:

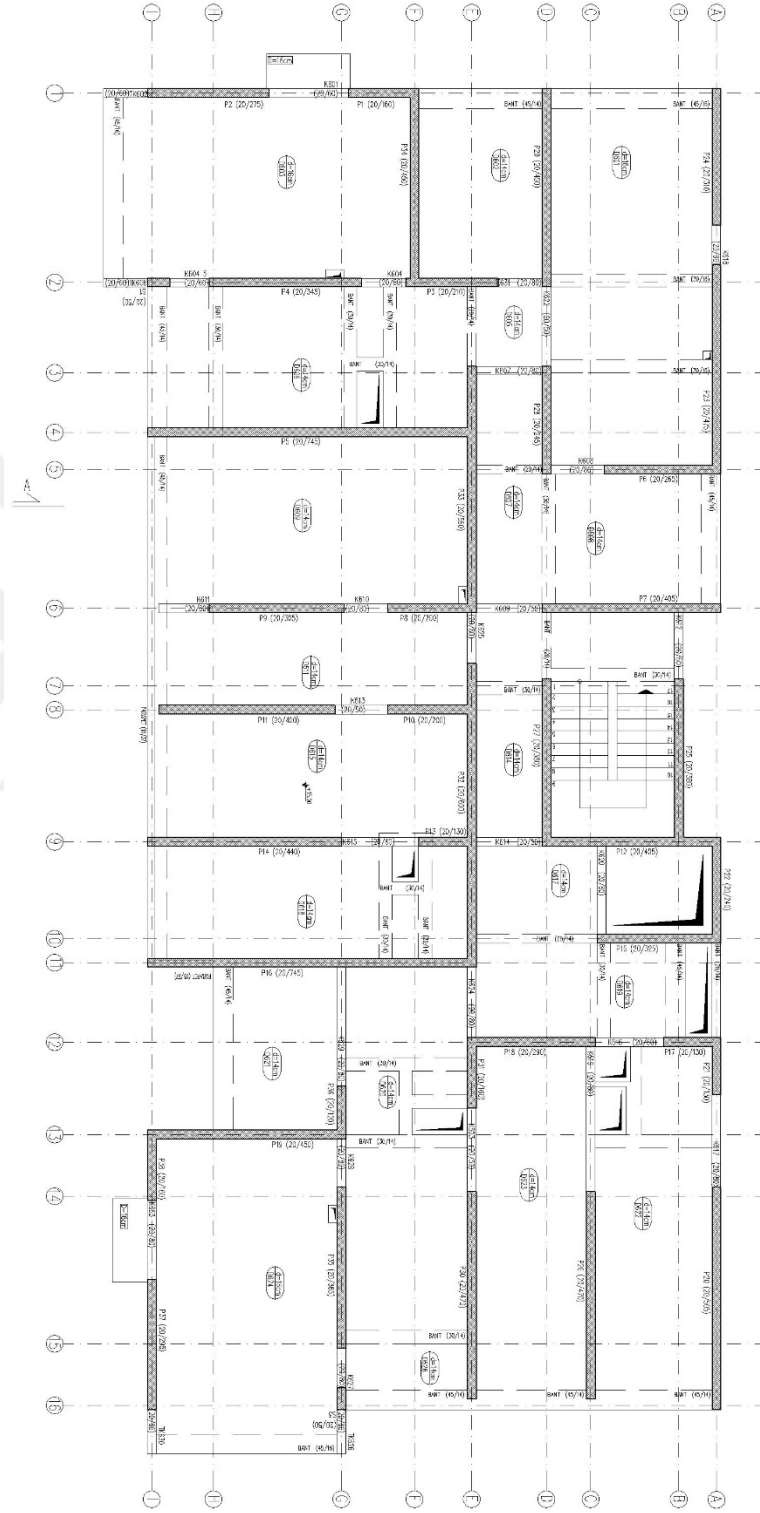
Beton sınıfı : C25/30 (f_{ck} =25 MPa)

Donatı sınıfı : S420 (f_{yk} =420 MPa)

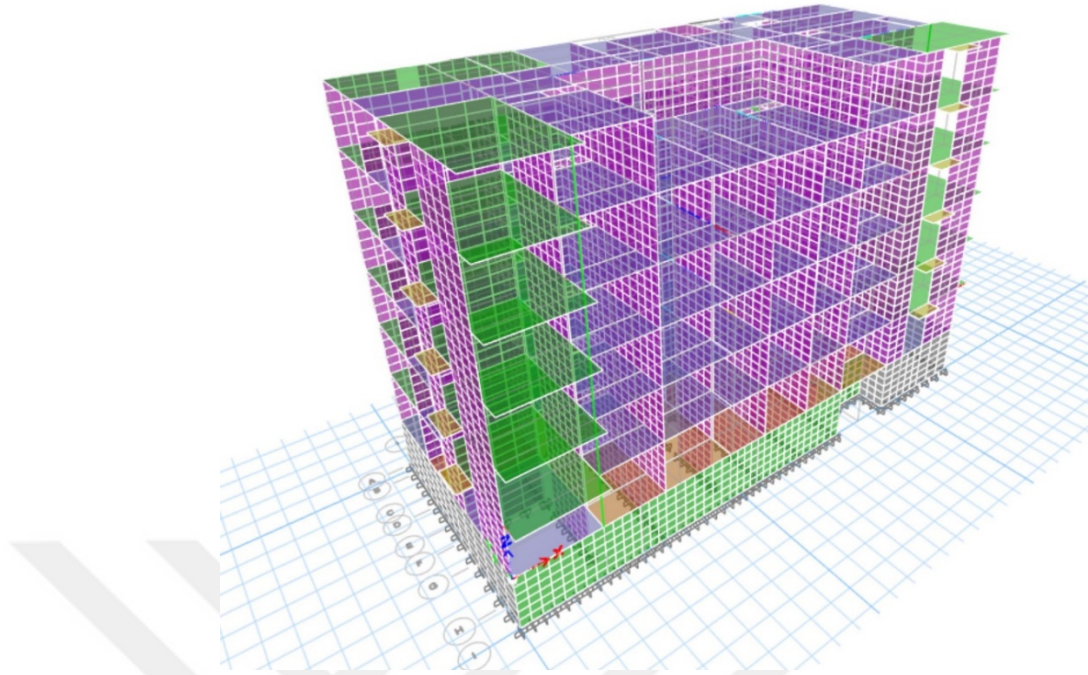
Beton elastisite modülü (E_c) : 30000 MPa

Donatı elastisite modülü (E_s) :200000 MPa

Yapı taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek boşluksuz perdeli sistem olarak seçilmiş, döşeme sistemi ise plak döşeme olarak belirlenmiştir. Uygulaması yapılan ve taşıyıcı sistemi yeniden düzenlenerek deprem yalıtımlı olarak tasarlanan yapının tüm analiz aşamalarında ETABS sonlu eleman paket programı ile yapılmıştır.



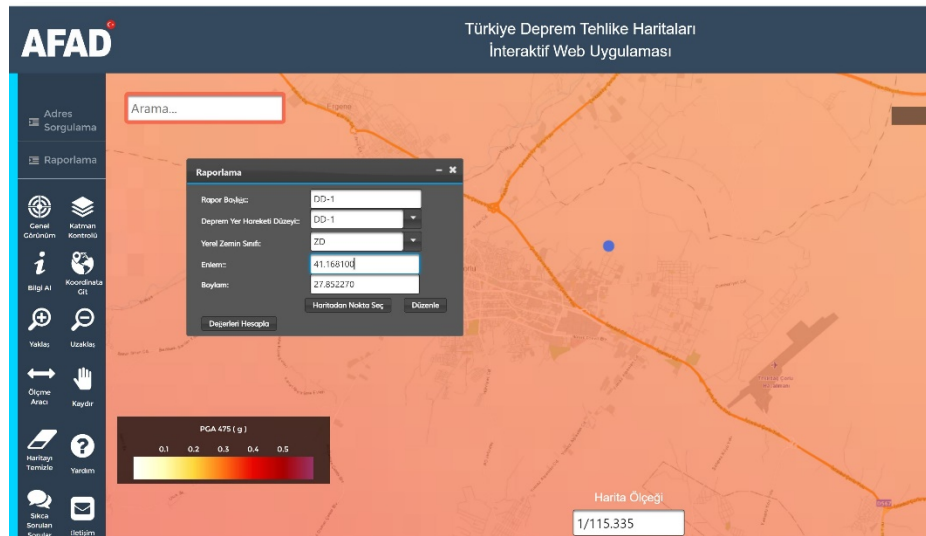
Şekil 4. 1: Analizi yapılan Ankastre Mesnetli Yapının Kalıp Planı



Şekil 4. 2: Ankastre Mesnetli Yapının 3D Görüntüsü

4.2. Analiz İçin Kullanılan Hedef Spektrumların Elde Edilmesi

Analizde kullanılacak hedef spektrumun elde edilmesi için AFAD’ın deprem tehlikesi verileri kullanılmıştır. Söz konusu yapının inşa edildiği yer olan Tekirdağ ili Çorlu ilçesi 41.1681° enlem ve 27.85227° boylam için koordinatlar girilerek hedef spektrum için gerekli parametreler elde edilmiştir.



Şekil 4. 3: AFAD Deprem Tehlikesi Haritası Bilgi Girişi

Kullanıcı Girdileri

Rapor Başlığı:	Tez Çırlu	
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2	50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareketi düzeyi
Yerel Zemin Sınıfı	ZD	Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları
Enlem:	41.1681°	
Boylam	27.85227°	

Şekil 4. 4: DD-1 Yer hareket Düzeyi için AFAD’a Girilen Veriler

Çıktılar

$$S_S = 0.787 \quad S_1 = 0.216 \quad PGA = 0.326 \quad PGV = 20.113$$

S_S : Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

S_1 : 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]

PGA : En büyük yer ivmesi [g]

PGV : En büyük yer hızı [cm/sn]

Şekil 4. 5: Hedef Spektrum İçin Spektral Veriler

Yerel Zemin Etki Katsayıları

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

Şekil 4. 6: Yerel Zemin Etki Katsayısı (Fs)

Yerel Zemin Sınıfı	1.0 saniye periyot için Yerel Zemin Etki Katsayısı 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	2.0	1.9	1.8	1.7
ZE	4.2	3.3	2.8	2.4	2.2	2.0
ZF	Sahaya özel zemin davranış analizi yapılacaktır.					

Yerel Zemin Sınıfı ZD ve $S_1 = 0.216$ için $F_1 = 2.168$

Şekil 4. 7: Yerel Zemin Etki Katsayısı (F1)

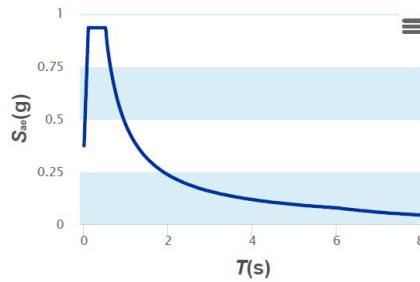
Yatay deprem hareketi için %5 sönümlü tasarım ivme spektrumu TBDY (2018)'e göre tasarım spektral ivmeleri, tasarım spektral ivme katsayıları ve doğal titreşim periyotlarına bağlı olarak aşağıdaki bağıntılarda verilmiştir.

$$SDS = SS \times FS = 0.787 \times 1.185 = 0.933$$

$$SD1 = S1 \times F1 = 0.216 \times 2.168 = 0.468$$

DS: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı

SD1: 1.0 san ye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı



$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S_{ae}(T) = S_{DS} \quad (T_A \leq T \leq T_B)$$

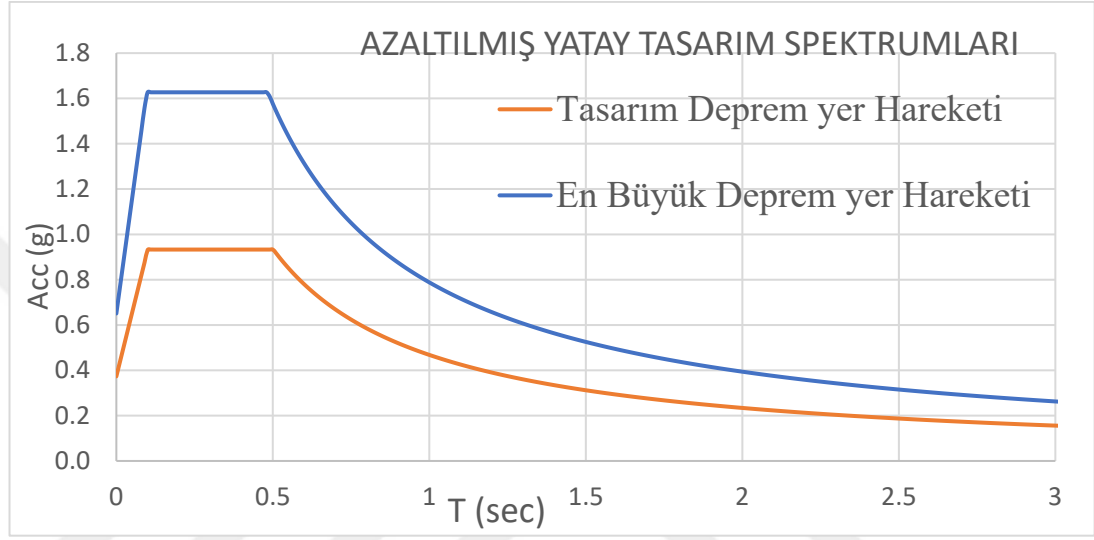
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1}}{T} \quad (T_B \leq T \leq T_L)$$

$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$

$$T_A = 0.2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_B = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad T_L = 6s$$

Şekil 4. 8: Yatay Elastik Tasarım Spektrumu

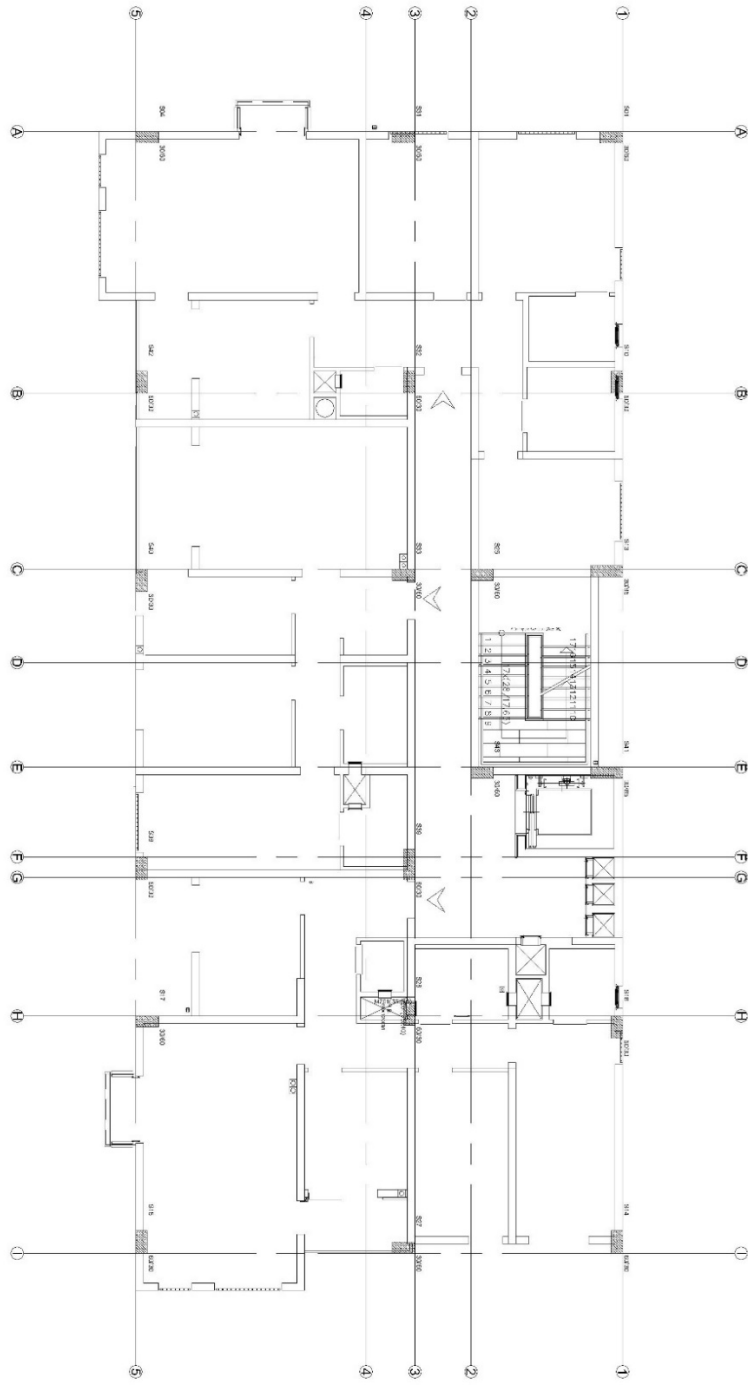
DD-2 deprem yer hareketi düzeyi için alınan bilgiler DD-1 deprem yer hareketi düzeyi içinde alınmış ve yapının inşa edildiği yerin depremselliği, faya yakınlığı gibi parametrelere bakılarak seçilen 11 deprem kaydı Peer Ground Motion Database deprem kaydı veri tabanından alınan verilere göre bu deprem kayıtları aşağıda verilen hedef spektrumlara göre ölçeklenmiştir. Ölçekleme sonucunda hedef spektrumlara göre ölçeklenmiş deprem verileri ETABS sonlu eleman paket programına girilmiştir.



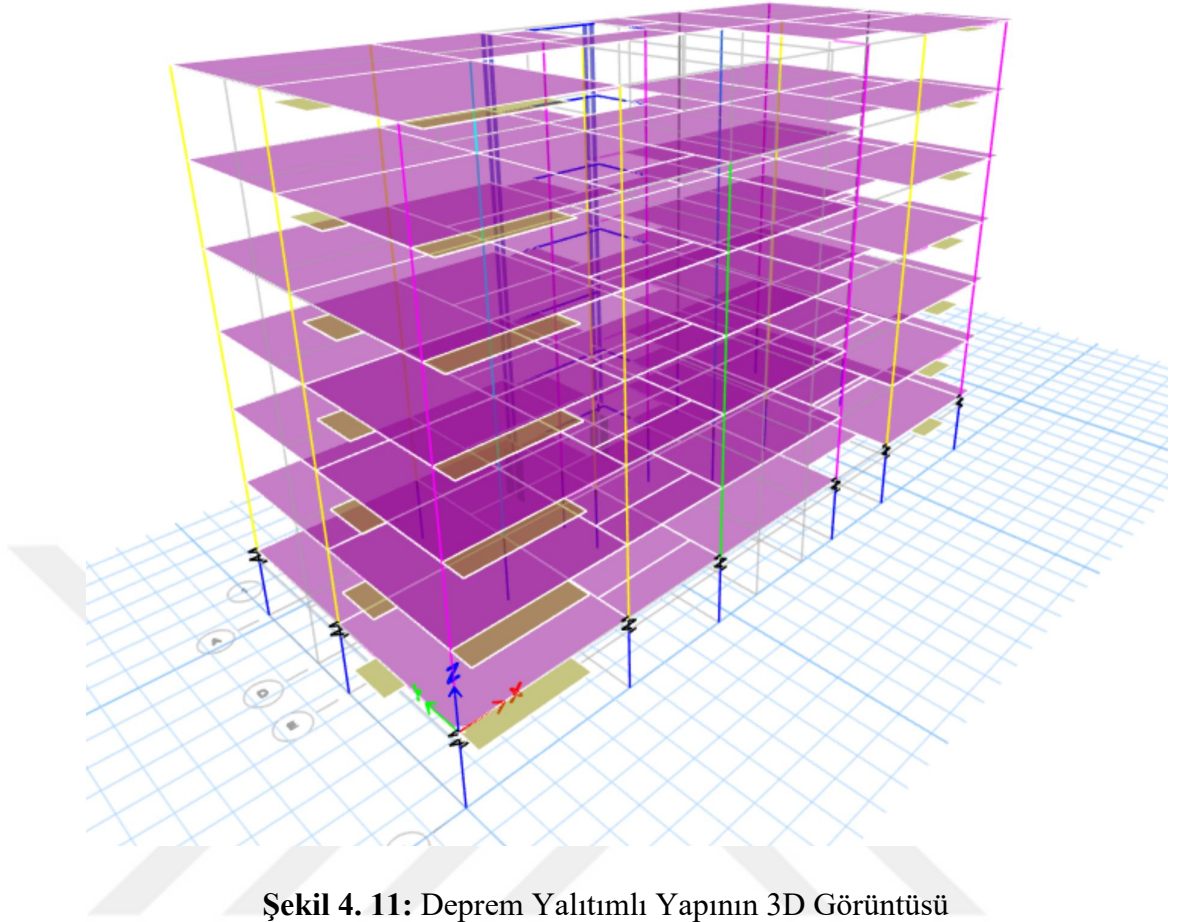
Şekil 4. 9: Ölçekleme İçin Kullanılan Elastik Yatay Tasarım Spektrumları

4.3. Tasarımı yapılan Deprem Yalıtımlı Binanın Özellikleri

Toplu Konut İdaresi tarafından uygulaması yapılmış olan ve geleneksel ankastre mesnet olarak tasarlanmış yapının dış kontur ölçüleri değiştirilmeden, tüm taşıyıcı sistemi değiştirilmiştir fakat yüklerde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Yapıdaki tüm kolonların bodrum kat tavanına deprem yalıtım birimleri yerleştirilmiştir. Deprem yalıtımlı yapılarda yalıtım birimlerinde çekme kuvveti oluşturarak yalıtım birimlerinde ayrılmaya neden olacağı için yapıda bulunan bütün perdeler kaldırılmış ve çerçeve sisteme dönüştürülmüştür. Taşıyıcı sistemi değiştirilmiş haliyle oluşan kalıp planı ve 3D görüntüsü aşağıda gösterildiği gibidir.



Şekil 4. 10: Analizi yapılan Deprem Yalıtımlı Yapının Kalıp Planı



Şekil 4. 11: Deprem Yalıtımlı Yapının 3D Görüntüsü

4.3.1. Deprem yalıtımı Birimi Ön Tasarımı

Eğri Yüzeyleli Sürtünmeli Yalıtım Biriminin ön tasarımı yapılırken DD-1 depremi için alt sınır değerleri, DD-2 için üst sınır değerli kullanılmıştır. Aşağıda yalıtım birimin DD-1 depremi için performans hesabını el ile çözümü verilmiştir.

Sürtünme Katsayısı $\mu=0.005$

Eğrilik yarıçapı $R= 3000$ mm alınmıştır.

Dinamik sürtünme katsayısı DD1 depremi için eğri yüzeyleli sürtünmeli deprem yalıtım birimi hesabında λ_{alt} hesaplanmalıdır. Yalıtım birimi üreticisinden gelecek veriler ile λ_{alt} ve $\lambda_{üst}$ değerleri farklı değerler alabilir. Tablo 4.1’de TBDY 2018’de bulunan sınır değerler tablosu verilmiştir.

Tablo 4.1
TBDY 2018 Sınır Değerler

λ	Alt	Üst
λ_{ae}	1	1.20
λ_{deney}	0.70	1.30
λ_{spek}	0.85	1.15

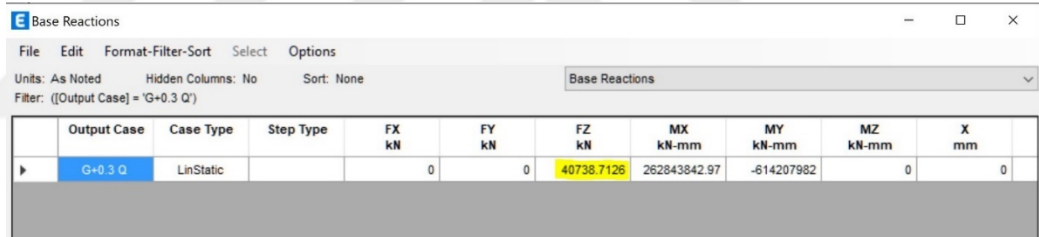
$$\lambda_{üst} = [1 + 0.75(\lambda_{ae, üst} - 1)] \lambda_{deney, üst} \lambda_{spek, üst}$$

$$\lambda_{alt} = [1 - 0.75(1 - \lambda_{ae, alt})] \lambda_{deney, alt} \lambda_{spek, alt}$$

Bu tezde $\lambda_{üst} = 1.6$, $\lambda_{alt} = 0.8$ değerleri hesaplamalara dahil edilmiştir.

Deprem yalıtım birimi ön tasarımında kullanılmak üzere sismik ağırlık W, Etabs programının tanımlanan ve G+0.3 Q yüklemesinden aldığımız değerdir.

W= 40738 kN



Output Case	Case Type	Step Type	FX kN	FY kN	FZ kN	MX kN-mm	MY kN-mm	MZ kN-mm	X mm
G+0.3 Q	LinStatic		0	0	40738.7126	262843842.97	-614207982	0	0

Şekil 4. 12: ETABS Programından Alınan Sismik Ağırlık

Deprem yalıtım birimi ön tasarımında hesabı yapılırken Dr. Cüneyt Tüzün ve Dr. Bahadır Şadan'ın 6. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı kapsamından vermiş olduğu “Deprem Yalıtımlı Sistemlerin Tasarımı Eğitimi” notlarından yararlanılmıştır. (Tüzün & Şadan, 2021)

Başlangıç yer değiştirmeyi $\Delta_i = 600$ mm alınmıştır.

$$1- F = \mu W + \frac{W}{R} \Delta_i = 0.04 \times 40738 + \left(\frac{40738}{3000} \right) \times 600 = 9777.12 \text{ kN}$$

$$2- F = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} = 3.48 \text{ s} < 6 \text{ s} \quad \checkmark$$

$$3- K_{ef} = \frac{F}{\Delta_i} = \frac{9777.12}{0.600} = 16295,2 \text{ kN/m (Etkin Rijitlik)}$$

$$4- T_{ef} = 2\pi \sqrt{\frac{W}{K_{ef}g}} = 3.17 \text{ s (Etkin Periyot)}$$

$$5- \beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu}{\mu + \frac{\Delta_i}{R}} \right] = \%10,61 \text{ (Etkin Sönüm Oranı)}$$

$$6- \eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \beta_e}} = 0.800$$

$$7- D_M = 1.3 \left(\frac{g}{4\pi^2} \right) T_M^2 \eta_M S_{ac}^{(DD-2)}(T_M) = 646 \text{ mm}$$

Hesap adımları ile başlangıçta tahmin edilen yalıtım birimi ye değiştirmesi ile aynı çıkmadığından hesap sonucu bulduğumuz yer değiştirmeyi başlangıç yer değiştirmesi Δ_i kabul edip işlemleri tekrarlamamız gerekir. Biri dizi iterasyon sonucunda $\Delta_i = 674 \text{ mm}$ değerinde yakınsama sağlanır ve hesap sonuçlandırılır. Bu iterasyon işlemi için excelde hazırlanmış programın görüntüsü ekteki gibidir.

DD-2 ÜST SINIR HESABI			
Üst Sınır ürtünme Katsayısı, $\mu_{üst}$	0.08	Δ_i	185 mm
Elastik ivme katsayısı, S_{ae}	0.204		
Taban Kesme Kuvveti, V_b/W	14.18%		
Taban Kesme Kuvveti, V_b	5775.38 kN		
Etkin Rijitlik, K_e/W	76.51%		
Etkin Rijitlik, K_e	31166.6 kN/m		
İzolator Etkin Rijitliği, K_i	1558.33 kN/m		
Etkin Periyot, T_e	2.29 s		
Etkin Sönüm Oranı, β_e	35.92%	30%	
Sönüm ölçekleme Katsayısı	0.535		
İzolator Yer Değiştirmesi, D_d	185 mm		
DD-1 ALT SINIR HESABI			
Alt Sınır ürtünme Katsayısı, μ_{alt}	0.04	Δ_i	674 mm
Elastik ivme katsayısı, S_{ae}	0.246		
Taban Kesme Kuvveti, V_b/W	26.46%		
Taban Kesme Kuvveti, V_b	10777.9 kN		
Etkin Rijitlik, K_e/W	39.27%		
Etkin Rijitlik, K_e	15998.1 kN/m		
İzolator Etkin Rijitliği, K_i	799.90 kN/m		
Etkin Periyot, T_e	3.20 s		
Etkin Sönüm Oranı, β_e	9.63%	30%	
Sönüm ölçekleme Katsayısı	0.827		
İzolator Yer Değiştirmesi, D_M	674 mm		

Şekil 4. 13: Eğri Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtım Biriminin Tasarımı İçin

Hazırlanan Excel Programı

Tasarım için sürtünme katsayısı $\mu=0.005$, izolator eğrilik yarıçapı $R=3.0 \text{ m}$, hedef izolator yerdeğiştirmesi DD-2 depremi üst sınır için yapılan hesapta $D=0.185 \text{ m}$ ve DD-1 depremi alt sınır için yapılan hesapta $D=0.674 \text{ m}$ olarak iterasyon sonucu bulunmuştur. Bu değerler için tasarım yapılmış, hedef periyotlar DD-2 depremi

4.3.2. Eğri Yüzeyle Sürtünmeli Yalıtım Biriminin ETABS Programında Tanımlanması

Link Property Data

General

Link Property Name: P-Delta Parameters:

Link Type: Acceptance Criteria:

Link Property Notes: None specified

Total Mass and Weight

Mass: ton Rotational Inertia 1: ton-m²

Weight: kN Rotational Inertia 2: ton-m²

Rotational Inertia 3: ton-m²

Factors for Line and Area Springs

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property: m

Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property: m²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
☒ U1	☐	☒	Modify/Show for U1...	☐ R1	☐	☐	Modify/Show for R1...
☒ U2	☐	☒	Modify/Show for U2...	☐ R2	☐	☐	Modify/Show for R2...
☒ U3	☐	☒	Modify/Show for U3...	☐ R3	☐	☐	Modify/Show for R3...

Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases:

Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping:

Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor:

57

Link/Support Directional Properties

Identification

Property Name: Link2

Direction: U2

Type: MultiLinear Plastic

NonLinear: Yes

Hysteresis Type and Associated Parameters

Hysteresis Type: Kinematic

No Parameters are Required for this Hysteresis Type

Linear Properties

EFEKTİF RÜJİTLİK

Effective Stiffness: 165363 kN/m

Effective Damping: 0 kN-s/m

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0 m

MultiLinear Force-Displ Relation

HİSTERSİZ VERİLERİ

Pt	Displ (m)	Force (kN)
1	-0.185	-288.77
2	-0.001	-162.95
3	0	0
4	0.001	162.95
5	0.185	288.77

Add Row Delete Row Reorder Rows

Max: (0.185, 288.77); Min:

Hysteresis Definition Diagram

Kinematic Hysteresis Model

Action

Deformation

OK Cancel

Şekil 4. 15: Çoklu Lineer Plastik Deprem Yalıtım Biriminin Özelliklerinin Tanımlanması

4.3.3. Seçilen ve Ölçeklenen Deprem Kayıtları

- Deprem yer hareketlerinin seçilmesinde (PEER) New Generation Attenuation (NGA) Veri Bankası PEER, 2019) kullanılmıştır. (Peer, 2019)
- Deprem moment büyüklüğü, $MW = 6.2 - 7.51$ Aralığında deprem yer hareketleri seçilmiştir.
- Tüm tasarım spektrumları ve Bileşke spektrumlar, %5 sönüm oranı için elde edilmiştir.
- Bileşke spektrum, deprem yer hareketinin iki bileşenine ait spektrumların karelerinin toplamının karekökü alınarak elde edilmiştir.
- Bir veya iki boyutlu hesap için seçilen tüm deprem kayıtlarına ait spektrumların ortalamasının 0.5TM ve 1.25TM periyotları arasındaki genliklerinin, TBDY 2.3.4 ve 2.4.1'e göre tanımlanan tasarım spektrumunun aynı periyot aralığındaki genliklerinden küçük olmaması şartına göre, deprem kayıtları ölçeklendirilecektir. Her iki yatay bileşenin ölçeklendirilmesi için aynı ölçek katsayısı kullanılacaktır. (TBDY, 2018)

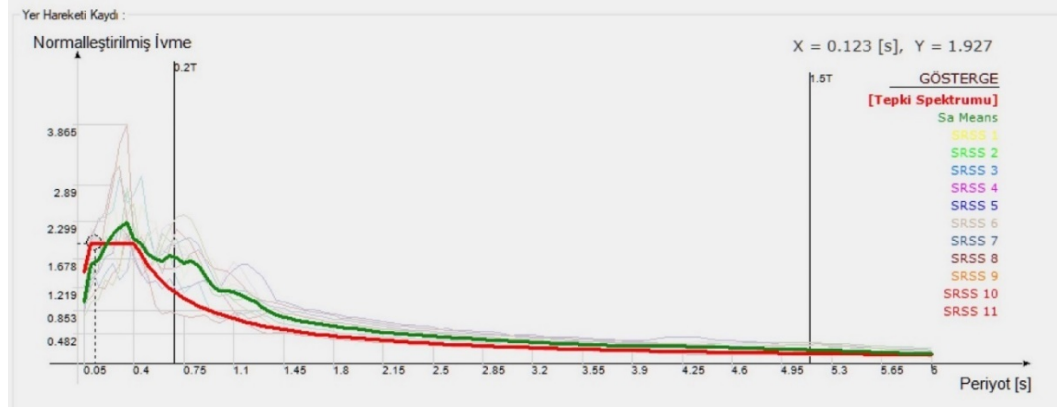
- TBDY 2018 Bölüm 2.5.3 belirtildiği üzere seçilen deprem kayıtları Deprem Kayıtlarının Spektral Uyuşum Sağlanacak Şekilde veri tabanında ölçeklenmiştir.

Tablo 4. 2
Seçilen Deprem Yer Hareketlerinin Karakteristik Özellikleri

NO	RSN	İSTASYON	DEPREM İSMİ	YIL	Mw	Ölçek Katsayısı
1	6	El Centro Array #9	Imperial Valley-02	1940	6.95	2.56954
2	15	Taft Lincoln School	Kern County	1952	7.36	3.80171
3	164	Cerro Prieto	Imperial Valley-06	1979	6.53	3.1696
4	266	Chihuahua	Victoria, Mexico	1980	6.33	3.60326
5	302	Rionero In Vulture	Irpinia, Italy-02	1980	6.2	5.75858
6	779	LGPC	Loma Prieta	1989	6.93	0.857748
7	1084	Sylmar - Converter Sta	Northridge-01	1994	6.69	0.705746
8	1106	KJMA	Kobe, Japan	1995	6.9	0.715567
9	1176	Yarimca	Kocaeli, Turkey	1999	7.51	1.54961
10	1614	Lamont 1061	Duzce, Turkey	1999	7.14	4.89225
11	3759	Whitewater Trout Farm	Landers	1992	7.28	5.39977

Seçilen 11 deprem ve karakteristik özellikleri yukarıda verilmiştir. Bu değerler raporda deprem tasarım spektrumlarına etkilerinin gösterilmesi için elde edilen DD-1 deprem seviyesi için elde edilen Geometrik Ortalama Tehlike Spektrumu ile karşılaştırılmıştır. Kuralına göre deprem yer hareketi bileşenlerinin genlikleri ölçeklendirilecektir.

TBDY 2018 Bölüm 2.5.2'ye uygun olarak 0.2Tp ve 1.5Tp periyotları arasındaki genlikleri 1.3'ten büyüktür. Bu durum Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 16: Spektral İvme Bileşke Spektrumları Ve Ortalamaları

4.3.4. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Analiz

Yapının analiz modeline Tablo 4.2’te verilen 11 adet deprem kaydı ve yatayda birbirine dik (X) ve (Y) doğrultularındaki deprem Analiz yapılırken X ve Y yönleri de dahil edilerek 2x11 olmak üzere 22 adet deprem kaydı seçilerek analiz sistemine aşağıda gösterildiği gibi eklenmiştir. Yapıda ki nonlineerite sadece yalıtım birimlerinde olduğu için için çözüm yöntemi olarak Time History Nonlinear Modal (FNA) kullanılmıştır.

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	TH1-1/1	9.81
Acceleration	U2	TH1-2/1	9.81

Şekil 4. 17: Zaman Tanım Alanında (FNA) Deprem Kaydı Yükleme

5. SAYISAL UYGULAMALAR VE MALİYET HESAPLARI

5.1. Ankastre Mesnetli Binanın Tasarımı

5.1.1. Ankastre Mesnetli Binanın Modal Analiz Sonuçları

TBDY 2018 Madde 4.8.1.2 'de modal hesap yöntemlerinde hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı her iki doğrultuda hesaplanan taban kesme kuvveti toplam kütlelerinin her iki yöne %95 ve %3'ten büyük olan her mod dikkate alınması gerekmektedir. Ankastre mesnetli bina için yapılan modal analize bakıldığında ilk 48 modun dikkate alınmasının yeterli olduğu görülmektedir. Aşağıda ankastre mesnetli binanın modal analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 1
Ankastre Mesnetli Bina İçin Modal Analiz Sonuçları

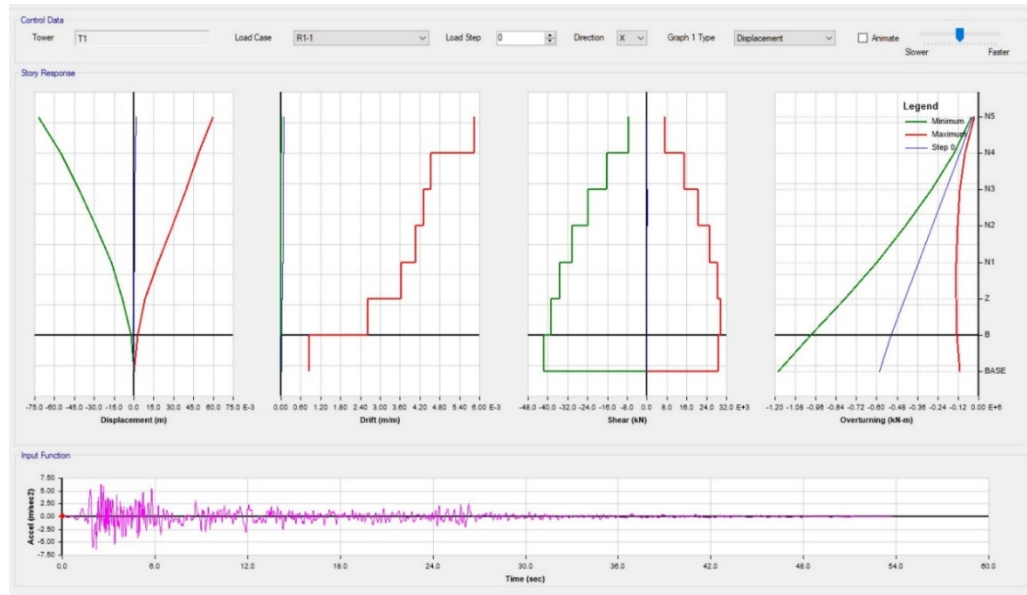
Modal Kütle katılım oranları					Toplam		
Mod	Periyot(s)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	0.515	0.081	0.0323	0.0001	0.081	0.032	0.000
2	0.337	0.023	0.6122	0.0002	0.104	0.644	0.000
3	0.282	0.565	0.0091	0	0.669	0.654	0.000
4	0.153	0.0101	0.0198	0.0007	0.679	0.673	0.001
5	0.136	0.0062	0.0235	0	0.685	0.697	0.001
6	0.113	0.0008	0.0117	0.0058	0.686	0.709	0.007
7	0.107	0.0047	0.0526	0.002	0.691	0.761	0.009
8	0.095	0.0044	7.36E-06	0.0095	0.695	0.761	0.018
9	0.091	0.0003	0.0035	2.59E-05	0.696	0.765	0.018
10	0.089	0.0239	0.0002	0.0076	0.720	0.765	0.026
11	0.089	0.0022	0.0032	0.0032	0.722	0.768	0.029
12	0.088	0.0047	0.0001	0.0221	0.726	0.768	0.051
13	0.087	1.105E-05	3.81E-05	0.001	0.726	0.768	0.052
14	0.085	0.0327	4.2E-06	0.0031	0.759	0.768	0.056

15	0.084	0.0246	0.0382	0.0032	0.784	0.806	0.059
16	0.083	0.0026	0.0163	0.0037	0.786	0.823	0.063
17	0.08	0.0028	0.0082	0.0116	0.789	0.831	0.074
18	0.08	0.0113	1.65E-06	0.0004	0.800	0.831	0.074
19	0.079	0.003	0.0007	0.0168	0.803	0.832	0.091
20	0.078	0.0388	0.0073	0.0026	0.842	0.839	0.094
21	0.078	0.0005	0.0028	0.0061	0.843	0.842	0.094
22	0.076	0.0001	3.08E-05	0.006	0.843	0.842	0.100
23	0.072	0.0006	0.0029	0.0008	0.843	0.845	0.106
24	0.072	0.0048	0.02	0.0023	0.848	0.865	0.107
25	0.069	0.0002	0.0006	0.0209	0.848	0.865	0.109
26	0.068	0.0002	0.0008	0.0189	0.849	0.866	0.130
27	0.067	0.0016	0.0019	0.0018	0.850	0.868	0.149
28	0.064	0.0011	0.0012	0.0013	0.851	0.869	0.151
29	0.059	0.0032	0.0009	0.0079	0.855	0.870	0.152
30	0.057	1.779E-05	0.0051	0.0031	0.855	0.875	0.160
31	0.057	0.0005	0.0001	0.2776	0.855	0.875	0.163
32	0.053	0.0008	0.0001	0.1819	0.856	0.875	0.441
33	0.052	0.0072	0.0003	0.0109	0.863	0.875	0.622
34	0.048	0.0004	0.0203	3.7E-05	0.863	0.896	0.633
35	0.048	6.801E-07	0.0004	0.1883	0.863	0.896	0.633
36	0.045	0.0228	0.0013	0.0003	0.886	0.897	0.822
37	0.041	0.0027	0.0183	0.0022	0.889	0.916	0.822
38	0.038	1.636E-05	0.0003	0.0046	0.889	0.916	0.824
39	0.035	0.0147	0.0175	0.0001	0.904	0.934	0.829
40	0.034	0.0167	0.0124	6.52E-06	0.920	0.946	0.829
41	0.031	0.0001	0.0001	0.0081	0.921	0.946	0.829
42	0.027	0.0044	0.0247	0.0002	0.925	0.971	0.837

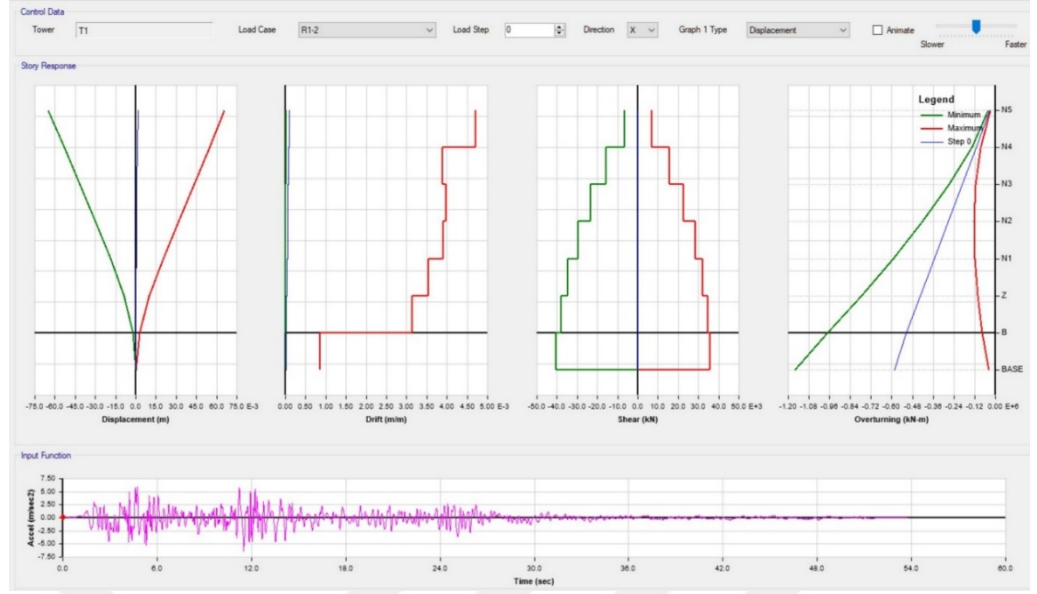
43	0.027	0.0322	0.0032	0.0001	0.957	0.974	0.837
44	0.022	0.0006	0.0001	0.0639	0.958	0.974	0.837
45	0.02	0.0225	0.0047	0.0004	0.980	0.979	0.901
46	0.02	0.008	0.0132	4.85E-05	0.988	0.992	0.902
47	0.013	0.0002	0.0001	0.0523	0.988	0.992	0.902
48	0.013	4.666E-06	0.0076	0.0006	0.988	1.000	0.954

5.1.2. Ankastre Mesnetli Binanın Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları

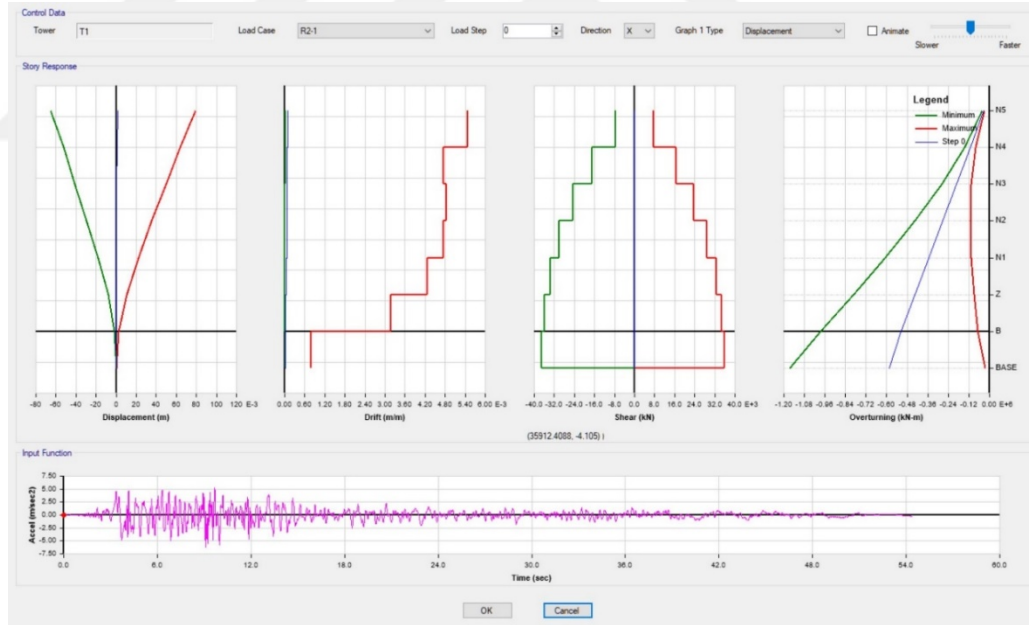
Ankastre mesnetli yapı, DD-1 bir ve DD-2 deprem düzeylerine göre analiz edilmiştir. Her iki yönde de her deprem seviyesi için 11 deprem kaydı sisteme eklenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, deprem sonrasında sistemin kat deplasmanları, görel kat ötelenmeleri, kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri incelenmiştir. Ankastre mesnetli yapının X yönündeki deprem kuvvetine göre oluşan kat deplasmanları, görel kat ötelenmeleri, kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri 11 deprem kaydını ve yatay eksenlerin 90 derece döndürülerek oluşturulmuş 11 deprem durumuyla beraber toplam 22 deprem kayda ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.



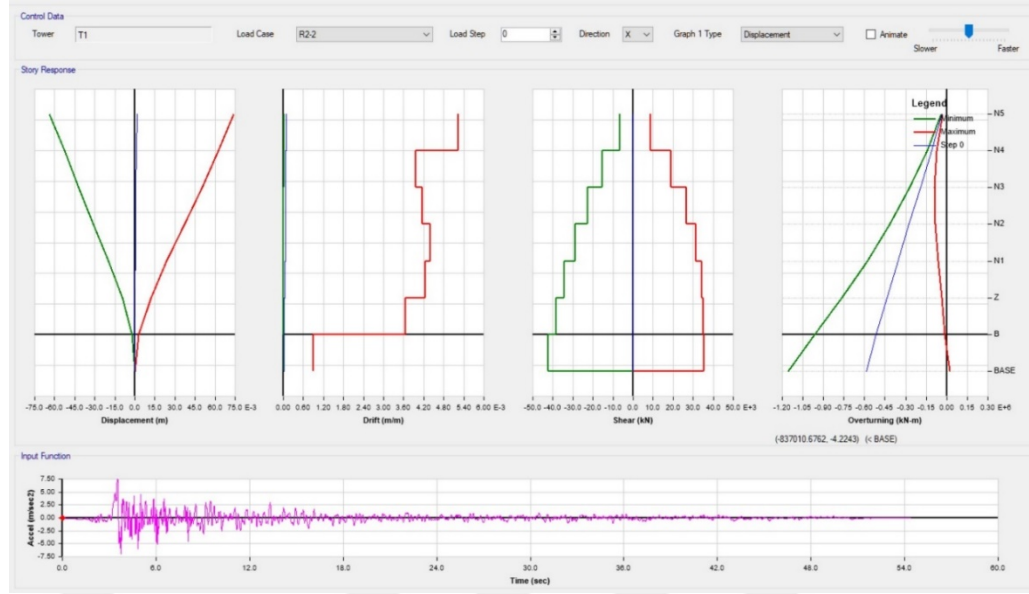
Şekil 5. 1: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 1-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



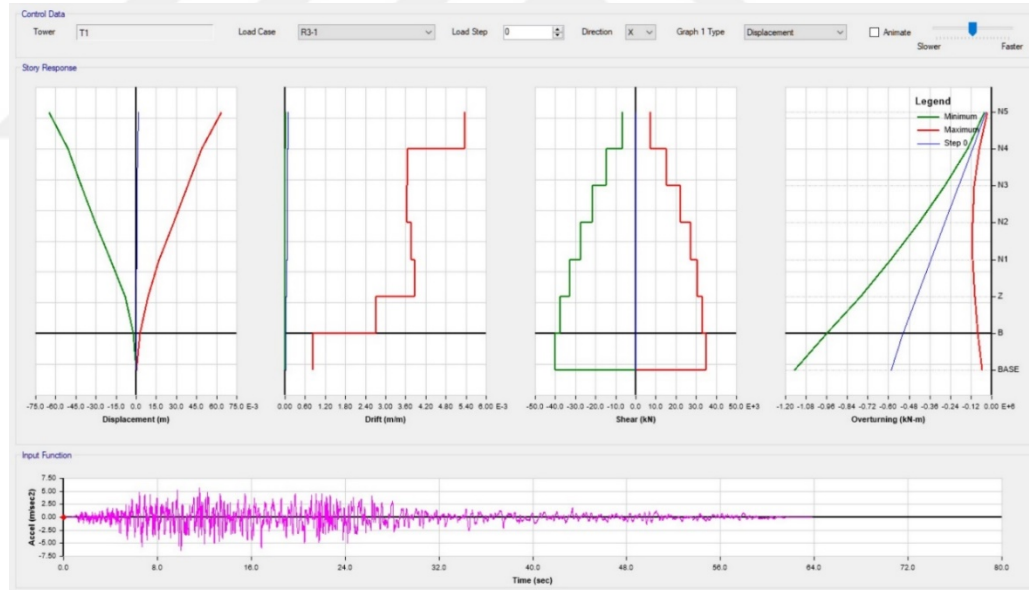
Şekil 5. 2: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 1-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



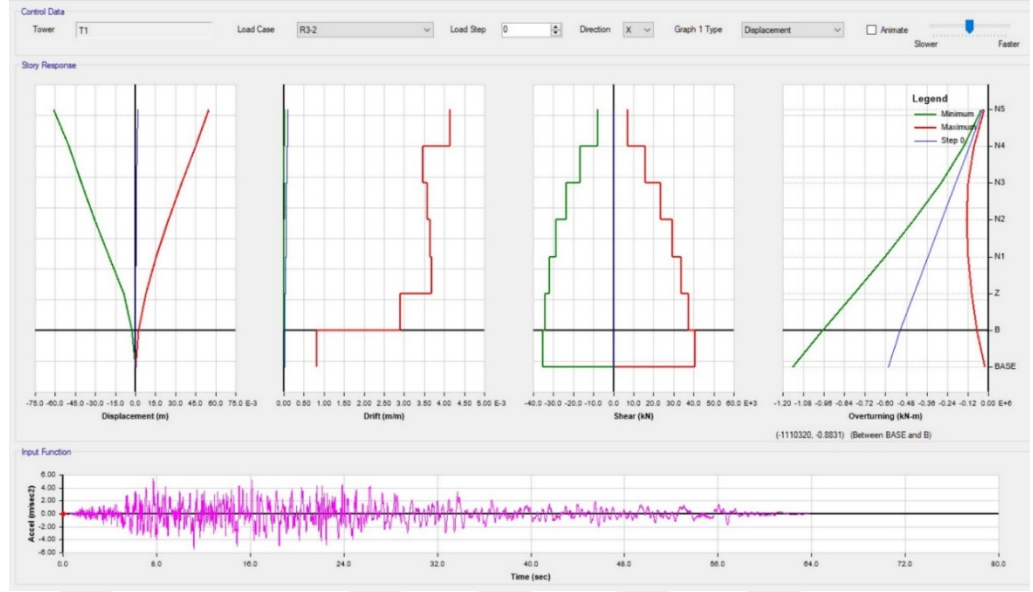
Şekil 5. 3: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 2-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



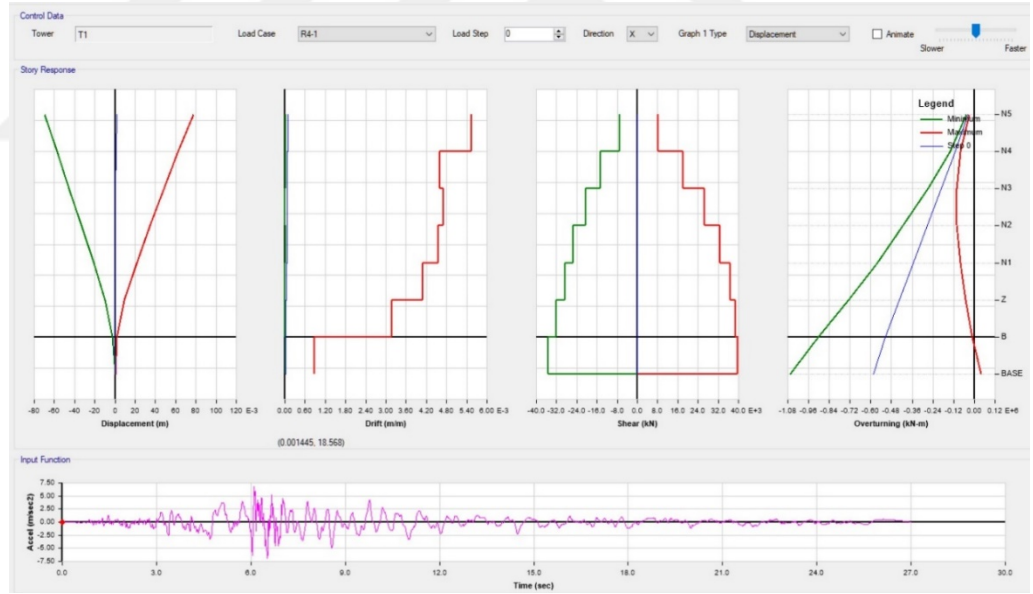
Şekil 5. 4: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 2-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



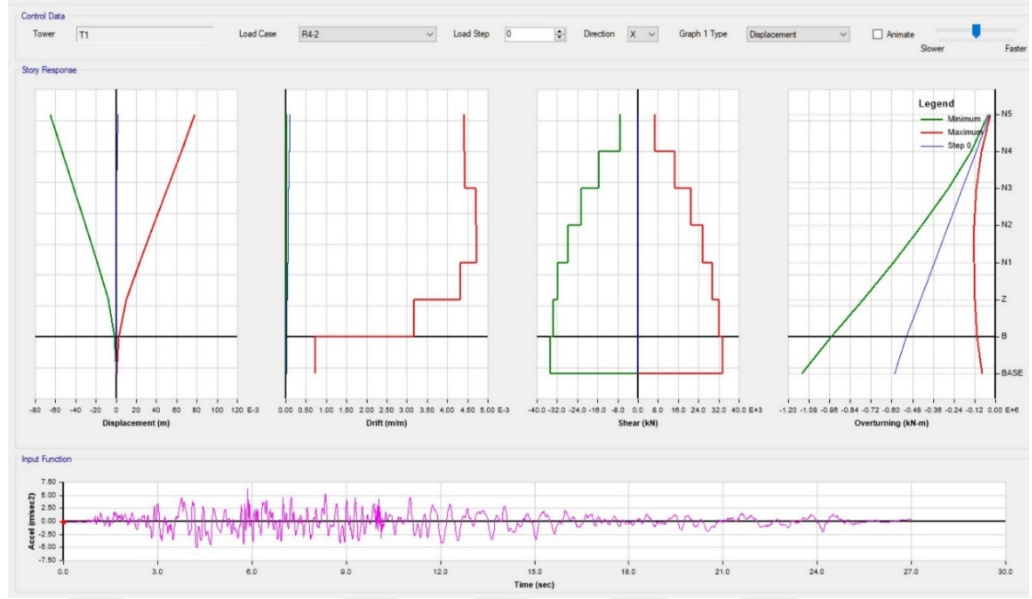
Şekil 5. 5: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 3-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



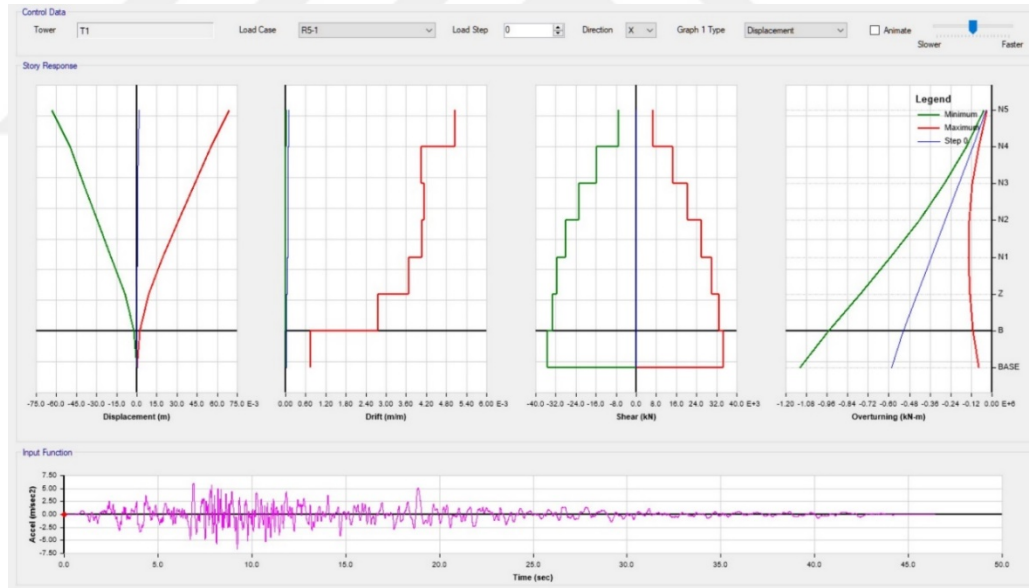
Şekil 5. 6: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 3-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



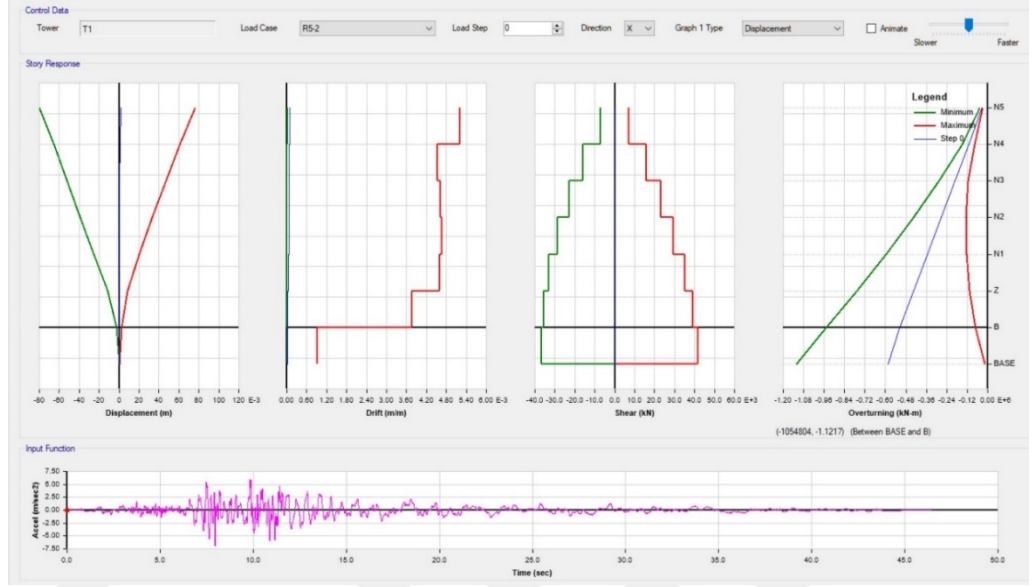
Şekil 5. 7: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 4-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



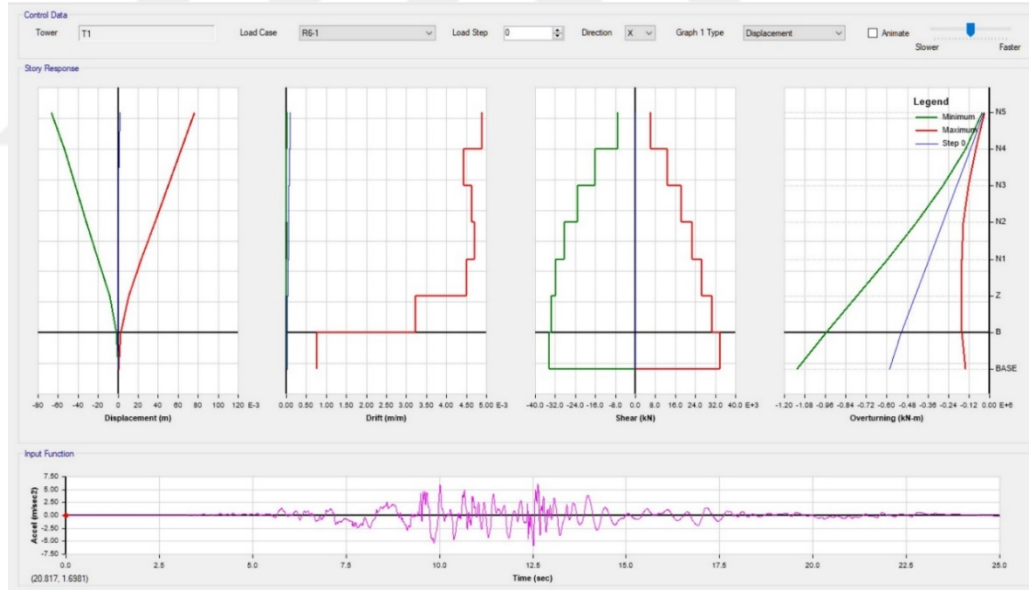
Şekil 5. 8: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 4-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



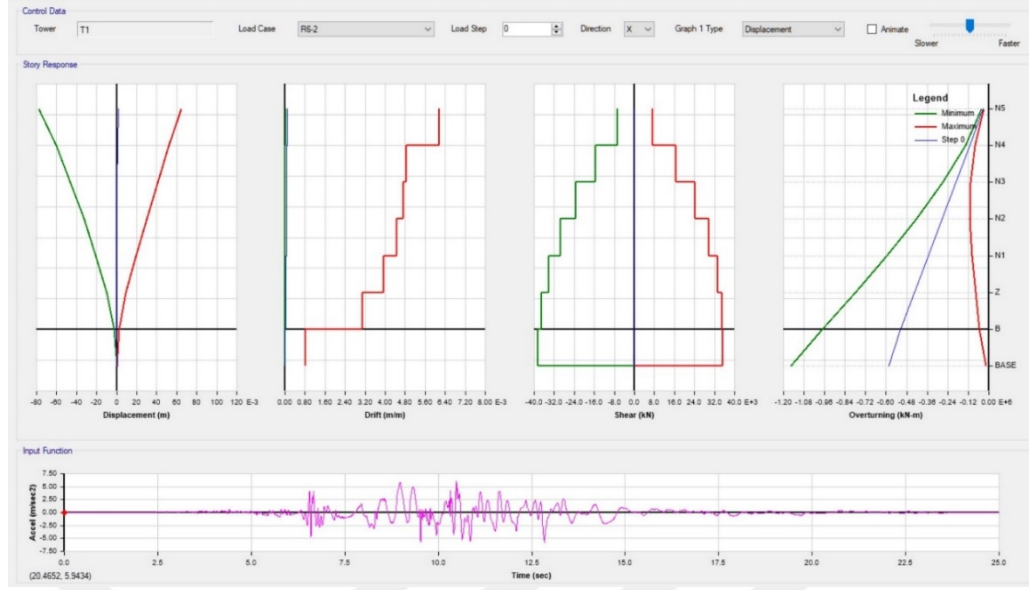
Şekil 5. 9: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 5-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



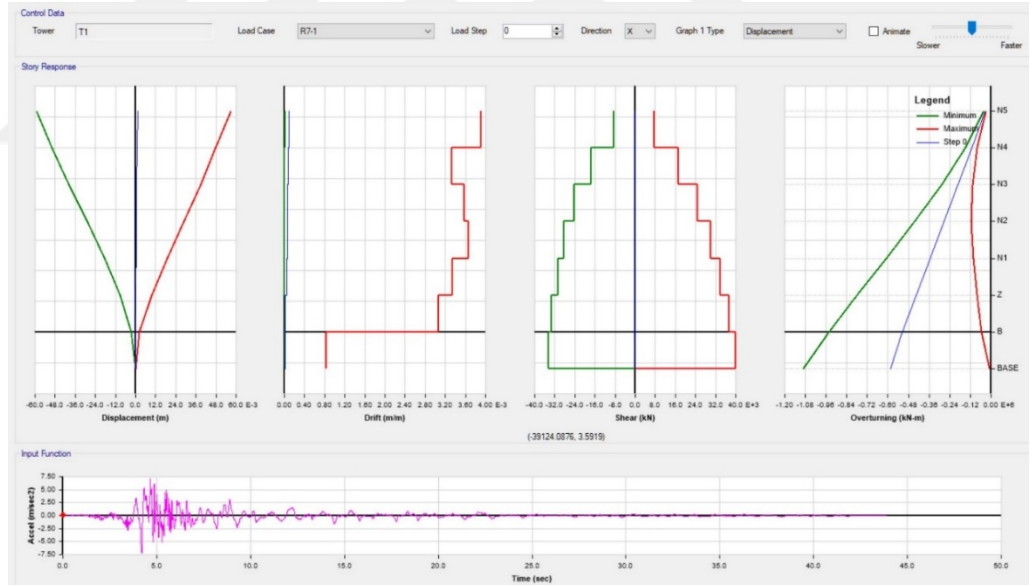
Şekil 5. 10: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 5-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



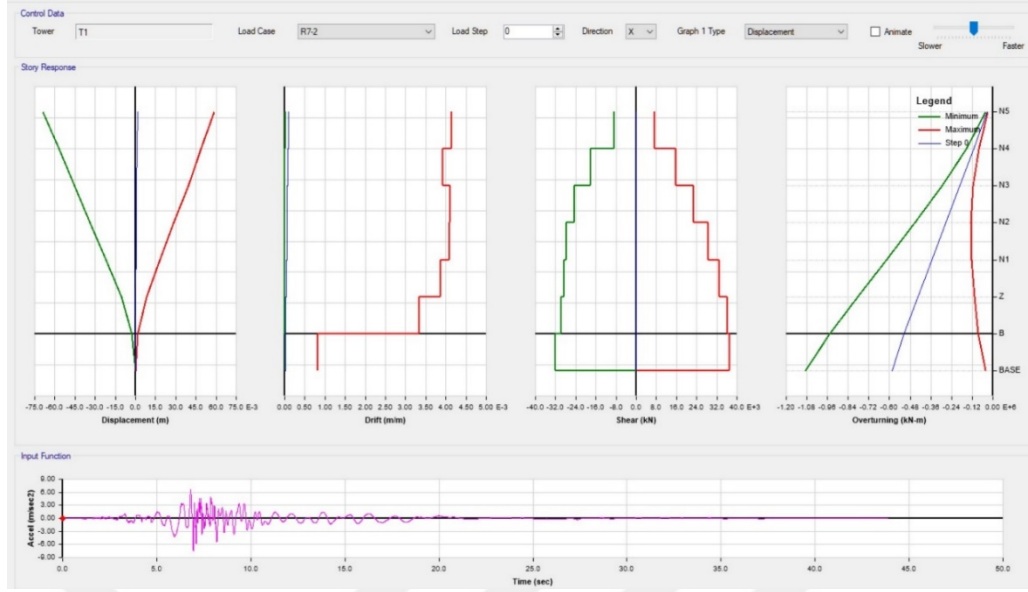
Şekil 5. 11. Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 6-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



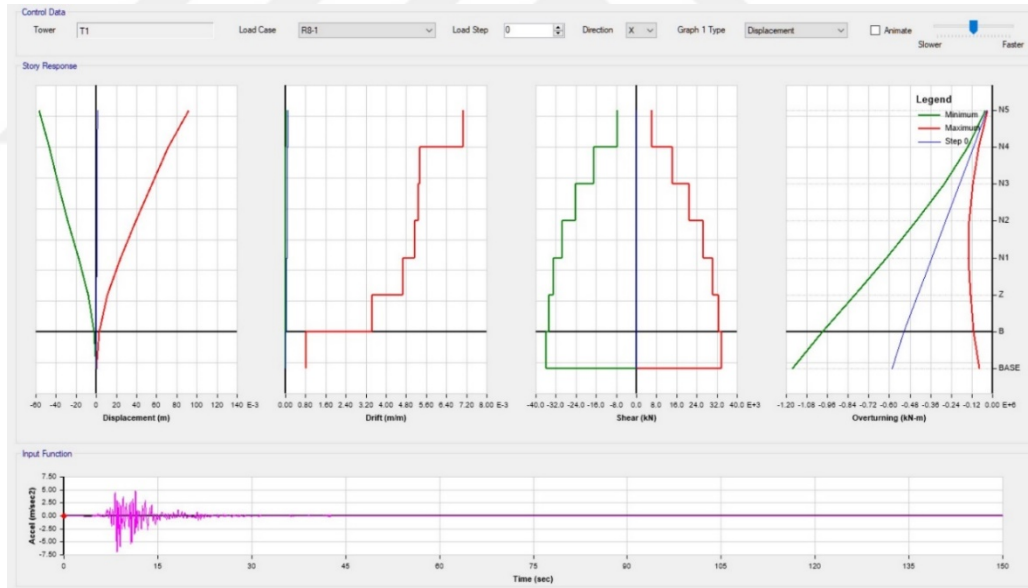
Şekil 5. 12: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 6-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



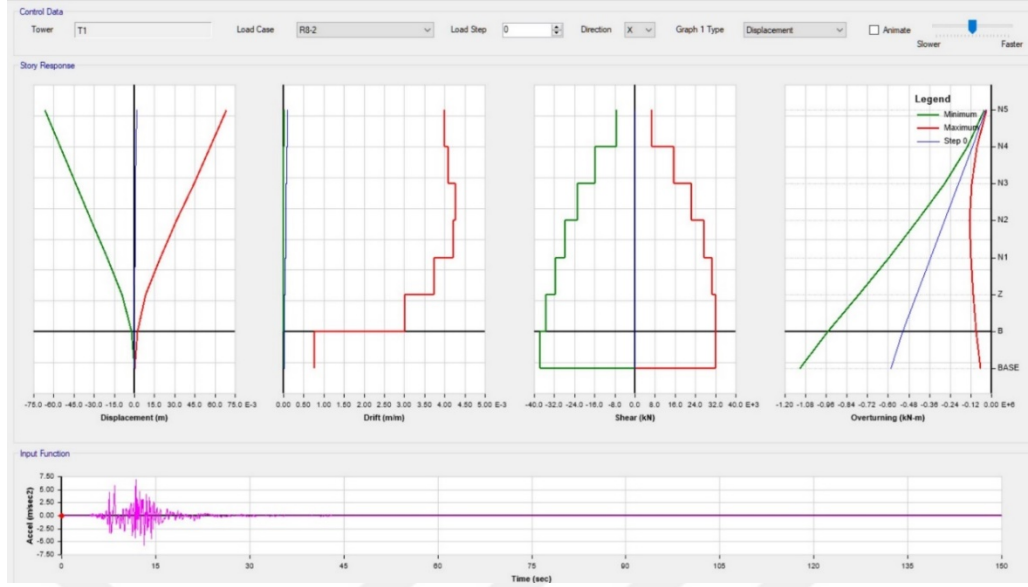
Şekil 5. 13: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 7-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



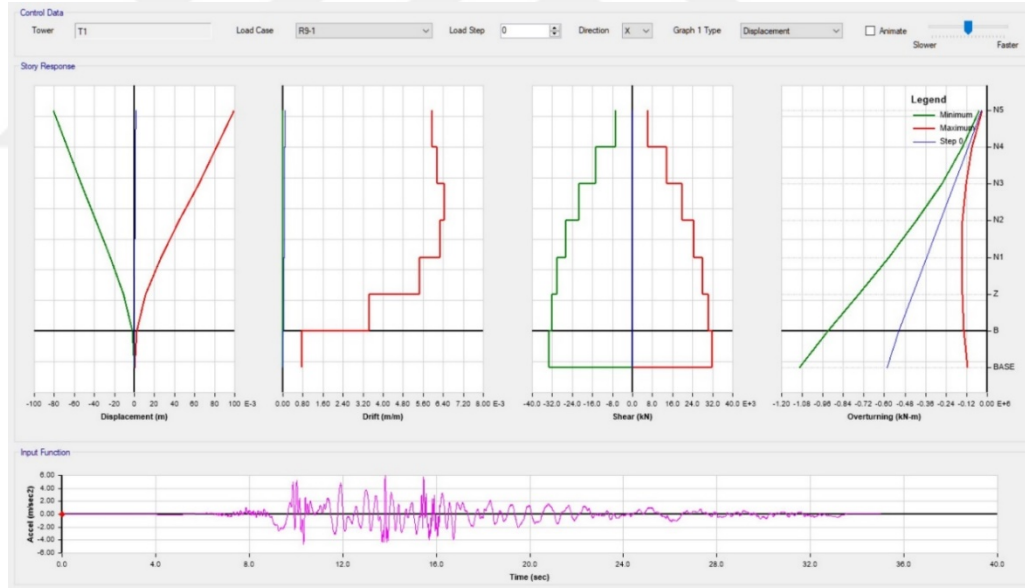
Şekil 5. 14: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 7-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



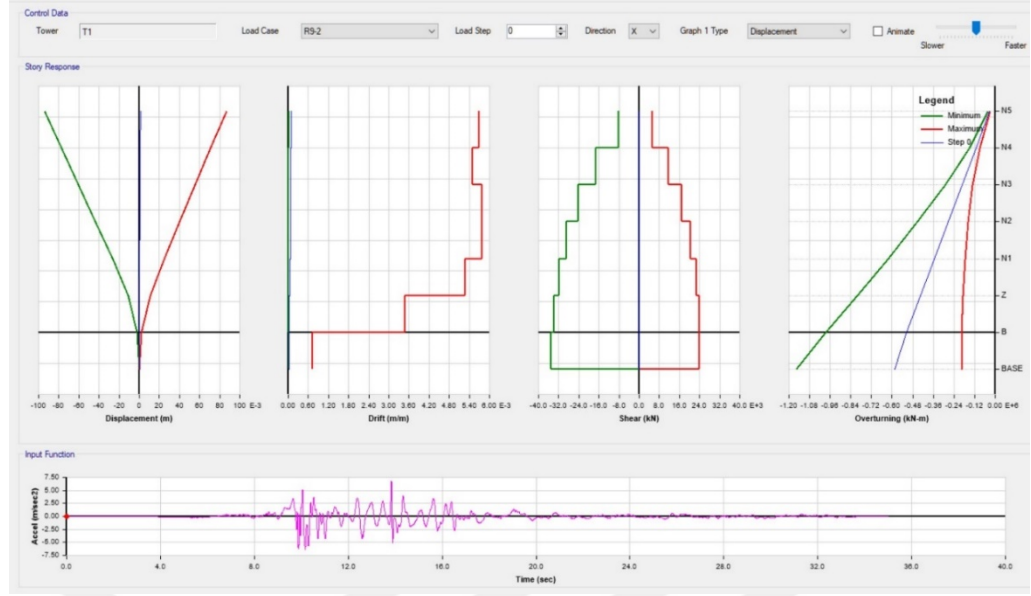
Şekil 5. 15: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 8-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



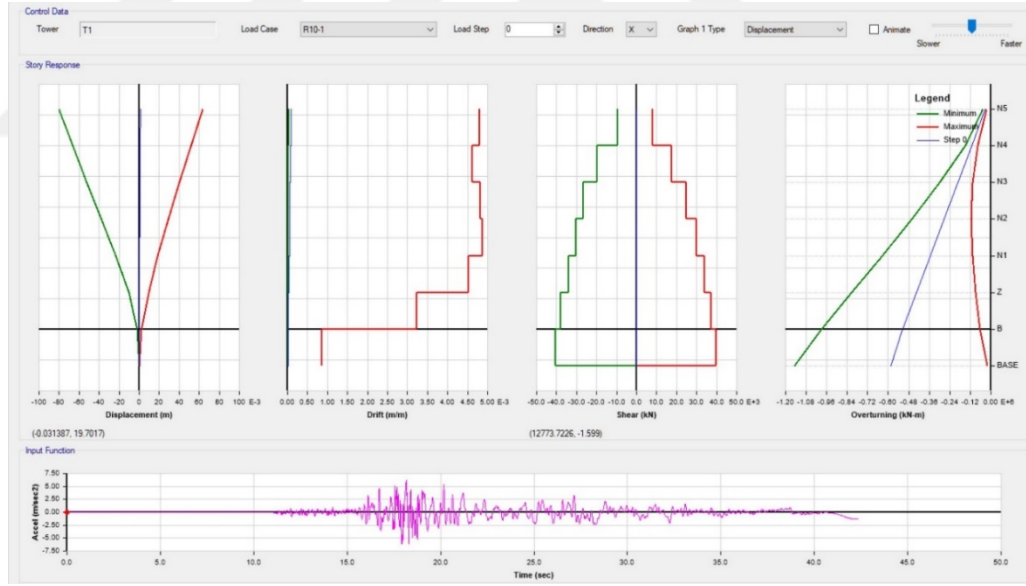
Şekil 5. 16: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 8-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



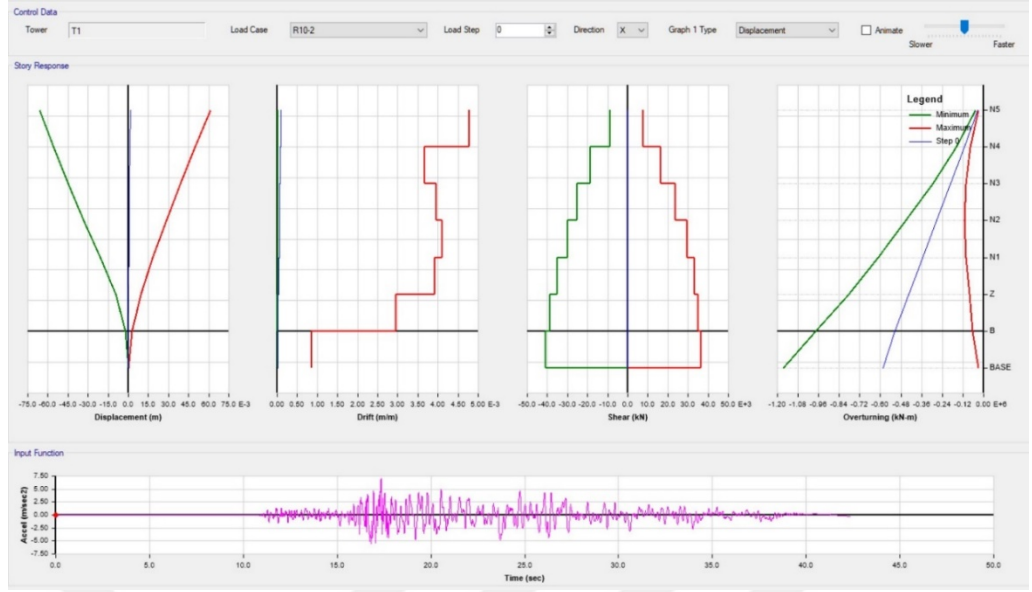
Şekil 5. 17: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 9-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



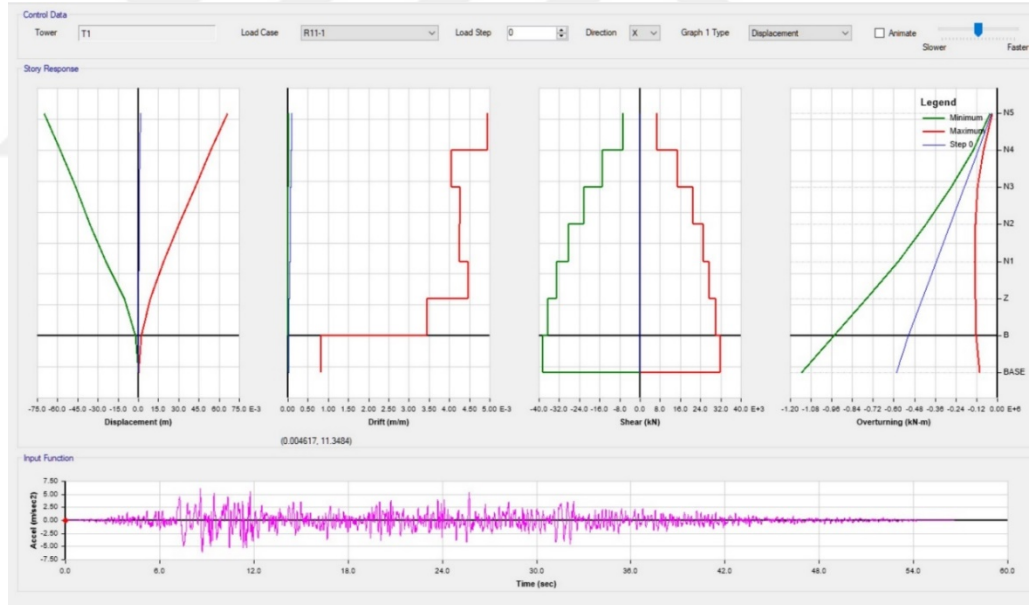
Şekil 5. 18: Ankastre Mesnetli Bina'nın X Yönündeki R 9-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



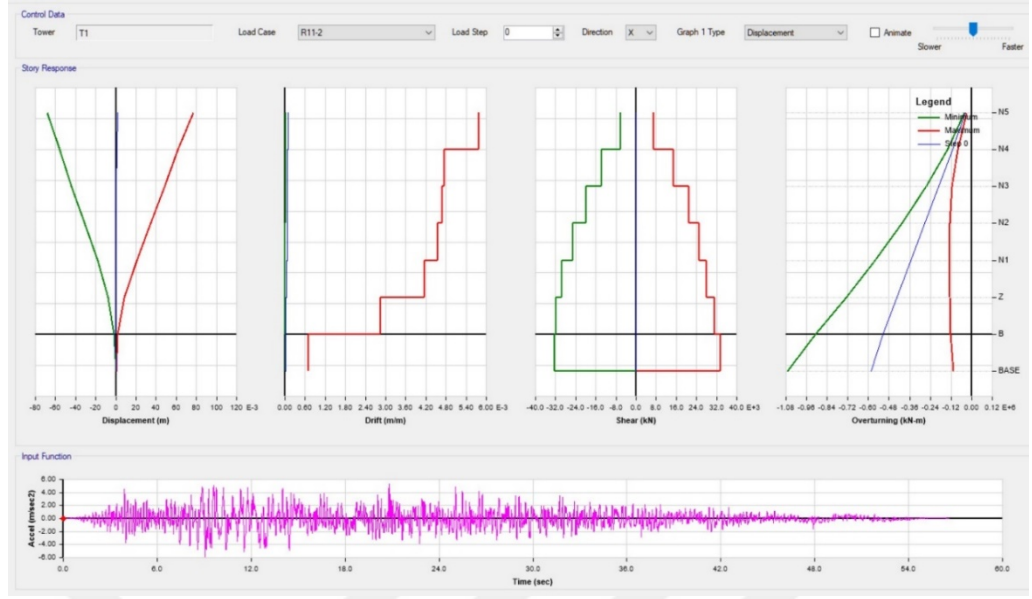
Şekil 5. 19: Ankastre Mesnetli Bina'nın X Yönündeki R 10-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



Şekil 5. 20: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 10-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları

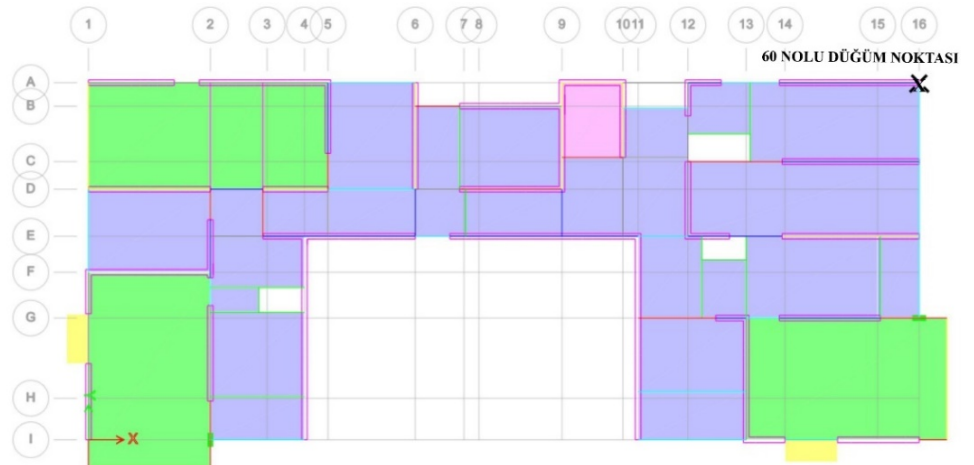


Şekil 5. 21: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 11-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



Şekil 5. 22: Ankastre Mesnetli Binanın X Yönündeki R 11-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları

Ankastre mesnetli yapının kat yerdeğiştirmelerinin belirlenmesi için köşe noktasındaki Şekil 5.23 (16-A Aks Kesişim- Label 60) düğüm noktasının yerdeğiştirmeleri belirlenmiş ve 11 farklı deprem kaydı ve yatay eksenlerin 90 derece döndürülmüş şekliyle toplam 22 deprem durumu için hesaplanmıştır. Aşağıda R 1-1 deprem yüklemesi için sonuçlar ve değişimlerinin grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. 23: Ankastre Mesnetli Binanın Kat Yerdeğiştirmelerinin Değişimi İçin Referans Alınan Düğüm Noktası

Tablo 5. 2
Referans Düğüm Noktasının Kat Seviyesindeki Yerdeğiştirme Sonuçları

KAT	DÜĞÜM NOKTASI	DEPREM YÜKLEMESİ	U _x	U _y	U _z
			mm	mm	mm
N5	60	R1-1	51.158	85.343	8.148
N4	60	R1-1	42.353	69.306	8.118
N3	60	R1-1	33.204	52.761	8.001
N2	60	R1-1	23.807	36.99	7.562
N1	60	R1-1	14.686	22.764	6.5
Z	60	R1-1	6.764	10.998	4.565
B	60	R1-1	1.791	0.635	1.256
BASE	60	R1-1	0	0	0

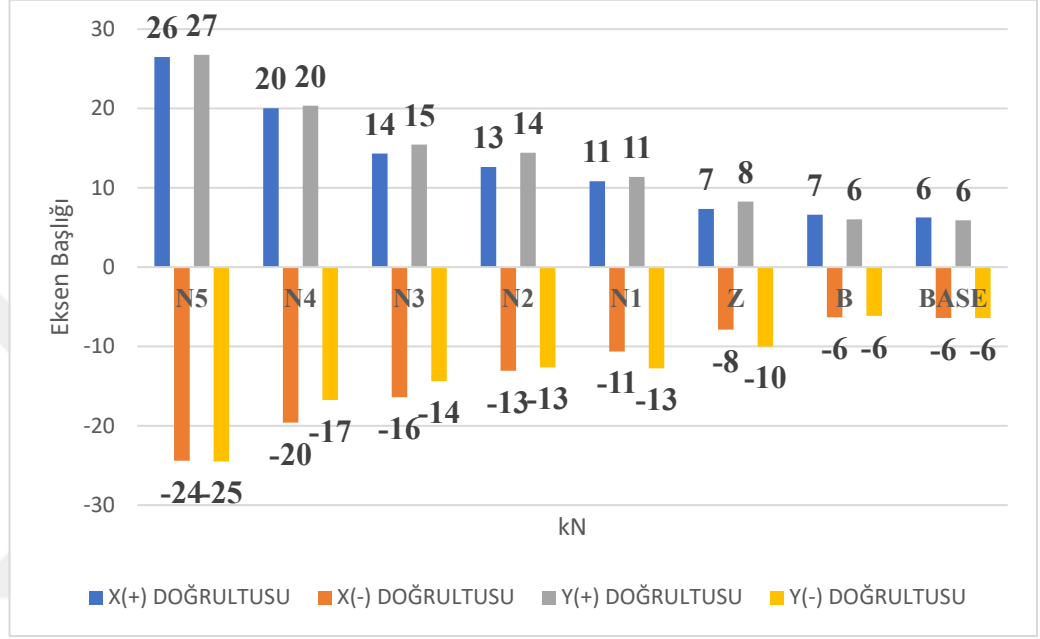
5.1.3. Ankastre Mesnetli Binanın Kat İvmeleri Sonuçları ve Grafikleri

Deprem yalıtımı uygulamasının en önemli etkilerinden biri de kat ivmeleri üzerinde ki azaltıcı etkilerdir. Günümüzde büyük ve özellikli yapıların içinde bulunan yapısal olmayan ve önemli malzemelerin depremlerin oluşturduğu titreşimlerin zararlarından kurtarmak için deprem yalıtım yönteminin etkin bir yöntem olduğu literatürde yer bulmaktadır. Bu özelliğini deprem yalıtımlı sistemle karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve örnek olarak aşağıda R 1-1 ve R 2-1 deprem yüklemelerine göre ankastre mesnetli binanın kat ivmelerinin sonuçları verilmiştir.

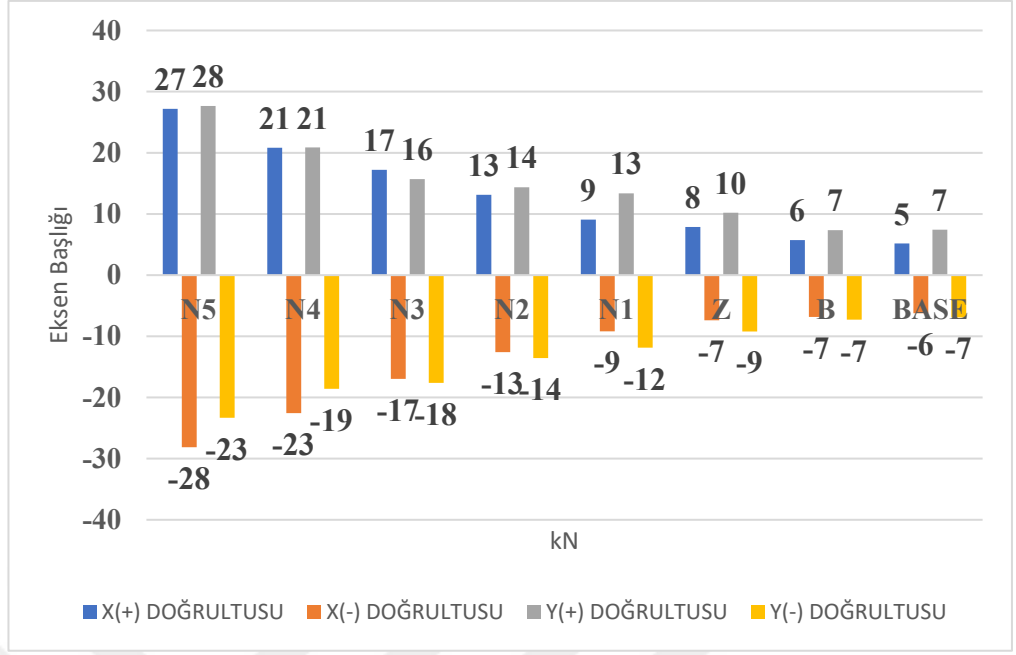
Tablo 5. 3
Ankastre Mesnetli Binanın Kat İvmeleri Sonuçları

KAT	DEPREM YÜKLEMESİ	UX(+)	UX(-)	UY(+)	UY(-)
		m/sec ²	m/sec ²	m/sec ²	m/sec ²
N5	R1-1	26.49	24.41	26.76	24.51
N4	R1-1	20.02	19.60	20.35	16.76
N3	R1-1	14.31	16.40	15.45	14.37
N2	R1-1	12.62	13.06	14.42	12.64
N1	R1-1	10.83	10.64	11.36	12.77
Z	R1-1	7.33	7.88	8.27	10.01
B	R1-1	6.60	6.33	6.02	6.15
BASE	R1-1	6.27	6.40	5.90	6.41
N5	R2-1	27.19	28.12	27.65	23.33

N4	R2-1	20.83	22.57	20.87	18.58
N3	R2-1	17.21	16.97	15.71	17.62
N2	R2-1	13.13	12.60	14.37	13.57
N1	R2-1	9.08	9.20	13.37	11.85
Z	R2-1	7.87	7.37	10.20	9.22
B	R2-1	5.74	6.83	7.35	7.28
BASE	R2-1	5.18	6.22	7.44	6.92



Şekil 5. 24: Ankastre Mesnetli Binanın R 1-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



Şekil 5. 25: Ankastre Mesnetli Binanın R 2-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları

5.1.4. Ankastre Mesnetli Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları

Deprem yalıtımı uygulandığı binanın periyodunu yükselterek yapıyı depremin yıkıcı etkilerinden korumaktadır. Bu durumun en önemli çıktısı ise taban kesme kuvvetleridir. Bu özelliğini deprem yalıtımlı sistemle karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve aşağıda 22 deprem yüklemesine göre ankastre mesnetli binanın taban kesme kuvveti sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 4
Ankastre Mesnetli Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları

DEPREM YÜKLEMESİ	FX (+)	FY (+)	FX (-)	FY (-)
	kN	kN	kN	kN
R1-1	28546.43	36422.28	-42288.79	-37799.34
R1-2	36197.49	26048.46	-40967.12	-42448.28
R2-1	36079.45	36833.17	-37325.91	-40716.89
R2-2	36031.28	34968.90	-43281.47	-34833.61
R3-1	35544.31	38440.75	-40978.84	-42486.66
R3-2	41564.76	37667.79	-35617.42	-38886.23
R4-1	39951.72	32808.57	-35997.75	-37049.27

R4-2	33893.30	34265.07	-34845.71	-35106.19
R5-1	35045.91	40207.88	-36213.41	-40758.11
R5-2	42156.17	35618.44	-37455.35	-45750.94
R6-1	34398.03	38346.76	-34523.38	-35627.40
R6-2	35328.40	33569.52	-38951.25	-34431.59
R7-1	40446.71	29571.46	-34727.48	-34472.61
R7-2	37107.49	35309.05	-32847.84	-37160.97
R8-1	34143.34	33108.12	-36272.70	-24220.91
R8-2	31990.56	37878.06	-38199.36	-35284.33
R9-1	32121.58	25328.01	-33417.38	-41888.94
R9-2	24002.45	37869.93	-35361.23	-34758.44
R10-1	40447.82	46958.03	-41137.95	-39988.67
R10-2	37236.54	44855.26	-41576.51	-43173.66
R11-1	32185.76	35851.14	-39205.25	-36856.46
R11-2	34226.23	36791.88	-32471.10	-40282.58

5.1.5. Ankastre Mesnetli Binanın Maksimum Kat Deplasmanı Görelî Kat Öteleme Sonuçları

Görelî kat ötelemesi binanın katlar arası yerdeğiştirme farkından kaynaklı doğrusal olmayan davranışa iter ve yapı elemanları üzerinde ikinci mertebe etkileri artırır. Bu özelliğini deprem yalıtımlı sistemle karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve aşağıda 22 deprem yüklemesine göre ankastre mesnetli binanın maksimum kat yerdeğiştirme ve kat ötelenme sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 5
Ankastre Mesnetli Binanın R1-1 Deprem Yüklemeşi İçin Maksimum Kat Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	59.93	127.23	-32.48	-53.51	11.25	21.25	-7.14	-11.18
N4	48.68	105.98	-25.34	-42.32	9.52	22.81	-7.02	-11.33
N3	39.16	83.17	-18.32	-30.99	10.29	23.75	-6.76	-11.08
N2	28.87	59.42	-11.55	-19.91	10.90	23.49	-5.96	-9.73
N1	17.97	35.94	-5.59	-10.18	9.94	20.51	-4.90	-8.97
Z	8.03	15.42	-0.69	-1.21	5.46	11.51	-0.70	-1.20
B	2.57	3.91	0.00	-0.02	2.57	3.91	0.00	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 6
Ankastre Mesnetli Binanın R1-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	65.87	111.76	-37.09	-34.16	11.38	18.95	-7.59	-7.51
N4	54.49	92.81	-29.50	-26.64	11.23	19.54	-8.18	-7.39
N3	43.26	73.26	-21.32	-19.25	11.54	20.51	-7.93	-6.97
N2	31.72	52.75	-13.39	-12.29	11.42	20.62	-6.82	-5.99
N1	20.29	32.13	-6.58	-6.30	10.46	17.98	-5.81	-5.35
Z	9.83	14.16	-0.76	-0.95	7.27	10.65	-0.77	-0.94
B	2.57	3.51	0.00	-0.01	2.57	3.51	0.00	-0.01
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 7
Ankastre Mesnetli Binanın R2-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	79.48	125.55	-37.26	-44.25	16.02	21.86	-7.65	-9.31
N4	63.46	103.69	-29.60	-34.94	13.88	22.69	-7.80	-9.40
N3	49.59	81.00	-21.81	-25.54	13.92	23.50	-7.75	-8.79
N2	35.67	57.50	-14.06	-16.75	13.49	23.13	-6.92	-8.04
N1	22.18	34.37	-7.14	-8.71	11.89	18.42	-6.48	-7.63
Z	10.28	15.95	-0.65	-1.08	7.95	12.24	-0.66	-1.06
B	2.33	3.71	0.01	-0.02	2.33	3.71	0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 8
Ankastre Mesnetli Binanın R2-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	73.95	147.15	-40.80	-41.30	11.70	28.00	-8.62	-8.37
N4	62.25	119.15	-32.18	-32.94	12.00	27.90	-9.27	-8.59
N3	50.26	91.25	-22.90	-24.34	12.81	26.60	-8.80	-8.42
N2	37.45	64.65	-14.10	-15.93	13.68	24.62	-7.31	-7.53
N1	23.77	40.03	-6.79	-8.40	11.99	21.68	-5.98	-7.35
Z	11.78	18.35	-0.81	-1.06	9.11	14.48	-0.81	-1.04
B	2.67	3.88	0.00	-0.02	2.67	3.88	0.00	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 9
Ankastre Mesnetli Binanın R3-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	63.55	121.76	-29.84	-50.72	14.72	18.82	-5.22	-10.38
N4	48.84	102.95	-24.62	-40.35	10.52	21.13	-5.88	-10.67
N3	38.32	81.82	-18.74	-29.67	10.46	22.93	-6.31	-10.53
N2	27.85	58.88	-12.44	-19.14	10.99	23.18	-6.08	-9.24
N1	16.87	35.70	-6.35	-9.90	8.26	20.35	-5.73	-8.75
Z	8.61	15.36	-0.62	-1.15	6.13	11.49	-0.64	-1.13
B	2.48	3.87	0.01	-0.02	2.48	3.87	0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 10
Ankastre Mesnetli Binanın R3-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	54.49	106.38	-37.40	-46.90	9.86	17.10	-7.17	-9.59
N4	44.63	89.27	-30.23	-37.31	10.22	18.52	-7.92	-9.93
N3	34.42	70.76	-22.31	-27.38	9.68	19.68	-8.01	-9.67
N2	24.74	51.07	-14.30	-17.71	9.19	19.94	-7.16	-8.50
N1	15.54	31.13	-7.14	-9.21	8.07	17.71	-6.33	-8.32
Z	7.47	13.42	-0.81	-0.90	5.28	9.86	-0.84	-0.88
B	2.20	3.56	0.03	-0.02	2.20	3.56	0.03	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 11
Ankastre Mesnetli Binanın R4-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	77.65	125.11	-38.03	-47.58	15.43	21.18	-8.27	-9.87
N4	62.22	103.93	-29.76	-37.71	13.51	22.67	-8.11	-10.19
N3	48.71	81.26	-21.64	-27.53	14.10	23.47	-7.96	-10.01
N2	34.61	57.79	-13.68	-17.52	13.41	23.02	-7.00	-8.59
N1	21.20	34.77	-6.68	-8.93	12.21	19.94	-5.79	-7.88
Z	9.00	14.84	-0.89	-1.06	6.90	11.02	-0.89	-1.04
B	2.09	3.81	0.00	-0.02	2.09	3.81	0.00	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 12
Ankastre Mesnetli Binanın R4-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	77.46	125.66	-33.87	-46.22	13.18	25.75	-6.97	-9.57
N4	64.28	99.91	-26.90	-36.66	13.30	25.49	-7.26	-9.71
N3	50.98	74.42	-19.64	-26.94	14.10	23.64	-7.08	-9.54
N2	36.89	50.79	-12.56	-17.40	14.19	20.45	-6.46	-8.46
N1	22.70	30.34	-6.10	-8.95	12.89	16.46	-5.36	-7.85
Z	9.81	13.88	-0.74	-1.10	7.63	10.05	-0.75	-1.08
B	2.18	3.83	0.01	-0.02	2.18	3.83	0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 13
Ankastre Mesnetli Binanın R5-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	68.82	116.62	-33.20	-52.10	13.46	19.48	-6.18	-10.79
N4	55.36	97.14	-27.02	-41.31	12.00	21.17	-7.04	-11.03
N3	43.36	75.97	-19.98	-30.28	12.28	22.13	-7.24	-10.69
N2	31.08	53.85	-12.73	-19.59	12.14	21.72	-6.44	-9.49
N1	18.94	32.13	-6.29	-10.10	10.15	18.63	-5.50	-8.98
Z	8.79	13.49	-0.79	-1.11	6.57	9.87	-0.79	-1.09
B	2.22	3.63	0.00	-0.02	2.22	3.63	0.00	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 14
Ankastre Mesnetli Binanın R5-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	76.39	129.23	-35.94	-46.70	15.50	24.90	-7.24	-9.83
N4	60.90	104.33	-28.70	-36.88	13.58	24.87	-7.50	-10.05
N3	47.32	79.47	-21.20	-26.83	13.87	23.94	-7.33	-9.68
N2	33.44	55.53	-13.87	-17.15	13.73	21.99	-7.18	-8.34
N1	19.71	33.53	-6.68	-8.81	11.25	18.55	-5.64	-7.78
Z	8.46	14.98	-1.04	-1.03	6.15	11.45	-1.05	-1.02
B	2.31	3.54	0.01	-0.01	2.31	3.54	0.01	-0.01
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 15
Ankastre Mesnetli Binanın R6-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	76.22	118.55	-27.73	-42.14	13.28	19.77	-5.30	-9.04
N4	62.94	98.79	-22.43	-33.10	13.21	21.05	-5.66	-8.82
N3	49.73	77.74	-16.77	-24.28	13.18	21.86	-5.59	-8.52
N2	36.55	55.88	-11.18	-15.77	13.93	21.84	-5.24	-7.64
N1	22.62	34.05	-5.94	-8.13	12.42	19.28	-5.14	-7.15
Z	10.20	14.77	-0.80	-0.98	7.88	11.08	-0.80	-0.97
B	2.33	3.69	-0.01	-0.02	2.33	3.69	-0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 16
Ankastre Mesnetli Binanın R6-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	64.54	123.86	-35.58	-45.76	12.63	22.45	-7.67	-9.04
N4	51.91	101.42	-27.92	-36.72	10.77	23.38	-7.56	-9.92
N3	41.14	78.04	-20.36	-26.80	11.03	23.33	-7.39	-9.67
N2	30.11	54.71	-12.97	-17.14	11.00	22.19	-6.51	-8.33
N1	19.11	32.52	-6.46	-8.81	10.15	17.81	-5.61	-7.78
Z	8.95	14.71	-0.85	-1.03	6.46	11.35	-0.85	-1.02
B	2.49	3.36	0.01	-0.01	2.49	3.36	0.01	-0.01
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 17
Ankastre Mesnetli Binanın R7-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	56.91	104.91	-37.13	-35.28	9.00	19.33	-7.83	-7.27
N4	47.91	85.58	-29.30	-28.01	9.04	18.90	-8.03	-7.43
N3	38.87	66.68	-21.27	-20.59	9.86	18.62	-7.79	-7.15
N2	29.01	48.06	-13.49	-13.44	10.08	17.88	-6.84	-6.45
N1	18.93	30.18	-6.64	-6.99	9.27	15.95	-5.83	-6.08
Z	9.67	14.23	-0.81	-0.91	7.43	10.89	-0.84	-0.89
B	2.24	3.34	0.03	-0.01	2.24	3.34	0.03	-0.01
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 18
Ankastre Mesnetli Binanın R7-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	58.37	105.57	-32.52	-46.79	9.57	18.71	-7.11	-9.69
N4	48.81	86.86	-25.41	-37.10	9.55	19.44	-7.23	-10.15
N3	39.26	67.42	-18.18	-26.95	10.57	19.47	-6.86	-9.87
N2	28.68	47.95	-11.33	-17.08	10.56	18.52	-5.73	-8.34
N1	18.12	29.43	-5.59	-8.74	9.70	16.16	-4.63	-7.76
Z	8.42	13.27	-0.97	-0.98	6.53	10.26	-0.97	-0.97
B	1.90	3.01	0.00	-0.02	1.90	3.01	0.00	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 19
Ankastre Mesnetli Binanın R8-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	91.55	105.68	-33.98	-36.69	20.22	18.25	-7.12	-8.09
N4	71.33	87.43	-26.86	-28.60	16.01	19.50	-7.36	-7.99
N3	55.32	67.93	-19.50	-20.61	15.87	20.06	-7.21	-7.37
N2	39.45	47.87	-12.29	-13.25	15.46	19.29	-6.23	-6.40
N1	24.00	28.58	-6.06	-6.85	13.34	16.39	-5.32	-5.98
Z	10.66	12.19	-0.74	-0.87	8.19	9.28	-0.75	-0.85
B	2.47	2.91	0.01	-0.02	2.47	2.91	0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 20
Ankastre Mesnetli Binanın R8-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	68.37	104.41	-33.24	-41.34	12.00	17.43	-6.88	-8.44
N4	56.37	86.97	-26.35	-32.90	12.24	18.83	-7.07	-8.67
N3	44.13	68.14	-19.29	-24.23	12.80	19.68	-7.21	-8.35
N2	31.33	48.46	-12.08	-15.88	12.23	19.40	-6.17	-7.46
N1	19.11	29.07	-5.91	-8.42	10.72	16.85	-5.10	-7.35
Z	8.38	12.22	-0.81	-1.07	6.07	9.18	-0.81	-1.05
B	2.31	3.04	0.00	-0.02	2.31	3.04	0.00	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 21
Ankastre Mesnetli Binanın R9-1 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	99.55	146.11	-31.45	-33.92	17.51	26.92	-6.60	-6.99
N4	82.03	119.19	-24.85	-26.93	18.15	27.65	-6.82	-7.15
N3	63.88	91.54	-18.03	-19.78	19.07	27.23	-6.66	-6.95
N2	44.81	64.31	-11.37	-12.83	18.49	25.44	-5.77	-6.15
N1	26.31	38.88	-5.60	-6.68	15.71	21.79	-4.72	-5.41
Z	10.60	17.09	-0.88	-1.27	8.37	13.59	-0.87	-1.25
B	2.23	3.50	-0.01	-0.02	2.23	3.50	-0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 22
Ankastre Mesnetli Binanın R9-2 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	86.64	141.96	-25.91	-48.71	16.08	26.62	-5.39	-9.87
N4	70.56	115.34	-20.52	-38.84	15.41	27.59	-5.60	-10.16
N3	55.16	87.75	-14.92	-28.69	15.19	27.28	-5.49	-10.03
N2	39.97	60.47	-9.43	-18.65	15.21	25.19	-4.79	-9.04
N1	24.76	35.28	-4.64	-9.61	14.17	20.12	-3.84	-8.31
Z	10.59	15.16	-0.80	-1.30	8.44	11.63	-0.79	-1.28
B	2.15	3.53	-0.01	-0.02	2.15	3.53	-0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 23
Ankastre Mesnetli Binanın R10-1 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	63.41	101.75	-37.48	-53.07	11.42	17.40	-7.50	-11.11
N4	51.99	84.35	-29.98	-41.96	11.55	18.47	-7.88	-11.04
N3	40.43	65.88	-22.11	-30.92	11.24	18.82	-8.29	-10.68
N2	29.19	47.06	-13.82	-20.24	11.04	18.52	-7.00	-9.54
N1	18.15	28.54	-6.82	-10.70	8.99	16.05	-6.00	-9.57
Z	9.16	12.48	-0.82	-1.12	6.61	9.14	-0.83	-1.11
B	2.55	3.34	0.01	-0.02	2.55	3.34	0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 24
Ankastre Mesnetli Binanın R10-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	61.36	115.91	-37.81	-50.84	11.27	24.27	-7.30	-10.40
N4	50.08	91.65	-30.51	-40.45	10.98	22.83	-7.97	-10.68
N3	39.11	68.82	-22.54	-29.77	10.75	20.24	-8.32	-10.18
N2	28.35	48.58	-14.21	-19.58	10.48	19.02	-7.40	-9.27
N1	17.88	29.56	-6.82	-10.32	8.84	16.42	-6.03	-9.06
Z	9.04	13.14	-0.79	-1.26	6.45	9.12	-0.80	-1.24
B	2.58	4.02	0.01	-0.02	2.58	4.02	0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 25
Ankastre Mesnetli Binanın R11-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	66.10	112.01	-30.38	-45.44	12.25	21.11	-6.48	-9.36
N4	53.86	90.89	-23.91	-36.08	11.55	21.78	-6.56	-9.59
N3	42.31	69.11	-17.35	-26.49	11.93	21.34	-6.39	-9.30
N2	30.38	47.77	-10.96	-17.18	11.84	18.96	-5.56	-8.22
N1	18.54	28.81	-5.40	-8.96	9.82	16.28	-4.49	-7.95
Z	8.72	12.53	-0.91	-1.01	6.28	9.01	-0.92	-1.00
B	2.44	3.52	0.01	-0.02	2.44	3.52	0.01	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 26
Ankastre Mesnetli Binanın R11-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	77.15	141.44	-29.57	-47.22	15.65	23.05	-5.80	-9.56
N4	61.49	118.40	-23.77	-37.66	13.39	25.17	-5.87	-9.99
N3	48.11	93.23	-17.90	-27.67	13.64	26.79	-5.92	-9.77
N2	34.47	66.43	-11.98	-17.91	13.64	26.56	-6.03	-8.64
N1	20.83	39.87	-5.95	-9.26	12.16	23.04	-5.23	-8.12
Z	8.67	16.84	-0.72	-1.14	6.66	12.95	-0.72	-1.12
B	2.01	3.88	0.00	-0.02	2.01	3.88	0.00	-0.02
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.1.6. Ankastre Mesnetli Binanın Maliyet Analizi

Deprem yalıtımlı bina ve ankastre temelli binanın kaba yapı yapım maliyetlerinden taşıyıcı sistem metrajları ve keşif özetleri referans alınarak maliyet karşılaştırılması yapılacaktır. Birim maliyet analizlerinde ise T.C. Çevre, Şehircilik ve iklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı'nca hazırlanan 2022 Yılı inşaat ve tesisat birim fiyatları kullanılmıştır. Tablo 5.27'de Toplu Konut İdaresi tarafından yapımı gerçekleştirilen ankastre mesnetli binanın metraj ve maliyet tablosu gösterilmiştir.

Tablo 5. 27
Ankastre Mesnetli Binanın Maliyet Analizi

Poz No	Poz tanımı	Birim	2022 Birim Fiyat	Metraj	Tutar
15.150.1005	C 25/30 basınç dayanım sınıfında, hazır beton dökülmesi	m ³	951.48 ₺	1272.8	1,211,043.74 ₺
15.180.1007	Tünel kalıp sistemi ile betonarme kalıp yapılması	m ²	205.10 ₺	2496.7	512,079.32 ₺
15.160.1003	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu	Ton	18,809.50 ₺	12.24	230,228.28 ₺
15.160.1004	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu	Ton	18,858.88 ₺	63.81	1,203,385.13 ₺
15.160.1001	Nervürlü çelik hasırın yerine konulması	Ton	18,868.75 ₺	42.94	810,224.13 ₺
15.220.1004	135 mm kalınlığında (190x135x190 mm) ile duvar yapılması	m ²	120.98 ₺	2289.2	276,949.23 ₺
			GENEL TOPLAM		4,243,909.84 ₺

5.2. Deprem Yalıtımlı Binanın Tasarımı

Yapılan çalışmada, DD-1 deprem düzeyi için zaman tanım alanında deprem yalıtımlı yapı tasarlanırken üst ve alt sınır durumu için deprem yalıtım birimleri hesapları yapılmıştır. Diğer yandan yalıtım birimi üstünde kalan yapının tasarımı DD-2 deprem düzeyi için Mod Birleştirme Yöntemi ile TBDY-2018 anlatılan esaslara göre betonarme tasarımı yapılmış ve hesaplamalar sonucunda çıkan kolon ve kiriş ve döşeme sonuçları aşağıdaki gibidir:

Yalıtım birimi üstünde kalan çerçeve kolonları: S1, S6, S7, S8, S18, S19 ve S20 kolonlar 30X60 cm, S2, S5, S9, S10, S11, S13, S14, S16 ve S17 40X60 cm, S3 ve S4 kolonu 40X105 cm, S12 kolonu 40X80 cm olarak hesaplanmıştır.

Yalıtım birimi üstünde kalan çerçeve Kirişleri: Tüm çerçeve kirişleri 30X80 cm ebatlarında hesaplanmıştır.

Yalıtım birimi üstünde kalan döşemeler: Döşeme kalınlığı d: 18 cm olarak hesaplanmıştır.

Yalıtım Birimi altında kalan Kolonlar: 130X130 cm boyutlarında hesaplanmıştır.

5.2.1. Deprem Yalıtımlı Binanın Modal Analiz Sonuçları

TBDY 2018 Madde 4.8.1.2 'de modal hesap yöntemlerinde hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı her iki doğrultuda hesaplanan taban kesme kuvveti toplam kütlelerinin her iki yöne %95 ve %3'ten büyük olan her mod dikkate alınması gerekmektedir. Deprem Yalıtımlı bina için yapılan modal analize bakıldığında ilk 21 modun dikkate alınmasının yeterli olduğu görülmektedir. Aşağıda ankastre mesnetli binanın modal analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 28
Deprem Yalıtımlı bina için modal analiz sonuçları

Modal Kütle katılım oranları					Toplam		
Mod	Periyot(s)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
1	3.44	0.97	0.01	0.00	0.97	0.01	0.00
2	3.37	0.01	0.97	0.00	0.98	0.98	0.00
3	2.99	0.01	0.01	0.00	1.00	1.00	0.00
4	0.23	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
5	0.18	0.00	0.00	0.95	1.00	1.00	0.02
6	0.12	0.00	0.00	0.02	1.00	1.00	0.95

5.2.2. Deprem Yalıtım Birimi Analiz Sonuçları

Eğri yüzeyli sürtünmeli deprem yalıtım birimi için yer değiştirme hesabı yapılmıştır. DD-1 yükleri altında en büyük yer değiştirmesi bulunarak ön analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Yapıya daha önceden tanımlanan 2x11 adet depreminin depremin analiz sonuçları yer değiştirme ortalaması (SRSS- Karelerinin Toplamının Karekökü) **555,26 mm** çıkmıştır. Etkin deprem yöntemi ile hesaplanan yer değiştirme olan **674 mm** ile oranı ile bölündüğünde 0.82 çıkmaktadır. Bu sonuçlar Tablo 5.28’de görülmektedir. **TBDY 14.14.4.6’ya** göre bu değer **0.8’den** az olmaması gerekmektedir. Burada çıkan sonuçların oranları 0.8’den fazla olduğu için yer değiştirme sonuçlarında bir problem yaşanmamıştır.

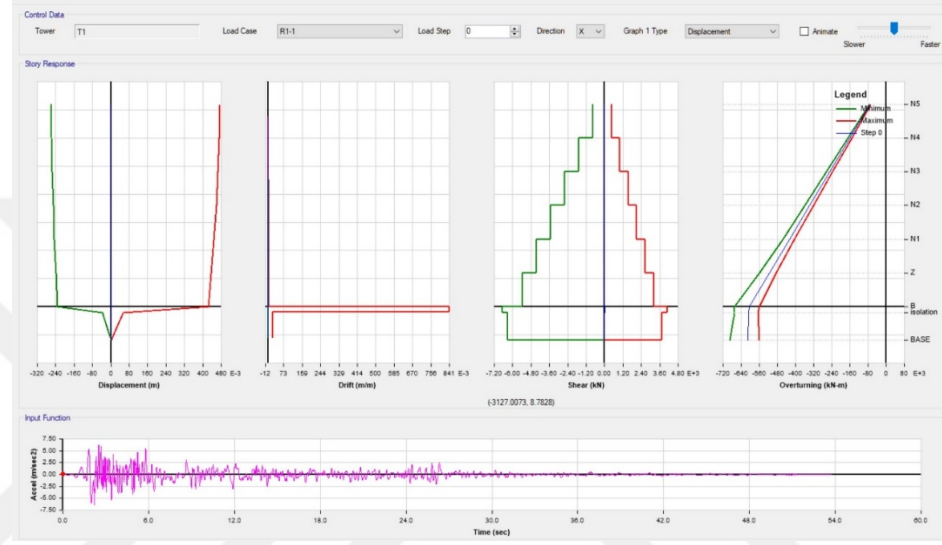
Tablo 5. 29
Deprem Yalıtım Birimi Yerdeğiştirme Sonuçları

KAT	Link	Depremler	U2	U3	Ortalama
			mm	mm	mm
B	K18	R1-1	414.352	501.247	650.34
B	K18	R1-2	528.993	388.953	656.60
B	K18	R2-1	372.233	281.667	466.79
B	K18	R2-2	299.599	351.424	461.80
B	K18	R3-1	398.15	473.65	618.76
B	K18	R3-2	339.174	375.072	505.69
B	K18	R4-1	271.241	359.006	449.95
B	K18	R4-2	379.033	348.004	514.56
B	K18	R5-1	307.361	372.377	482.84
B	K18	R5-2	394.828	388.546	553.95
B	K18	R6-1	438.306	409.565	599.88
B	K18	R6-2	332.912	413.161	530.60
B	K18	R7-1	326.775	379.556	500.84
B	K18	R7-2	404.67	398.019	567.61
B	K18	R8-1	555.442	325.548	643.81
B	K18	R8-2	345.355	525.237	628.60
B	K18	R9-1	381.506	442.442	584.21
B	K18	R9-2	470.93	361.042	593.40
B	K18	R10-1	413.93	349.391	541.68
B	K18	R10-2	369.475	395.955	541.56
B	K18	R11-1	393.211	397.402	559.06
B	K18	R11-2	415.152	380.594	563.21
ORTALAMA					555.26
ORTALAMA/ETKİN DEPREM					0.82

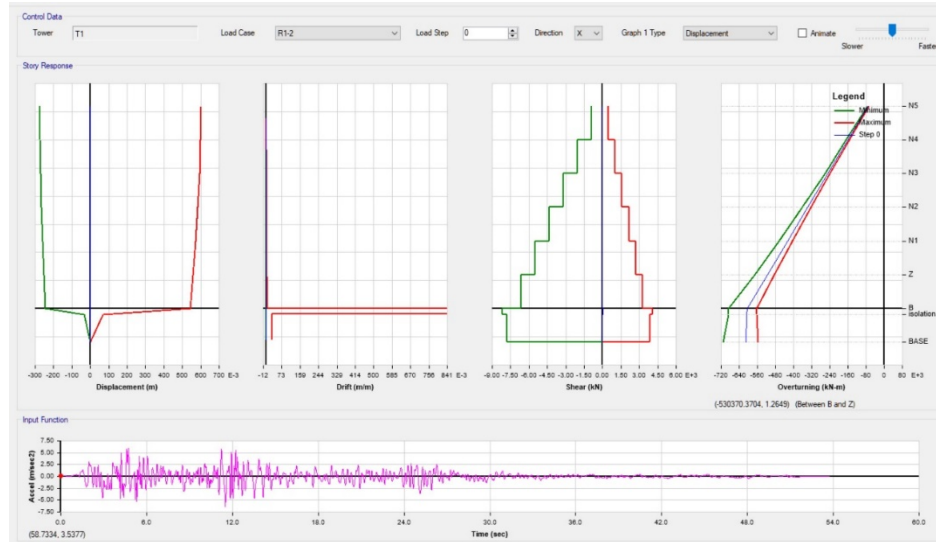
5.2.3. Deprem Yalıtımlı Binanın Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları

Deprem yalıtımlı yapı her iki yönde de her deprem seviyesi için 11 deprem kaydı sisteme eklenmiştir. Yapılan analizler sonucunda, deprem sonrasında sistemin kat deplasmanları, görelî kat ötelenmeleri, kat kesme kuvvetleri ve devrilme

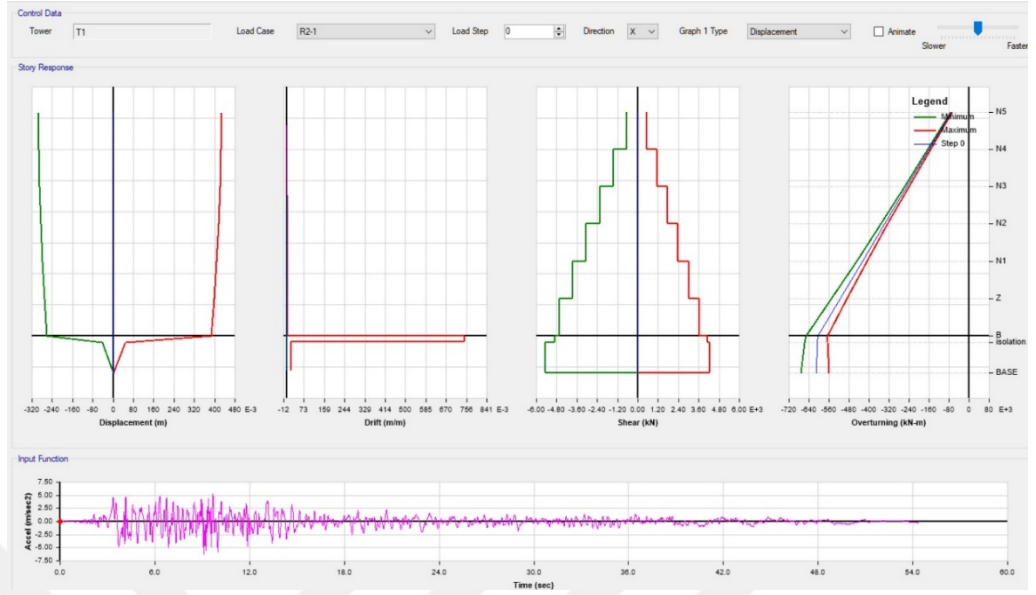
momentleri incelenmiştir. Ankastre mesnetli yapının X yönündeki deprem kuvvetine göre oluşan kat deplasmanları, görel kat ötelenmeleri, kat kesme kuvvetleri ve devrilme momentleri 11 deprem kaydını ve yatay eksenlerin 90 derece döndürülerek oluşturulmuş 11 deprem durumuyla beraber toplam X yönünde 22 deprem kaydına ait sonuçlar aşağıda verilmiştir.



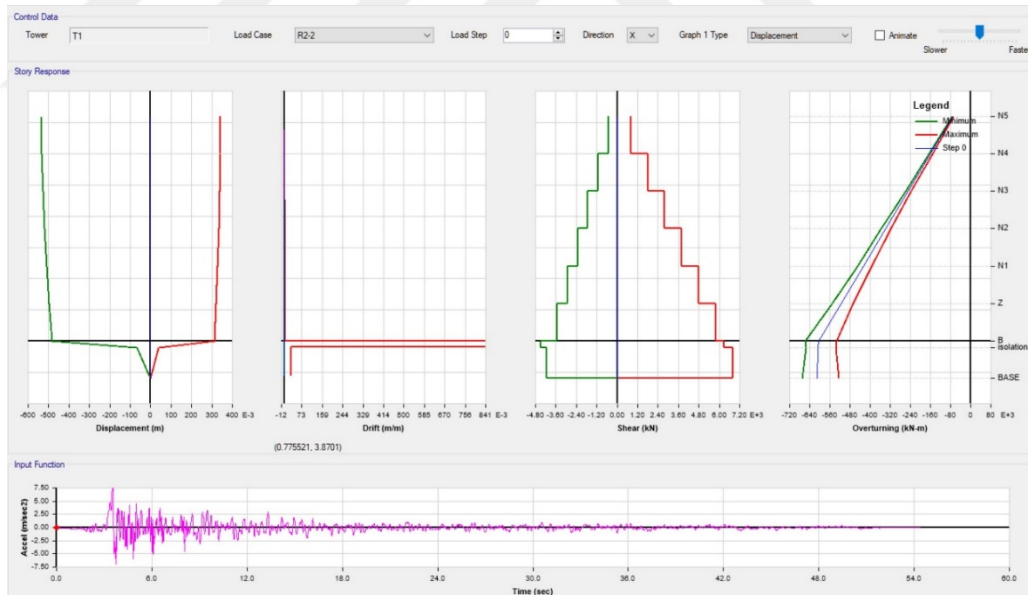
Şekil 5. 26: Deprem Yalıtımlı Bina'nın X Yönündeki R 1-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



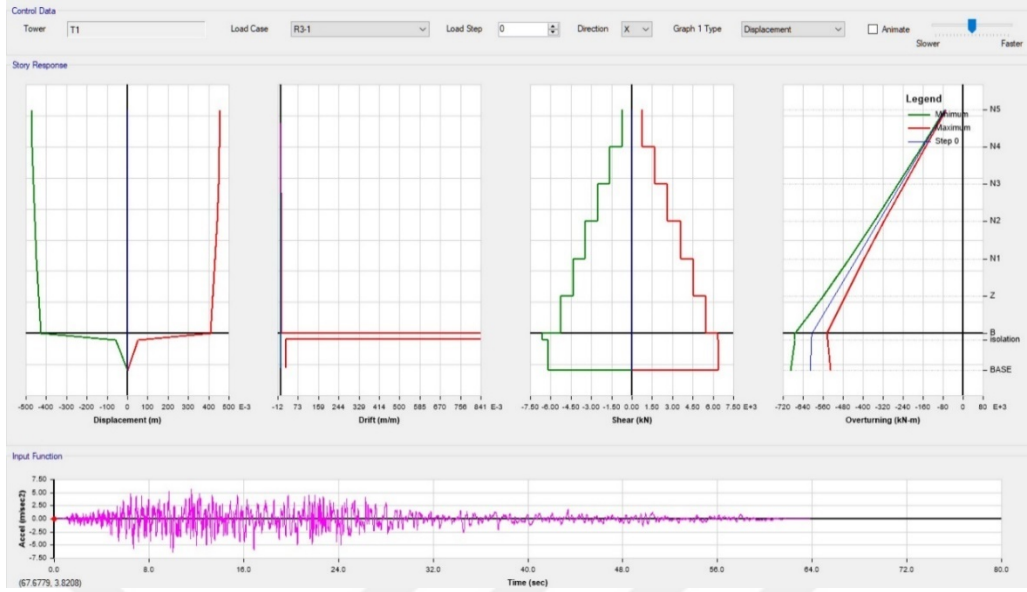
Şekil 5. 27: Deprem Yalıtımlı Bina'nın X Yönündeki R 1-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



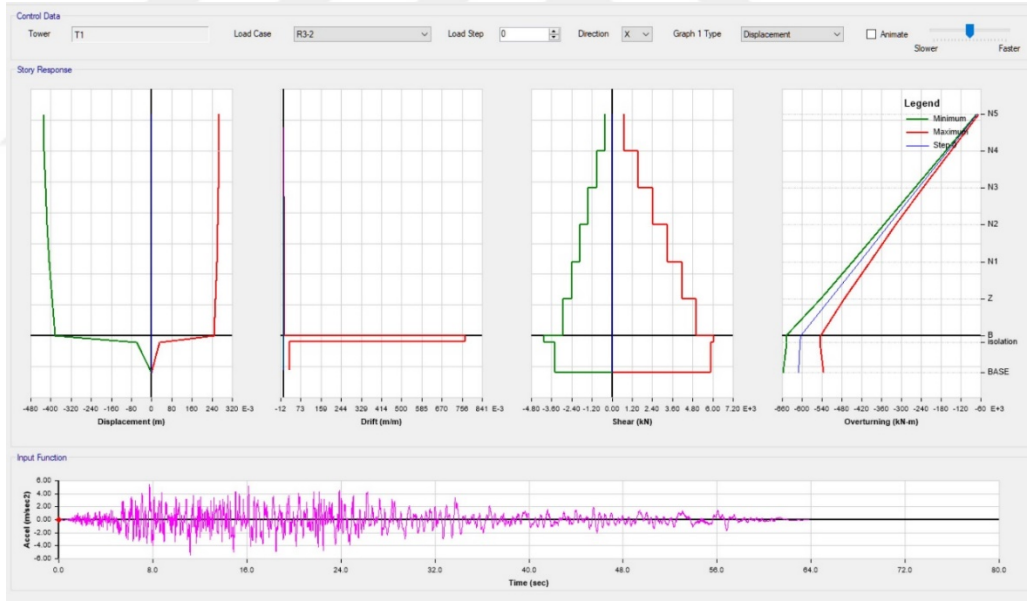
Şekil 5. 28: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 2-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



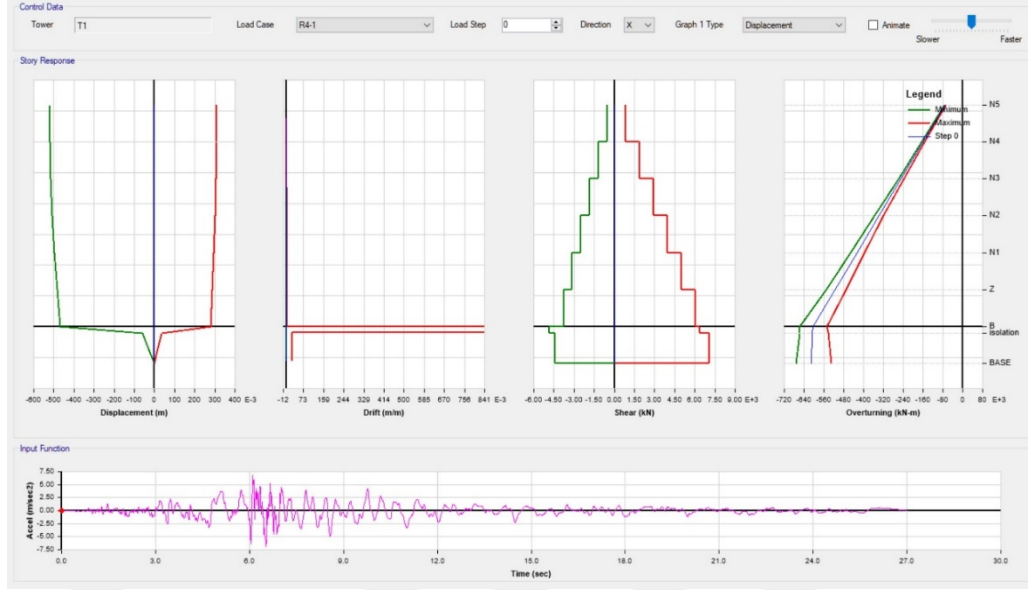
Şekil 5. 29: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 2-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



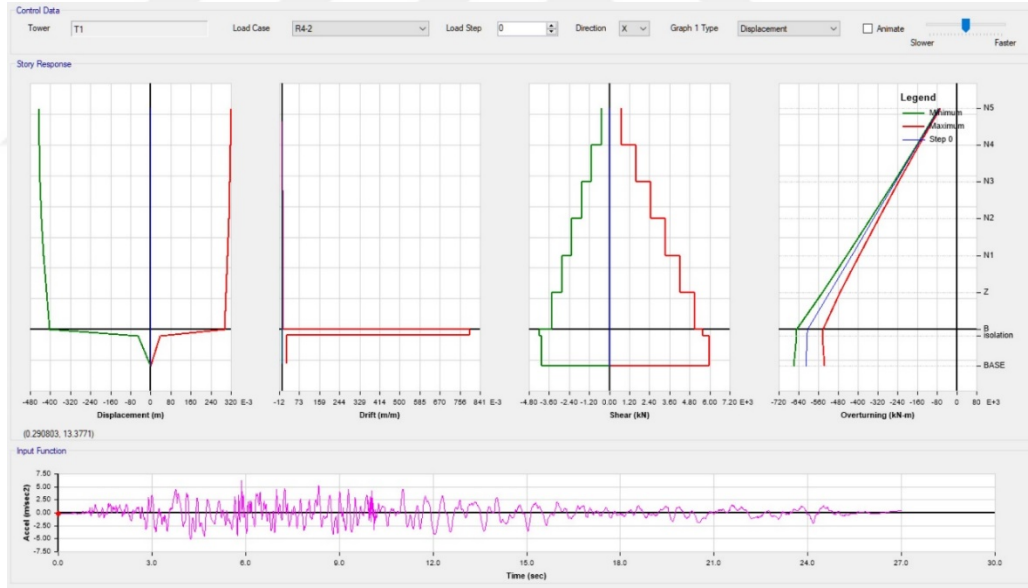
Şekil 5. 30: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 3-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



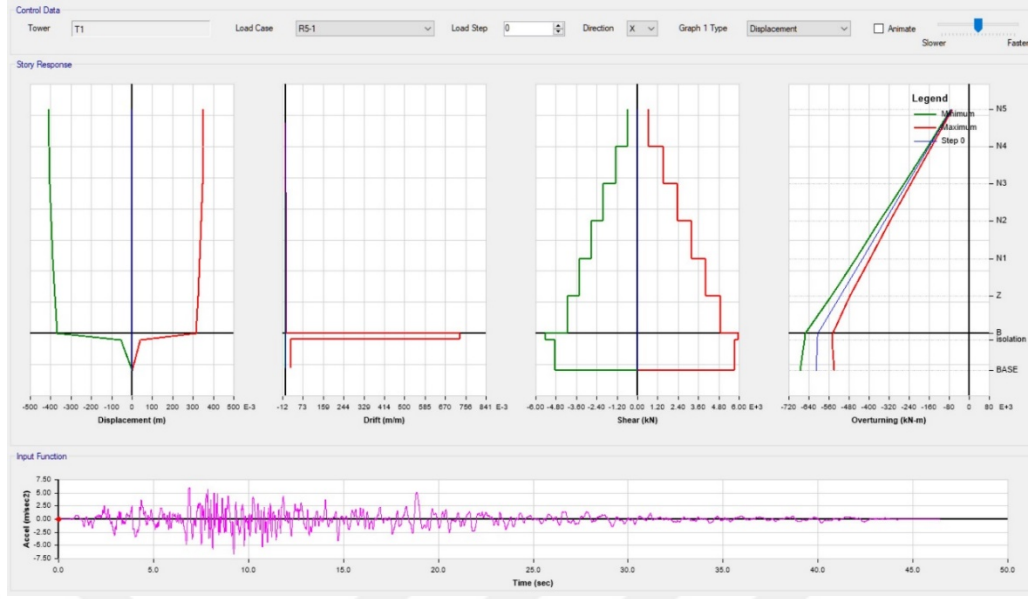
Şekil 5. 31: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 3-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



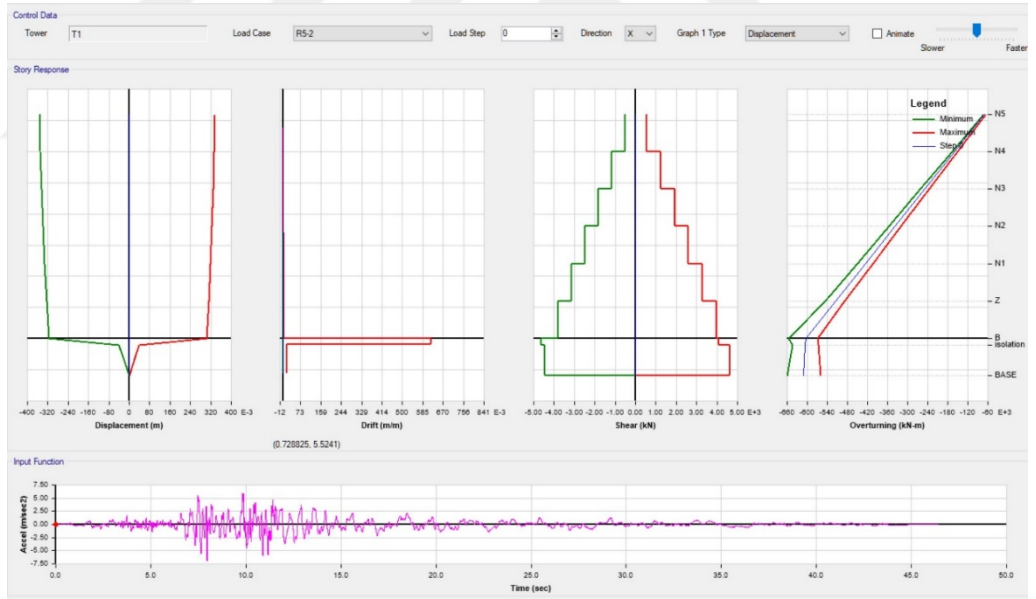
Şekil 5. 32: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 4-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



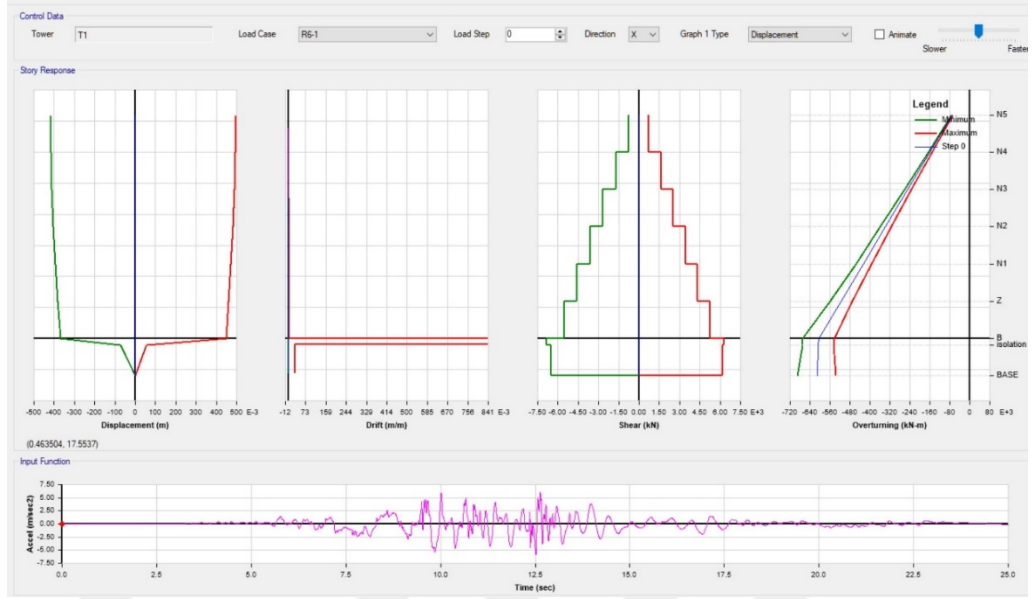
Şekil 5. 33: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 4-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



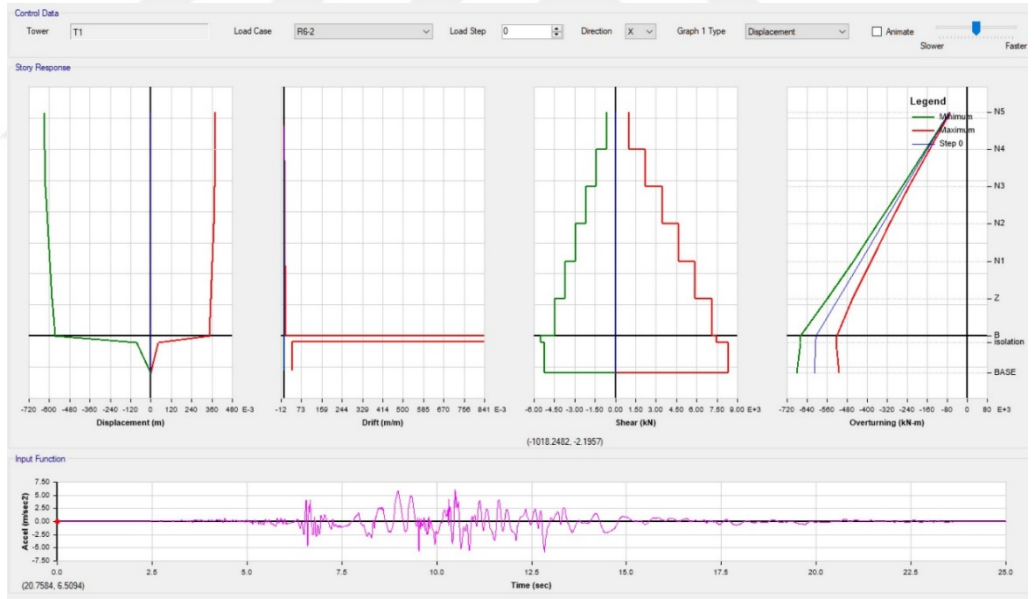
Şekil 5. 34: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 5-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



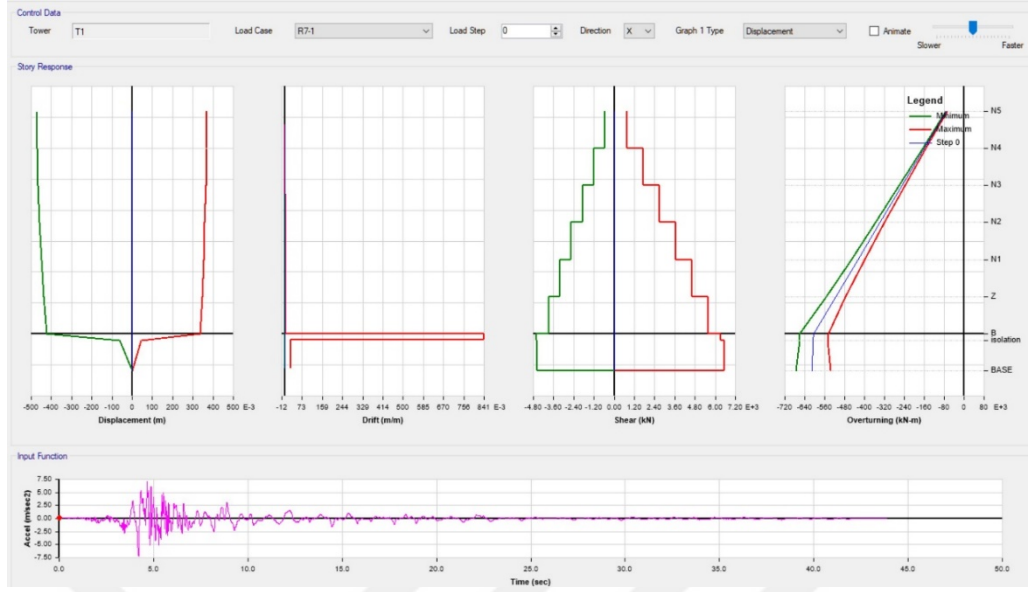
Şekil 5. 35: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 5-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



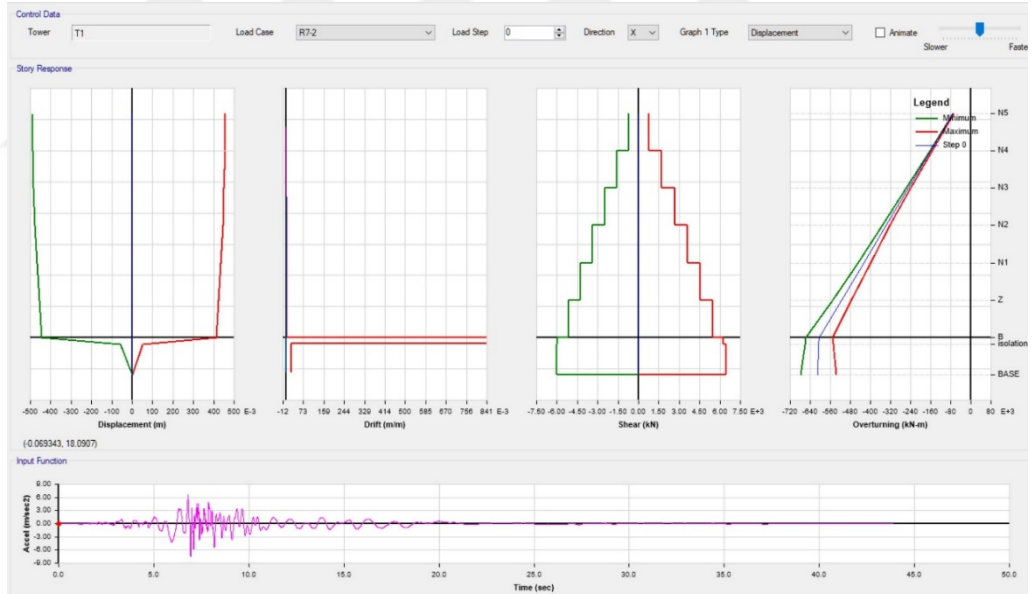
Şekil 5. 36: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 6-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



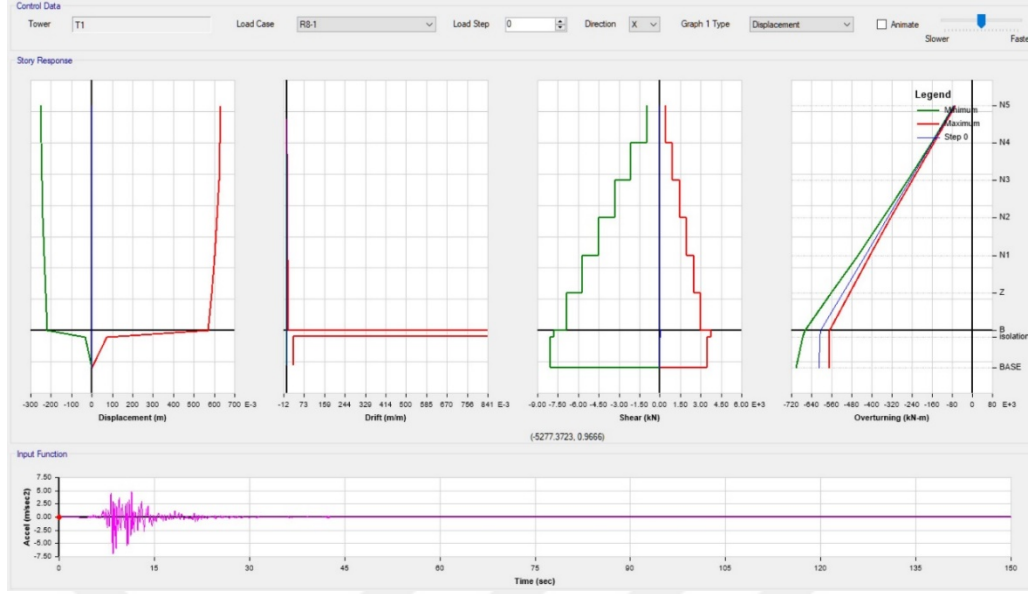
Şekil 5. 37: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 6-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



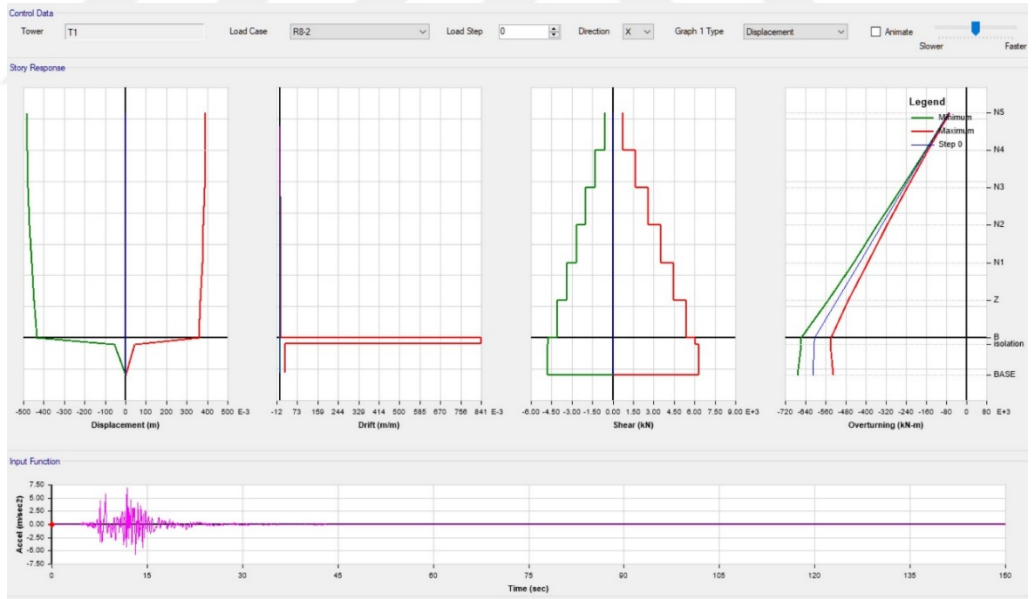
Şekil 5. 38: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 7-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



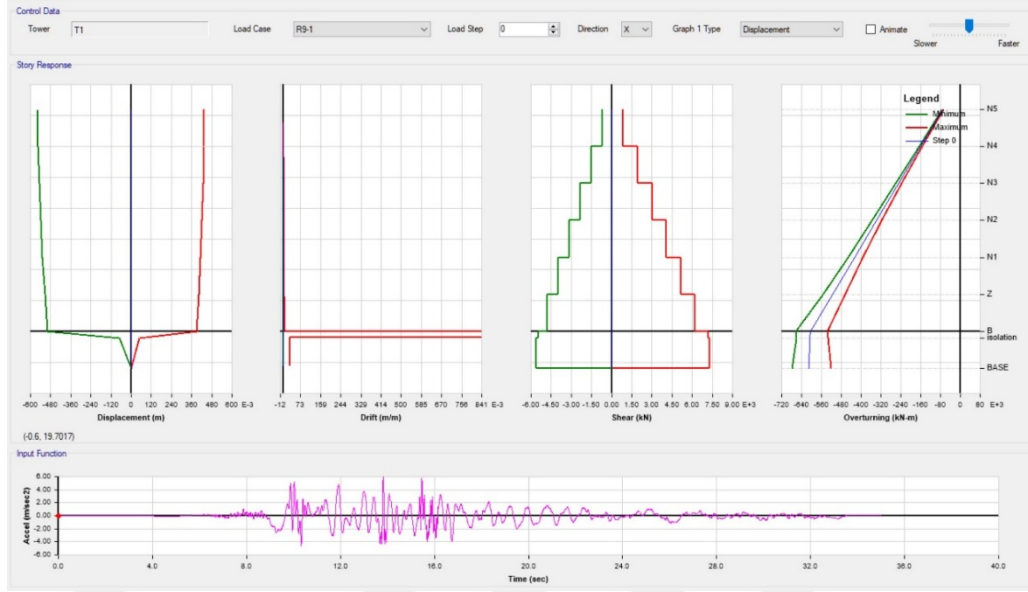
Şekil 5. 39: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 7-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



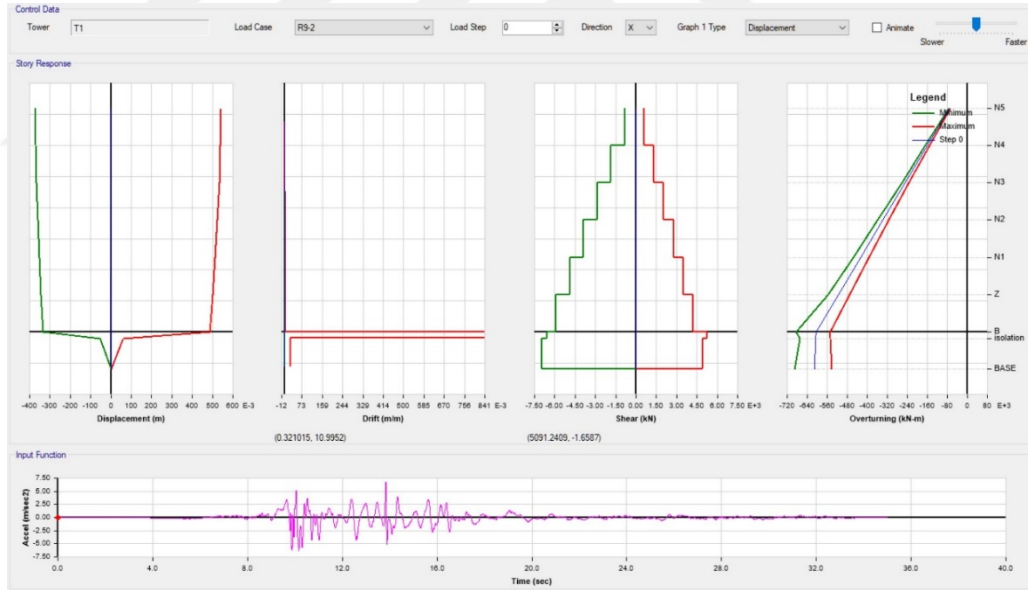
Şekil 5. 40: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 8-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



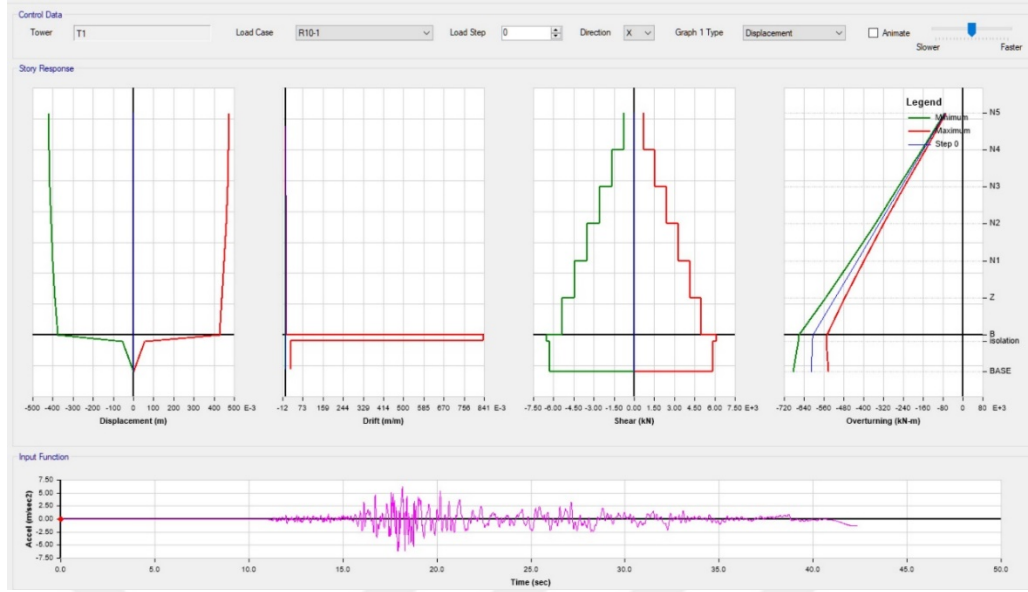
Şekil 5. 41: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 8-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



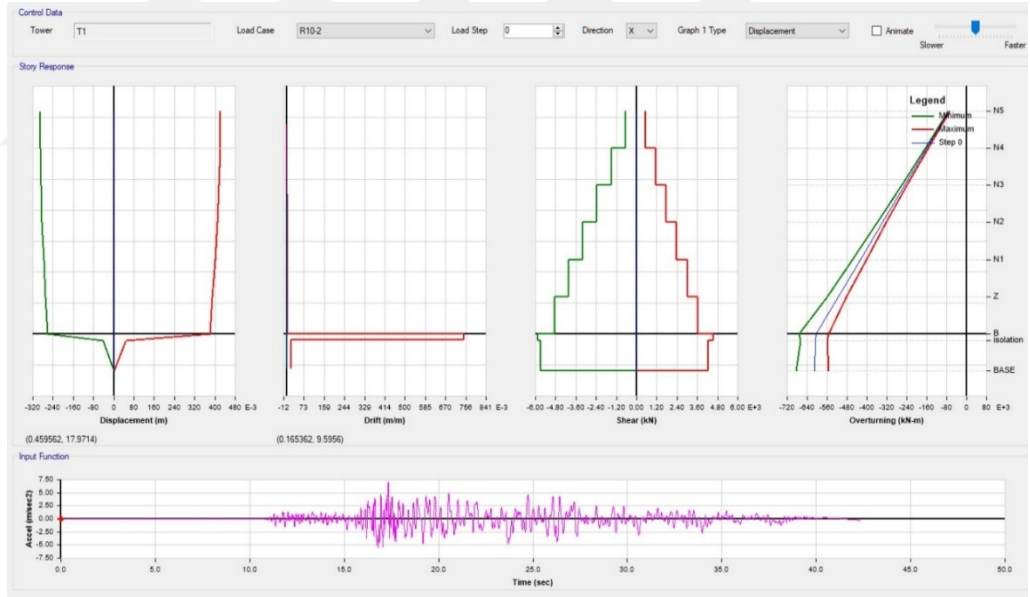
Şekil 5. 42: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 9-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



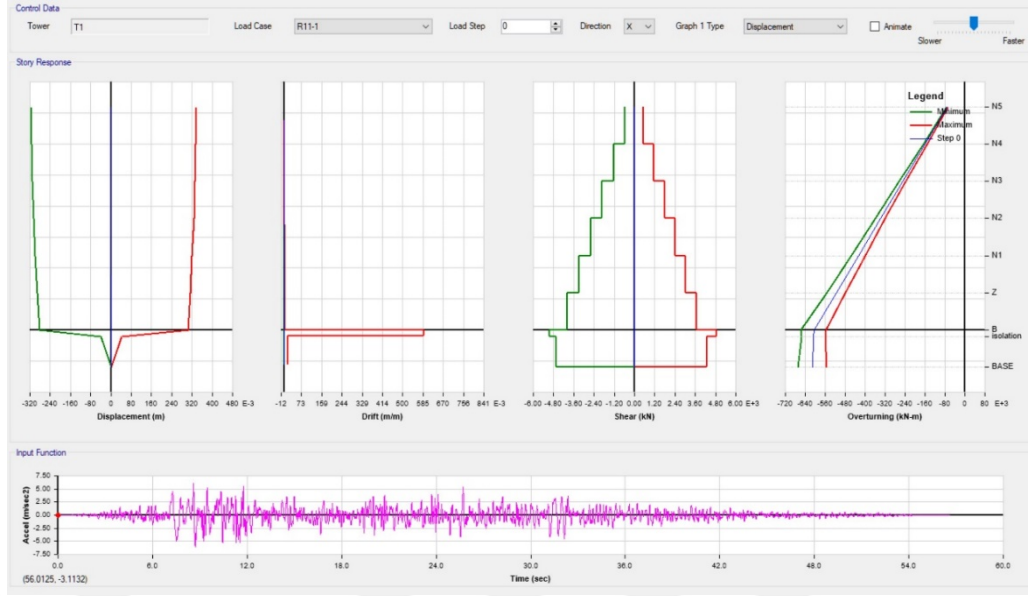
Şekil 5. 43: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 9-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



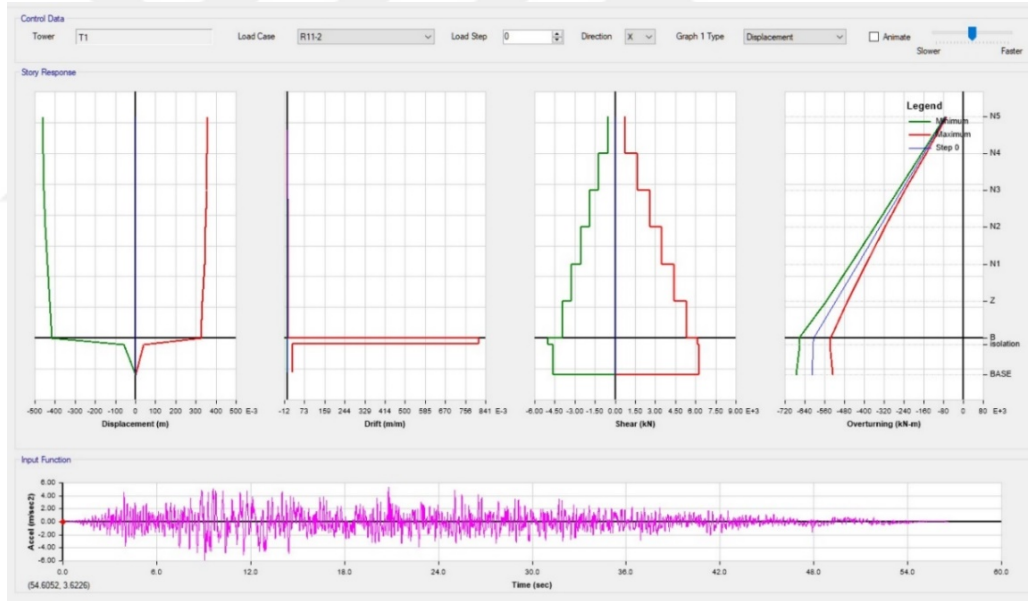
Şekil 5. 44: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 10-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



Şekil 5. 45: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 10-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



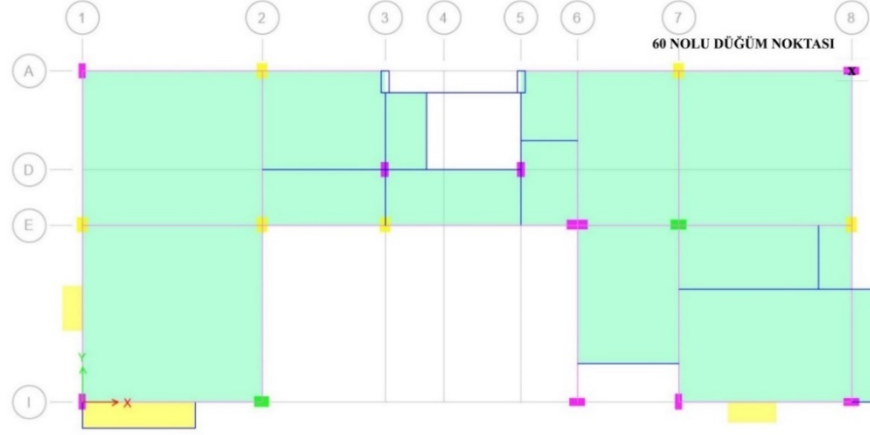
Şekil 5. 46: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 11-1 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları



Şekil 5. 47: Deprem Yalıtımlı Binanın X Yönündeki R 11-2 Deprem Kaydı İçin Zaman Tanım Alanında Analiz Sonuçları

Deprem yalıtımlı yapının kat yerdeğiştirmelerinin belirlenmesi için ve ankaste mesnetli yapıyla karşılaştırma yapılabilmesi için aynı köşe noktasındaki (16-A Aks Kesişim- Label 60) düğüm noktalarının yerdeğiştirmeleri belirlenmiş ve 11 farklı deprem kaydı ve yatay eksenlerin 90 derece döndürülmüş şekliyle toplam 22 deprem durumu için hesaplanmıştır. Aşağıda R 1-1 deprem yüklemesi için sonuçlar ve değişimlerinin grafiği

aşağıda verilmiştir. Tablo 4.2’de görüldüğü gibi yalıtım katında büyük bir deplasman yapmış fakat diğer katlarda rölatif yerdeğiştirmenin mertebesi çok az olmuştur.



Şekil 5. 48: Deprem Yalıtımlı Binanın Kat Yerdeğiştirmelerinin Değişimi İçin Referans Alınan Düğüm Noktası

Tablo 5. 30
Referans Düğüm Noktasının Kat Seviyesindeki Yerdeğiştirme Sonuçları

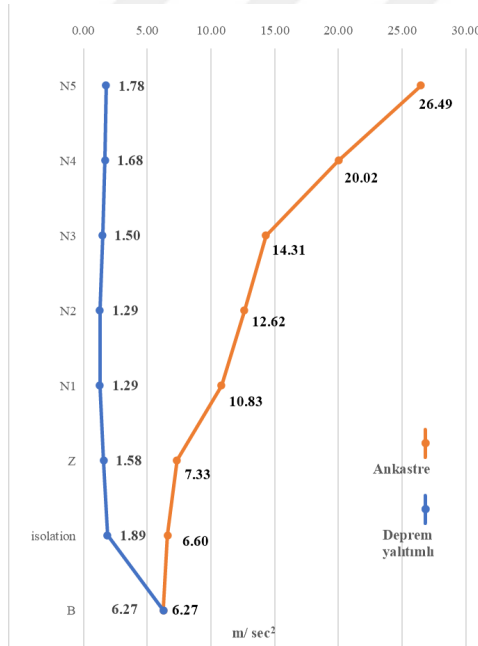
KAT	D. NOKTASI	DEPREM YÜKLEMESİ	U _x (mm)	U _y (mm)	U _z (mm)
N5	60	R1-1	471.356	581.035	-5.812
N4	60	R1-1	468.692	578.277	-5.364
N3	60	R1-1	463.921	573.387	-5.075
N2	60	R1-1	456.772	566.171	-4.567
N1	60	R1-1	447.267	556.658	-3.918
Z	60	R1-1	435.616	545.266	-3.128
isolation	60	R1-1	423.528	534.039	-2.303
B	60	R1-1	0	0	0

5.2.4. Deprem Yalıtımlı Binanın Kat İvmeleri Sonuçları ve Grafikleri

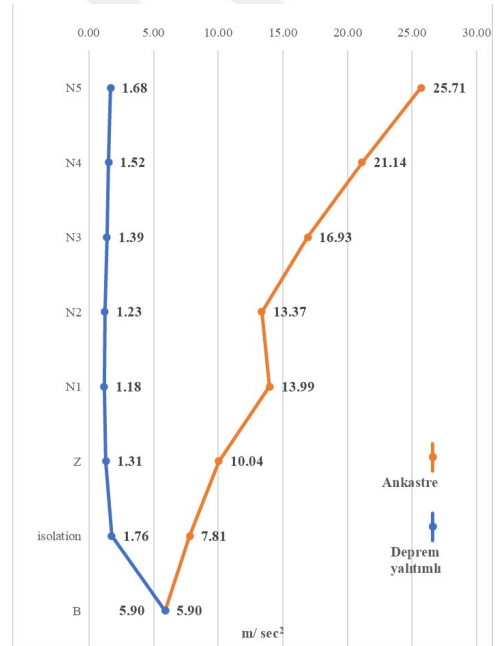
Deprem yalıtımı uygulamasının en önemli etkilerinden biri de kat ivmeleri üzerinde ki azaltıcı etkilerdir. Bu özelliğini ankastre mesnetli bina ile karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve R1-1 ve R2-1 deprem yüklemeleri için tablo ve grafik şeklinde verilmiştir.

Tablo 5. 31
Deprem Yalıtımlı Binanın Kat İvmeleri Sonuçları

KAT	DEPREM YÜKLEMESİ	UX(+)	UX(-)	UY(+)	UY(-)
		m/sec ²	m/sec ²	m/sec ²	m/sec ²
N5	R1-1	26.49	24.41	26.76	24.51
N4	R1-1	20.02	19.60	20.35	16.76
N3	R1-1	14.31	16.40	15.45	14.37
N2	R1-1	12.62	13.06	14.42	12.64
N1	R1-1	10.83	10.64	11.36	12.77
Z	R1-1	7.33	7.88	8.27	10.01
B	R1-1	6.60	6.33	6.02	6.15
BASE	R1-1	6.27	6.40	5.90	6.41
N5	R2-1	27.19	28.12	27.65	23.33
N4	R2-1	20.83	22.57	20.87	18.58
N3	R2-1	17.21	16.97	15.71	17.62
N2	R2-1	13.13	12.60	14.37	13.57
N1	R2-1	9.08	9.20	13.37	11.85
Z	R2-1	7.87	7.37	10.20	9.22
B	R2-1	5.74	6.83	7.35	7.28
BASE	R2-1	5.18	6.22	7.44	6.92



Şekil 5. 49: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın R 1-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



Şekil 5. 50: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın R 2-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları

5.2.5. Deprem Yalıtımlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları

Deprem yalıtımı uygulandığı binanın taban kesme kuvvetinde ciddi oranda azalmaya neden olur. Bu özelliğini ankastre mesnetli sistemle karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve aşağıda 22 deprem yüklemesine göre deprem yalıtımlı binanın taban kesme kuvveti sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 32
Deprem Yalıtımlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçları

DEPREM YÜKLEMESİ	FX(+)	FY(+)	FX(-)	FY(-)
	kN	kN	kN	kN
R1-1	3787.37	3906.10	-6316.44	-7807.99
R1-2	3827.06	3679.22	-7794.95	-6157.37
R2-1	4206.37	6852.41	-5422.84	-4114.52
R2-2	6798.71	4130.35	-4144.51	-5328.02
R3-1	6419.97	5890.29	-6134.54	-3332.79
R3-2	5875.54	6506.26	-3396.34	-5911.16
R4-1	7057.25	5968.71	-4412.34	-3917.75
R4-2	5933.76	7209.30	-4030.63	-4117.45
R5-1	5726.99	4672.08	-4798.9	-4297.64
R5-2	4647.60	5746.23	-4426.13	-4656.96
R6-1	6101.39	8428.08	-6467.93	-4979.25
R6-2	8363.03	6023.95	-5171.45	-6288.64
R7-1	6508.77	6639.70	-4561.36	-5887.24
R7-2	6477.40	6599.53	-5989.99	-4401.53
R8-1	3446.25	6335.62	-8030.1	-4767.85
R8-2	6262.50	3672.02	-4790.34	-7874.65
R9-1	7266.01	4983.64	-5562.8	-6762.72
R9-2	4948.94	7624.10	-6907.72	-5509.47
R10-1	5861.95	4294.85	-6261.65	-5484.4
R10-2	4225.02	5982.12	-5677.35	-6119.39
R11-1	4291.28	6302.11	-4638.69	-4574.41
R11-2	6215.23	4337.68	-4605.6	-4558.62

5.2.6. Deprem Yalıtımlı Binanın Maksimum Kat Deplasmanı ve Görelî Kat Öteleme Sonuçları

Deprem yalıtımlı yapılarda görelî kat ötelemesi yalıtım katından sonra çok düşük seviyelere indiğinden dolayı yapı neredeyse rijit bir davranış gösterir. Kat ötelemesinin az olmasından kaynaklı yapıdaki ikinci mertebe etkileri önemsenecek boyutta değildir. Bu özelliğini ankastre mesnetli yapı ile karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve aşağıda 22 deprem yüklemesine göre deprem yalıtımlı binanın maksimum kat yerdeğıştirme ve kat ötelenme sonuçları verilmiştir.

Tablo 5. 33
Deprem yalıtımlı Binanın R1-1 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat Yerdeğıştirme ve Kat ötelenme Sonuçlar

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	473.68	605.99	-255.77	-262.03	2.81	3.26	-1.89	-1.98
N4	470.87	602.73	-253.88	-260.05	4.89	5.92	-2.88	-2.93
N3	465.97	596.82	-251.01	-257.12	7.29	8.71	-4.24	-3.91
N2	458.68	588.11	-246.76	-253.21	9.66	11.42	-5.60	-4.87
N1	449.02	576.69	-241.17	-248.34	11.83	13.84	-6.82	-5.68
Z	437.19	562.85	-234.34	-242.66	12.18	14.14	-7.16	-5.60
B	425.01	548.72	-227.18	-237.06	371.98	480.10	-227.18	-237.06
isolation	53.04	68.61	0.00	0.00	53.04	68.61	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 34
Deprem yalıtımlı Binanın R1-2 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat Yerdeğıştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	602.30	485.93	-266.76	-231.42	3.49	2.43	-1.89	-1.99
N4	598.81	483.50	-264.88	-229.43	6.09	4.53	-2.81	-2.98
N3	592.72	478.96	-262.07	-226.45	9.06	6.73	-4.15	-3.93
N2	583.66	472.23	-257.92	-222.51	12.02	8.95	-5.48	-4.87
N1	571.65	463.28	-252.44	-217.64	14.72	10.99	-6.68	-5.65
Z	556.93	452.29	-245.77	-211.99	15.17	11.32	-6.92	-5.52
B	541.76	440.97	-238.84	-206.47	474.09	385.99	-238.84	-206.47
isolation	67.67	54.98	0.00	0.00	67.67	54.98	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 35
Deprem yalıtımlı Binanın R2-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	427.96	334.43	-294.07	-502.84	2.36	1.29	-1.97	-3.25
N4	425.61	333.13	-292.10	-499.60	4.10	2.59	-3.23	-4.99
N3	421.50	330.54	-288.87	-494.61	6.07	4.01	-4.73	-6.79
N2	415.44	326.52	-284.15	-487.82	8.05	5.45	-6.20	-8.57
N1	407.39	321.08	-277.94	-479.25	9.85	6.76	-8.47	-10.05
Z	397.54	314.32	-269.47	-469.21	10.24	6.99	-8.85	-9.82
B	387.30	307.33	-260.63	-459.39	339.41	268.90	-260.63	-459.39
isolation	47.89	38.43	0.00	0.00	47.89	38.43	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 36
Deprem yalıtımlı Binanın R2-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	342.62	431.64	-532.75	-288.37	1.62	1.98	-3.12	-2.37
N4	341.00	429.66	-529.62	-286.00	2.95	3.76	-5.06	-3.63
N3	338.05	425.90	-524.56	-282.37	4.53	5.66	-7.42	-4.79
N2	333.52	420.24	-517.14	-277.59	6.10	7.58	-9.84	-5.92
N1	327.42	412.67	-507.31	-271.67	7.51	9.36	-12.04	-6.90
Z	319.92	403.31	-495.26	-264.76	7.59	9.78	-12.57	-6.91
B	312.33	393.52	-482.70	-257.86	273.34	344.41	-482.70	-257.86
isolation	38.98	49.12	0.00	0.00	38.98	49.12	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 37
Deprem yalıtımlı Binanın R3-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	454.88	265.70	-470.57	-403.80	2.76	1.02	-2.73	-2.94
N4	452.12	264.69	-467.84	-400.87	4.80	2.29	-4.55	-4.48
N3	447.32	262.39	-463.30	-396.39	7.16	3.57	-6.76	-6.04
N2	440.16	258.83	-456.54	-390.34	9.51	4.83	-9.05	-7.59
N1	430.65	253.99	-447.49	-382.76	11.66	6.00	-11.31	-8.88
Z	419.00	247.99	-436.18	-373.88	11.93	6.17	-12.07	-8.71
B	407.07	241.83	-424.11	-365.16	356.17	211.56	-424.11	-365.16
isolation	50.90	30.27	0.00	0.00	50.90	30.27	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 38
Deprem yalıtımlı Binanın R3-2 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	268.65	452.65	-428.04	-452.37	1.49	2.33	-2.71	-3.00
N4	267.16	450.32	-425.33	-449.38	2.16	4.39	-4.63	-4.57
N3	264.99	445.93	-420.70	-444.81	3.20	6.54	-6.82	-6.22
N2	261.79	439.39	-413.88	-438.59	4.32	8.67	-8.99	-7.82
N1	257.47	430.73	-404.89	-430.77	5.36	10.56	-10.89	-9.16
Z	252.11	420.17	-394.00	-421.61	5.50	10.93	-11.53	-8.96
B	246.61	409.24	-382.47	-412.65	215.79	358.05	-382.47	-412.65
isolation	30.83	51.19	0.00	0.00	30.83	51.19	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 39
Deprem yalıtımlı Binanın R4-1 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	310.52	306.74	-522.82	-404.68	1.68	1.03	-3.30	-2.92
N4	308.83	305.71	-519.52	-401.77	2.93	1.89	-5.67	-4.46
N3	305.91	303.82	-513.85	-397.31	4.46	2.94	-8.35	-6.03
N2	301.45	300.88	-505.50	-391.27	5.95	3.99	-11.04	-7.58
N1	295.49	296.88	-494.46	-383.69	7.34	4.90	-13.49	-8.82
Z	288.15	291.98	-480.97	-374.87	7.45	4.90	-14.16	-8.65
B	280.69	287.08	-466.81	-366.22	245.62	252.48	-466.81	-366.22
isolation	35.08	34.60	0.00	0.00	35.08	34.60	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 40
Deprem yalıtımlı Binanın R4-2 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	319.26	304.45	-443.61	-515.33	1.31	1.38	-2.90	-3.45
N4	317.95	303.06	-440.71	-511.88	2.52	2.78	-4.50	-5.32
N3	315.44	300.28	-436.21	-506.56	3.88	4.27	-6.69	-7.25
N2	311.56	296.01	-429.52	-499.31	5.23	5.78	-8.82	-9.16
N1	306.32	290.23	-420.71	-490.15	6.46	7.17	-10.69	-11.45
Z	299.86	283.06	-410.01	-478.70	6.59	7.43	-10.97	-14.35
B	293.27	275.64	-399.05	-464.36	256.70	241.21	-399.05	-464.36
isolation	36.57	34.43	0.00	0.00	36.57	34.43	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 41
Deprem yalıtımlı Binanın R5-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	351.94	328.82	-405.30	-343.12	2.15	1.41	-2.51	-2.44
N4	349.79	327.41	-402.78	-340.68	3.73	2.76	-3.94	-3.71
N3	346.06	324.65	-398.85	-336.96	5.57	4.24	-5.83	-4.96
N2	340.49	320.41	-393.02	-332.00	7.40	5.74	-7.70	-6.19
N1	333.09	314.67	-385.31	-325.81	9.07	7.12	-9.40	-7.25
Z	324.02	307.56	-375.91	-318.56	9.27	7.41	-9.76	-7.20
B	314.76	300.15	-366.15	-311.36	275.44	262.63	-366.15	-311.36
isolation	39.32	37.52	0.00	0.00	39.32	37.52	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 42
Deprem yalıtımlı Binanın R5-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	335.06	351.78	-345.70	-379.84	1.77	1.69	-2.41	-2.59
N4	333.30	350.08	-343.28	-377.25	3.11	3.29	-3.67	-3.92
N3	330.19	346.79	-339.61	-373.34	4.70	5.00	-5.44	-5.28
N2	325.49	341.79	-334.17	-368.05	6.31	6.71	-7.19	-6.62
N1	319.18	335.08	-326.98	-361.44	7.75	8.29	-8.77	-7.71
Z	311.43	326.79	-318.20	-353.73	7.90	8.59	-9.04	-7.47
B	303.54	318.20	-309.17	-346.26	265.58	278.43	-309.17	-346.26
isolation	37.96	39.77	0.00	0.00	37.96	39.77	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 43
Deprem yalıtımlı Binanın R6-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	496.93	378.59	-413.64	-607.46	2.74	1.85	-2.84	-4.09
N4	494.19	376.74	-410.80	-603.36	4.79	3.54	-4.67	-6.42
N3	489.40	373.20	-406.13	-596.94	7.19	5.34	-6.88	-8.73
N2	482.21	367.86	-399.25	-588.21	9.62	7.17	-9.08	-11.01
N1	472.59	360.69	-390.17	-577.19	11.88	8.85	-10.98	-12.98
Z	460.71	351.84	-379.19	-564.21	12.12	9.20	-11.66	-12.94
B	448.59	342.65	-367.53	-551.28	392.45	299.83	-367.53	-551.28
isolation	56.14	42.82	0.00	0.00	56.14	42.82	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 44
Deprem yalıtımlı Binanın R6-2 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	381.04	495.64	-620.33	-398.83	2.14	2.48	-3.87	-3.25
N4	378.90	493.17	-616.47	-395.58	3.72	4.53	-6.50	-5.08
N3	375.18	488.63	-609.97	-390.50	5.64	6.77	-9.58	-6.80
N2	369.54	481.86	-600.39	-383.71	7.58	9.03	-12.67	-8.48
N1	361.96	472.84	-587.72	-375.22	9.32	11.10	-15.43	-9.94
Z	352.64	461.74	-572.28	-365.29	9.53	11.51	-16.26	-9.90
B	343.11	450.23	-556.03	-355.39	300.20	393.91	-556.03	-355.39
isolation	42.90	56.33	0.00	0.00	42.90	56.33	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 45
Deprem yalıtımlı Binanın R7-1 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	368.88	452.74	-471.26	-473.72	1.79	2.29	-3.19	-3.04
N4	367.09	450.45	-468.07	-470.68	3.09	4.29	-5.01	-4.65
N3	364.00	446.16	-463.06	-466.03	4.74	6.40	-7.47	-6.32
N2	359.26	439.76	-455.59	-459.71	6.38	8.49	-9.89	-7.98
N1	352.88	431.28	-445.70	-451.73	7.87	10.39	-12.11	-10.79
Z	345.01	420.88	-433.59	-440.94	8.06	10.52	-12.60	-12.94
B	336.95	410.36	-421.00	-428.01	294.83	359.02	-421.00	-428.01
isolation	42.12	51.35	0.00	0.00	42.12	51.35	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 46
Deprem yalıtımlı Binanın R7-2 Deprem Yükleme İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	457.87	358.91	-486.02	-449.03	2.63	1.54	-2.99	-3.20
N4	455.23	357.37	-483.03	-445.83	4.58	3.10	-5.19	-4.92
N3	450.65	354.27	-477.84	-440.91	6.83	4.73	-7.65	-6.68
N2	443.82	349.54	-470.19	-434.23	9.03	6.35	-10.11	-8.41
N1	434.79	343.20	-460.08	-425.82	10.54	7.84	-12.37	-9.88
Z	424.25	335.36	-447.71	-415.93	10.51	8.11	-12.97	-9.78
B	413.74	327.24	-434.74	-406.16	361.96	286.34	-434.74	-406.16
isolation	51.78	40.91	0.00	0.00	51.78	40.91	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 47
Deprem yalıtımlı Binanın R8-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	631.82	385.02	-241.53	-430.14	3.56	1.73	-1.68	-2.95
N4	628.26	383.30	-239.85	-427.19	6.21	3.43	-2.55	-4.47
N3	622.05	379.86	-237.31	-422.72	9.25	5.19	-3.75	-6.09
N2	612.80	374.68	-233.56	-416.63	12.26	6.94	-4.96	-7.61
N1	600.54	367.74	-228.60	-409.01	15.02	6.35	-6.08	-8.93
Z	585.53	361.38	-222.52	-400.08	15.59	6.34	-6.38	-8.69
B	569.94	355.05	-216.14	-391.39	498.84	311.18	-216.14	-391.39
isolation	71.10	43.87	0.00	0.00	71.10	43.87	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 48
Deprem yalıtımlı Binanın R8-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	391.47	636.67	-465.94	-245.92	1.86	3.30	-2.97	-1.85
N4	389.61	633.37	-462.96	-244.07	3.29	6.02	-4.62	-2.68
N3	386.32	627.35	-458.34	-241.39	5.04	8.87	-6.87	-3.58
N2	381.28	618.49	-451.47	-237.81	6.78	11.71	-9.12	-4.48
N1	374.50	606.78	-442.35	-233.33	8.35	14.34	-11.18	-5.21
Z	366.15	592.44	-431.17	-228.12	8.48	14.92	-11.59	-5.10
B	357.68	577.52	-419.58	-223.02	312.99	505.33	-419.58	-223.02
isolation	44.69	72.19	0.00	0.00	44.69	72.19	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 49
Deprem yalıtımlı Binanın R9-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	435.51	541.39	-538.64	-327.81	2.55	2.78	-3.26	-2.27
N4	432.96	538.61	-535.37	-325.54	4.49	5.31	-5.18	-3.39
N3	428.47	533.30	-530.20	-322.15	6.70	7.82	-7.70	-4.57
N2	421.76	525.48	-522.50	-317.58	8.90	10.31	-10.23	-5.75
N1	412.86	515.16	-512.27	-311.84	10.94	12.61	-12.57	-6.73
Z	401.92	502.55	-499.70	-305.10	11.29	13.04	-13.08	-6.62
B	390.63	489.52	-486.62	-298.48	341.84	428.36	-486.62	-298.48
isolation	48.80	61.16	0.00	0.00	48.80	61.16	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 50
Deprem yalıtımlı Binanın R9-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	541.16	437.25	-356.94	-517.97	3.12	2.19	-2.33	-3.29
N4	538.04	435.06	-354.61	-514.68	5.52	4.29	-3.51	-5.00
N3	532.53	430.78	-351.10	-509.68	8.23	6.38	-5.21	-6.89
N2	524.30	424.40	-345.89	-502.79	10.90	8.45	-6.90	-8.77
N1	513.40	415.95	-338.99	-494.01	13.39	10.37	-8.46	-10.33
Z	500.01	405.58	-330.53	-483.69	13.86	10.72	-8.80	-10.11
B	486.15	394.87	-321.73	-473.57	425.74	345.49	-321.73	-473.57
isolation	60.41	49.38	0.00	0.00	60.41	49.38	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 51
Deprem yalıtımlı Binanın R10-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	473.11	429.19	-418.73	-262.10	2.76	2.08	-2.89	-2.24
N4	470.35	427.10	-415.84	-259.86	4.81	3.94	-4.50	-3.37
N3	465.54	423.16	-411.34	-256.49	7.16	5.91	-6.69	-4.49
N2	458.37	417.25	-404.65	-252.00	9.49	7.89	-8.85	-5.56
N1	448.89	409.36	-395.80	-246.44	11.56	9.69	-10.81	-6.43
Z	437.33	399.67	-384.99	-240.01	11.93	10.05	-11.26	-6.28
B	425.41	389.62	-373.73	-233.73	372.39	340.97	-373.73	-233.73
isolation	53.02	48.65	0.00	0.00	53.02	48.65	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 52
Deprem yalıtımlı Binanın R10-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	423.02	483.16	-289.24	-392.97	2.50	2.41	-2.15	-2.92
N4	420.51	480.76	-287.09	-390.05	4.36	4.47	-3.29	-4.46
N3	416.16	476.28	-283.80	-385.59	6.49	6.64	-4.86	-6.04
N2	409.66	469.65	-278.94	-379.56	8.62	8.82	-6.41	-7.59
N1	401.04	460.83	-272.53	-371.96	10.53	10.85	-7.76	-8.91
Z	390.51	449.98	-264.77	-363.06	10.81	11.20	-8.13	-8.77
B	379.70	438.78	-256.65	-354.28	332.38	383.96	-256.65	-354.28
isolation	47.33	54.81	0.00	0.00	47.33	54.81	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 53
Deprem yalıtımlı Binanın R11-1 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	337.17	353.36	-307.88	-419.64	1.93	1.54	-2.17	-3.08
N4	335.23	351.82	-305.72	-416.56	3.34	3.06	-3.27	-4.73
N3	331.89	348.76	-302.44	-411.83	4.98	4.62	-4.84	-6.40
N2	326.91	344.14	-297.60	-405.43	6.61	6.22	-6.40	-8.05
N1	320.30	337.92	-291.20	-397.38	8.06	7.64	-7.83	-9.44
Z	312.25	330.29	-283.37	-387.94	8.32	7.89	-8.10	-9.27
B	303.92	322.40	-275.27	-378.68	261.51	282.05	-275.27	-378.68
isolation	42.41	40.35	0.00	0.00	42.41	40.35	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablo 5. 54
Deprem yalıtımlı Binanın R11-2 Deprem Yüklemesi İçin Maksimum Kat
Yerdeğiştirme ve Kat ötelenme Sonuçları

KAT	X(+)	Y(+)	X(-)	Y(-)	GÖRELİ X(+)	GÖRELİ Y(+)	GÖRELİ X(-)	GÖRELİ Y(-)
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
N5	357.58	350.46	-454.04	-286.74	1.82	1.54	-3.13	-2.19
N4	355.76	348.92	-450.91	-284.54	3.16	3.09	-4.80	-3.27
N3	352.60	345.83	-446.12	-281.28	4.83	4.70	-7.13	-4.37
N2	347.77	341.13	-438.98	-276.91	6.48	6.29	-9.43	-5.45
N1	341.30	334.84	-429.55	-271.46	7.96	7.80	-11.54	-6.35
Z	333.34	327.04	-418.02	-265.10	8.09	8.16	-11.98	-6.18
B	325.25	318.88	-406.04	-258.92	284.59	279.13	-406.04	-258.92
isolation	40.66	39.75	0.00	0.00	40.66	39.75	0.00	0.00
BASE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

5.2.7. Deprem Yalıtımlı Binanın Maliyet Analizi

Birim maliyet analizlerinde ise T.C. Çevre, Şehircilik ve iklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı’nca hazırlanan 2022 Yılı inşaat ve tesisat birim fiyatları kullanılmıştır. Tablo 5.54’de deprem yalıtımlı olarak yeniden tasarlanan yapının metraj ve maliyet tablosu gösterilmiştir.

Tablo 5. 55
Deprem yalıtımlı Binanın Maliyet Analizi

Poz No	Poz tanımı	Br.	2022 Birim Fiyat	Metraj	Tutar
15.150.1005	C 25/30 Hazır beton dökülmesi	m ³	951.48 ₺	970	922,935.60 ₺
15.180.1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	142.14 ₺	2496.73	354,885.20 ₺
15.160.1003	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu	Ton	18,809.50 ₺	36.5	686,546.75 ₺
15.160.1004	Ø 14- Ø 28 mm nervürlü beton çelik çubuğu	Ton	18,858.88 ₺	45	848,649.60 ₺
15.185.1005	Çelik borudan kalıp iskelesi yapılması (0,00-4,00 m arası)	m ³	21.75 ₺	6000	130,500.00 ₺
ÖZEL-01	Deprem yalıtım birimleri ve montajı (Testler ve Danışmanlık Hizmeti Dahil)	Ad	85,000.00 ₺	20	1,700,000.00 ₺
15.220.1004	135 mm kalınlığında yatay delikli tuğla	m ²	120.98 ₺	4000	483,920.00 ₺
			GENEL TOPLAM		5,127,437.15 ₺

6. ANALİZ VE MALİYET SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

6.1. Modal Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Uygulamasının yapının deprem performansına verdiği pozitif katkının en önemli çıktılarından biri olan periyot sonuçlarına değişimlerine ait sonuçlar Tablo 5.56'da karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

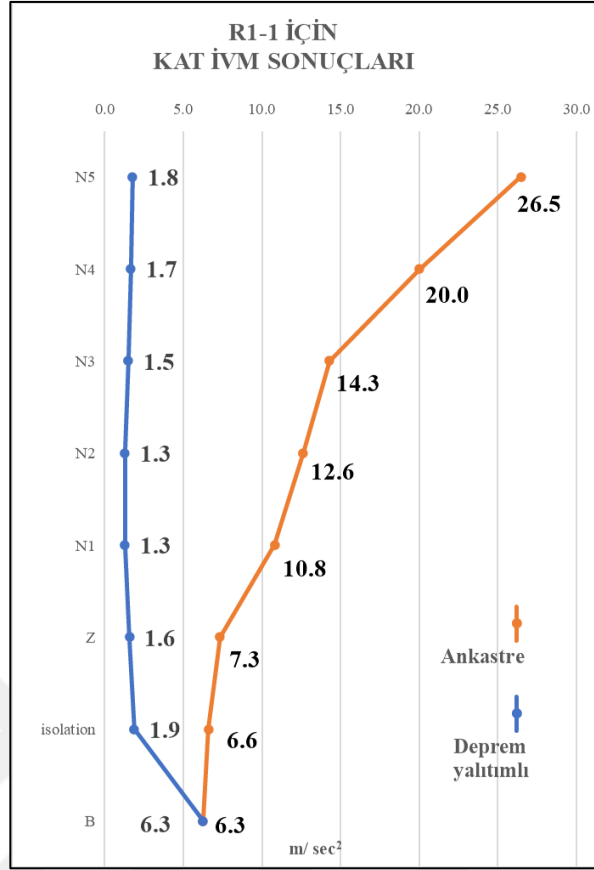
Tablo 5. 56
Deprem yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Yapıların Periyotları

YAPI PERİYOTLARI		
Mod	Deprem Yalıtımlı	Ankastre Mesnetli
	Periyot(s)	Periyot(s)
1	3.44	0.52
2	3.37	0.34
3	2.99	0.28
4	0.23	0.15
5	0.18	0.14

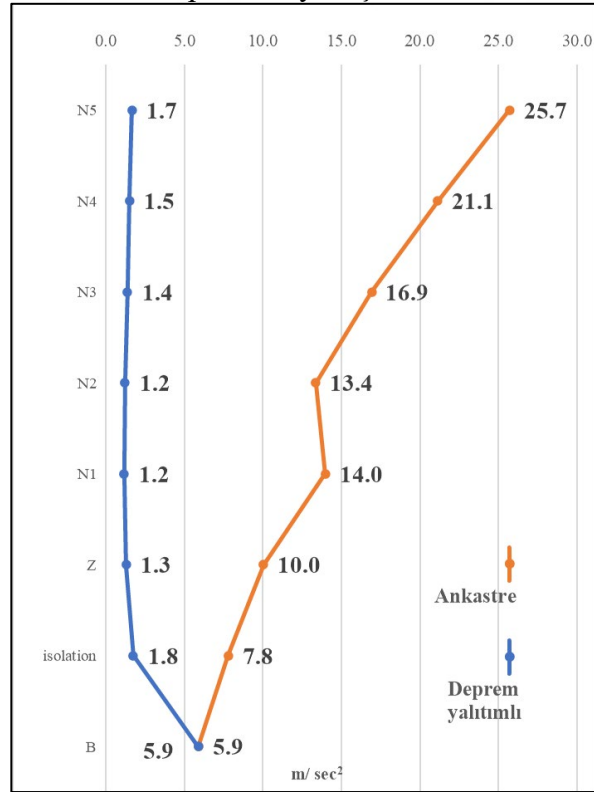
6.2. Zaman Tanım Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

6.2.1. Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın Kat İvmeleri Sonuçlarının Karşılaştırılması

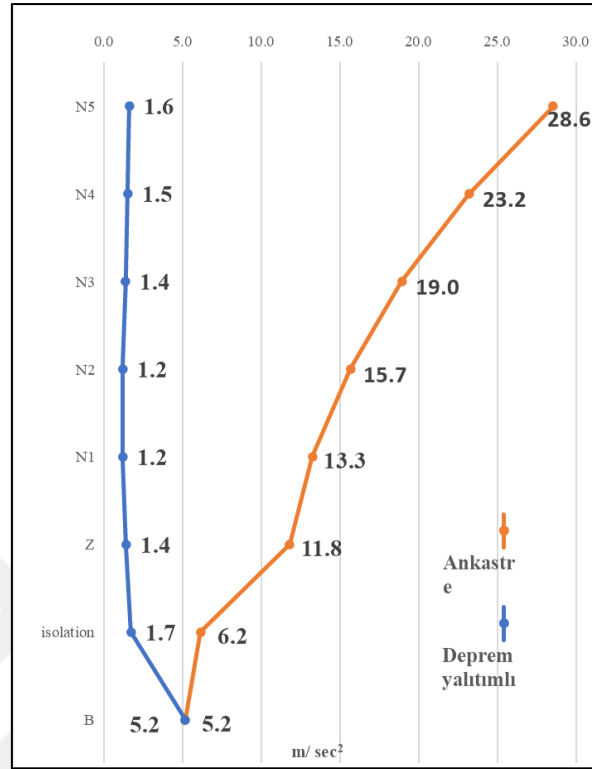
Deprem yalıtımı uygulanmış yapı ile ankastre mesnetli yapının kat ivmelerinin 22 deprem yüklemesine göre karşılaştırmalı sonuçları şekillerden incelediğimizde deprem yalıtımı uygulamasında katlara etkiyen kat ivmesinde ki düşüşün ve deprem yalıtımlı yapıda, yalıtım katı sonrası neredeyse kat ivmesinin aynı seviyelerde kaldığını görmekteyiz.



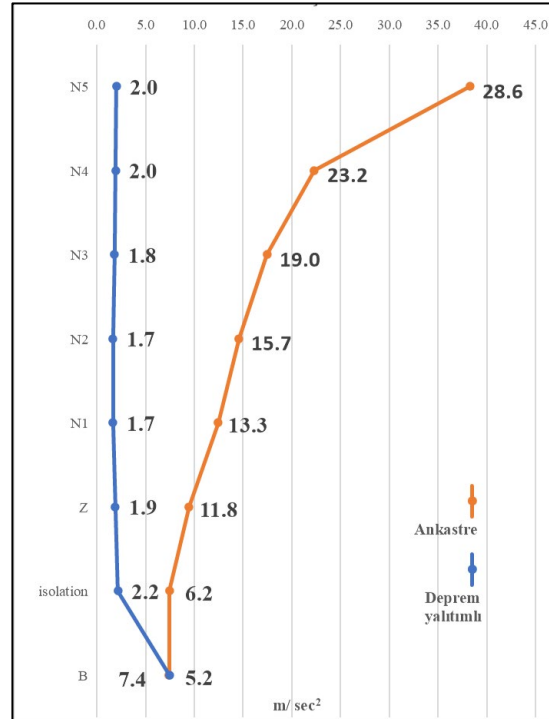
Şekil 6. 1: R 1-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



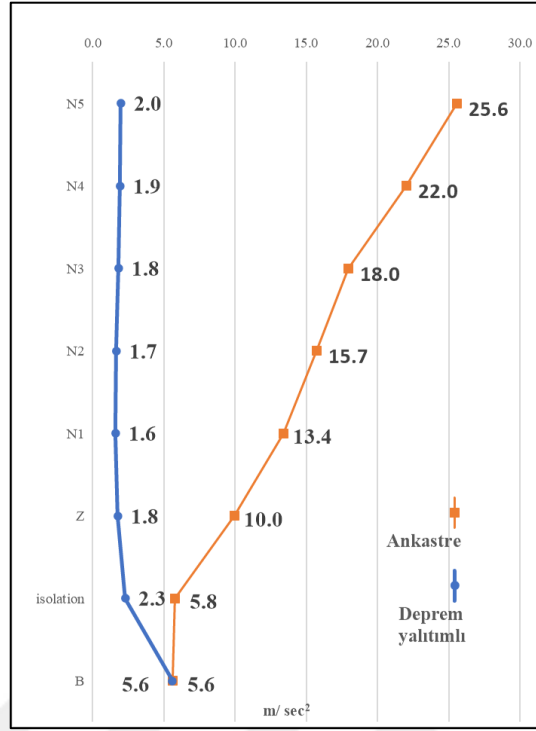
Şekil 6. 2: R 1-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



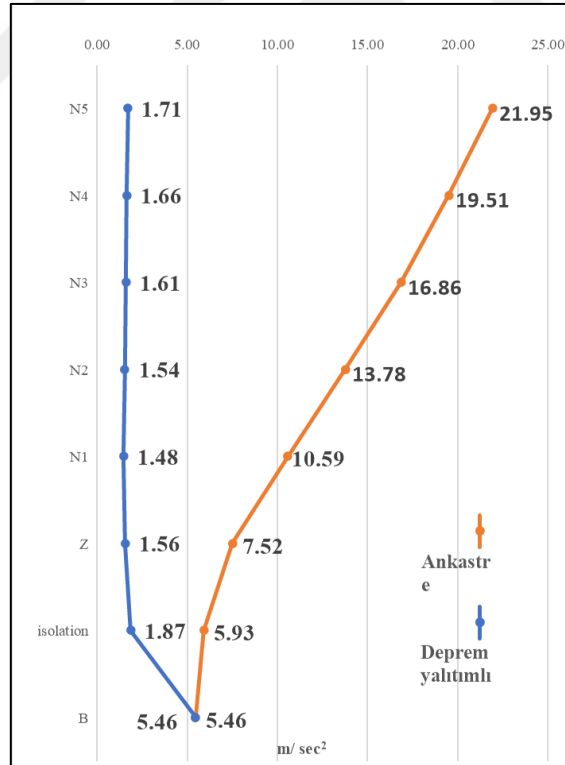
Şekil 6. 3: R 2-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



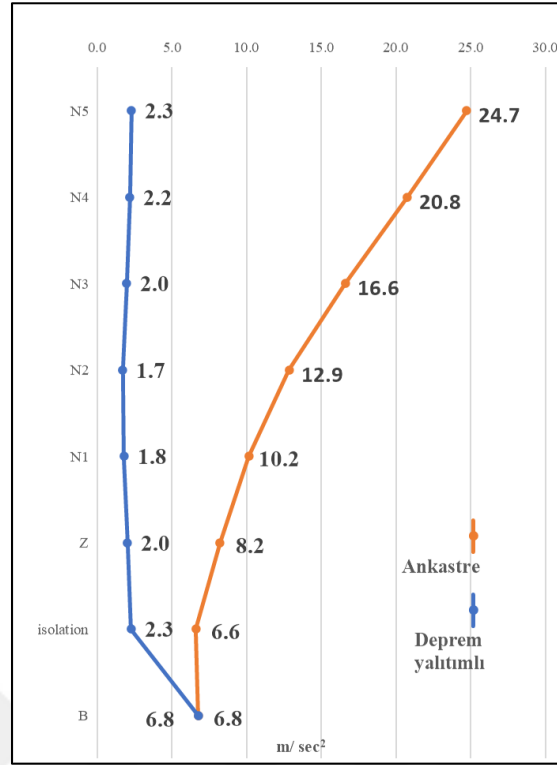
Şekil 6. 4: R 2-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



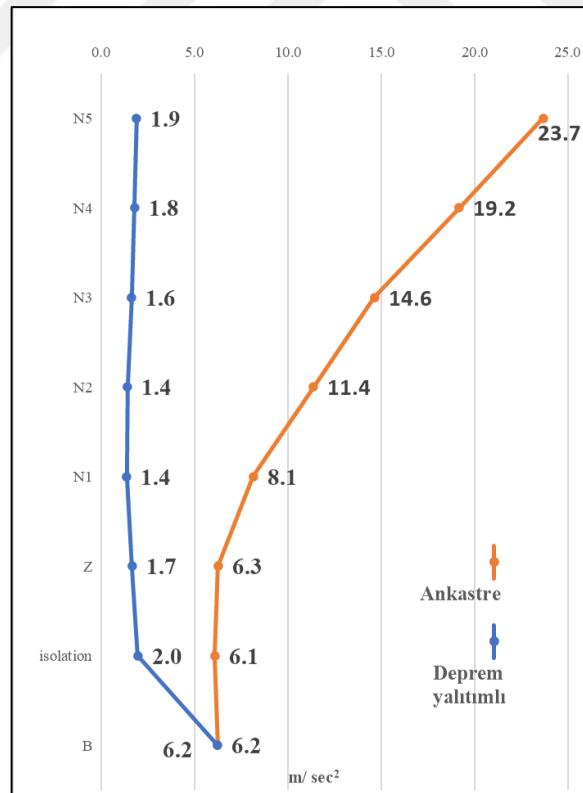
Şekil 6. 5: R 3-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



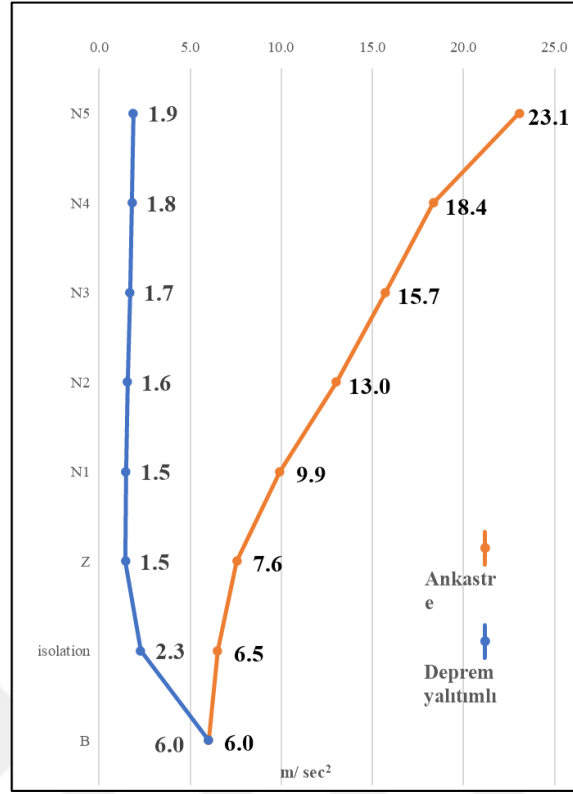
Şekil 6. 6: R 3-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



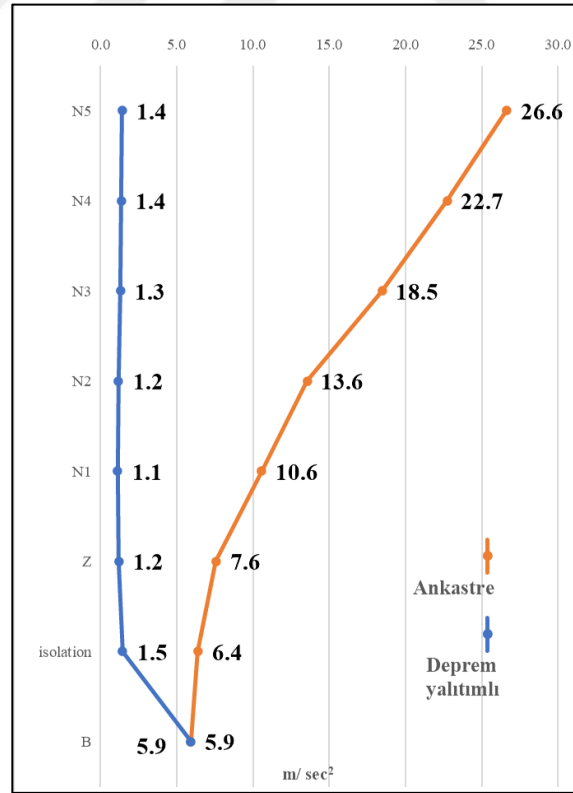
Şekil 6. 7: R 4-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



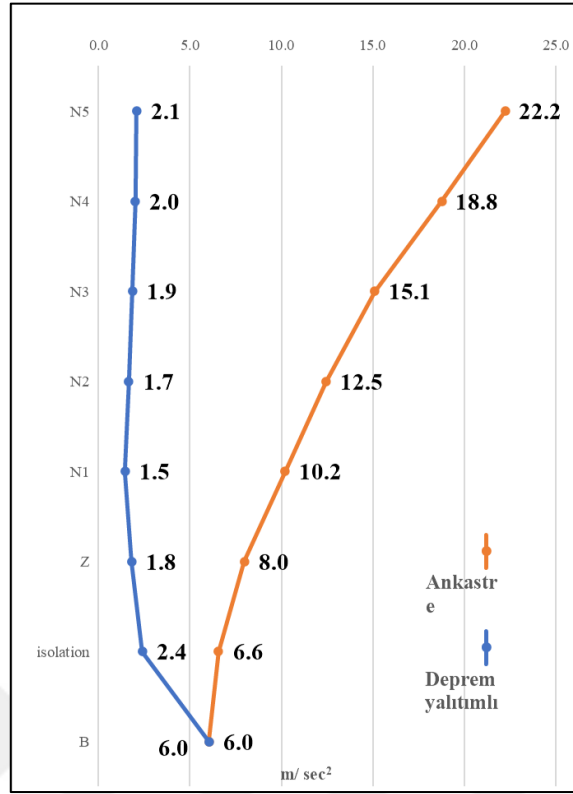
Şekil 6. 8: R 4-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



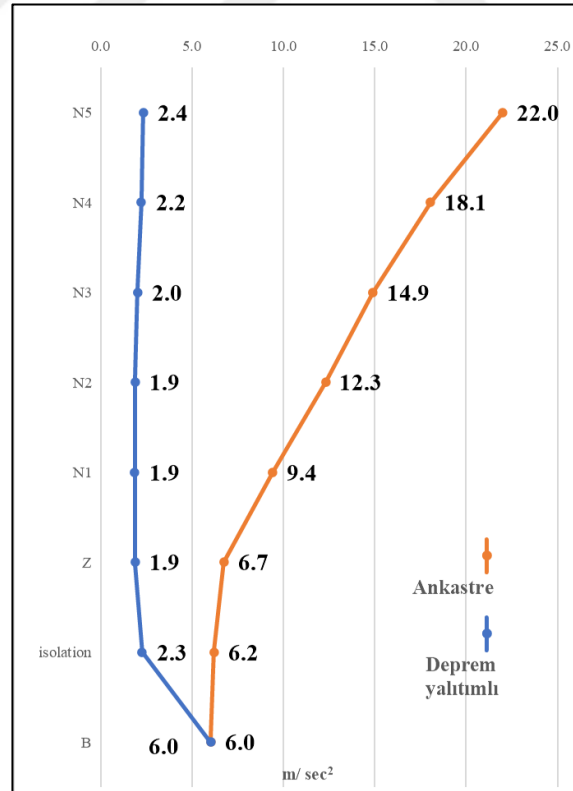
Şekil 6. 9: R 5-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



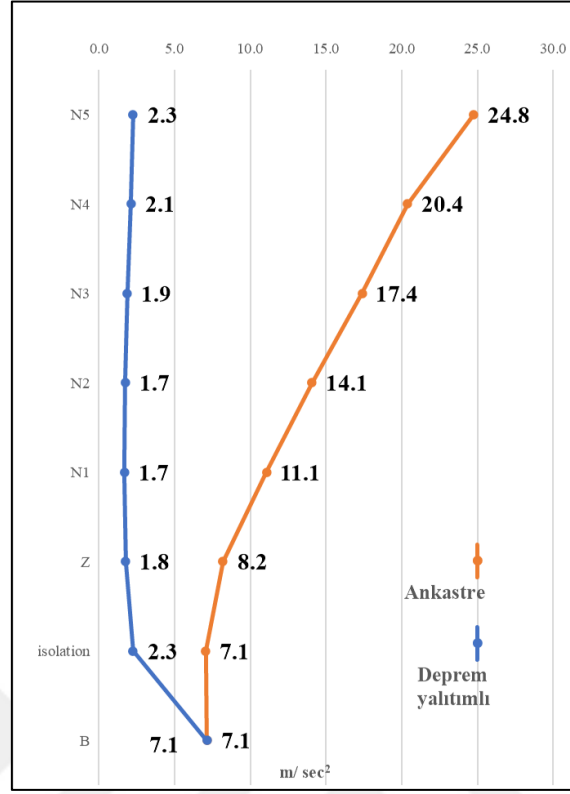
Şekil 6. 10: R 5-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



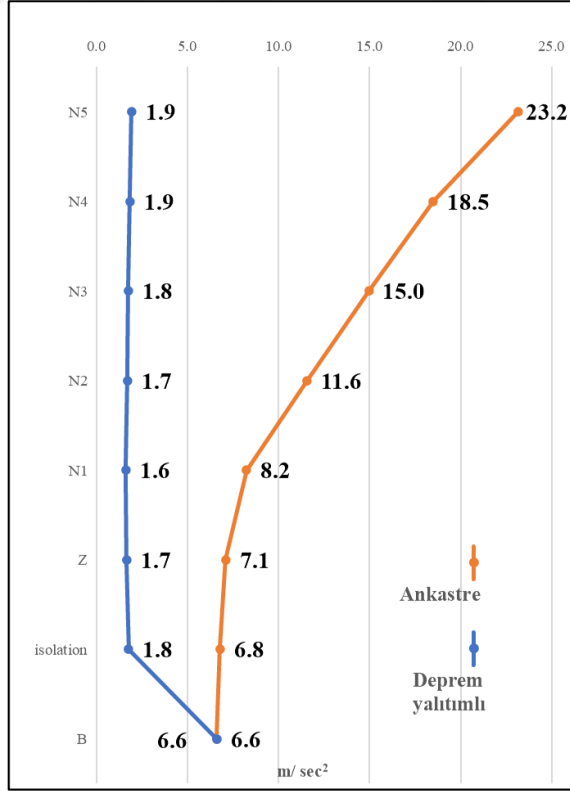
Şekil 6. 11: R 6-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



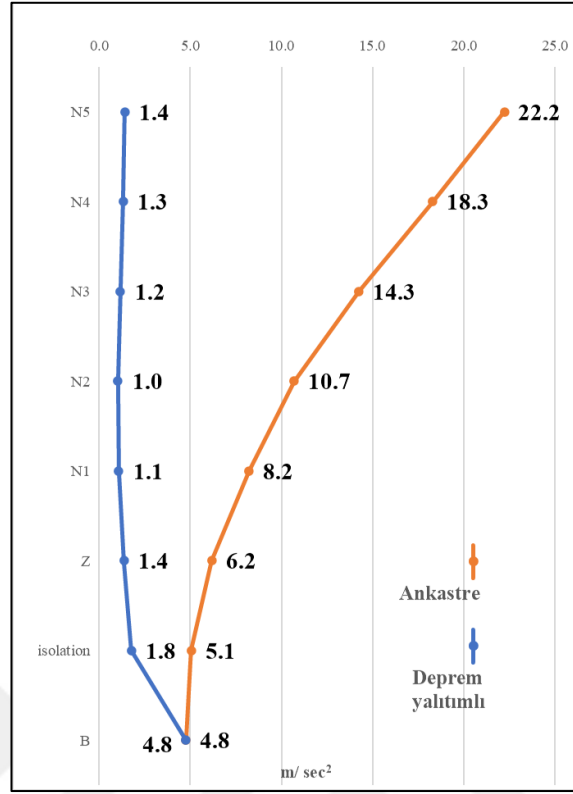
Şekil 6. 12: R 6-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



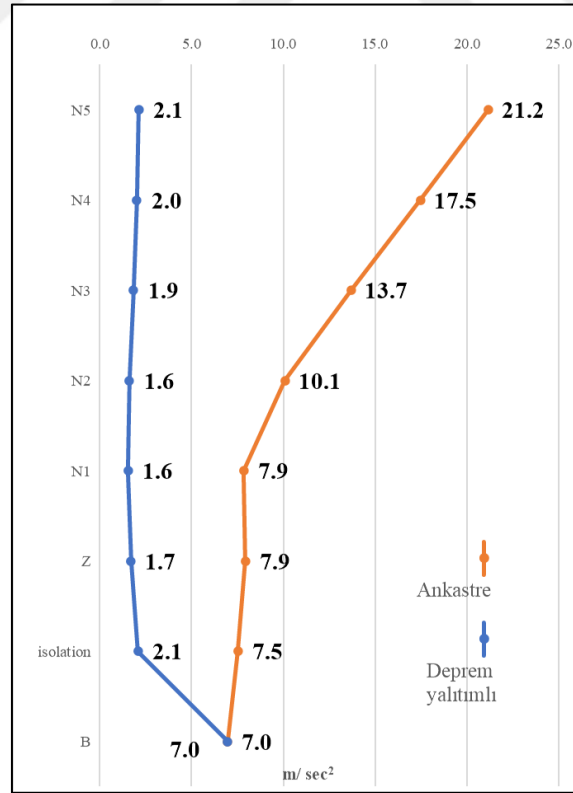
Şekil 6. 13: R 7-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



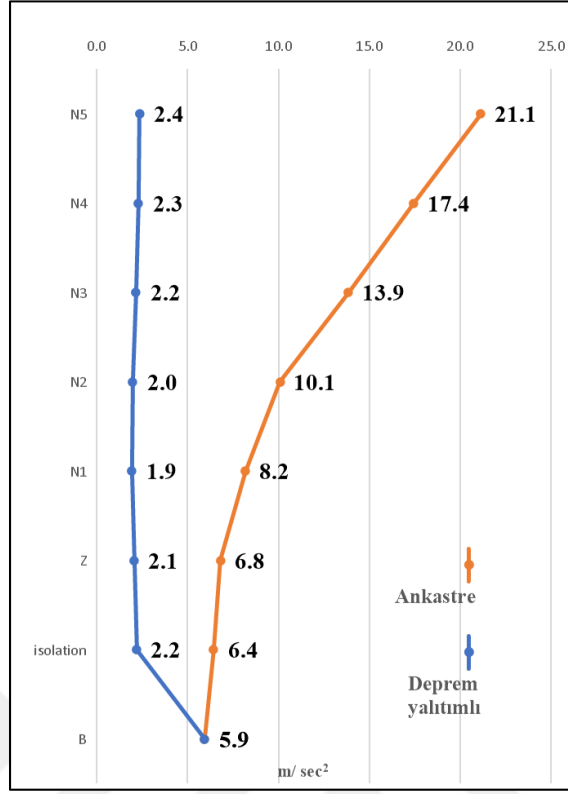
Şekil 6. 14: R 7-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



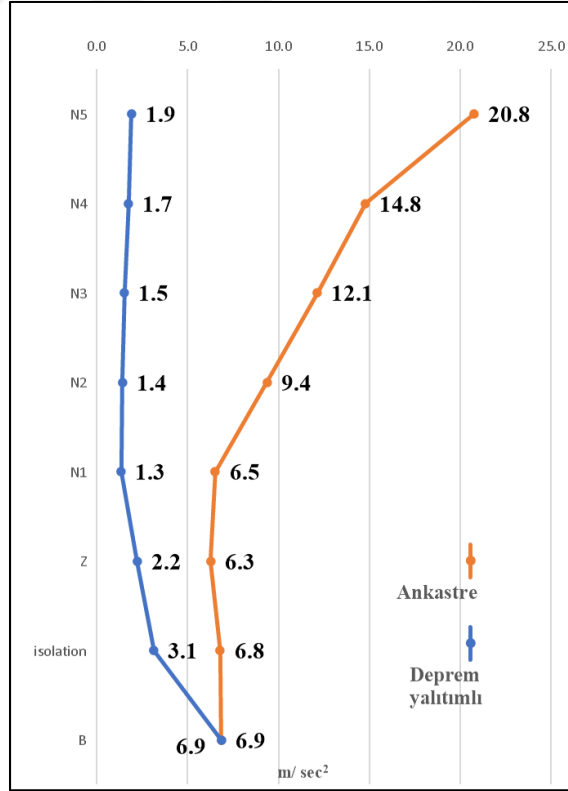
Şekil 6. 15: R 8-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



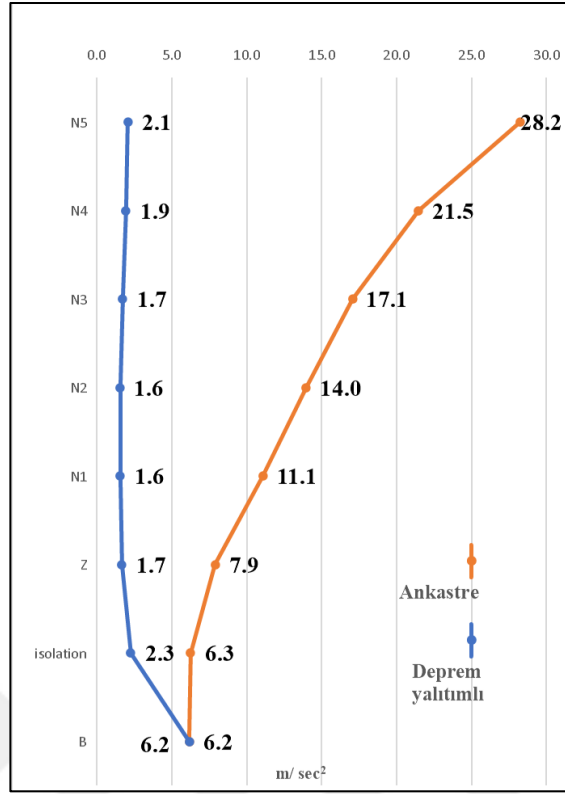
Şekil 6. 16: R 8-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



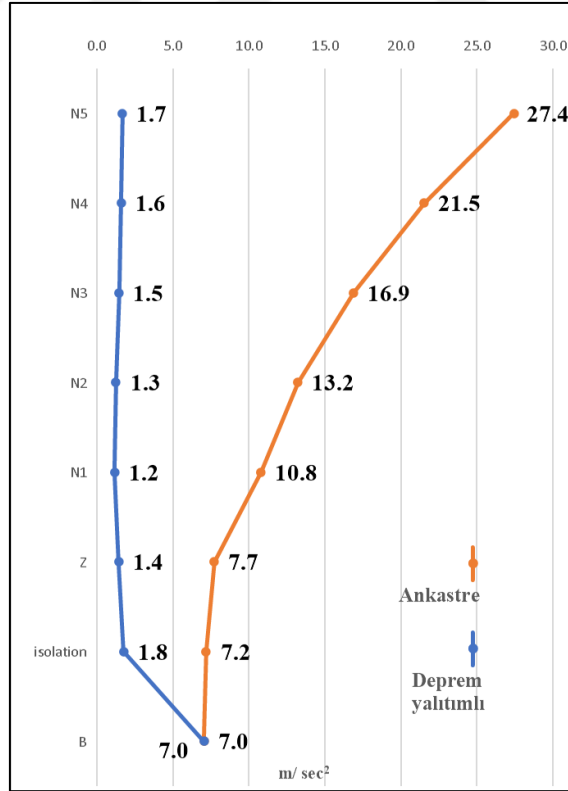
Şekil 6. 17: R 9-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



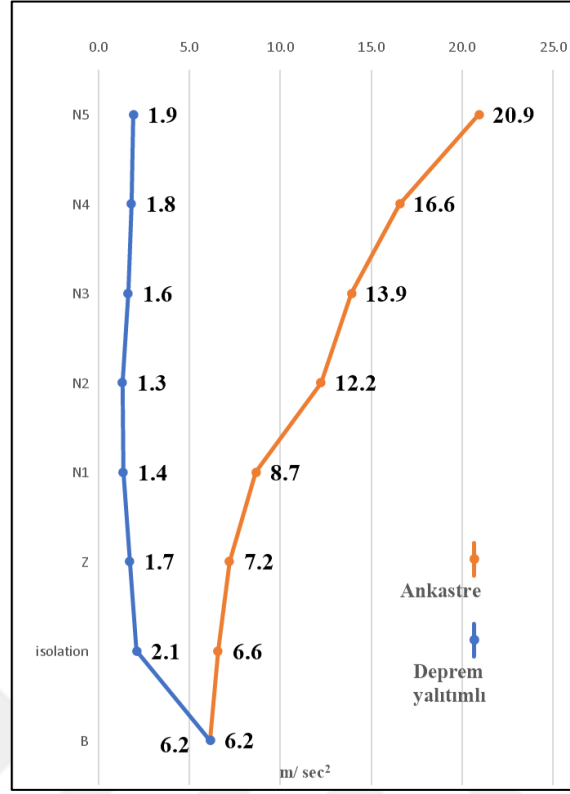
Şekil 6. 18: R 9-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



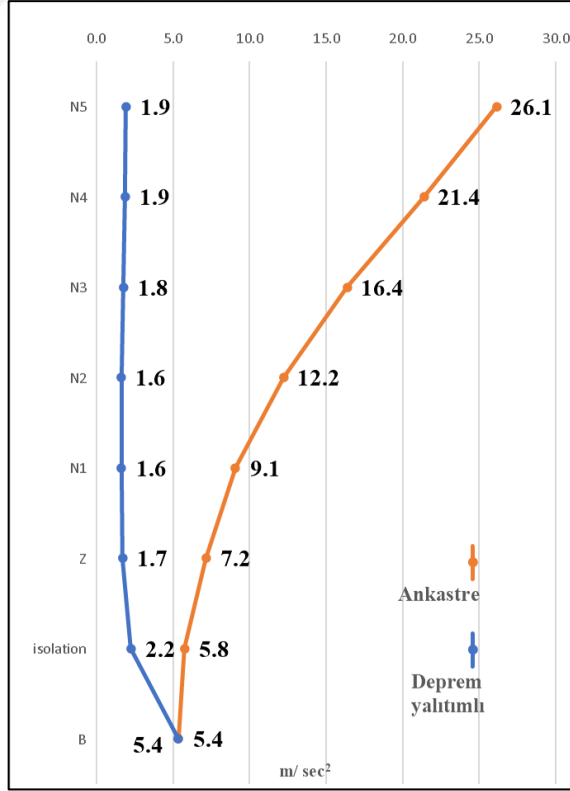
Şekil 6. 19: R 10-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



Şekil 6. 20: R 10-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



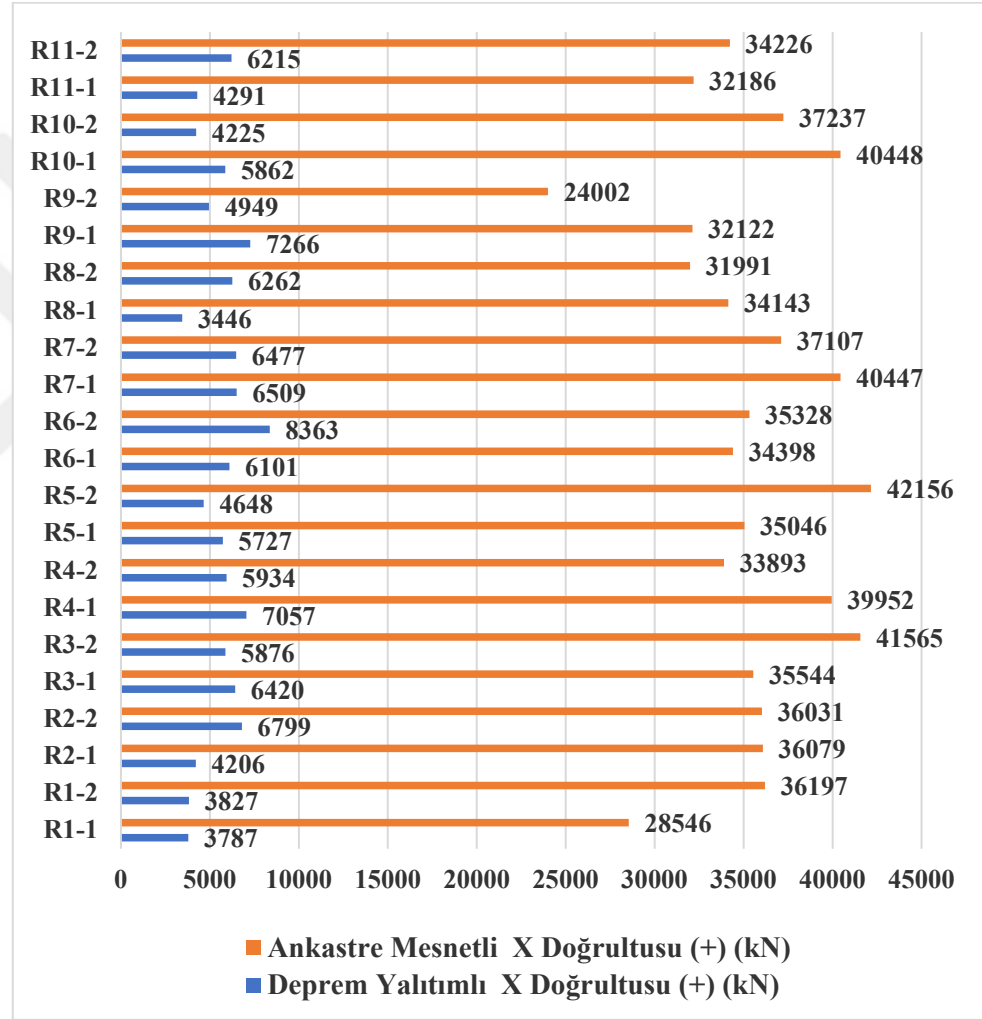
Şekil 6. 21: R 11-1 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları



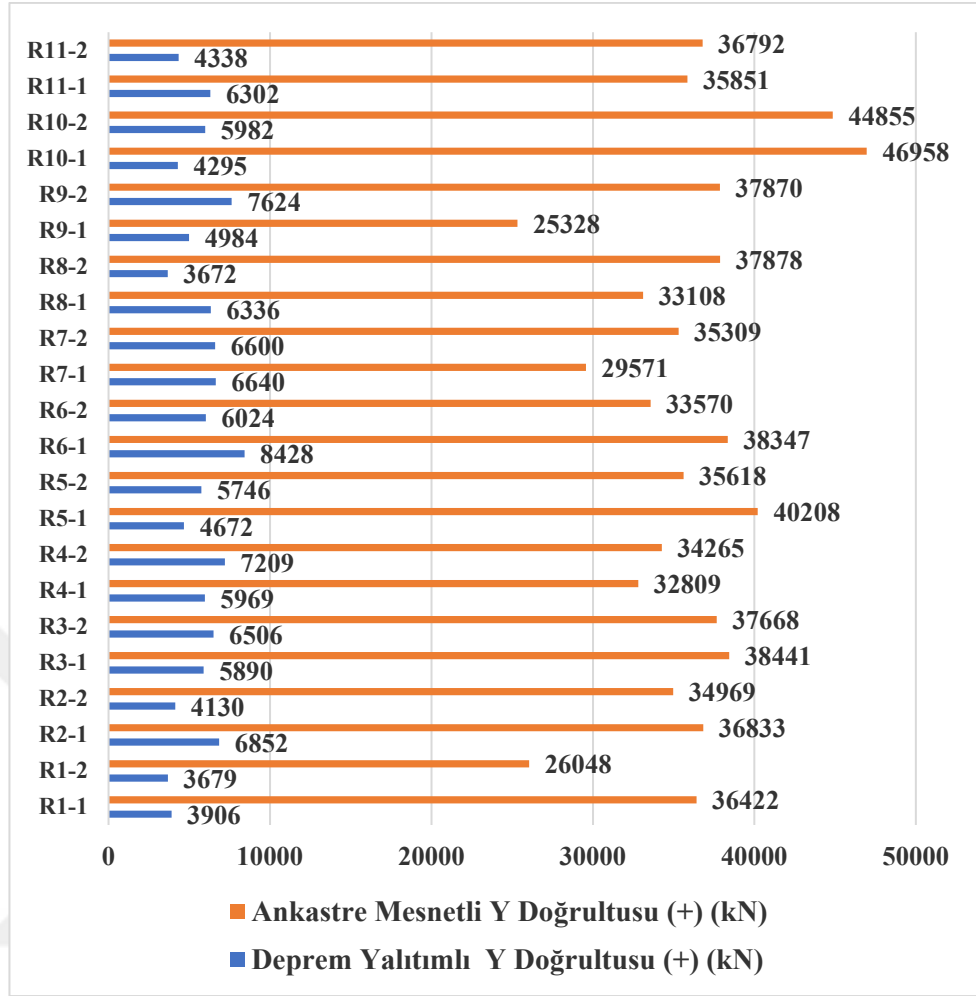
Şekil 6. 22: R 11-2 Deprem Kaydı İçin Kat İvmesi Sonuçları

6.2.2. Deprem Yalıtımlı Binanın Taban Kesme Kuvveti Sonuçlarının karşılaştırılması

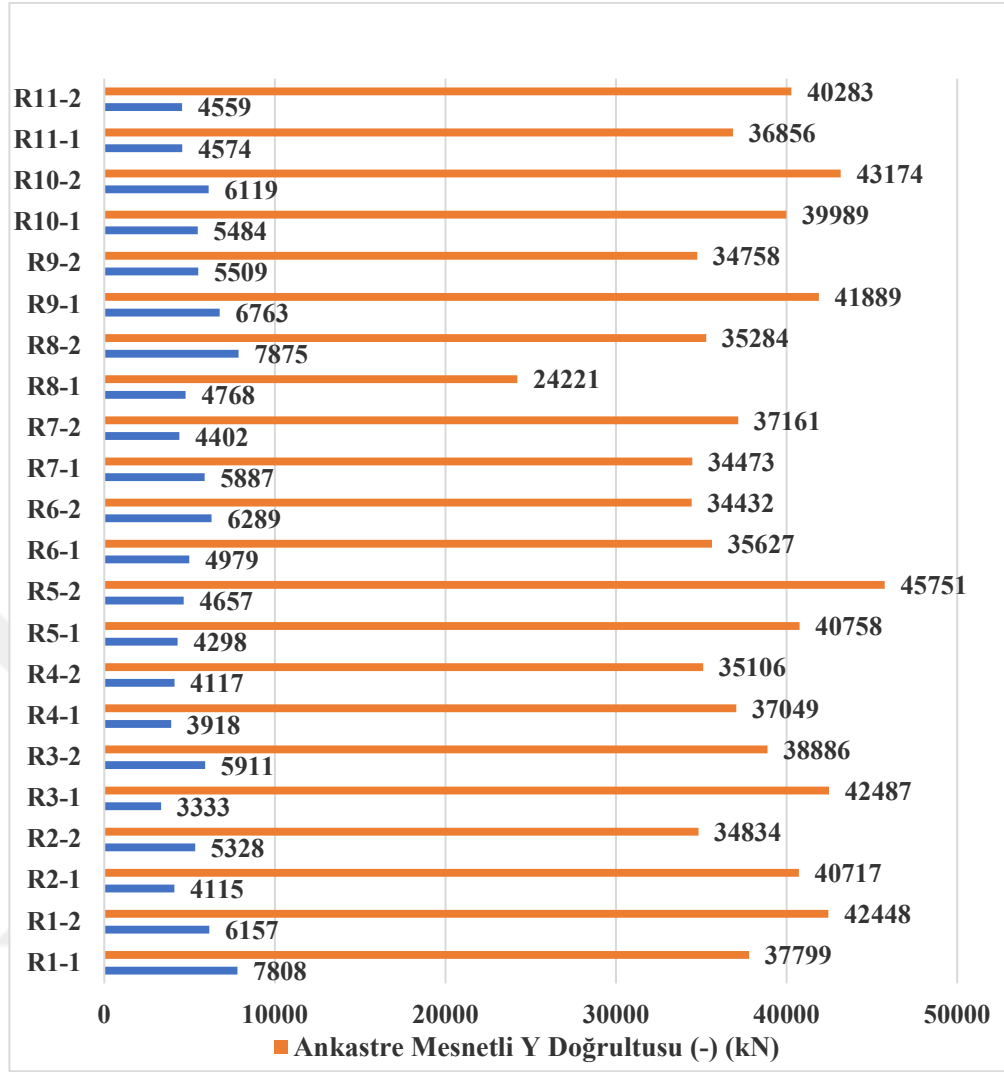
Deprem yalıtımı uygulandığı binanın taban kesme kuvvetinde ciddi oranda azalmaya neden olur ve bu azalma ile yapı depremin yıkıcı etkilerinden korunur. Bu özelliğini ankastre mesnetli sistemle karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve aşağıda 22 deprem yüklemesine göre deprem yalıtımlı ve ankastre mesnetli binanın taban kesme kuvveti grafik” karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.



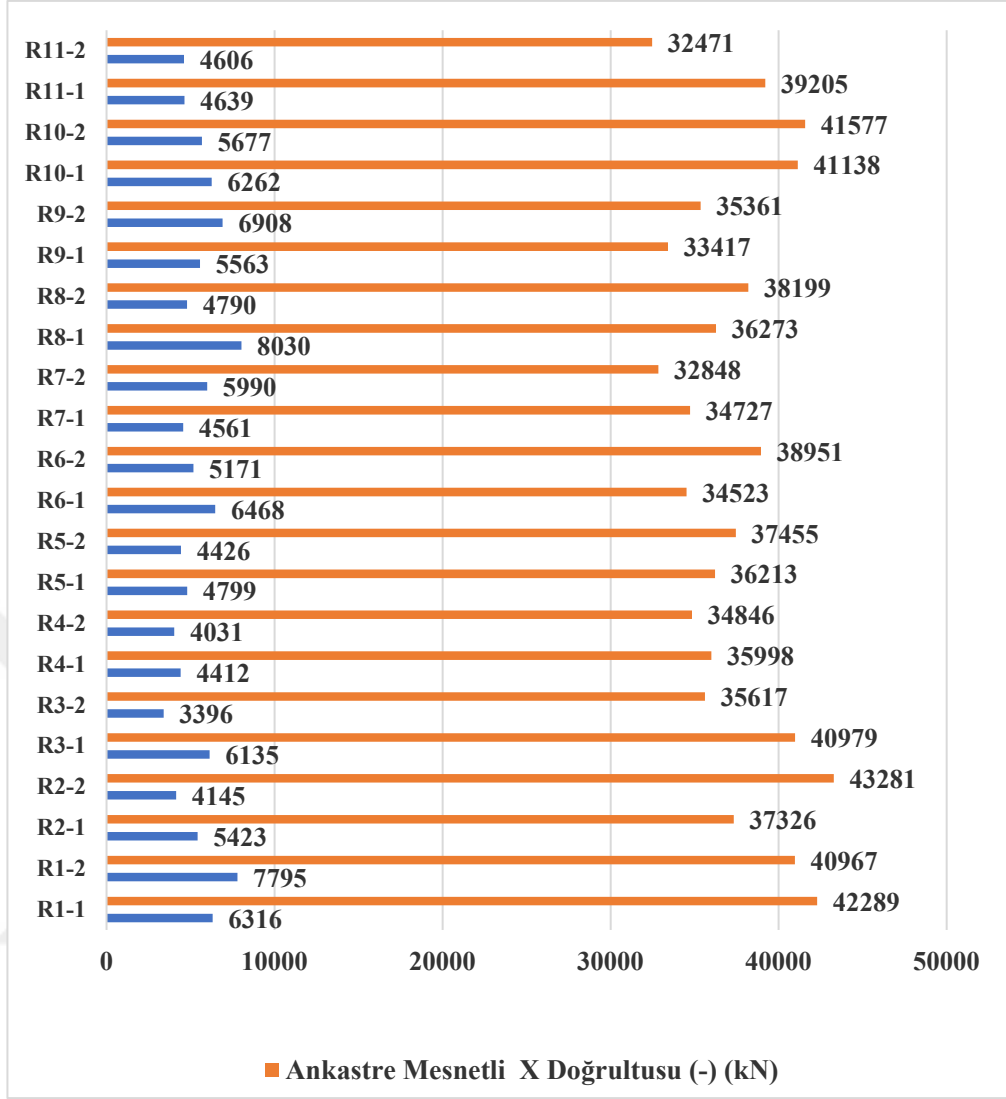
Şekil 6. 23: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (+) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları



Şekil 6. 24: Deprem Yalıtımlı ve Ankastr Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (+) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları



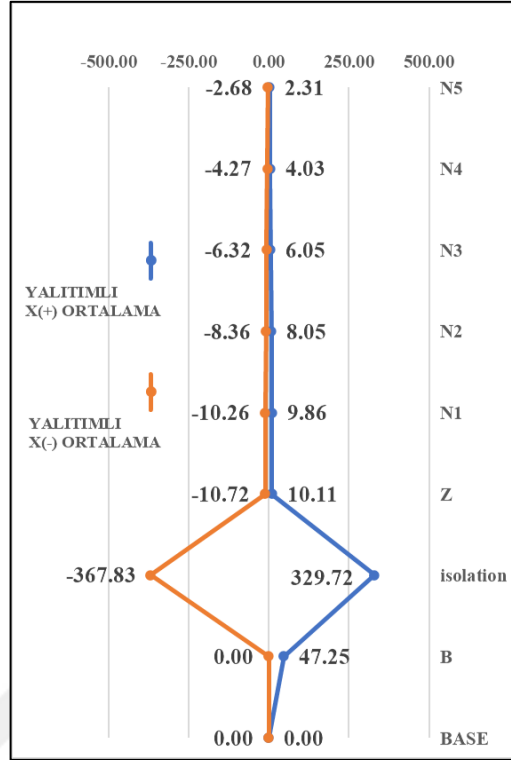
Şekil 6. 25: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (-) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları



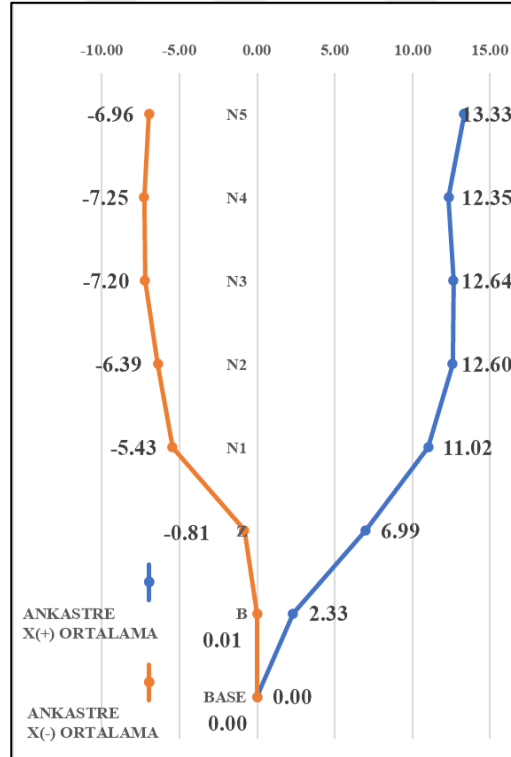
Şekil 6. 26: Deprem Yalıtımlı ve Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (-) Doğrultusunda Taban Kesme Kuvveti Sonuçları

6.2.3. Deprem Yalıtımlı Binanın Maksimum Kat Deplasmanı ve Göreli Kat Öteleme Sonuçlarının Karşılaştırılması

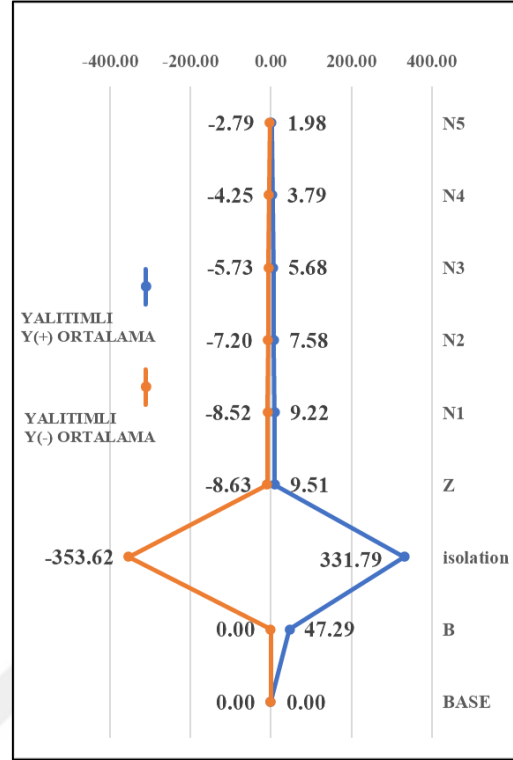
Deprem yalıtımlı yapılarda göreli kat ötelemesi yalıtım katından sonra çok düşük seviyelere indiğinden dolayı yapı neredeyse rijit bir davranış gösterir. Kat ötelemesinin az olmasından kaynaklı yapıdaki ikinci mertebe etkileri önemsenecek boyutta değildir. Bu özelliğini ankastre mesnetli yapı ile karşılaştırılabilmesi için hesaplamaları yapılmış ve aşağıda 22 deprem yüklemesine göre deprem yalıtımlı binanın ortalama kat ötelenme sonuçları ve Tablo 7. 1’de göreli kat öteleme oranları verilmiştir.



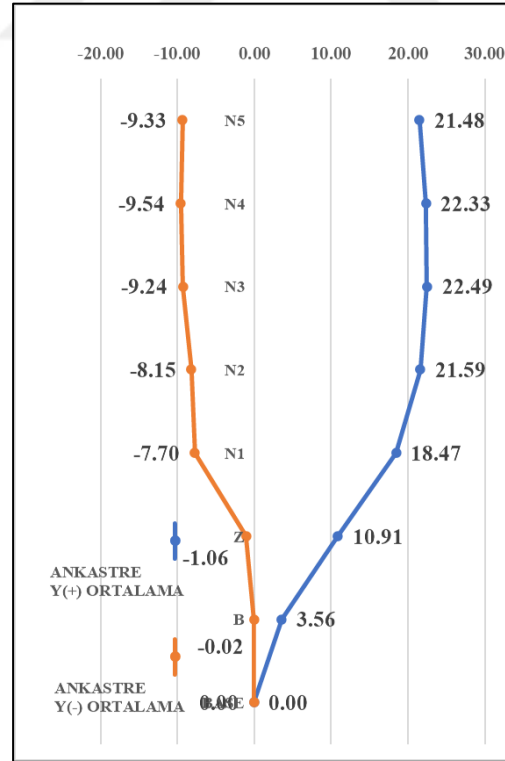
Şekil 6. 27: Deprem Yalıtımlı 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (+) ve X (-) Doğrultusunda Ortalama Görelî Kat Öteleme Sonuçları



Şekil 6. 28: Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin X (+) ve X (-) Doğrultusunda Ortalama Görelî Kat Öteleme Sonuçları



Şekil 6. 29: Deprem Yalıtımlı 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (+) ve Y (-) Doğrultusunda Ortalama Görelî Kat Öteleme Sonuçları



Şekil 6. 30: Ankastre Mesnetli Binanın 22 Adet Deprem Kaydı İçin Y (+) ve Y (-) Doğrultusunda Ortalama Görelî Kat Öteleme Sonuçları

Tablo 7. 1
Sabit Temelli Binanın-Deprem Yalıtımlı Binanın X (+) Yönünde Zaman Tanım
Alanında Analiz Göre En Büyük Göreli Deplasman Oranları Kıyaslama Tablosu

Kat	Ankastre Mesnetli Bina	Deprem Yalıtımlı Bina
	Δ_{max}/h_i	Δ_{max}/h_i
5	0.00444	0.00066
4	0.00412	0.00126
3	0.00421	0.00189
2	0.00420	0.00253
1	0.00367	0.00307
Z	0.00233	0.00317
Yalıtım/ Bodrum	0.00078	0.11060

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma da T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Toplu Konut İdaresince yapımı gerçekleştirilmiş olan ankastre mesnetli ve yüksek süneklik düzeyli boşluksuz perdeli bir yapının deprem yalıtımlı ve taşıyıcı sisteminin değiştirilerek süneklik düzeyi sınırlı betonarme çerçeve bir yapı olarak ayrı ayrı ETABS sonlu eleman paket programıyla Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018'e göre zaman tanım alanında analizi yapılmış ve hem ankastre emsnetli hem de deprem yalıtımlı bina için periyot, taban kesme kuvveti, görelî kat ötelemesi ve kat ivmeleri gibi yapıların deprem altındaki davranışını anlamamızı sağlayan bulgular elde edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre:

- Ankastre mesnetli yapının 1. Modda ki periyodu 0.52 s olurken deprem yalıtımlı yapının periyodu 3.44 s'dir. Yapı deprem yalıtımın katkısıyla periyodu depremin yıkıcı etkisinin olduğu düşük periyot seviyesinden uzaklaşıp daha az deprem etkisi almıştır.
- Modal analiz sonuçlarına göre X,Y ve Z yönlerinde %95 kütle katılım sağlama koşulunu ankastre mesnetli yapının 48. Modda ki yakalarken deprem yalıtımlı 6. Modda sağlamıştır. Bu yönüyle deprem yalıtımı kullanımının yapının deprem davranışını olumlu yönden etkilediği görülmüştür.
- Analiz sonuçlarına kat ivme sonuçları açısından baktığımızda, Ankastre mesnetli yapıda kat ivmeleri üst katlara doğru artarken, deprem yalıtımlı yapıda yalıtım birimlerinin hareketinden dolayı ivmeler yalıtım birimi seviyesinde maksimum olurken yalıtım birimi seviyesinde azaldığı ve üst katlara doğru neredeyse değişmediği görülmektedir. Bu sonuçta azalan kat ivmesinin yapısal olmayan hassas elemanların deprem hasarından korunmasına katkı sağlar. 6. bölümde tüm deprem kayıtları için ayrı ayrı verilen time history sonuçlarının yanında, yapıya uygulanan 22 deprem kaydının bodrum kat ortalaması 6.39 m/s^2 , 5. Normal kat için $24,33 \text{ m/s}^2$ olduğu görüşmüştür. Aynı yüklemeler altında deprem yalıtımlı bina da ise, yalıtım birimleri altında bodrum kat ortalaması 6.18 m/s^2 , 5. Normal kat için 1.92 m/s^2 olduğu görüşmüştür. Böylelikle yapıya uyguladığımız

deprem yalıtımının kullanımı en üst katta kat ivmelerini yaklaşık %92 azalttığı görülmektedir. Deprem yalıtımının yapıyı deprem hasarından koruduğunu gösteren en temel göstergelerden biridir.

- Analiz sonuçlarına göreli kat yerdeğiştirme oranları açısından bakıldığında; deprem yalıtımı uygulaması ankastre mesnetli yapının en üst katın göreli yerdeğiştirme oranını yaklaşık %85 azalttığı görülmüştür. Aynı zamanda deprem yalıtımlı yapıda, binanın yerdeğiştirmelerinin çoğunluğunun izolasyon seviyesinde gerçekleştiği 6. Bölümde verilen yerdeğiştirme grafiklerinden de net olarak görülmektedir. Büyük göreli kat ötelenmeleri hem yapısal hem de yapısal olmayan elemanlarda bilhassa katlara bağlı ekipmanların ciddi hasar almasına sebebiyet verir. Deprem yalıtımı uygulamasının kattığı pozitif yöndeki değişim burada da görülmektedir.
- Analiz sonuçlarına göreli taban kesme kuvveti sonuçları açısından baktığımızda; gelen deprem kuvvetinin etkisiyle oluşan taban kesme kuvvetleri X (+) yönde ortalama olarak ankastre mesnetli bina 35392,62 kN ve deprem yalıtımlı binada 5833.33 kN, X (-) yönde ortalama olarak ankastre mesnetli bina 36450,23 kN ve deprem yalıtımlı binada 5395.81 kN, Y (+) yönde ortalama olarak ankastre mesnetli bina 36146,07 kN ve deprem yalıtımlı binada 5926.23 kN, Y (-) yönde ortalama olarak ankastre mesnetli bina 37300,69 kN ve deprem yalıtımlı binada 5262.37 kN olarak gerçekleşmiştir. Sonuçta, deprem yalıtımı uygulanmış yapıda taban kesme kuvveti X(+) yönde %83.4 oranında, X(-) yönde %85.2 oranında, Y(+) yönde %83.6 oranında ve Y(-) yönde ise %85.9 oranında azalmıştır. Bu da deprem yalıtımının yapının genelinde büyük hasarlara sebebiyet veren taban kesme kuvvetinden nasıl koruduğunu açıkça ortaya koymuştur.
- Ankastre mesnetli ve deprem yalıtımlı yapının kaba inşaat maliyetleri açısından incelediğimizde; Toplu konut idaresince uygulaması yapılmış olan ankastre mesnetli yapının T.C. Çevre, Şehircilik ve iklim Değişikliği Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı'nca hazırlanan 2022 Yılı inşaat ve tesisat birim fiyatlarına göre kaba inşaat maliyeti 4,243,909.84 ₺, deprem yalıtımlı yapının maliyeti ise 5,127,437.15 ₺ olarak

hesaplanmıştır. Sonuç olarak deprem yalıtımlı yapının maliyeti yaklaşık %20 daha maliyetlidir. Deprem yalıtımı ülkemizde üretim koşulları ve uygulama sayısı arttıkça maliyet daha da düşeceği aşıkardır. Diğer bir yandan ankastre mesnetli bir yapı da deprem sonrası yapısal hasar oluşurken, deprem yalıtımlı yapıda depremden kaynaklanan etkinin ciddi bir kısmı yalıtım arayüzünde karşılandığı için yapıda hasar neredeyse oluşmayacaktır. Deprem sonrası kullanım açısından deprem yalıtımlı yapı hemen kullanıma açılacakken, ankastre mesnetli yapıda olası yapısal ve ya yapısal olmayan hasarlar ve/ veya yıkımdan kaynaklı uzun süre servis veremeyecektir. Bu sayılan sebeplerden dolayı deprem yalıtımlı yapının başlangıç aşamasındaki maliyet artışı tolere edilebilecek düzeydedir.

TBDY 2018' e göre zaman tanım alanında yapılan analizlerin sonucunda deprem yalıtımı uygulamasının deprem kuvvetlerini azaltmak ve yapının deprem sonrası hemen servise alınması için kullanılan verimli bir yöntem olduğu sonucuna varılabilir.

Diğer yandan deprem yalıtımı yöntemi, tarihi yapıların güçlendirilmesinde, ve ülkemizde sıklıkla uygulanan hastane yapılarından ziyade yaşam alanlarımız olan konut tipi yapılarda da kullanımın hızla artması, hem kentsel dönüşüm yapılan ülkemizin çeşitleri yerlerinde ki konut projelerinin tam anlamıyla depremden korunabilmesi için ve en önemlisi de olası bir depremden sonra ülke ekonomisinin yara almaması için vazgeçilmezdir.

KAYNAKÇA

- Aldemir, Ü. (1994). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Aktif Kontrolünün Kullanılması*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayhan, O. (2006). Binaların Depreme Karşı Güçlendirilmesinde Klasik Yöntem ile Sürtünmeli Sarkaç Sistemlerin Karşılaştırılması. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Baki, S. (2015). *Betonarme Bir Binada Sismik İzolasyonlu Ve İzolasyonsuz Çözümlerin Karşılaştırılması*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Calvi, P. M. & Calvi, G. M. (2018). Historical Development Of Friction-Based Seismic Isolation Systems. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 106, 14–30.
- Castaldo, P., Palazzo, B. & Vecchia, P. D. (2015). Seismic Reliability Of Base-Isolated Structures With Friction Pendulum Bearings. *Engineering Structures*, 80-93.
- Celep, Z. (2019). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. İstanbul: İhlas Gazetecilik A.Ş.
- Chopra, A. K. (1995). *Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering*. Upper Saddle River, NJ.: Prentice Hall. Inc.
- Constantinou, M. C., Whittaker, A. S. & Velivasakis, E. (2001). Seismic Evaluation and Retrofit of the Atatürk International Airport Terminal Building. *In Proceedings of the 2001 Structural Congress and Exposition*, (s. 21-23).
- Çağlar, M. C. (2002). *Taban İzolasyonlu Sistemler*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Demir, S. (2008). *Sismik İzolasyon Sistemleriyle Yapıların Tasarımı ve Mevcut Bir Yapıya Uygulanması*. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dicleli, M. (2013). *Sismik İzolasyon ve Enerji Emici Sistemlerle İlgili Teknik Gelişmeler ve Sismik Performansı İyileştirme Amaçlı Özel Uygulamalar*. Ankara: Deprem Yalıtımı Yöntemleri ve Uygulamaları Sempozyumu.
- Dinçer, E. A. (2013). *Temel İzolasyonlu Yapıların Dinamik Analizi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Doğru, A. (2014). *Hastane Binasının Sismik İzolatörlerle Depreme Dayanıklı Tasarımı*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erdik, M. (2007). Binalarda Deprem Yalıtımı Ve Ülkemizdeki Uygulamalar. *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, (s. 181-205). İstanbul.
- Griffith, M. C., Kelly, J. M. & Aiken, I. D. (1988). A Displacement Control and Up Lift Restraint Device for Base Isolated Structures. *Nuclear Engineering and Design*, 127(3), 329-338.
- Güner, G. (2012). *Bir Hastane Yapısının Klasik Yöntemle Ve Sismik İzolatör Kullanılarak Tasarımının Dinamik Yönden Karşılaştırılmasının Yapılması*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Hoşbaş, A. B. (2006). *Çok Katlı Betonarme Yapının Sismik İzolatörlerle Modellenmesi Ve Yapının Perdelerle Güçlendirilmiş Durumu İle Karşılaştırılması*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karabörk, T., Deneme, İ. Ö., & Bilgehan, R. P. (2010). Temeli izole edilen yapılarda dinamik yapı-zemin etkileşimi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 26 (1), 77-87.
- Karakurt, P. (2015). *Sismik İzolatörlü Binalarda Kat Adedi Etkisi*. Niğde: Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kelly, J. M. (1998). Seismic Isolation of Civil Building in the USA. *Progress in Structural Engineering and Materials*, 1(3), 279-285.
- Komodromos, P. (2000). *Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures*. Southampton, UK: WIT Press, ISBN: 1-85312-803-1.
- Kök, S. (2014). *Deprem Dayanımı İçin Sismik İzolasyon Sistemleri Kullanımı Ve Türkiye'deki Uygulamalarının Analizi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kök, S. (2014). *Deprem Dayanımı İçin Sismik İzolasyon Sistemleri Kullanımı Ve Türkiye'deki Uygulamalarının Analizi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mum, N. (2006). *Betonarme Köprülerde Sismik İzolasyon Etkisinin İncelenmesi Ve Bir Uygulama Örneği*. İstanbul: İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Murat, E. (2007). *Binaların Tabanlarına Elastomer Mesnetler Yerleştirilerek Sismik Yalıtım Uygulaması*. İstanbul: İstanbul Teknik üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Naeim, F. & Kelly, J. M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*. New York: John Willey & Sons, Inc.
- Peer. (2019). *Ground Motion Database*. <http://peer.berkeley.edu>. adresinden alındı
- Pekgökgöz, R. K., Gürel, M. A., Kömür, M., & Çılı, F. (2007). Sismik Taban Yalıtım Sistemi Uygulanmış Bir Binada Maliyet Analizi. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* .
- Roussis, P. C., Constantinou, M. C., Erdik, M., Durukal, E. & Dicleli, M. (2003). Assessment of Performance of Seismic Isolation System. *Journal of Bridge Engineering*, 8(4), 182-190.
- Ryan, K. L. & Chopra, A. K. (2006). Estimating Bearing Response In Symmetric And Asymmetric-Plan Isolated Buildings With Rocking And Torsion. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 35(8), 1009-1036.
- Sansarcı, E. (2002). *Yapısal Kontrol Sistemleri Ve Sıvı Sönümleyicilerin Yapılarda Kullanımı*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sevim, E. (2016). *Sismik İzolatörlerin Bina Türü Yapıların Deprem Davranışına Etkisi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Sevim, E. (2016). *Sismik İzolatörlerin Bina Türü Yapıların Dinamik Davranışına Etkisi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Soyluk, A. (2010). Sismik Taban İzolatörü Kullanımının Mimari Tasarıma Etkisi. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Soyluk, A. (2010). *Sismik Taban İzolatörü Kullanımının Mimari Tasarıma Etkisi*. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Soyluk, A. & Tuna, M. E. (2011). Düzensiz Binalarda Sismik Taban İzolatörü Uygulamasının Mimari Tasarıma etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 635-642.
- Şahin, F. (2008). *Sönümün Sismik Taban İzolasyonu ve Sönümleyicilerin Kullanıldığı Binaların Deprem Performansına Etkisi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şengel, H. S., Erol, H. & Yavuz, E. (2009). Sismik İzolasyon Tekniği Ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 165-168.
- Şirin, S. & Boduroğlu, H. (2011). Sürtünme Sönümlü Elemanlı Betonarme Sistemlerin Sismik Performansı. *İTÜ Dergisi/d*, 9(6), 169-177.
- TBDY. (2018). *TBDY , Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Ankara: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- Tezcan, S. S. & Cimilli, S. (2002). *Seismic Base Isolation*. Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı.
- Tolay, A. (2006). *Sismik İzolasyon Sistemlerinin Maliyet Analizi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Toprak, T. (2012). *Burulma Düzensizliği Olan Yapılarda Sismik İzolasyon Kullanımının Deprem Yükleri Altındaki Davranışa Olan Etkisi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tüzün, C. & Şadan, B. (2021). Deprem Yalıtımlı Sistemlerin Tasarımı Eğitimi. İstanbul: 6. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı.
- Urgu, M. İ. (2006). *Sismik İzolasyonlu Yapıların Tasarımı*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, C., Booth, E. & Sketchley, C. (2006). Retrofit Of Antalya Airport International Terminal Building, Turkey Using Seismic Isolation. *In Proceedings of the 1st European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*. Geneva, Switzerland,.
- Yurdakul, M. (2011). *Üç Eğrilikli Sürtünmeli Sarkaç Mesnetli Yapıların Dinamik Davranışına Zemin Eğilebilirliğinin Etkisi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yücesoy, A. (2005). *Sismik İzolatörler İle Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. Antakya: Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.