

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURULMA DÜZENSİZLİĞİ OLAN YAPILARDA SİSMİK İZOLASYON
KULLANIMININ DEPREM YÜKLERİ ALTINDAKİ DAVRANIŞA OLAN
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Taha TOPRAK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURULMA DÜZENSİZLİĞİ OLAN YAPILARDA SİSMİK İZOLASYON
KULLANIMININ DEPREM YÜKLERİ ALTINDAKİ DAVRANIŞA OLAN
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Taha TOPRAK
(501101057)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ünal ALDEMİR

4 HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101057 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Taha TOPRAK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BURULMA DÜZENSİZLİĞİ OLAN YAPILARDA SİSMİK İZOLASYON KULLANIMININ DEPREM YÜKLERİ ALTINDAKİ DAVRANIŞA OLAN ETKİSİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ünal ALDEMİR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Abdul HAYIR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. İrfan COŞKUN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **27 Nisan 2012**
Savunma Tarihi : **4 Haziran 2012**

Anneme ve babama,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarım süresince her türlü yardımı sunan başta anne ve babam olmak üzere aileme, kuzenim Ekrem ÇELİK' e, değerli dostum Burak TANRIKULU' na, TÜBİTAK Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığına ve İTÜ' de geçirdiğim iki sene süresince her türlü kolaylığı sağlayan danışmanım Prof. Dr. Ünal ALDEMİR' e teşekkürü bir borç bilirim.

Nisan 2012

Taha TOPRAK
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
SEMBOL LİSTESİ.....	xxvii
ÖZET.....	xxix
SUMMARY.....	xxxix
1. GİRİŞ.....	1
2. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER VE SİSMİK İZOLASYON TEKNİĞİ.....	5
2.1 Yapısal Düzensizlikler.....	5
2.1.1 Planda düzensizlikler.....	5
2.1.1.1 Burulma düzensizliği.....	5
2.1.1.2 Döşeme süreksizlikleri.....	7
2.1.1.3 Planda çıkıntılar bulunması.....	8
2.1.2 Düşeyde düzensizlikler.....	9
2.1.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği.....	9
2.1.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği.....	9
2.1.2.3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği.....	13
2.2 Sismik İzolasyon.....	15
2.2.1 Kontrol sistemleri.....	15
2.2.1.1 Aktif kontrol sistemleri.....	16
2.2.1.2 Pasif kontrol sistemleri.....	17
2.2.1.3 Yarı aktif kontrol sistemleri.....	18
2.2.1.4 Karma kontrol sistemleri.....	18
2.2.2 Sismik izolasyon sistemleri.....	18
2.2.2.1 Sismik izolasyonun tarihsel gelişimi.....	18
2.2.2.2 Sismik izolasyonun tanımı.....	20
2.2.2.3 Sismik izolasyon kullanımının avantajları ve dezavantajları.....	22
2.2.2.4 Sismik izolasyonun teorik esasları.....	24
2.2.2.5 Sismik izolatör türleri.....	32
2.2.2.6 Kullanılan izolatörlerin mekanik özellikleri.....	42
3. ANALİZ VE YÖNETMELİK ESASLARI.....	47
3.1 Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz.....	47
3.2 UBC (1997) Yönetmeliğine Göre Tasarım Kriterleri.....	49
3.2.1 Taban ankastre sistem.....	49
3.2.2 Sismik izolasyonlu sistemler.....	53
4. MATEMATİKSEL MODEL.....	55
4.1 Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet Uygulaması.....	59
4.2 Kurşun Çekirdekli Kauçuk Mesnet Uygulaması.....	62
5. ANALİZ VE BULGULAR.....	69

6. SONUÇLAR.....	71
KAYNAKLAR.....	75
EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	171

KISALTMALAR

UBC	:	Uniform Building Code
DBYBHY	:	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
BS	:	British Standard
AASHTO	:	American Association of State Highway and Transportation
EN	:	Euro Norm
NEHRP	:	National Earthquake Hazards Reduction Program
FEMA	:	Federal Emergency Management Agency
ATC	:	Applied Technology Council
LDRB	:	Low Damping Rubber Bearing
HDRB	:	High Damping Rubber Bearing
LRB	:	Lead Rubber Bearing
FPS	:	Friction Pendulum System
R-FBI	:	Resilient-Friction Base Isolation
EERC	:	Earthquake Engineering Research Center
PGA	:	Peak Ground Acceleration

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 : Deprem aktif ve pasif kontrolü.....	16
Çizelge 3.1 : Deprem ivme kayıtlarının özellikleri.	47
Çizelge 3.2 : UBC(1997)' ye göre deprem bölge katsayıları.	50
Çizelge 3.3 : UBC (1997)' ye göre zemin profilleri.	50
Çizelge 3.4 : UBC (1997)' ye göre fay tipleri.	50
Çizelge 3.5 : UBC (1997)' ye göre zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı sismik yer katsayısı C_a değerleri.	51
Çizelge 3.6 : UBC (1997)' ye göre zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı sismik yer katsayısı C_v değerleri.	51
Çizelge 3.7 : UBC (1997)' ye göre fay tipine ve faya olan uzaklığa göre yakın fay etkisi katsayısı N_v değerleri.	51
Çizelge 3.8 : UBC (1997)' ye göre fay tipine ve faya olan uzaklığa göre yakın fay etkisi katsayısı N_a değerleri.	51
Çizelge 3.9 : UBC (1997)'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı R_I 'nın belirlenmesi.	52
Çizelge 3.10 : İzolasyon sisteminin efektif sönüm oranına göre B_D değerinin belirlenmesi.	53
Çizelge 4.1 : Kauçuk esaslı mesnetlerin tasarımında kullanılan kauçuğun özellikleri.....	59
Çizelge A.1 : Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	81
Çizelge A.2 : %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	82
Çizelge A.3 : %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	83
Çizelge A.4 : %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	84
Çizelge A.5 : Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	85
Çizelge A.6 : %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	86
Çizelge A.7 : %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.....	87
Çizelge A.8 : %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	88
Çizelge A.9 : Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	89
Çizelge A.10 : %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	90
Çizelge A.11 : %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.....	91

Çizelge A.12	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.	92
Çizelge A.13	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	93
Çizelge A.14	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.	94
Çizelge A.15	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	95
Çizelge A.16	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	97
Çizelge A.17	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	98
Çizelge A.18	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	99
Çizelge A.19	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	101
Çizelge A.20	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	102
Çizelge A.21	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	103
Çizelge A.22	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	105
Çizelge A.23	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	106
Çizelge A.24	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.....	107
Çizelge B1.1	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	110
Çizelge B1.2	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	111
Çizelge B1.3	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	112
Çizelge B1.4	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	113
Çizelge B1.5	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	113
Çizelge B1.6	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	115
Çizelge B1.7	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	115
Çizelge B1.8	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	116

Çizelge B1.9	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	118
Çizelge B1.10	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	118
Çizelge B1.11	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	119
Çizelge B1.12	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	120
Çizelge B1.13	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	121
Çizelge B1.14	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	121
Çizelge B1.15	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	123
Çizelge B1.16	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	124
Çizelge B1.17	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	124
Çizelge B1.18	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	126
Çizelge B1.19	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	126
Çizelge B1.20	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	128
Çizelge B1.21	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	128
Çizelge B2.1	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	130
Çizelge B2.2	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	131
Çizelge B2.3	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	132

Çizelge B2.4	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi dik doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	133
Çizelge B2.5	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	133
Çizelge B2.6	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	135
Çizelge B2.7	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	135
Çizelge B2.8	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	136
Çizelge B2.9	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	138
Çizelge B2.10	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	138
Çizelge B2.11	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	139
Çizelge B2.12	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	140
Çizelge B2.13	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	141
Çizelge B2.14	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	141
Çizelge B2.15	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	143
Çizelge B2.16	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	144
Çizelge B2.17	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	145
Çizelge B2.18	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	146
Çizelge B2.19	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	147

Çizelge B2.20	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	148
Çizelge B2.21	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	149
Çizelge B3.1	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	150
Çizelge B3.2	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	152
Çizelge B3.3	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	152
Çizelge B3.4	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	153
Çizelge B3.5	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	154
Çizelge B3.6	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	155
Çizelge B3.7	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	155
Çizelge B3.8	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	157
Çizelge B3.9	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	158
Çizelge B3.10	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	158
Çizelge B3.11	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	160
Çizelge B3.12	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	160
Çizelge B3.13	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	161
Çizelge B3.14	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	162

Çizelge B3.15	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	163
Çizelge B3.16	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	165
Çizelge B3.17	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	165
Çizelge B3.18	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	167
Çizelge B3.19	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	167
Çizelge B3.20	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	169
Çizelge B3.21	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.....	169

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda burulma düzensizliği.....	6
Şekil 2.2 : Birinci tip döşeme süreksizliği, $A_b/A > 1/3$	7
Şekil 2.3 : İkinci tip döşeme süreksizliği.....	8
Şekil 2.4 : Üçüncü tip döşeme süreksizliği.....	8
Şekil 2.5 : Planda çıkıntılar bulunması, $a_x / L_x > \%20$ ve $a_y / L_y > \%20$...	8
Şekil 2.6 : Yumuşak kat düzensizliğinin; (a) Dolgu duvar nedeni ile oluşması, (b) Kat yüksekliği nedeni ile oluşması.....	10
Şekil 2.7 : Yatay yük etkisinde; (a) dolgu duvarda oluşabilecek örnek bir hasar şekli (b) dolgu duvarda oluşan basınç bölgesi.....	11
Şekil 2.8 : Kolonların konsol kirişe ve alttaki kolonda oluşturulan guseye oturması durumu.....	13
Şekil 2.9 : Kolonların iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu.....	14
Şekil 2.10 : Perdenin kolonlara oturtulması durumu.....	14
Şekil 2.11 : Perdenin kirişe oturtulması durumu.....	14
Şekil 2.12 : Zemin hareketi karşısında sismik izolasyonlu bina ile taban ankastre binanın deformasyon tipleri.....	21
Şekil 2.13 : Sönüme bağlı olarak; (a) yapının periyot-ivme ilişkisi, (b) yapının periyot-deplasman ilişkisi.....	21
Şekil 2.14 : İki serbestlik dereceli olarak modellenen izolasyonlu sistemin parametreleri.....	24
Şekil 2.15 : Ocak 1994 itibarı ile ABD’ de kullanılan izolasyon sistemleri.....	33
Şekil 2.16 : Deprem esnasında yapının izolasyon katı seviyesinde maksimum deplasmanı yapması durumunda yapının zarar görmemesi için yerleştirilen kauçuk durdurucular.....	34
Şekil 2.17 : Düşük sönümlü kauçuk mesnetin enkesiti.....	34
Şekil 2.18 : Düşük sönümlü kauçuk mesnetin kuvvet – yer değiştirme davranışı.....	35
Şekil 2.19 : Yapı üzerine montajı tamamlanmış bir yüksek sönümlü kauçuk mesnet örneği.....	35
Şekil 2.20 : Yüksek sönümlü kauçuk mesnetin kuvvet – yer değiştirme davranışı.....	36
Şekil 2.21 : Kurşun çekirdekli kauçuk mesnet kesiti.....	36
Şekil 2.22 : Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetin kuvvet – deplasman ilişkisi.....	37
Şekil 2.23 : Sürtünmeli sarkaç sistemi.....	38
Şekil 2.24 : Esnek sürtünmeli taban izolasyon sistemi.....	39
Şekil 2.25 : Fransız elektrik kurumu sistemi.....	40
Şekil 2.26 : TASS sistemi.....	41
Şekil 2.27 : GERB sistemleri.....	42

Şekil 2.28	: Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün histeretik modeli.....	44
Şekil 3.1	: El Centro depremi K-G bileşeni ivme-zaman grafiği.....	48
Şekil 3.2	: Northridge depremi K-G bileşeni ivme-zaman grafiği.....	48
Şekil 3.3	: Kocaeli depremi K-G bileşeni ivme-zaman grafiği.....	48
Şekil 4.1	: Modellerin tipik kat planı.....	56
Şekil 4.2	: Taban ankastre ve sismik izolasyonlu 3 katlı binaların SAP2000 programındaki 3 boyutlu modelleri.....	57
Şekil 4.3	: Taban ankastre ve sismik izolasyonlu 5 katlı binaların SAP2000 programındaki 3 boyutlu modelleri.....	57
Şekil 4.4	: Taban ankastre ve sismik izolasyonlu 10 katlı binaların SAP2000 programındaki 3 boyutlu modelleri.....	58
Şekil 4.5	: 3 katlı modelin taban ankastre ve sismik izolasyonlu binaların periyot-mod ilişkileri.....	67
Şekil 4.6	: 5 katlı modelin taban ankastre ve sismik izolasyonlu binaların periyot-mod ilişkileri.....	67
Şekil 4.7	: 10 katlı modelin taban ankastre ve sismik izolasyonlu binaların periyot-mod ilişkileri.....	67
Şekil B1.1	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	109
Şekil B1.2	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	109
Şekil B1.3	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	110
Şekil B1.4	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	110
Şekil B1.5	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	111
Şekil B1.6	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	111
Şekil B1.7	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	112
Şekil B1.8	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	112
Şekil B1.9	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	113
Şekil B1.10	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	114
Şekil B1.11	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	114
Şekil B1.12	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	114
Şekil B1.13	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	115
Şekil B1.14	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	116

Şekil B1.15	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	116
Şekil B1.16	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	117
Şekil B1.17	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil B1.18	: : %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	117
Şekil B1.19	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	118
Şekil B1.20	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	119
Şekil B1.21	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	119
Şekil B1.22	: : %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	120
Şekil B1.23	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	120
Şekil B1.24	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	121
Şekil B1.25	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	122
Şekil B1.26	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	122
Şekil B1.27	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	122
Şekil B1.28	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	123
Şekil B1.29	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	123
Şekil B1.30	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	124
Şekil B1.31	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	125
Şekil B1.32	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	125
Şekil B1.33	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	125
Şekil B1.34	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	127
Şekil B1.35	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	127

Şekil B1.36	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	127
Şekil B2.1	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	129
Şekil B2.2	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	129
Şekil B2.3	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	130
Şekil B2.4	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	130
Şekil B2.5	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	131
Şekil B2.6	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	131
Şekil B2.7	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	132
Şekil B2.8	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	132
Şekil B2.9	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	133
Şekil B2.10	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	134
Şekil B2.11	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	134
Şekil B2.12	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	134
Şekil B2.13	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	135
Şekil B2.14	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	136
Şekil B2.15	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	136
Şekil B2.16	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	137
Şekil B2.17	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	137
Şekil B2.18	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	137
Şekil B2.19	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	138
Şekil B2.20	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	139

Şekil B2.21	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	139
Şekil B2.22	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	140
Şekil B2.23	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.	140
Şekil B2.24	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	141
Şekil B2.25	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	142
Şekil B2.26	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	142
Şekil B2.27	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	142
Şekil B2.28	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.	143
Şekil B2.29	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.	144
Şekil B2.30	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	144
Şekil B2.31	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	145
Şekil B2.32	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.	146
Şekil B2.33	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	146
Şekil B2.34	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	147
Şekil B2.35	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.	148
Şekil B2.36	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	148
Şekil B3.1	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	149
Şekil B3.2	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	150
Şekil B3.3	: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	150
Şekil B3.4	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	151
Şekil B3.5	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	151

Şekil B3.6	: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	151
Şekil B3.7	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	152
Şekil B3.8	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	153
Şekil B3.9	: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	153
Şekil B3.10	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	154
Şekil B3.11	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	154
Şekil B3.12	: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	155
Şekil B3.13	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.	156
Şekil B3.14	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	156
Şekil B3.15	: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	156
Şekil B3.16	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.	157
Şekil B3.17	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	157
Şekil B3.18	: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	158
Şekil B3.19	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	159
Şekil B3.20	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	159
Şekil B3.21	: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	159
Şekil B3.22	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	160
Şekil B3.23	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	161
Şekil B3.24	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	161
Şekil B3.25	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	162
Şekil B3.26	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki görel deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	162

Şekil B3.27	: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	163
Şekil B3.28	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	164
Şekil B3.29	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	164
Şekil B3.30	: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	164
Şekil B3.31	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.....	166
Şekil B3.32	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	166
Şekil B3.33	: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.	166
Şekil B3.34	: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.	168
Şekil B3.35	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.....	168
Şekil B3.36	: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.....	168

SEMBOL LİSTESİ

η_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
η_{ci}	: Dayanım düzensizliği katsayısı
η_{ki}	: Rijitlik düzensizliği katsayısı
m_b	: İzolasyon katının kütlesi
k	: Rijitlik
c	: Sönüm katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
ω	: Açısal titreşim frekansı
ξ	: Viskoz sönüm oranı
Γ	: Modal katılım oranı
T	: Periyot
Q	: İzolatör karakteristik kuvveti
Φ	: İzolatör çapı
K_H	: İzolatör yatay rijitliği
K_V	: İzolatör düşey rijitliği
G	: Kayma modülü
S	: İzolatör şekil faktörü
I	: Yapı önem katsayısı
D_D	: İzolasyon sistemi tasarım hedef deplasmanı
W_D	: Bir çevrimde sönmölen enerji
C_a, C_v	: Zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı sismik yer katsayısı
N_a, N_v	: Fay tipine ve faya olan uzaklığa göre yakın fay etkisi katsayısı
R_I	: Sismik izolasyon sistemi taşıyıcı sistem davranış katsayısı
C_{VD}, C_{VD}	: Zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı sismik tasarım katsayısı
D_{TD}	: İzolasyon sistemi
m_θ	: Katın z ekseninde etrafında dönen toplam kütlesi
I	: Yapı önem katsayısı
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
β_{eff}	: İzolasyon sistemi efektif sönüm oranı
Q	: Karakteristik Kuvvet

K_2	: Akma sonrası rijitlik
D_v	: Akma yer değiştirmesi
K_1	: Başlangıç rijitliği
F_v	: Akma dayanımı
T_D	: İzolasyon sistemi tasarım hedef periyodu
β_D	: İzolasyon sistemi tasarım hedef sönüm oranı
K_{Dmin}	: İzolatör minimum tasarım rijitliği
A_k	: Kurşun çekirdek alanı
γ_{max}	: Maksimum kayma şekil değiştirmesi
t_r	: Kauçuk tabakaların toplam kalınlığı

BURULMA DÜZENSİZLİĞİ OLAN YAPILARDA SİSMİK İZOLASYON KULLANIMININ DEPREM YÜKLERİ ALTINDAKİ DAVRANIŞA OLAN ETKİSİ

ÖZET

Çağımızın en büyük doğal felaketlerinden olan depremler zeminin alt katmanlarında oluşan şekil değiştirme enerjisinin temel aracılığıyla yapıya aktarılması sonucu ağır maddi hasarlara ve toplu can kayıplarına neden olmaktadır. Doğadan gelen bu özelliğe ilave olarak mimari gereksinimler ve istekler eklendiğinde felaket kaçınılmaz bir son olmaktadır. Tamamen estetiğe hitap etme arayışına yönelik olarak inşaat mühendisliği gerekliliklerinden uzak bir dizayn felsefesi ile tasarlanan yapılarda yönetmeliklerde düzensizlik olarak belirtilen esasen yapının deprem etkisi altındaki davranışının olması gerekenin haricinde olması durumu ortaya çıkmaktadır. Bu düzensizlikler arasında en yaygın olanları burulma düzensizliği ve daha çok yumuşak kat düzensizliği olarak bilinen komşu katlar arası rijitlik düzensizliğidir. Aynı zamanda olmuş depremlerdeki yapı hasarlarına ve oluş sebeplerine bakıldığında yapı davranışına kötü yönde etki eden ilk iki düzensizlik türü bunlardır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında bu iki düzensizlik türü içerisinde de en sık karşılaşılan tip olan burulma düzensizliği ve yatay yükler altındaki davranışında bu düzensizliği bulunduran yapıların sismik izolasyon yöntemi ile davranış bozukluğunun giderilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikle üst yapı sünekliğinin etkisinin de göz önüne alınabilmesi için üç, beş ve on katlı modeller oluşturulmuş daha sonrasında ise bu modellerin her birinde geçerli olmak üzere burulmanın olmadığı, %5 olduğu, %10 olduğu ve son olarak da %20 olduğu alt modeller türetilmiştir. Böylelikle oluşturulan tüm modellere zaman tanım alanında analizlerde kullanılmak üzere El Centro, Northridge ve Kocaeli depremlerinin ivme kayıt dataları yüklenmiş ve SAP2000 (CSI,2011) genel amaçlı sonlu elemanlar paket programında analizler tamamlanmıştır. Çalışma kapsamında ülkemizde yürürlükte olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) kullanılarak sismik izolasyonlu yapıların analizi gerçekleştirilemediğinden Uniform Building Code (1997) Amerikan şartnamesinden yararlanılmıştır. Sismik izolasyon yönteminin kullanılmasıyla amaçlanan avantajlar, süneklik düzeyi yüksek yapılar üretme felsefesi üzerine kurulu geleneksel depreme dayanıklı yapı tasarımı anlayışıyla tasarlanan binaların tersine toplu kütleli hareket yapan yapılar oluşturarak üst yapının rijit davranış sergilemesi fakat bunun yanı sıra göreceli kat deplasmanlarının ve kat ivmelerinin sınırlandırılarak istenilen seviyelere çekilmesi olarak sıralanabilir. Bu amaçları tam manası ile inceleyebilmiş olmak için yüksek sönümlü kauçuk mesnet ve kurşun çekirdekli kauçuk mesnet olmak üzere iki tür izolatör modellenmiştir.

THE EFFECT OF USING SEISMIC ISOLATION TO BEHAVIOR OF STRUCTURES WITH TORSIONAL IRREGULARITY UNDER EARTHQUAKE LOADS

SUMMARY

Since Turkey is placed on an active earthquake belt, each passing day an earthquake incident can be seen in the news. In addition to this natural status, people who have aesthetical concerns build constructions without applying civil engineering rules and needs turn this natural disaster out to be an artificial disaster. Structural irregularities which appear due to architectural concerns cause more destructive impact on the building and extra losses.

There are two main types of these irregularities which are torsion irregularities and soft storey irregularities. Torsion irregularities appear when mass center and stiffness center of the structure does not overlap. As an example of this condition would be cantilevers which are built on the top floors.

There are two main reasons for soft storey irregularities. First one is the lack of walls on the ground floor. Since ground floor is generally used as an office, walls which are put on upper floors cannot be seen on the ground floor. Secondly, for the same reason, ground floors are higher than other upper ones.

Principally, it is very easy to prevent from these irregularities yet practically ways to prevent are not implemented. Thus, this research is made for answering such questions as “Is it possible to prevent from negative impacts of torsion irregularities by seismic isolation method even though the torsion irregularity appeared due to design mistakes of architectural concerns and irregularity is not corrected?” and “If it is possible, what are the limits for seismic isolation method to be effective?”

Parameters such as numbers of storey of the structure, rate of torsion irregularity, isolator type and type of earthquake exposed are taken into account in this research. First, a prototype is programmed on STA4CAD in order to control sufficiency of transporter system features of the chosen models. After the transporter system sections are identified certainly by this program the same parameter models is changed one by one and created on SAP2000 program. On this program, dead loads of transporter system elements are accepted as zero and only one lumped mass is identified for each storey. These identified lumped masses are directly accepted as the numbers given by STA4CAD program. Models are divided into 3 groups which are 3, 5 and 10 storey structures according to their storey numbers. Then every model is divided into 4 groups according to their irregularity amount which are non-torsion(%0 torsion), %5 torsion, %10 torsion and %20 torsion conditions. Models are divided into two groups according to their support types. These are base fixed system and seismic isolation system. Then isolated models are divided into two groups according to used isolator types. These are high damped rubber bearing used seismic isolation system and lead rubber bearing used seismic isolation system.

After models are created and divided in such way, linear time history analysis is used as analysis method and 3 different earthquake acceleration records are loaded in both two directions. These are El Centro earthquake, Northridge earthquake and Kocaeli earthquake acceleration records.

Performance criterias which are used to interpret the results within the research (or study) are: comparing top floor relative storey drifts of structures, comparing top floor absolute acceleration numbers, comparing the maximum moment numbers and maximum shear force which appears in the direction of earthquake load, comparing the maximum moment numbers and maximum shear force which appears vertically to the direction of earthquake load as torsion irregularity amount increased.

Within the thesis, first step was the detailed literature scanning about irregularity types, theory of seismic isolation and isolator types. Then, analysis method and regulation which is used with the data related to this method and how unknowns which are necessary to use this regulation are they chosen was explained. Afterwards, information about how models are created was given under the title of mathematical model.

Calculations of every model which is created under this title for both two isolator types was done by using an Excel table. In order to make every step clear and easily understandable, example calculation procedures of both high damped natural rubber bearing and lead rubber bearing were explained. Rest of the isolator calculations was given as a table under the title of Appendix A. After the procedure of modeling the superstructure and isolation system was described, models were created on SAP2000 general purpose finite element package program in 3D and models under the stated earthquake data loadings were analyzed in 3D.

To create performance criterias for each model, primarily relative displacement numbers were determined by subtracting top and bottom point displacement numbers for upper storeys of a structure on a column which is chosen a SAP2000 program. Absolute acceleration numbers were drawn for only top point. Since an earthquake is a reversible loading, added numbers on the chart are the maximum in terms of absolute value for maximum shear force and moment numbers. When these numbers are chosen, maximum shear force and moment numbers were used not only for upper storeys but also for every storey on the same column along the structure.

Furthermore, in order to see how seismic isolation method prevents torsional irregularity from having a bad impact on the behavior, which is the main subject of the thesis, chosen maximum shear force and moment numbers vertical to loading direction during the earthquake data loading were shown in a chart.

When torsion irregularity rate is %0, charts showing maximum element forces which is vertical to loading direction was not created. All different charts which are created for each different earthquake data loading is given under the title of Appendix B.

In this way, the appendixes are arranged in two different titles. This arrangement is given due to the number of pages for all the tables and figures exceeds 4 pages. For the reason of tables and figures could not to be put over four pages, this procedure is used. Subsequently all of this tables are collected under a title and they are explained and interpreted.

For all analyzes Specification for Structures to be Built in Disaster Areas (2007) which is valid in our country and shortly known as the Turkish Earthquake Code was used for the structural load bearing system, for substructure (seismic isolation

system) Uniform Building Code (1997) which is valid in the United States of America was used.

By the data obtained from the study, the comparison of base fixed structural systems and seismic isolated structural systems, the comparison of the structure isolated with high damping natural rubber bearing and natural rubber bearing with lead core, the comparison of systems with non-torsional irregularity, five percent torsional irregularity, ten percent torsional irregularity and twenty percent torsional irregularity, and finally the comparison of the usage of seismic isolation for low-rise buildings and multi-storey buildings were made.

Therefore all the comparisons for all irregularity ratios can be given as follows; comparison of fixed base structures to base isolated structures, comparison of high damping rubber isolators to lead core rubber isolators, comparison of low rise buildings to high rise buildings.

As results of comparisons the reached conclusions regardless of the number of storey and the ratio of torsional irregularity on seismic isolated structures, top floor relative storey drifts of structures, top floor absolute acceleration values, the maximum shear force values and the maximum moment values in the top floor columns which is in line with the direction of earthquake loading, the maximum shear force values and the maximum moment values in the top floor columns which is in vertical line with the direction of earthquake loading had decreased by large amounts and the comparison results are given in tables and figures are evaluated and summarized in “Conclusions”.

It is concluded from the numerical results that the results achieved are expected and promises the significant potential of base isolators in earthquake resistant design.

1. GİRİŞ

Deprem, en genel hali ile yer kabuğunun derinliklerinde birikmiş olan şekil değiştirme enerjisinin ani olarak boşalması olarak tanımlanabilir. Bu ani boşalma sonrasında ortaya çıkan sismik dalgaların yer yüzeyine doğru hareket etmesi ile meydana getirdiği titreşimler depremin kaynağından uzaklaştıkça enerjisini kaybederek, geçtiği ortamları ve yer yüzeyini sarsarak yayılırlar. Bu yönü ile depremler insanların hareketsiz olarak kabul ettiği ve güvenle üzerinde hayatını idame ettirdiği yer yüzeyinin de oynayabileceğini ve üzerinde bulunan yapıların da can kayıplarına yol açabilecek şekilde yıkılabileceğini göstermesi ve önceden hiçbir uyarı vermeden meydana gelmesi bakımından kendine özgü özellikleriyle en önemli ve en tehlikeli doğal afettir.

Ani enerji boşalması sebebi ile meydana gelen depremlerin dışında meydana geliş biçimlerine göre farklı olarak isimlendirilen deprem türleri de vardır. Bu tür depremler başlıca volkanik, çöküntü ve tektonik depremler olarak sayılabilir. Volkanik ve çöküntü depremleri yerel ölçekte ve beraberlerinde büyük bir zarar getirmezler. Tektonik depremler ise yeryüzünde en çok karşılaşılan deprem türüdür (Batur, 2005).

Depremlerin oluşturduğu titreşimler zamana bağlı olarak değişirler her hangi bir fonksiyon ile ifade edilemezler. Bu özelliği ve her depremin kendisinden öncekilerden farklı karakteristik özelliklere sahip olması sebebiyle depremlerin yapıya aktardığı yükler ile buna karşı olarak da yapıda meydana gelen zamana bağlı olarak değişen iç kuvvetler belirlenemez. Bu sebeple yapılar depremin oluşturduğu dinamik etkileri ihtiva ettiği kabul edilen tasarım yükleri ile analiz ve dizayn edilirler. Deprem yapıları alışılmış yüklerin çok üzerinde zorlayarak yapının tasarımında ve uygulamasında yapılmış hataları ortaya çıkarır (Düzgün ve Bozdağ, 2007). Dolayısıyla yapı tasarım yükünden farklı bir yüke maruz kaldığında ciddi hasarlar görebilmektedir (Aldemir ve Aydın, 2005).

Geleneksel depreme dayanıklı tasarım anlayışında yapı, zeminden aktarılan dinamik etkileri dolayısı ile şekil değiştirme enerjisini elastik ötesi davranış sergileyerek sönümler. Bu anlayışa göre, yapı taşıyıcı sistemi üzerinde oluşan plastik mafsallar kabullenilir ve böylece yapı üzerinde kalıcı hasarların oluşmasına müsaade edilmiş olmaktadır. Bu anlayışla hazırlanmış olan yönetmeliklerde de bu durum hedef olarak belirlenmiştir. UBC (1997)' de bu durum; “deprem önlemlerinin amacı hasarı en aza indirmek veya yapıların fonksiyonunu korumak değil ilk olarak büyük ölçekli yapısal hatalara ve can kaybına karşı koruma sağlamaktır.” şeklinde açıklanmıştır. Aynı şekilde DBYBHY (2007)'de de depreme dayanıklı tasarımın ana ilkesi; “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi, orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması, şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.” şeklinde açıklanmıştır. Kısacası deprem yönetmelikleri can güvenliği odaklıdır ve maddi hasarı ve işlevselliğin bozulmasını önlemeyi amaç edinmezler (Komodromos, 2000).

Yapı tasarımında ananevi yöntemlere göre yapıların üzerine oturdukları zemine genellikle tam ankastre olarak bağlı olduğu kabul edilmektedir ve bu kabule göre yapılan analizlerden elde edilen kesit tesirlerine göre boyutlandırılmaktadır. Bu yöntemde dinamik etkiler yapıya hiçbir azalma olmadan direkt olarak etkirler ve yapı bu etkileri ancak sünek veya rijit bir davranış göstererek karşılayabilir (Yozgat ve Hüssem, 2005). Ekonomik sebeplerle yapıların tam rijit davranış sergileyecek şekilde tasarlanması mümkün olmadığından mühendisler yukarıda tarif edildiği üzere yönetmeliklerin yönlendirmesiyle sünek yapı tasarımına yönelmektedir. Bu sebeple büyük depremlerde can kaybı olmasa dahi yapılar ileri derecede hasar görerek hizmet veremez hale gelmektedirler.

Günümüzde artık halkın can güvenliği ve konforu adına endüstriyel tesisler ve hastane, okul, belediye hizmet binaları gibi kamu binalarının fonksiyonelliğini devam ettirebilmesi gereklidir. Bu gereklilik depreme dayanıklı tasarımda ileri teknoloji ürünü olan sismik izolasyon kullanılarak yerine getirilebilir (Alhan ve Altun, 2009). Bu teknolojiye sistem yapıyı temelinden ayırma başka bir ifade ile izole etme yoluyla zeminden yapıya aktarılan dinamik etkilerin büyük ölçüde azaltılması yoluyla çalışmaktadır (Ersavaş, 2000).

Deprem riski altında bulunan ve depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda gelişmiş ülkelerde sismik izolasyon başta olmak üzere yapısal kontrol sistemleri uygulamada yer almaktadır. Topraklarımızın %98' i aktif deprem tehlikesi altında olmasına rağmen yapısal kontrol sistemlerinin uygulamasına yönetmeliğimizde yer verilmemiştir. Dünya üzerinde yapısal kontrol sistemleri için kullanılan standartlar genel olarak DIN 4025, BS 6472, ENV 1998, AASHTO, EN 1337, CEN TC 340, NEHRP, UBC 1997, FEMA 273 ve ATC olarak sıralanabilir (Yozgat ve Hüssem, 2005).

Deprem etkisindeki yapılarda davranışa etki eden hususlardan birisi de yapısal düzensizliklerdir. Yapısal elemanlar üzerinde olumsuz etkiler oluşturan düzensizlikleri her ülke yönetmeliği farklı adet ve özelliklerde tanımladığı gibi yapıları koruyucu önlemler olarak da yine her yönetmelik farklı şekilde önerilerde bulunmuştur. Bu tez kapsamında önce yapısal düzensizlikler tanımlanacak daha sonrasında ise düzensizlik bulunmayan yapılarda davranışı olumlu yönde etkilediği yapılan çeşitli araştırmalarla kanıtlanmış olan sismik izolasyonun bazı tip düzensizlikleri bünyesinde barındıran yapılardaki performansı incelenecektir. Bu inceleme sırasında farklı tip analiz yöntemleri, farklı geometrideki yapı modelleri ve farklı izolatör tipleri kullanılarak sonuçlar çapraz karşılaştırmalar yapılarak incelenecektir.

2. YAPISAL DÜZENSİZLİKLER VE SİSMİK İZOLASYON TEKNİĞİ

2.1 Yapısal Düzensizlikler

UBC (1997)' ye göre düzensiz yapılar, yapılandırılmalarında ya da yanal taşıyıcı sistemlerinde önemli derecede fiziksel süreksizlikleri bulunduran sistemlerdir. DBYBHY (2007)' de ise depreme karşı davranışlarındaki olumsuzluklar nedeni ile düzensiz binaların tasarımından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir. DBYBHY (2007)' de yapısal düzensizlikler iki başlık altında toplanmıştır. Bunlar;

- Planda Düzensizlikler
- Düşeyde Düzensizlikler

Bu çalışma kapsamında burulma düzensizliğinin yapı davranışına olan etkisi inceleneceğinden bu tip düzensizlik bilhassa açıklanarak ve yapılan çalışmalarla desteklenerek tanımlanacaktır.

2.1.1 Planda düzensizlikler

2.1.1.1 Burulma düzensizliği

DBYBHY (2007)' de tanımlandığı şekli ile burulma düzensizliği, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelenmesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî ötelenmeye oranını ifade eden Burulma Düzensizliği Katsayısı η_{bi} (2.1)' nin 1.2' den büyük olması durumudur (Şekil 2.1).

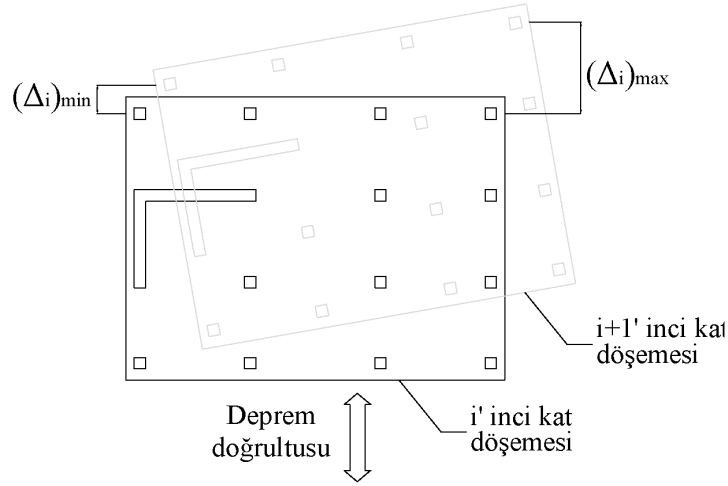
$$\eta_{bi} = (\Delta_i)_{\max} / (\Delta_i)_{\text{ort}} > 1.2 \quad (2.1)$$

$$(\Delta_i)_{\text{ort}} = 1/2 \cdot [(\Delta_i)_{\max} + (\Delta_i)_{\min}] \quad (2.2)$$

Denklem (2.1) ve (2.2) de geçen ifadeler tanımlanacak olursa;

$(\Delta_i)_{\max}$: Yapının i' inci katındaki maksimum görelî kat ötelenmesi (Şekil 2.1).

$(\Delta_i)_{\min}$: Yapının i' inci katındaki minimum görelî kat ötelenmesi (Şekil 2.1).



Şekil 2.1: Döşemelerin kendi düzlemleri içinde rijit diyafram olarak çalışmaları durumunda burulma düzensizliği (DBYBHY, 2007).

Şekil (2.1)'de tanımlanan görelî kat ötelenmelerinin hesabı yapıda herhangi bir burulma olmasa dahi $\pm\%5$ ek dışmerkezlik olduğu varsayılarak yapılır.

Çok katlı yapılarda burulma düzensizliğini etkileyen başlıca faktörler; yapının plan geometrisi, planda rijitlik dağılımı ve bunların her ikisinin birlikte olmasıdır. Bu etkenlerin her ikisinin birden bulunduğu durumda yapılan çalışmanın sonucunda yapı davranışının sadece rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılarla benzer olduğu ortaya çıkmıştır (Özmen, 2001a). Dolayısıyla burulma düzensizliğinin ortaya çıkmasında rijitlik dağılımının, yapının plan geometrisine kıyasla daha büyük bir etken olduğu söylenebilir. Her iki etken ayrı ayrı incelenecek olursa sonuçlar şu şekilde özetlenebilir (Özmen,2001b):

- Sadece geometrik bakımdan düzensiz olan yapılarda, burulma düzensizliği çok yüksek düzeylerde değildir. Burulma bakımından en elverişsiz nitelikteki yapılarda bile burulma düzensizliği katsayıları, η_{bi} , ortalama 1.4 mertebesindedir.
- Hem sadece geometrik bakımdan düzensiz olan yapıların hem de sadece rijitlik bakımından düzensiz olan yapıların zayıf akslarındaki taşıyıcı elemanlarda küçük boyut arttırmaları sonunda burulma düzensizliği geniş ölçüde giderilmektedir.
- Rijitlik dağılımı bakımından düzensiz olan yapılarda, burulma düzensizliği çok yüksek düzeylerde olabilmektedir.

- Burulma düzensizliği bakımından rijitlik dağılımının geometriye oranla daha önemli bir faktör olduğu izlenimi edinilmektedir.

Burulma düzensizliği katsayısının, η_{bi} , çok yüksek değerler almasında etken olan faktörleri Özmen (2004) aşağıdaki şekli ile sıralamıştır:

- Yapının plan geometrisi
- Perdeler paralel aksların sayısı
- Kat sayısı
- Perdelerin plandaki konumları

Demir ve Dönmez (2008) ise yaptıkları çalışmada burulma düzensizliği katsayısının, η_{bi} , maksimum değerler almasında etkin olan faktörler sırasıyla,

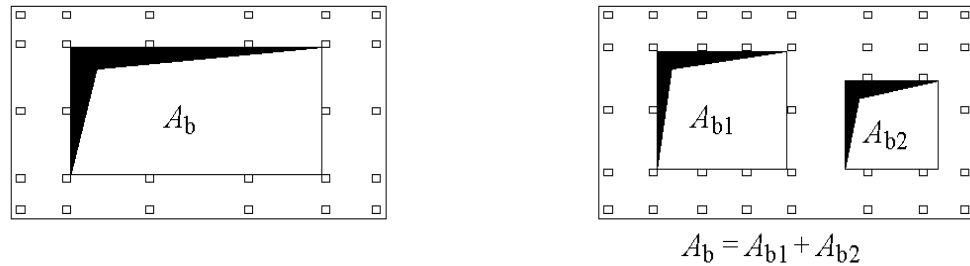
- Yapının plan geometrisi
- Perdelerin plandaki konumu
- Kat adedi
- Yerel zemin sınıfı

şeklinde saptanmıştır. Bu çalışma kapsamında yapının plan geometrisinin etkisini inceleyebilmek için aks sayısı değişik yapılar ve kat adedinin etkisini inceleyebilmek adına kat sayısı değişik yapılar modellenerek incelenecektir.

2.1.1.2 Döşeme süreksizlikleri

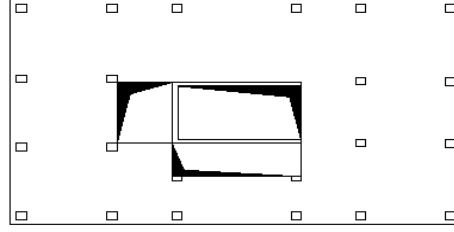
Bu tür düzensizlikler DBYBHY (2007)' de 3 ayrı gruba ayrılarak incelenmiştir. Bu durumlar;

- Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının, A_b , kat brüt alanının, A , $1/3$ ' ünden fazla olması durumu (Şekil 2.2).



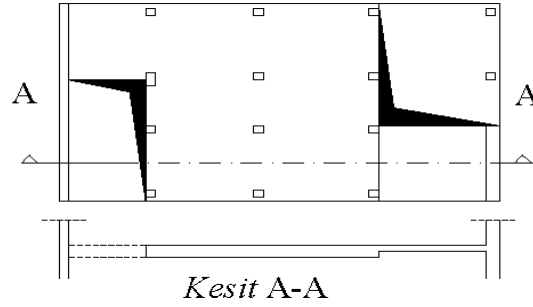
Şekil 2.2: Birinci tip döşeme süreksizliği, $A_b/A > 1/3$ (DBYBHY, 2007).

- Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu (Şekil 2.3, Şekil 2.4).



Şekil 2.3: İkinci tip döşeme süreksizliği (DBYBHY, 2007).

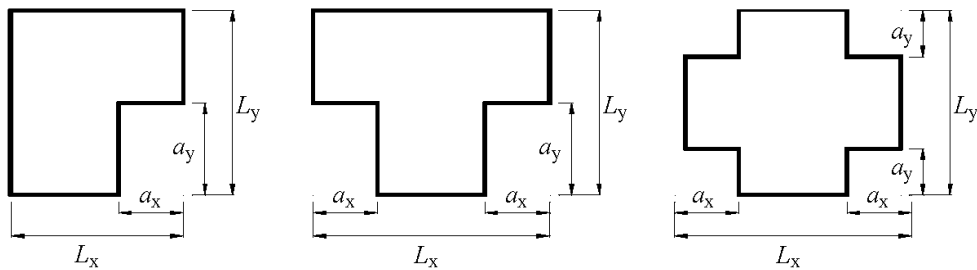
- Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumu (Şekil 2.4).



Şekil 2.4: Üçüncü tip döşeme süreksizliği (DBYBHY, 2007).

2.1.1.3 Planda çıkıntılar bulunması

DBYBHY (2007)' ye göre “Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20' sinden daha büyük olması durumu.” (Şekil 2.5) olarak tanımlanmıştır.



Şekil 2.5: Planda çıkıntılar bulunması, $a_x / L_x > \%20$ ve $a_y / L_y > \%20$ (DBYBHY, 2007).

2.1.2 Düşeyde düzensizlikler

2.1.2.1 Komşu katlar arası dayanım düzensizliği

Zayıf kat düzensizliği olarak da bilinen bu tip düzensizlikler DBYBHY (2007)' de dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} ' nin 0.80'den küçük olması şeklinde tanımlanır (2.3).

$$\eta_{ci} = (\sum A_e)_i / (\sum A_e)_{i+1} < 0.80 \quad (2.3)$$

Buradaki $(\sum A_e)_i$ ve $(\sum A_e)_{i+1}$ değerleri, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde herhangi bir kattaki ve bir üst kattaki etkili kesme alanı olarak tanımlanır. Herhangi bir kattaki etkili kesme alanı ise denklem (2.4) ile hesaplanır.

$$\sum A_e = \sum A_w + \sum A_g + 0.15 \cdot \sum A_k \quad (2.4)$$

Bu ifadeler tanımlanırsa;

$\sum A_w$: Herhangi bir katta, kolon en kesiti etkin gövde alanları A_w ' ların toplamı.

$\sum A_g$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının en kesit alanlarının toplamı.

$\sum A_k$: Herhangi bir katta, göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı.

Burada önemli olan husus dolgu duvarı alanlarının toplamı hesaplanırken göz önüne alınan i' inci kattaki dolgu duvarı alanlarının toplamı bir üst kattakine göre fazla ise, η_{ci} ' nin hesabında dolgu duvarlar göz önüne alınmayacaktır.

2.1.2.2 Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği

Birçok yönetmelikte yumuşak kat düzensizliği olarak da isimlendirilen bu tip düzensizlikler DBYBHY (2007)' de rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} ' nin 2.0' den büyük olması durumu olarak tanımlanır (2.5a ve 2.5b).

$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort} > 2.0 \quad (2.5a)$$

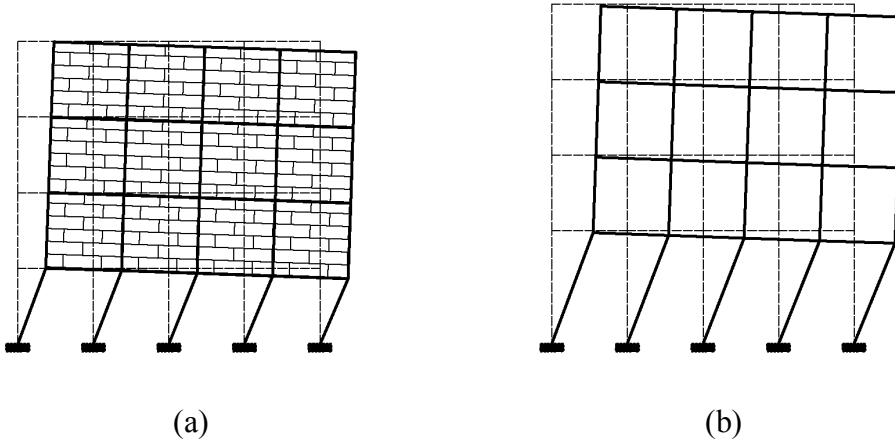
$$\eta_{ki} = (\Delta_i / h_i)_{ort} / (\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort} > 2.0 \quad (2.5b)$$

Δ_i : Binanın i' inci katındaki azaltılmış görelî kat ötelenmesi

h_i : Binanın i' inci katının kat yüksekliği

Görelî kat ötelenmelerinin hesabı, $\pm\%5$ ek dış merkezlik etkileri de göz önüne alınarak yapılır.

Kısaca katlar arasındaki rijitlik dağılımının eşit olmaması sonucu bir katın rijitliğinin diğer katların rijitliğinden daha az olmasıyla o katın yapı içerisindeki yumuşak kat olması olarak açıklanabilecek bu tür düzensizlikler binaların kullanım şekillerinden dolayı bilhassa zemin katlarda ortaya çıkmaktadır. Bina zemin katlarının işyeri olarak kullanılması sebebi ile bu düzensizliğin oluşmasına sebep oluşturan faktörler sıklıkla bu katlarda ortaya çıkmaktadır. Bu faktörler yapıdaki dolgu duvarların dağılımının eşit olmaması ve yapı kat yüksekliklerinin standart olmaması olarak sıralanabilir (Şekil 2.6).

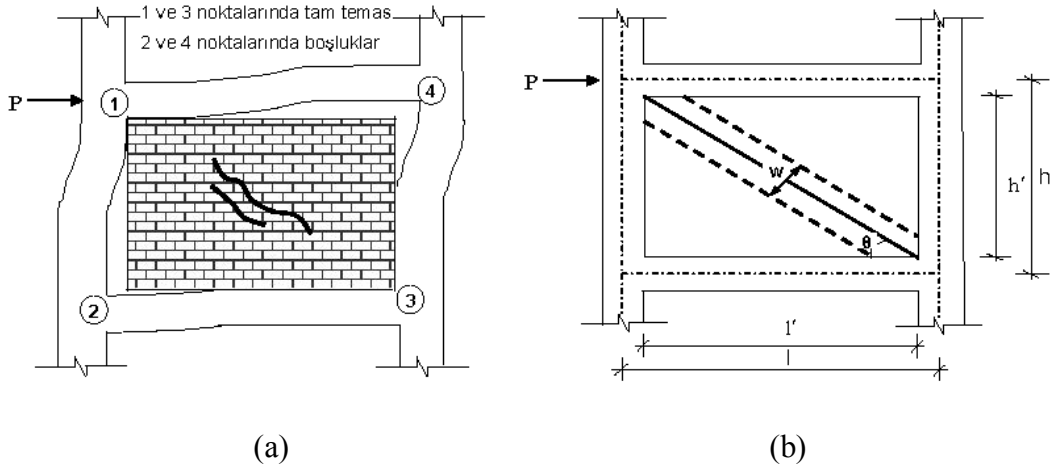


Şekil 2.6: Yumuşak kat düzensizliğinin; (a) Dolgu duvar nedeni ile oluşması, (b) Kat yüksekliği nedeni ile oluşması (Işık, 2006).

Dolgu duvarların dağılımının eşit olmamasından dolayı yumuşak kat düzensizliğinin oluşmasına, üst katlardaki dolgu duvarların taşıyıcı sistem ile beraber çalışması buna karşılık zemin katta; sıklıkla karşılaşıldığı üzere hiç duvar bulunmaması, taşıyıcı sistem ile beraber çalışmayan duvarların bulunması veya taşıyıcı sistem ile beraber çalışsa dahi miktarının yeterli olmaması sebep gösterilebilir. Kat yüksekliklerinin standart olmamasından dolayı bu düzensizliğin oluşmasında efektif olan faktör üst katlarda kat yüksekliklerinin belirli bir miktarda olmasına karşılık zemin katlarda; gerek işyeri olarak kullanılması sebebi ile asma kat konulabileceği düşüncesiyle, gerekse başka sebepler neticesinde kat yüksekliğinin fazla bırakılması, bu katın narinliğini arttırarak yanal deplasman rijitliğini düşürmesidir. Her iki sebepten dolayı da yapının zemin katta yaptığı deplasman artmakta ve sonuç olarak depreme

dayanıklı yapı tasarımı anlayışına uymayan, DBYBHY (2007)' de belirtilen güçlü kolon-zayıf kiriş prensibine aykırı olarak kolonlarda plastik mafsallar oluşmaktadır.

Yönetmelikte ayrı bir düzensizlik durumu olarak tanımlanmış olsa da zemin kat kolonlarının kesilmesi sonucu da yapının bir katındaki yanal taşıyıcı sistem rijitliği azalır. Yapılan çalışmalar kapsamında dolgu duvar etkisi ve kat yüksekliğinin farklı olmasından dolayı zemin katta oluşan yumuşak kat düzensizliğinin yapı davranışına etkisinin incelenmesi yapılmaktadır. Dolgu duvar faktörünün etkisinin araştırması yapılırken eşdeğer sanal çubuk analojisinden yararlanılmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Yatay yük etkisinde; (a) dolgu duvarda oluşabilecek örnek bir hasar şekli (b) dolgu duvarda oluşan basınç bölgesi (Beklen, 2009).

DBYBHY (2007)' de dolgu duvarların güçlendirilmesi konusunda eşdeğer basınç çubuğunun modellenmesi için bir formülasyon önerilmiş olsa da konu ile ilgili olarak yeterli formülasyon desteği sağlanamamıştır. Bu sebeple bu konu ile ilgili olarak dolgu duvarların boşluksuz olduğu kabul edilerek FEMA 356 (2000)' de sunulan formülasyon kullanılabilir. Bu formülasyona göre öncelikle denklem (2.6) kullanılarak eşdeğer çubuğun genişliği, w , bulunur.

$$w = 0.175 (\lambda_1 h)^{-0.4} r_{inf} \quad (2.6)$$

Burada λ_1 , literatürde eşdeğer basınç çubuğunun kalınlığını belirlemede kullanılan katsayı olarak tanımlanır ve denklem (2.7) kullanılarak belirlenir.

$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4 E_{fe} I_{col} h'} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2.7)$$

Terimler aşağıdaki şekilde açıklanabilir;

- h = Alt ve üst kat kirişlerinin aksları arasındaki mesafe
 h' = Dolgu duvar yüksekliği
 l = Dolgu duvarın iki kenarındaki kolonların aksları arasındaki mesafe
 l' = Dolgu duvar genişliği
 E_{fe} = Çerçeve sistem malzemesinin elastisite modülü
 E_{me} = Dolgu duvar malzemesinin elastisite modülü
 I_{col} = Kolonun atalet momenti
 t_{inf} = Dolgu duvarın ve eşdeğer çubuğun kalınlığı
 r_{inf} = Dolgu duvarın diyagonal uzunluğu

$$r_{inf} = \sqrt{h'^2 + l'^2} \quad (2.8)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{h'}{l'}\right) \quad (2.9)$$

Dolgu duvarların yapı davranışına olan katkısının araştırılması son yıllarda giderek önem kazanmaktadır. Sayın ve Kaplan (2005) tarafından dolgu duvarların yapı davranışına olan etkisini incelemek için yapılan çalışmada bulunan sonuçlar şu şekilde özetlenebilir;

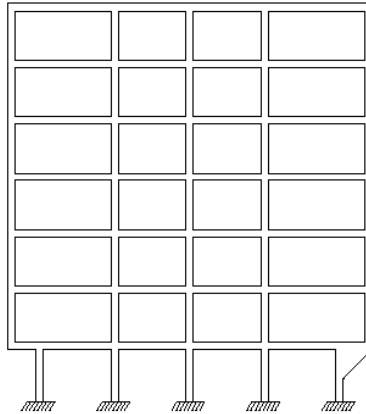
- İki boyutlu düzlemsel çerçeve üzerinde diyagonal basınç çubuğu ile dolgu duvar modellemesi yapıldığında yatay yük altında dolgu duvarlı çerçevenin boş çerçeveye oranla daha rijit davrandığı görülmüştür.
- Dolgu duvarlar yapı üzerinde yük dağılımını değiştirirken rijitlik ve ağırlık merkezini de değiştirebilmektedir. Bu sebep ile taşıyıcı sistem geometrisi simetrik olan yapılarda burulma düzensizliği olabilmektedir.
- Bitişik nizam yapılarda tek yüzün tamamen dolgu duvarlar ile kaplı olmasından dolayı deprem esnasında rijitlik ve kütle merkezlerinin çakışmamasından dolayı yapı burulma etkisine maruz kalmaktadır.
- Gerek mimari gerekse ticari sebeplerle; zemin katta dolgu duvarların olmaması veya üst katlara oranla daha az miktarda olmasından dolayı zemin kat kolonlarının deprem esnasında tasarım momentlerine kıyasla daha büyük momentlere maruz kaldığı belirlenmiştir.

- Diyagonal basınç çubuğu metodu ve sonlu elemanlar metodu ile yapılan dolgu duvar modellemeleri ile yapılan analiz sonucunda yöntemlerin birbirleri ile ve yapılan deneysel çalışmalar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

2.1.2.3 Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

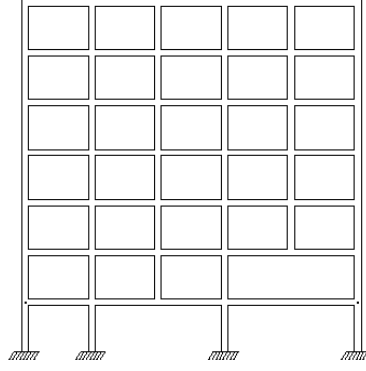
Bu tür düzensizlikler Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007)' de “taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu.” olarak açıklanmıştır. Bu tür düzensizliğin bulunduğu binalara ilişkin koşullar bütün deprem bölgelerinde uygulanmak üzere aşağıdaki şekilde belirtilmiştir:

- Kolonların binaların herhangi bir katında konsol kirişlerin veya alttaki kolonlarda oluşturulan guselerin üstüne veya ucuna oturtulmasına hiçbir zaman izin verilmez (Şekil 2.8).



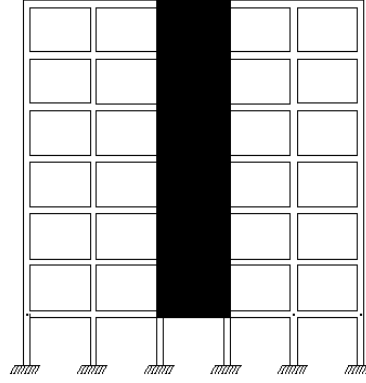
Şekil 2.8: Kolonların konsol kiriş ve alttaki kolonda oluşturulan guseye oturması durumu (DBYBHY, 2007).

- Kolonun iki ucundan mesnetli bir kirişe oturması durumunda (Şekil, 2.9), kirişin bütün kesitlerinde ve ayrıca göz önüne alınan deprem doğrultusunda bu kirişin bağlandığı düğüm noktalarına birleşen diğer kiriş ve kolonların bütün kesitlerinde, düşey yükler ve depremin ortak etkisinden oluşan tüm iç kuvvet değerleri %50 oranında arttırılacaktır.



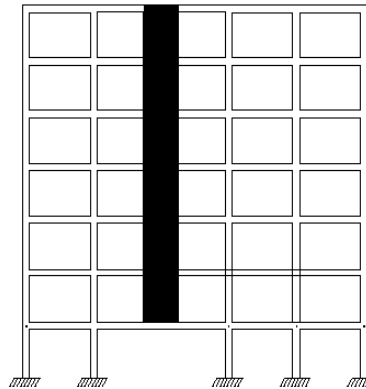
Şekil 2.9: Kolonların iki ucundan mesnetli kirişe oturması durumu (DBYBHY,2007).

- Üst katlardaki perdenin altta kolonlara oturtulmasına hiçbir zaman izin verilemez (Şekil 2.10).



Şekil 2.10: Perdenin kolonlara oturtulması durumu (DBYBHY,2007).

- Perdelerin binanın herhangi bir katında, kendi düzlemleri içinde kirişlerin üstüne açıklık ortasında oturtulmasına hiçbir zaman izin verilemez (Şekil, 2.11).



Şekil 2.11: Perdenin kirişe oturtulması durumu (DBYBHY,2007).

2.2 Sismik İzolasyon

Dünya üzerinde yapılaşmanın başlayıp barınma ihtiyacının giderilmesinden sonra en öncelikli amaç olarak görülen, yapıların genel hali ile felaketlere, özelde ise depreme dayanıklı olarak tasarlanması üzerinde arayışlar başlamış ve günümüze kadar da sürmüştür. Geçmişten günümüze miras olan bu arayışın en modern sonucu sismik izolasyon teknolojisi ve bunun yanında genelleştirilmiş hali ile kontrol sistemleridir.

2.2.1 Kontrol sistemleri

Depreme dayanıklı yapı tasarımı süreci incelendiğinde gelişen teknoloji ve bilimin katkıları ile kullanılan yöntemlerin sürekli olarak değiştiği görülmektedir. Uzun zamanlar yapıların analizinde sadece belirli katsayılarla arttırılmış statik etkiler dikkate alındığından yapıların deprem etkisi altında rijit davranış sergilemesine sebep olur. Bu durumda yapıların serbest titreşim periyodu azalacağından yapının karşılaması gerek deprem kuvvetleri artar (Celep ve Kumbasar, 2004). Daha sonraları ise depremin dinamik karakteristiği göz önüne alınıp rijit yapılar yerine sünek yapılar tasarlanarak deprem esnasında zeminden yapıya aktarılan şekil değiştirme enerjisinin bu şekilde sönmülmesi amaçlanmıştır. Her iki tasarım felsefesine göre de yapıların davranışı incelenirse sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

Yapı rijit olarak tasarlanırsa;

- Yapının hakim periyodu azalır.
- Göreli kat ötelenmeleri azalır.
- Kat ivmeleri artar. Dolayısıyla bina içindeki donanım ve teçhizatlar zarar görür.
- Taşıyıcı sistem ebatları artar.
- Yapının maliyeti artar.
- Taşıyıcı sisteme etkiyen deprem kuvvetleri artar.

Yapı sünek olarak tasarlanırsa;

- Yapının hakim periyodu artar.
- Göreli kat ötelenmeleri artar dolayısıyla bina içindeki donanım ve teçhizatlar zarar görür.

- Kat ivmeleri azalır.
- Taşıyıcı sistem ebatları azalır.
- Yapının maliyeti azalır.
- Taşıyıcı sisteme etkiyen deprem kuvvetleri azalır.

Görüldüğü üzere her iki tasarım anlayışına göre tasarlanan yapıda da ortak olan yegane özellik yapı içindeki donanım ve teçhizatların zarar görmesidir. Gelişen teknoloji ve bunun getirdiği hassas cihazların gerekliliği göz önüne alındığında bu durum artık kabul edilemez olarak değerlendirilmektedir. Bu sebeple yapıların ve içindeki donanımların zarar görmemesi için deprem esnasında zeminde oluşan şekil değiştirme enerjisinin yapı yerine yapıya yerleştirilen sistemler üzerinde toplanarak sönümlenmesini sağlayan yeni bir tasarım anlayışı gelişmiştir. Bu yöntem aktif kontrol, pasif kontrol (Tablo 2.1), yarı aktif kontrol ve karma kontrol olarak dört ana bölümde toparlanabilir (Coşkun, 2004).

Çizelge 2.1: Depremin aktif ve pasif kontrolü (Coşkun, 2004).

Pasif Kontrol		Aktif Kontrol
1.Sismik İzolatör	2. Pasif Enerji Yutucular	
Elastomerik Mesnetler	Metal Sönümleyiciler	Bağ Sistemleri
Kurşun-Kauçuk Mesnetler	Sürtünme Sönümleyicileri	Kütle Sistemleri
Elastomerik Mesnetler ve Enerji Yutucu Cihazlar	Viskoelastik Sönümleyiciler	Değişken Rijitlik ve Kütle Sistemleri
Sürtünme Sarkacı Mesnetleri	Viskoz Sönümleyiciler	Şok Sistemler
Yassı Kayıcı Mesnetler ve Yük Veren Cihazlar	Ayarlanmış Kütle Sarkacı Sönümleyiciler	Aerodinamik Sistemler
Yağlanmış Kayan Mesnetler ve Enerji Yutucu Sistemler	Ayarlanmış Sıvı Sönümleyiciler	

2.2.1.1 Aktif kontrol sistemleri

Bu tür sistemlerin çalışma sistematğinde öncelikle yapıya tesir eden dinamik kuvvetlerin yapıya yerleştirilen sensörler yardımı ile ölçümü yapılmaktadır.

Ölçüm sonucu elde edilen veriler yapı üzerinde kurulu olan ve sistemin kurulumu sırasında tanımlanan algoritmaları kullanan kontrol bilgisayarı ile değerlendirilir ve gerekli hesaplamalarda kullanılır. Hesaplamalar sonucunda kontrol bilgisayarı tarafından yönlendirilen aktif kuvvet mekanizması tarafından yapıya tesir eden dinamik kuvvetlerin tersi yönünde, yapı üzerindeki etkisini tamamen yok edici veya belirli bir miktarda azaltıcı kuvvetler uygulanır. Uygulanacak bu kuvvetlerin üretilmesinde yapıya ait rijitliğin veya sönüm değiştirilmesi gibi çeşitli özellikler kullanılır.

Uygulamada bu şekilde çalışan sistemler olmasa da teoride kabul görmüş bu sistematik sayesinde yapının her büyüklükteki dinamik kuvvetlere karşı koyabilmesi sağlanır. Bu tür kontrol sistemlerinin dezavantajı olarak değerlendirilebilecek en önemli özelliği ise sistemin faaliyete geçebilmesi için yüksek miktarlarda enerji ihtiyacının olmasıdır. İhtiyaç duyulan bu enerjinin miktarı yapının yüksekliği ve yapıya tesir eden dinamik kuvvetlerin büyüklüğü ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu sebeple aktif kontrol sistemleri orta yükseklikteki yapıların, orta büyüklükteki dinamik kuvvetlere karşı korunması için daha efektif sistemlerdir (Aydın ve Ercan, 2004). Pratikte bu tür sistemlerin güvenilirliğini zayıflatan en önemli faktör ise deprem gibi yüksek miktarda enerjinin ve dolayısıyla kuvvetlerin oluştuğu durumlarda sistemin aktive olabilmesi için gerekli olan enerjide kesintiler olabilmektedir.

2.2.1.2 Pasif kontrol sistemleri

Pasif kontrol sistemlerinin aktif sistemlerden en büyük farkı yapıya etki edecek herhangi bir kuvvet uygulamamasıdır. Bu sebeple bu tip sistemlere pasif kontrol sistemleri denilmektedir. Sismik izolatörlerin ve pasif enerji sönümleyicilerin kullanıldığı bu tip sistemler günümüzde gerek maliyetinin diğer sistemlere nazaran ucuz olmasından gerek ise yapılacak hesaplamaların sade ve kolay olmasından dolayı uygulamada en çok karşılaşılan kontrol sistemleridir. Pasif kontrol sistemleri deprem etkisi altında yapı üzerine gelen kuvvetleri kendi üzerinde sönümleyerek yapının görece kat deplasmanlarını ve kat ivmelenmelerini sınırlandırarak taşıyıcı sistemde oluşacak kesit zorlanmalarını minimize etme prensibi üzerine kurulmuştur.

2.2.1.3 Yarı aktif kontrol sistemleri

Yarı aktif kontrol sistemleri de tıpkı aktif kontrol sistemleri gibi aktive olmak için enerjiye ihtiyaçları vardır. Fakat ihtiyaç duyulan enerji miktarı aktif sistemlere göre oldukça düşüktür. Bu sebeple akü veya pil gibi enerji kaynaklarıyla çalışabilirler. Bu özelliği sayesinde aktif sistemlerin en büyük dezavantajı ortadan kalkmaktadır. Aktif sistemlerde güç kaynakları devre dışı kaldığında sistem reaktif özelliğini kaybetmektedir, yarı aktif sistemlerde ise güç kaynağı devre dışı kalsa dahi sistem pillerle çalışmaya devam edebilir. Yarı aktif sönümleyiciler akü veya pil ile oluşturulan elektrik ve manyetik alanlar yardımıyla ER veya MR sıvılarının mekanik özelliklerini kullanarak çalışırlar. Sismik izolasyonlu yapılarda izolatörün yapacağı deplasmanı sınırlandırmak için de kullanılmaktadır (Aldemir ve Aydın, 2005).

2.2.1.4 Karma kontrol sistemleri

Bu tip kontrol sistemlerinde hem pasif kontrol sistemi hem de aktif kontrol sistemi bir arada bulunur. Her iki sistem de birbirleri ile etkileşime girmeden kendi içlerinde çalışarak, karşılıklı olarak olumsuzlukları gidermeleri amacıyla aynı yapı üzerinde kurularak karma kontrol sistemlerini oluştururlar. Buradan da anlaşılacağı üzere karma kontrol sistemleri, pasif kontrol sisteminin faya yakın bölgelerde yüksek periyotlu zemin hareketi karşısında iş göremez hale gelmesine karşı yapıya aktif kontrol sistemi kurulabileceği gibi aktif veya yarı aktif kontrol sisteminin ihtiyaç duyduğu enerjinin deprem esnasında kesilmesi riskine karşı yapıyı korumasız bırakmamak amacıyla da pasif kontrol sistemleri kullanılabilir.

Yarı aktif kontrol sistemlerinin geliştirilmesi amacıyla ABD ve Japonya' lı bilim adamları 5 yıl süren ortak bir çalışma yapmışlar ve 1998 yılında izolasyon seviyesine yerleştirilmek üzere yarı aktif sönümleyiciler geliştirmişlerdir (Aldemir ve Aydın, 2005).

2.2.2 Sismik izolasyon sistemleri

2.2.2.1 Sismik izolasyonun tarihsel gelişimi

Sismik izolasyon teknolojisinin başlangıcı sayılabilecek ilk adım 1909 yılının Ağustos ayında J.A. Calantarients isimli tıp doktorunun Santiago' daki sismoloji servisinin yöneticisine bir mektup yazarak yapıların inşaatında yeni bir yöntem geliştirdiğini söylemesi ile başlamıştır (Naeim ve Kelly, 1999).

Calantarients' in geliştirdiğini söylediği ve patent başvurusu yaptığı bu metoda göre yapı kayganlaştırılmış serbest bir yüzeye oturtulacak ve bu sayede deprem bölgelerinde büyük bir güvenlik ile sağlam yapılar inşa edilebilecekti. Bahsedilen kayganlaştırılmış serbest yüzey kum, mika veya talk kullanılarak sağlanacaktı. Bu sayede yapıya deprem esnasında kayabilirlik olarak tanımlanabilecek hareket serbestisi özelliği kazandırılacak ve zeminden yapıya aktarılan kuvvetin azaltılması sağlanmış olacaktı. 1909 yılında önerilmiş olan bu yöntem bugün en gelişmiş haline kavuşturulmuş ve sismik izolasyon adını almıştır (Naeim ve Kelly, 1999).

Daha sonraları yapıyı zeminden ayırmak için üzerinde çalışmalar yapılan bir diğer malzeme ise doğal kauçuk olmuştur. Her ne kadar depreme karşı korunmak için bulunmuşsa da ilk kauçuk izolatör 1956 yılında İngiltere'de bir köprüde ısı genleşmeye karşı kullanılmıştır (Doğan, 2007). Kauçuk izolasyon sistemi depremden koruma amacıyla yapı üzerinde ilk defa 1969 yılında Yugoslavya' da bulunan bir ilköğretim okulunda kullanılmıştır. 3 katlı betonarme taşıyıcı sistem olarak İsviçreli mühendisler tarafından tasarlanan ve inşa edilen bu okulda mesnet tipi olarak bugünkü halinden çok farklı olarak her hangi bir takviyenin olmadığı doğal kauçuk bloklar kullanılmıştır. Düşey rijitliğini arttırıcı hiçbir destek olmadığından binanın ağırlığı ile izolatörlerde şişme meydana gelmiştir (Naeim ve Kelly, 1999).

Son 30 yılda, doğal kauçuğa vulkanize edilerek şekil verilmesi ve geniş bir sıcaklık aralığında dayanıklılık kazandırılması ve çok ince elik plakalarla desteklenerek çok katmanlı elastomerik mesnetlerin geliştirilmesi ile sismik izolasyon uygulamada da artan bir sıklıkla kullanılmaya başlamıştır. Uygulamada da sismik izolasyonun yaygınlaştırılması ve kullanımının kolaylaştırılması amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu alışmalara Roeder ve Stanton (1983)' ın sismik izolasyon işleminde kullanılabilecek kauçukları ve bu kauçukların özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışma örnek olarak verilebilir. Daha sonraları ise analiz yöntemlerinin gelişmelerinden yararlanılarak sonlu elemanlar yöntemi ile kauçuk mesnetlerin stabilite tahkikleri yapılmıştır (Stanton, Scroggins ve Taylor, 1990).

Geliştirilen bu teknoloji kullanılarak son yıllarda çok miktarda yapı inşa edilmiş veya güçlendirilmiştir. Türkiye' de bunlara örnek olarak Bolu ve Mecidiyeköy viyadükleri, Atatürk ve Sabiha Gökçen havalimanları dış hatlar terminalleri, Tarabya oteli, Galatasaray Seyrantepe stadı ve İstanbul-Ankara hızlı tren hattı örnek olarak gösterilebilir.

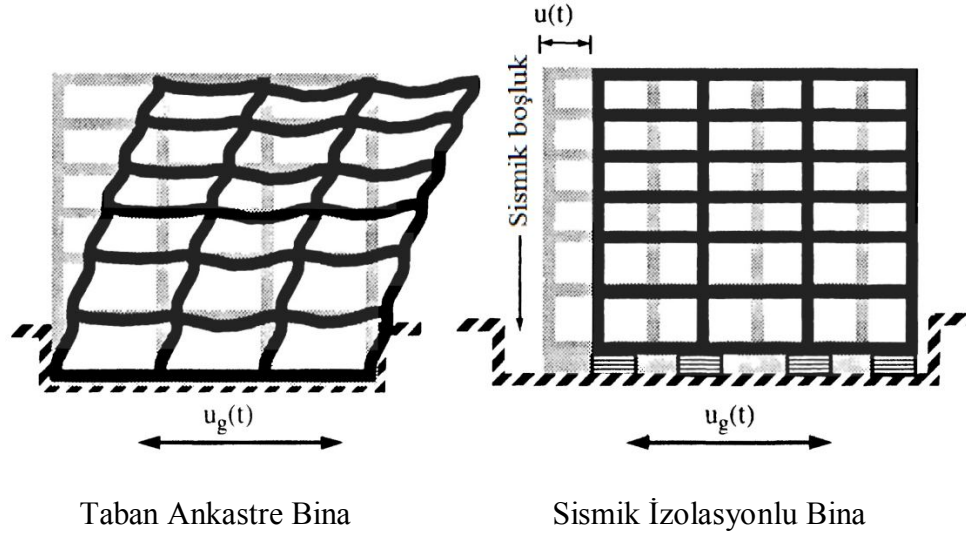
2.2.2.2 Sismik izolasyonun tanımı

Klasik yöntemle depreme dayanıklı yapı tasarımı yapan mühendislerin karşı karşıya kaldığı en büyük ikilem katlar arası ötelenmelerin ve kat ivmelerinin nasıl azaltılacağıdır. Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere geleneksel yöntemlerde görelî kat ötelenmelerinin azaltılması yapının rijitliğinin artırılması ile sağlanmaktadır, fakat bu yöntem depremin yapı üzerindeki etkilerini artırır, bu da kat ivmelerinin artmasına sebep olur. Kat ivmeleri ise ancak yapının sünek tasarlanması ile azaltılabilir, fakat bu da katlar arası deplasmanları artırır. Hem görelî kat ötelenmelerini hem de kat ivmelerini eş zamanlı olarak azaltmaya yarayacak yegane uygulanabilir yöntem sismik izolasyondur (Naeim ve Kelly, 1999).

Kavram olarak incelendiğinde sismik izolasyon oldukça basit bir konsepte sahiptir. Bilindiği üzere deprem esnasında yer katmanlarının derinliklerinde oluşan titreşimler yer yüzeyine tüm doğrultularda dalgalar halinde yayılarak ulaşmaktadır. Yöntemin işleyişi zemin ile yapı arasına düşey doğrultuda rijitliği yüksek, yatay doğrultuda ise rijitliği düşük olan izolatörler konulması ile yapıyı deprem dalgalarının yatay doğrultudaki bileşenlerinden ayrılması üzerine kuruludur. Diğer bir ifade şekli ile Newton' un etki tepki prensibi gereği zemin aracılığı ile yapıya aktarılan dinamik etkiler ne derece kuvvetli olursa yapının vereceği tepkiler de o derecede büyük olacağından zemin ile yapı arasında kurulu olan bu etkileşim ne derece azaltılabilirse yapı depreme karşı o derece de dayanıklı olacaktır. Bu amaca hizmet eden her türlü yöntem sismik izolasyon olarak adlandırılabilir.

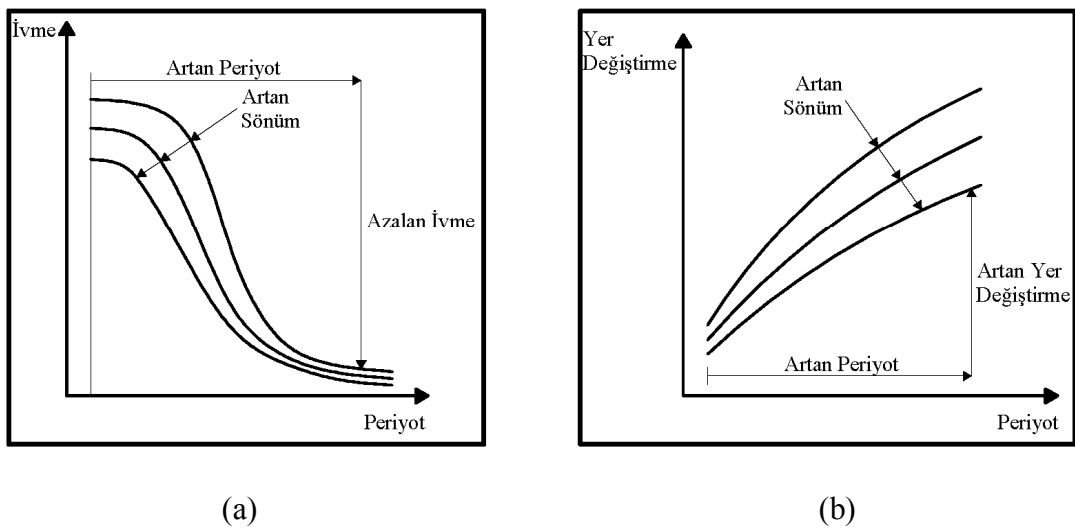
Sismik izolasyon kullanıldığı yapıların titreşim frekansını aynı taşıyıcı sistem özelliklerini taşıyan taban ankastre yapıların ve depremin hakim frekansından çok aşağılara çeker. Taban ankastre yapılarda hakim periyot düşük olduğundan yapının yüksek frekanslı yer hareketi esnasında rezonansa girme ihtimalleri yüksektir. Bu tür yapılar davranışları itibarı ile genellikle deprem esnasında zeminden aktarılan ivmeleri yükseklikleri boyunca arttırırlar. Bu durum ise görelî kat ötelenmelerinin ve kat ivmelerinin artmasına sebep olur. Sismik izolasyonlu yapıların ilk üç titreşim modu diğer bir ifade ile hakim modları izolasyon sisteminin getirdiği ilave modlar olduğundan yapı bu modlarda salınım yaparken hemen hemen tüm deformasyonun izolasyon seviyesinde olduğu üst yapının rijit kütle hareketi yaptığı gözlenir. Yapının zemin hareketi sebebiyle yaptığı deplasmanın büyük oranda izolasyon seviyesinde

gerçekleşmesi ile taban ankastre yapılarda karşılaşılan problemler ortadan kaldırılmış olur (Şekil 2.12).



Şekil 2.12: Zemin hareketi karşısında sismik izolasyonlu bina ile taban ankastre binanın da deformasyon tipleri (Komodromos, 2000).

Bu problemlerin ortadan kaldırılması yapısal ve yapısal olmayan elamanların sağlam kalmasını sağlar. Bu sebeple yapıda plastik deformasyonlar görülmez ve yapı doğrusal davranış sergiler. Kat ivmelerinin azaltılması da (Şekil 2.13.a) yapının içindeki donanım ve teçhizatların korunmasını sağlar. Buna karşılık artan yapı periyodu sebebiyle büyük deplasmanlar yapan izolatörlerde doğrusal olmayan davranış gözlenir. Sönüm artırılarak bu deplasmanlar sınırlandırılabilir (Şekil 2.13.b).



Şekil 2.13: Sönüme bağlı olarak; (a) yapının periyot-ivme ilişkisi, (b) yapının periyot-deplasman ilişkisi (Batur, 2005).

2.2.2.3 Sismik izolasyon kullanımının avantajları ve dezavantajları

Sismik izolasyon kullanımının avantajı olarak sayılabilecek ilk husus yapının hakim moduna ait periyodu daha yüksek değerlere çektiği için yapıyı rezonans tehlikesinden uzaklaştırmasıdır. Böylesi bir iyileştirme dolayısıyla deprem gibi dinamik etkiler esnasında yapı, hem rijit hem de sünek olarak tasarlanmış ekstrem hallerine ait avantajlı özelliklerini bir arada barındırır. Daha açık ifadesi ile yapının kat seviyelerinde yaptığı toplam deplasman değeri artarken hem ivmeler hem de göreceli ötelenmeler eş zamanlı olarak azalır. Bu özellikler sonucunda yapılar büyük depremlerden sonra dahi hizmet vermeye devam edebilirler.

Sismik izolasyonlu binaların diğer bir avantajı da taşıyıcı sistemin olmasa da yapının toplam sönüm kapasitesi artar. Yapının depreme dayanıklılığının klasik yöntemler üzerinden sağlandığı binalar sünek olarak tanımlanır ve bu tip binalarda depremin yıkıcı enerjisi taşıyıcı sistemin plastik deformasyonlar yapması ile sönümlenirdi. Sismik izolasyonun mantığında ise yapının tüm deformasyonu izolatör katında yapması istendiğinden, yerleştirilen izolatörler yatay doğrultuda sünekliliği yüksek olarak tasarlanır ve yapının ayakta kalabilmesi için gerekli olan gelen enerjinin sönümlenmesi görevi taşıyıcı sistem elemanlarının üzerinden alınarak sistemin elastik davranış sergilemesi sağlanır.

Sismik izolasyon tekniği özellikle tarihi değerleri olan binalar gibi deprem kuvvetlerine uygun olarak tasarlanmamış olan mevcut yapıların güçlendirilmelerinde de kullanılabilir. Bu durumdaki yapıların orijinal mimari özelliklerini korumaları istenir. Dolayısıyla böylesi durumlarda yapı taşıyıcı sistemi üzerinde oynama yapılamadığından sistemin depreme karşı olan dayanımının artırılması mümkün olmamaktadır. Geleneksel güçlendirme yöntemlerinin yapının dayanımını artırma anlayışı yerine sismik izolasyon ile yapılacak güçlendirme anlayışında taşıyıcı sistemin direnç göstereceği deprem yükünü azaltmak, bir başka ifade ile yapı üzerine gelen deprem yüklerini azaltma fikri yer bulmaktadır. Bu metod sayesinde güçlendirme sürecinde ve daha sonrasında yapıda her hangi bir fonksiyon kaybı gerçekleşmez (Komodromos, 2000).

Geleneksel depreme dayanıklı yapı tasarımı anlayışıyla projelendirilmiş yapıların detaylandırılması sırasında karşılaşılan en büyük zorluk inşaat süresinin uzaması ve dolayısıyla yapının maliyetinin artmasıdır. Belki de daha önemlisi fonksiyonellik açısından yapıda ciddi boyutlarda kısıtlamalara gidilmesi zorunda kalınmasıdır.

Sismik izolasyonlu yapılarda ise yapı rijit kütle hareketi yapacağından yapının davranışı çok basit matematiksel modellerle dahi tanımlanabilir. Bu tip yapıların projelendirilmesi ve detaylandırılmasında da çok büyük kolaylıklar görülür. Ayrıca taban ankastre olarak projelendirilen binalarda tasarım aşamasında yapılan birçok kabul yapının davranışının öngörülenden farklı sonuçlar doğurmasına sebep olabilir. Sismik izolasyonlu yapılarda ise bu tip sapmalara karşı hassasiyet çok düşük seviyelerdedir (Tezcan ve Cimilli, 2002).

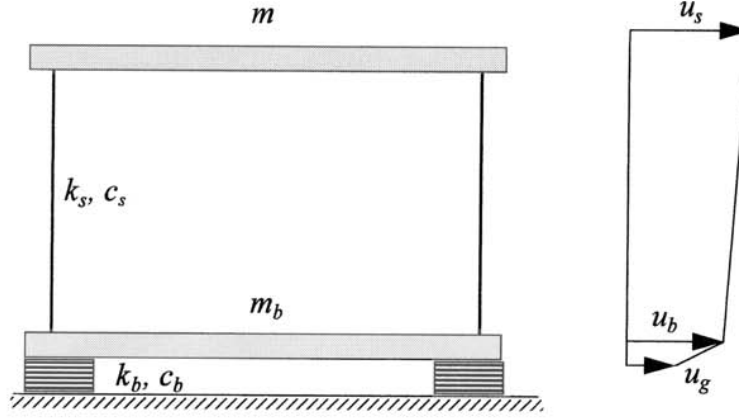
Sismik izolasyon teknolojisinin bütün bu sayılan avantajlarına karşı dezavantajları ise oldukça sınırlıdır. Bunlara örnek olarak izolasyon sistemleri, tasarımlarında kullanılan depremlerden daha büyük depremlere maruz kaldıklarında izolatörler üzerinde yırtılma gibi kalıcı hasarlar oluşabilir. Bu durumun önüne geçmek için tasarım deplasmanını yüksek seçmek yapıyı devirici momentin artmasına sebep olacağından doğru bir yaklaşım değildir (Öztürk, 2007).

Dezavantaj olarak sayılabilecek bir diğer husus ise sismik izolasyonun yapılara kazandırdığı en büyük avantaj olarak da öne çıkan rezonans konusudur. İlk bakışta büyük bir çelişki gibi gözüktse dahi konunun avantaj veya dezavantaj olarak değer kazanması izolasyon teknolojisinden bağımsız olarak zemin tipine ve özelliklerine bağlıdır. Yumuşak zemin tiplerinin deprem esnasındaki hakim periyotları yüksek değerlere ulaştığından bu bölgelerde inşa edilecek yapılarda sismik izolasyon kullanılarak yapının da hakim periyodunu uzatmanın yapıya sağlayacağı avantaj yoktur. Böylesi zeminler üzerinde bulunan yapılarda sismik izolasyon kullanımı yapının rezonansa girme ihtimalini arttıracaktır.

Sismik izolasyonda kullanılan cihazların yangına karşı dayanıksız olmaları sebebi ile bu risk göz önüne alınmalı ve karşı koruma sistemleri tasarlanmalıdır. Ayrıca sismik izolasyon teknolojisinin uygulanmasında yapının üzerinde bulunduğu zemin koşullarına, depremselliğine, yapının kütesine, rijitliğine ve yapı ile izolatörlerin diğer tasarım koşullarına bağlı olmakla beraber yapı yüksekliği için belirli bir sınır vardır. Çok yüksek katlı binalarda oluşabilecek devirme momenti sebebiyle tabanda kaldırma kuvvetleri oluşabilir. Bu veya başka sebepler ile kolonlar üzerinde eksenel çekme kuvvetlerinin olduğu yapılarda sismik izolatörler tek başlarına kullanılamazlar (Urgu, 2006).

2.2.2.4 Sismik izolasyonun teorik esasları¹

Sismik izolasyonlu yapılarda üst yapı tümüyle rijit cisim hareketi yapar. Diğer bir ifade ile toplu kütleli sistem hareketi olarak da tanımlanabilecek bu davranış matematiksel olarak üst yapı ve izolasyon sistemi ayrı birer kütle olarak düşünülüp iki serbestlik dereceli olarak modellenenir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14: İki serbestlik dereceli olarak modellenen izolasyonlu sistemin parametreleri (Naeim ve Kelly, 1999).

Şekil üzerinde gösterilen parametreler;

- m = Üst yapının toplam kütlesi
- m_b = İzolasyon katının kütlesi
- k_s = Üst yapının toplam yanal taşıyıcı sistem rijitliği
- k_b = İzolasyon sisteminin toplam yanal rijitliği
- c_s = Üst yapının toplam sönüm katsayısı
- c_b = İzolasyon sisteminin toplam sönüm katsayısı

şeklindedir. Kütlelerin mutlak deplasmanları u_s ve u_b ile zeminin deplasmanı ise u_g ile gösterilmek üzere rölatif deplasmanlar denklem (2.10) ve (2.11) kullanılarak belirlenir.

$$v_b = u_b - u_g \quad (2.10)$$

$$v_s = u_s - u_b \quad (2.11)$$

¹ Bu başlık altında anlatılan formülasyon Naeim ve Kelly (1999)' dan uyarlanarak alıntılanmıştır.

Görüldüğü üzere analizlerde önemli yer tutan rölatif deplasmanların hesabında, izolasyon sisteminin zemine göre, üst yapının ise izolasyon sistemine göre rölatif ötelenmesi dikkate alınmıştır. Gerekli tüm parametreler tanımlandıktan sonra yapının dinamik hareketi denklem (2.12) ve denklem (2.13) kullanılarak tanımlanır.

$$(m + m_b)\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_b\dot{v}_b + k_b v_b = -(m + m_b)\ddot{u}_g \quad (2.12)$$

$$m\ddot{v}_b + m\ddot{v}_s + c_s\dot{v}_s + k_s v_s = -m\ddot{u}_g \quad (2.13)$$

Matris formu ile denklem (2.14.a ve 2.15.b) şeklinde yazılır.

$$\begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{v}_b \\ \ddot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \dot{v}_b \\ \dot{v}_s \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} v_b \\ v_s \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} M & m \\ m & m \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} -1 \\ 0 \end{Bmatrix} \ddot{u}_g \quad (2.14.a)$$

$$[M]\{\ddot{v}\} + [C]\{\dot{v}\} + [K]\{v\} = -[M]\{r\}\ddot{u}_g \quad (2.14.b)$$

Bu ifade de geçen M bilinmeyen ile izolatör katının kütlesi ve üst yapının kütlesinin toplanmasıyla elde edilen tüm sistemin toplam kütlesi tanımlanmaktadır. Hesaplamalarda sıklıkla kullanılacağından kolaylık sağlaması amacıyla denklem (2.15) kullanılarak kütle oranını tarifleyen bir bilinmeyen tanımlanır.

$$\gamma = \frac{m}{m + m_b} = \frac{m}{M} \quad (2.15)$$

Yapının itibari açısal frekansları denklem (2.16) ve (2.17) kullanılarak belirlenir.

$$\omega_b^2 = \frac{k_b}{m + m_b} \quad (2.16)$$

$$\omega_s^2 = \frac{k_s}{m} \quad (2.17)$$

Yine hesaplamalarda kolaylık sağlaması bakımından açısal frekanslar arasında da karesi sıfıra çok yakın olduğu kabul edilen bir oran belirlenir (2.18).

$$\frac{\omega_b^2}{\omega_s^2} = \epsilon \quad (2.18)$$

Yapının dinamik hareket denklemini kütle ifadesinden sadeleştirmek için son olarak izolasyon sisteminin ve yapının sönüm katsayılarının denklem (2.19) ve (2.20) kullanılarak frekans, kritik sönüm oranı ve kütleye bağlı olarak yazılması gereklidir.

$$c_s = 2m\omega_s\xi_s \quad (2.19)$$

$$c_b = 2(m + m_b)\omega_b \xi_b \quad (2.20)$$

Bu ifadeler (2.12) ve (2.13) ile gösterilen denklemlerde yerlerine yazılırsa yapının dinamik hareket denklemleri (2.21) ve (2.22) ile gösterilir.

$$\gamma \ddot{v}_s + \ddot{v}_b + 2\omega_b \xi_b \dot{v}_b + \omega_b^2 v_b = -\ddot{u}_g \quad (2.21)$$

$$\ddot{v}_s + \ddot{v}_b + 2\omega_s \xi_s \dot{v}_s + \omega_s^2 v_s = -\ddot{u}_g \quad (2.22)$$

Sistemin her iki kütlesinin hareketini de göz önüne alan modlar denklem (2.23)' deki şekliyle tarif edilebilir.

$$\{\phi\}^{i^T} = (\phi_b^i, \phi_s^i) \quad i = 1, 2 \quad (2.23)$$

Denklemden de anlaşılacağı üzere sistem iki serbestlik dereceli olduğundan toplam iki adet moda sahiptir. Yapıda bulunan her bir kütlenin her modda birbirlerine göre rölatif olarak yaptığı deplasmanlar o mod bazında birleştirilerek mod şekilleri elde edilir.

Hareket denklemlerinin çözülebilmesi için burada önce sistemin sönümsüz olduğu varsayılacaktır. Sönümsüz sistemin serbest titreşim hareket denklemi matris formda (2.24) ile gösterilmiştir.

$$[M]\{\ddot{v}\} + [K]\{v\} = \{0\} \quad (2.24)$$

Serbest titreşim hareketinin sinüzoidal bir şekilde periyodik olarak kendini tekrarladığı düşünülürse denklem (2.24)' ün çözümü ile deplasman fonksiyonu ve onun türevleri olan hız ve ivme fonksiyonları aşağıdaki gibi elde edilir (2.25.a,b,c).

$$[v] = [\phi] \sin(\omega t + \theta) \quad (2.25.a)$$

$$[\dot{v}] = \omega [\phi] \cos(\omega t + \theta) \quad (2.25.b)$$

$$[\ddot{v}] = -\omega^2 [\phi] \sin(\omega t + \theta) \quad (2.25.c)$$

Deplasman ve ivme fonksiyonları denklem (2.24)' de yerine koyulup sadeleştirme işlemi yapılırsa denklem (2.26) elde edilir.

$$[K]\{\phi\} - \omega^2 [M]\{\phi\} = \{0\} \quad (2.26)$$

Bu ifade özdeğer - özvektör problemine dönüştürülürse aşağıdaki hali alır (2.27).

$$[[D] - \lambda[I]]\{\phi\} = \{0\} \quad (2.27)$$

Burada D matrisi sistemin dinamik matrisi olarak isimlendirilir ve rijitlik matrisinin tersi **(2.28)** ile kütle matrisinin çarpımından oluşur **(2.29)**. Matrisin özdeğeri olan λ ise sistemin açısal frekansının karesinin çarpmaya göre tersidir. Sistemin sıfırdan farklı bir çözümünün olması için katsayılar matrisinin determinantının sıfıra eşit olması gereklidir **(2.30)**.

$$[K]^{-1} = \begin{bmatrix} 1/k_b & 0 \\ 0 & 1/k_s \end{bmatrix} \quad (2.28)$$

$$[D] = \begin{bmatrix} 1/\omega_b^2 & \gamma/\omega_b^2 \\ 1/\omega_s^2 & 1/\omega_s^2 \end{bmatrix} \quad (2.29)$$

$$\begin{vmatrix} 1/\omega_b^2 - 1/\omega^2 & \gamma/\omega_b^2 \\ 1/\omega_s^2 & 1/\omega_s^2 - 1/\omega^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (2.30)$$

Determinantın çözümüyle sistemin karakteristik denklemi **(2.31)** kurulur.

$$(1 - \gamma)\omega^4 - (\omega_s^2 + \omega_b^2)\omega^2 + \omega_b^2\omega_s^2 = 0 \quad (2.31)$$

Denklem **(2.31)**' in ikinci derece denklemlerin diskriminant açılımından yararlanılarak çözülmesiyle denklem **(2.32.a ve 2.32.b)**' de gösterilen sistemin özdeğerleri yani açısal frekansları belirlenir.

$$\omega_1^2 = \frac{1}{2(1-\gamma)} \left(\omega_b^2 + \omega_s^2 - \sqrt{(\omega_b^2 - \omega_s^2)^2 + 4\gamma\omega_b^2\omega_s^2} \right) \quad (2.32.a)$$

$$\omega_2^2 = \frac{1}{2(1-\gamma)} \left(\omega_b^2 + \omega_s^2 + \sqrt{(\omega_b^2 - \omega_s^2)^2 + 4\gamma\omega_b^2\omega_s^2} \right) \quad (2.32.b)$$

Denklem **(2.18)**' de belirlenen oran **(2.32.a ve 2.32.b)**' de yerlerine yazılır ve gerekli açılımlar ile sadeleştirmeler yapılırsa açısal frekanslar aşağıdaki hali alırlar.

$$\omega_1^2 = \omega_b^2(1 - \gamma) \quad (2.33.a)$$

$$\omega_2^2 = \frac{\omega_s^2}{1 - \gamma}(1 + \gamma) \quad (2.33.b)$$

Bu değerler kullanılarak sistemin özvektörleri yani mod şekilleri hesaplanabilir. Yapının izolatör katında yaptığı deplasmana göre normalize edilmiş mod şekilleri denklem takımı **(2.34)** ile tanımlanır.

$$\{\phi\}_1^T = (1, \epsilon) \quad (2.34.a)$$

$$\{\phi\}_2^T = \left\{ 1, -\frac{1}{\gamma} [1 - (1 - \gamma) \epsilon] \right\} \quad (2.34.b)$$

Serbest titreşim mod şekillerini gösteren vektörler kullanılarak modal matris denklem (2.35)' de görüldüğü üzere kurulur.

$$[\Phi] = [\phi_1 \quad \phi_2] \quad (2.35)$$

Denklem (2.14) ile gösterilen sönümlü sistemin çözümü, sönümsüz sistemin analizi sonucunda belirlenen serbest titreşim mod şekilleri kullanılarak yapılabilir. Analizin daha kolay yapılabilmesi için modal koordinatlarda çalışılması büyük kolaylık sağlayacaktır. Fiziksel koordinatlardan modal koordinatlara dönüşüm işlemi (2.36) modal matris kullanılarak gerçekleştirilir.

$$v = [\Phi]\{q\} = \{\phi_1\}q_1 + \{\phi_2\}q_2 \quad (2.36)$$

Burada q_1 ve q_2 zamana bağlı modal deplasmanlardır. Bu ifadeden izolasyon sisteminin ve üst yapının deplasmanları ayrı ayrı hesaplanırsa denklem takımı (2.37) ile gösterilen ifadeler elde edilir.

$$v_b = q_1 \phi_1^b + q_2 \phi_2^b \quad (2.37.a)$$

$$v_s = q_1 \phi_1^s + q_2 \phi_2^s \quad (2.37.b)$$

Denklem (2.36) ve onun türevleri olan hız ve ivme değerleri denklem (2.14.b)' de yerine yazılırsa elde edilecek ifade denklem (2.38) ile gösterilir.

$$[M](\{\phi\}_1 \ddot{q}_1 + \{\phi\}_2 \ddot{q}_2) + [C](\{\phi\}_1 \dot{q}_1 + \{\phi\}_2 \dot{q}_2) + [K](\{\phi\}_1 q_1 + \{\phi\}_2 q_2) = -[M]\{r\}\ddot{u}_g \quad (2.38)$$

Mod şekillerinin ortogonal olması özelliğinden yararlanılarak çözümün kolaylaştırılması amacıyla denklem (2.38) mod şekillerinin transpozeleri ile ayrı ayrı çarpılarak sadeleştirme yapılırsa denklem (2.39) ve (2.40) elde edilir.

$$\{\phi\}_1^T [M] \{\phi\}_1 \ddot{q}_1 + \{\phi\}_1^T [C] \{\phi\}_1 \dot{q}_1 + \{\phi\}_1^T [K] \{\phi\}_1 q_1 = -\{\phi\}_1^T [M] \{r\} \ddot{u}_g \quad (2.39)$$

$$\{\phi\}_2^T [M] \{\phi\}_2 \ddot{q}_2 + \{\phi\}_2^T [C] \{\phi\}_2 \dot{q}_2 + \{\phi\}_2^T [K] \{\phi\}_2 q_2 = -\{\phi\}_2^T [M] \{r\} \ddot{u}_g \quad (2.40)$$

Bu ifadelerin sadeleştirilebilmesi için gerekli olan tanımlamalar denklem takımı (2.41) ile dönüşümler de denklem takımı (2.42) ile gösterilmiştir.

$$M_i = \{\phi\}_i^T [M] \{\phi\}_i \quad (2.41.a)$$

$$C_i = \{\phi\}_i^T [C] \{\phi\}_i \quad (2.41.b)$$

$$K_i = \{\phi\}_i^T [K] \{\phi\}_i \quad (2.41.c)$$

$$\Gamma_i = \frac{\{\phi\}_i^T [M] \{r\}}{\{\phi\}_i^T [M] \{\phi\}_i} \quad (2.41.d)$$

Bu denklemlerde geçen M_i , C_i , K_i ve Γ_i ifadeleri sırasıyla i. serbest titreşim moduna ait modal kütle, modal sönüm, modal rijitlik ve kütle katılım oranıdır.

$$C_i = 2M_i \omega_i \xi_i \quad (2.42.a)$$

$$K_i = \omega_i^2 M_i \quad (2.42.b)$$

Görüldüğü üzere tek serbestlik dereceli sistemlerde geçerli olan kütle, sönüm ve rijitlik dönüşümleri çok serbestlik dereceli sistemlerde modal koordinatlarda da aynı serbest titreşim modu için geçerlidir. Bu tanımlama ve dönüşümler yapıldıktan sonra gerekli sadeleştirmeler yapıldığında denklem (2.43) ve (2.44) elde edilir.

$$\ddot{q}_1 + 2\omega_1 \xi_1 \dot{q}_1 + \omega_1^2 q_1 = -\Gamma_1 \ddot{u}_g \quad (2.43)$$

$$\ddot{q}_2 + 2\omega_2 \xi_2 \dot{q}_2 + \omega_2^2 q_2 = -\Gamma_2 \ddot{u}_g \quad (2.44)$$

Son olarak modal kütle katılım oranlarının belirlenmesiyle sistemin ayırık titreşim denklemleri kurulmuş olur. Bu oranların belirlenebilmesi için öncelikle modal kütlelerin belirlenmesi gerekmektedir. Serbest titreşim mod şekillerine ait vektörler denklem (2.41.a)' da sırasıyla yerine koyulduğunda ve denklem (2.18)' in açıklamasında belirtildiği üzere açısal frekansların oranlarının karesi sıfır olarak kabul edildiğinde modal kütleler denklem (2.45) ve (2.46) ile gösterildiği şekilde elde edilir.

$$M_1 = M(1 + 2\gamma\epsilon) \quad (2.45)$$

$$M_2 = M \frac{(1 - \gamma)[1 - 2(1 - \gamma)\epsilon]}{\gamma} \quad (2.46)$$

Bu değerlerin denklem (2.41.d)' de yerine konulmasıyla modal katılım oranları birinci mod için (2.47) ve ikinci mod için (2.48) bulunur.

$$\Gamma_1 = 1 - \epsilon\gamma \quad (2.47)$$

$$\Gamma_2 = \epsilon\gamma \quad (2.48)$$

Modal kütle katılım oranlarının bulunmasıyla denklem çifti (2.43) ve (2.44)'de yer hareketi dışında tüm parametreler belirlenmiş olur. Meydana gelmiş, benzeştirilmiş veya sentetik olarak üretilmiş deprem kayıtları ya da spektrum eğrisi kullanılarak bu ifadenin de belirlenmesiyle modal deplasmanlar Duhamel integralinden yararlanılarak çözülür (2.49, 2.50).

$$q_1 = -\frac{\Gamma_1}{\omega_1} \int_0^t \ddot{u}_g(t-\tau) e^{-\omega_1 \xi_1 \tau} \sin \omega_1 \tau d\tau \quad (2.49)$$

$$q_2 = -\frac{\Gamma_2}{\omega_2} \int_0^t \ddot{u}_g(t-\tau) e^{-\omega_2 \xi_2 \tau} \sin \omega_2 \tau d\tau \quad (2.50)$$

Spektrum eğrisi kullanılarak q_1 ve q_2 'nin maksimum değerleri bulunabilir (2.51, 2.52).

$$|q_1|_{\max} = \Gamma_1 S_D(\omega_1, \xi_1) \quad (2.51)$$

$$|q_2|_{\max} = \Gamma_2 S_D(\omega_2, \xi_2) \quad (2.52)$$

Denklem (2.51) ve (2.52)'de geçen $S_D(\omega, \xi)$ ifadeleri açısal frekans değeri, ω , ve kritik sönüm oranı, ξ , ile tanımlanmış, yer hareketini karakterize eden deplasman spektrumudur. İzolasyon sisteminin ve üst yapının maksimum göreceli deplasman değerleri kareleri toplamının karekökü yöntemi kullanılarak belirlenebilir (2.53, 2.54).

$$|v_b|_{\max} = \sqrt{(\{\phi\}_{b1}|q_1|_{\max})^2 + (\{\phi\}_{b2}|q_2|_{\max})^2} \quad (2.53)$$

$$|v_s|_{\max} = \sqrt{(\{\phi\}_{s1}|q_1|_{\max})^2 + (\{\phi\}_{s2}|q_2|_{\max})^2} \quad (2.54)$$

Modal kütle değerleri kullanılarak elde edilen kütle katılım oranları ve deplasman spektrumunun kullanılmasıyla belirlenen maksimum modal deplasmanlar denklem (2.53) ve (2.54)'de yerine koyulduğunda sadeleştirilmiş haliyle zemine göre göreceli maksimum izolatör deplasmanı denklem (2.55)'de görüldüğü gibi bulunur.

$$|v_b|_{\max} = S_D(\omega_1, \xi_1)(1 - \gamma\epsilon) \quad (2.55)$$

Aynı şekilde üst yapının maksimum görelî ötelenmesi de denklem (2.56)' da görüldüğü üzere bulunur. Bu işlem sırasında yine ϵ^2 ve üstü değerler sıfıra çok yakın olduğundan ihmal edilmiştir.

$$|v_s|_{\max} = \epsilon \cdot \sqrt{S_D(\omega_1, \xi_1)^2 + S_D(\omega_2, \xi_2)^2} \quad (2.56)$$

Bu görelî deplasman değerinin belirlenmesiyle taban kesme kuvveti katsayısı, C_s , denklem (2.57) kullanılarak elde edilir.

$$C_s = \left| \frac{k_s v_s}{m} \right|_{\max} \quad (2.57)$$

Bu ifade de rijitlik ve kütle terimleri üzerine denklem (2.42.b) ile gösterilen dönüşüm uygulanırsa taban kesme kuvveti katsayısı aşağıdaki şekilde elde edilir (2.58).

$$C_s = \omega_s^2 |v_s|_{\max} \quad (2.58)$$

Denklem (2.56) ile tanımlanan maksimum görelî ötelenme değeri (2.58) ile gösterilen denklemde yerine yazılıp sadeleştirme amacıyla da deplasman spektrumundan ivme spektrumuna geçiş yapılırsa katsayı denklem (2.59) ile tanımlanabilir.

$$C_s = \sqrt{S_A(\omega_1, \xi_1)^2 + \epsilon^2 S_A(\omega_2, \xi_2)^2} \quad (2.59)$$

Denklem (2.55) ve (2.56)' da yalnızca ilk terimler göz önüne alınırsa maksimum görelî ötelenmeler denklem takımı (2.60) ile gösterilir.

$$|v_s|_{\max} = \epsilon S_D(\omega_b, \xi_b) = \frac{\epsilon S_V}{\omega_b} \quad (2.60.a)$$

$$|v_b|_{\max} = S_D(\omega_b, \xi_b) = \frac{S_V}{\omega_b} \quad (2.60.b)$$

Son olarak maksimum görelî deplasmanlar yerine yapı tasarımına esas teşkil edecek bir görelî ötelenme seçildiğinde buna bağlı olarak hesap edilecek taban kesme kuvveti katsayısı da denklem (2.61)' deki şekilde olur.

$$C_s = \frac{k_s v_s}{m} = \omega_s^2 v_s \quad (2.61)$$

Buradan gerekli ara işlemler yapıldığında taban kesme kuvveti katsayısı nihai olarak denklem (2.62) ile ifade edilebilir.

$$C_s = \omega_b S_V \sqrt{1 + \epsilon^2 \frac{\omega_2^2}{\omega_1^2}} - S_A(\omega_b, \xi_b) \sqrt{1 + \frac{\epsilon}{1 - \gamma}} = S_A(\omega_b, \xi_b) \quad (2.62)$$

Bu ifadeden de anlaşıldığı üzere küçük ϵ değeri ve tipik bir tasarım spektrumu söz konusu olduğunda izolasyon sistemi, en azından başlangıç olarak, görelî taban deplasmanına göre üst yapı ise taban kesme kuvveti katsayısına göre tasarlanabilir. Sismik izolasyonlu yapılardaki taban kesme kuvvetinin, $S_A(\omega_b, \xi_b)$, taban ankastre yapılardakine, $S_A(\omega_s, \xi_s)$, göre azalma miktarı, ω_b/ω_s oranı veya $\epsilon^{0.5}$ ile ifade edilebilen sabit hız spektrumu için bu iki değerin birbirlerine oranlanması, $S_A(\omega_b, \xi_b)/S_A(\omega_s, \xi_s)$, olarak verilebilir. Bu teorik kabul ile belirlenen taban kesme kuvvetindeki azalma pratikte olması gereken duruma göre daha az miktardadır. Bu pozitif yöndeki yanılsamaya sebep ise gerçekte genellikle izolasyon sisteminin sönüm oranının, ξ_b , üst yapının sönüm oranından, ξ_s , daha büyük olmasıdır (Naeim ve Kelly, 1999).

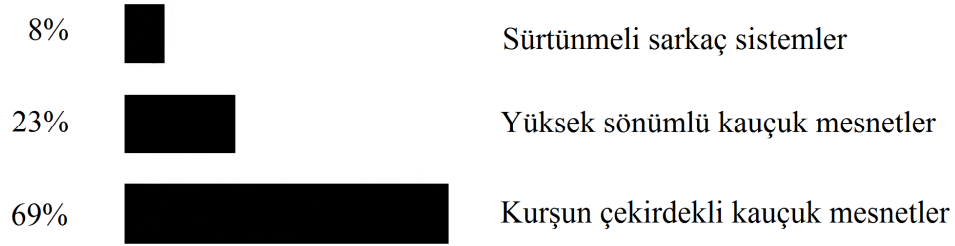
2.2.2.5 Sismik izolatör türleri

Sismik izolasyon teknolojisinin ana bileşenleri olan izolatörler uygulamada ve de literatürde çok çeşitli olarak sınıflandırılmaktadır. Naeim ve Kelly (1999)' da izolatör tipleri beş ana başlık altında incenmiş olmasına rağmen aynı konu Komodromos (2000)' de iki ana başlık altında incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında daha önceki başlıklarda anlatılan sismik izolasyonun ana felsefesi ile uyumlu olması açısından sismik izolatörler üç ana başlık altında incelenecektir. Bu başlıklar ve alt başlıkları şu şekilde sınıflandırılabilir (Urgu, 2006):

- Kauçuk esaslı sistemler
 - Düşük sönümlü kauçuk mesnetler (LDRB)
 - Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler (HDRB)
 - Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetler (LRB)
- Kayma esaslı sistemler
 - Sürtünmeli sarkaç sistemler (FPS)
 - Esnek sürtünmeli taban izolasyon sistemleri (R-FBI)
 - Fransa elektrik kurumu sistemleri
 - EERC birleşik sistemleri
 - TASS sistemleri

- Yay esaslı sistemler
- GERB sistemleri

Bu sistemler arasında en yaygın olarak kullanılanlar kurşun çekirdekli kauçuk mesnetler, yüksek sönümlü kauçuk mesnetler ve sürtünmeli sarkaç mesnetlerdir (Şekil 2.15). Bu sebeple tez kapsamında bu türlerden izolatör sistemleri detaylandırılarak anlatılmış, bahsedilen diğer sistemler ise kısaca özetlenmiştir. Yine aynı sebepten çalışmalarda bu izolatör sistemlerinin kullanımı tercih edilmiştir.



Şekil 2.15: Ocak 1994 itibarı ile ABD’ de kullanılan izolasyon sistemleri (Komodromos, 2000).

Kauçuk esaslı sistemler

Sismik izolasyon tekniğinde kullanımı en yaygın izolatör tipi olan kauçuk esaslı mesnetler, vulkanize edilmiş kauçuğun yüksek sıcaklık ve basınç altında ince çelik plakalara katmanlar halinde yapıştırılmasıyla elde edilen enerji sönümleme kapasitesi yüksek ekipmanlardır.

İzolatörün katmanlar halinde yapılması sebebiyle kauçuk katmanlar arasında bulunan çelik plakalar izolatörün yanal şişmeler yapmasını engeller ve düşey yüklere karşı rijitlik sağlayarak yükün uniform olarak dağıtır. Yatay doğrultudaki süneklik ise kauçuk katmanların kayma deformasyonu yapmasıyla sağlanır (Komodromos, 2000).

İzolatörlerin büyük deplasmanlar yapması durumunda burkulma tehlikesi ve aşırı zorlanmadan dolayı yırtılma olasılığı risk oluşturur. Bu tip durumların önüne geçilebilmesi için yapıya durdurucular yerleştirilir (Şekil 2.16).

Kauçuk esaslı mesnetler temel ile üst yapı arasına izolasyon sisteminin bir arada çalışmasını temin için üretilen rijit bir platforma kurulabileceği gibi yapının zemin veya bodrum kat kolonları kesilerek de yerleştirilebilir.



Şekil 2.16: Deprem esnasında yapının izolasyon katı seviyesinde maksimum deplasmanı yapması durumunda yapının zarar görmemesi için yerleştirilen kauçuk durdurucular (Doğan, 2007).

Düşük sönümlü kauçuk mesnetler (LDRB)

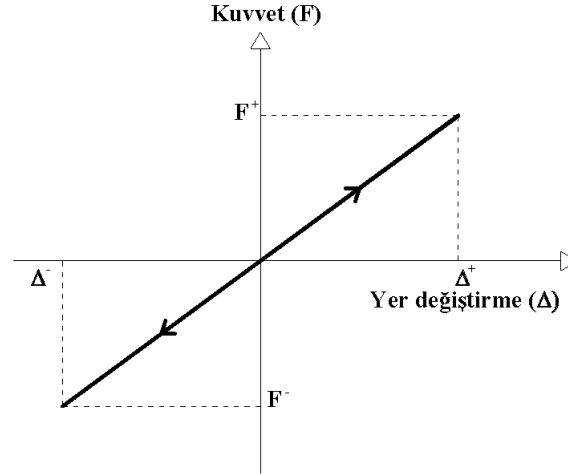
Sismik izolasyon teknolojisi kapsamında geliştirilen ilk mesnet tipi olan düşük sönümlü kauçuk mesnetler (LDRB – Low Damping Rubber Bearing) (Şekil 2.17) yapımının ve modellenmesinin oldukça kolay olması, zaman ve sıcaklıktan etkilenmemeleri gibi avantajları sebebiyle tercih sebebidirler.



Şekil 2.17: Düşük sönümlü kauçuk mesnetin enkesiti (Coşkun, 2004).

Viskoz sönümleri %5' in altında olup genellikle %2-3 oranındadırlar (Doğan, 2007). Bu sebeple yatay yük altında büyük deplasmanlar yapacağından burkulma riski çok fazladır dolayısıyla taşıyabilecekleri yapı ağırlığı sınırlıdır.

Burkulma riskine karşı önlem olması amacıyla mesnetin yüksekliği maksimum yarıçapı olabilir. Kayma deformasyonunda oldukça elastik davranış gösterir ve lineer olarak modellenebilir (Şekil 2.18).



şekil 2.18: Düşük sönümlü kauçuk mesnetin kuvvet – yer değiştirme davranışı (şahin, 2008).

Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler (HDRB)

Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler (HDRB – High Damping Rubber Bearing) (şekil 2.19) sönüm oranı hariç diğer tüm özellikleri ve üretim sistematiği ile düşük sönümlü mesnetlerle aynıdır. Karbon ve reçine gibi özel dolgu maddelerinin kullanılmasıyla diğer mekanik özellikleri değiştirilmeden sönüm oranı %10-20 seviyelerine yükseltilmiştir. Dolayısıyla ilave sönüm sistemine ihtiyaçları yoktur.

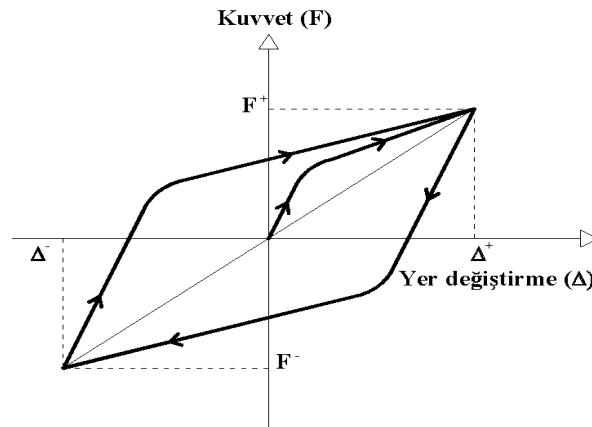


şekil 2.19: Yapı üzerine montajı tamamlanmış bir yüksek sönümlü kauçuk mesnet örneği (Yücesoy, 2005).

Yüksek sönümlü kauçuklar kayma gerilmelerine maruz kaldıklarında molekülleri arasında oluşan kayma hareketiyle sürtünmeye bağlı olarak ısı ortaya çıkar. Bu özelliği sayesinde enerji sönümlenmesi sağlanır. Yüksek sönümlü kauçuk mesnetlerin enerji sönümleme sistematiği hem yüksek hem de düşük şekil değiştirmelerde elverişlidir (Komodromos, 2000). Boy uzamaları %20-120 arasında

olduğunda kayma modülü sabit ve düşük değerler alır (Kösedağ, 2002). Bu değer genellikle 0.3 ve 1.5 Mpa aralığındadır.

Kauçuk mesnetler arasında incelenecek olursa tıpkı düşük sönümlü mesnetlerde olduğu gibi bu mesnet tiplerinin de en önemli eksikliği deprem haricinde, hafif dinamik etkiler oluşturan yanal kuvvetlere karşı sistemin deplasman yapmasını engelleyecek başlangıç rijitliğinin yeterli düzeyde olmamasıdır. Doğrusal bir davranış sergilemezler ve düzgün bir eliptik histerezis döngü ile modellenebilirler (Şekil 2.20).



Şekil 2.20: Yüksek sönümlü kauçuk mesnetin kuvvet – yer değiştirme davranışı (Şahin, 2008).

Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetler (LRB)

Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetler (LRB – Lead rubber bearing) (Şekil 2.21) ilk olarak 1975 yılında Yeni Zelanda’da geliştirilmişlerdir (Naeim ve Kelly, 1999). Düşük sönümlü kauçuk mesnetlerin ilave sönüm ihtiyacının ortasına yerleştirilen kurşun çekirdek ile sağlanması sonucu ortaya çıkması sebebiyle model olarak düşük sönümlü mesnetlere çok benzemektedir (Kösedağ, 2002).

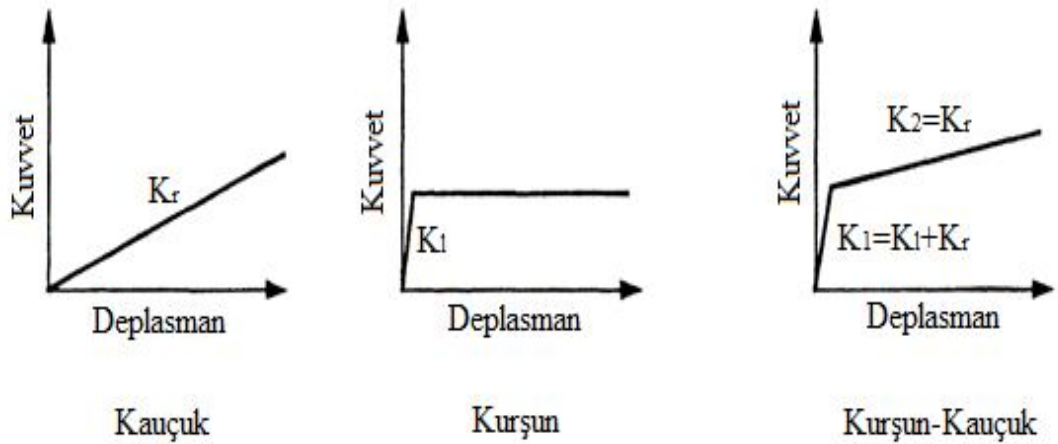


Şekil 2.21: Kurşun çekirdekli kauçuk mesnet kesiti (Yücesoy, 2005).

Sönüm ihtiyacının büyük oranda kurşun çekirdek ile karşılanması sebebiyle kauçuğun kayma modülü oldukça düşük tutulabilmiş ve bu sayede yatay doğrultuda oldukça sünek davranış elde edilmiştir. Öyle ki kayma şekil değiştirmelerinin %250 mertebesine ulaşması durumunda dahi kauçuk malzeme elastik davranış sergilemektedir (Komodromos, 2000). Buna karşılık kurşun çekirdeğin akma gerilmesi yaklaşık 10 Mpa seviyelerindedir ve bu değerin aşılması durumunda kurşun elastik plastik davranış sergilemektedir. Bu özelliği sayesinde kauçuk malzemenin sönüm ihtiyacını gidermesiyle sismik izolasyon sisteminin zeminden gelen şekil değiştirme enerjisini daha yüksek oranda sönmlemesine yardımcı olur. Böylece izolatörün daha kısıtlı yatay deplasman yapmasını sağlar.

Ortasına yerleştirilen kurşun çekirdeğin sahip olduğu yüksek akma gerilmesi sayesinde rüzgar ve düşük şiddetteki deprem gibi dinamik etkiler karşısında başlangıç rijitliğinin akma sonrası hangi mertebede olduğu ve zarar görüp görmediğinin tespit edilememesi kurşun çekirdekli izolatörlerin en büyük eksiklikleridir. Matematiksel olarak kuvvet – deplasman ilişkileri tıpkı yüksek sönümlü kauçuk mesnetlerde olduğu gibi histeretik olarak modellenir (Şekil 2.19).

Kauçuk ve kurşun çekirdekten meydana gelen kompozit bir izolatör çeşidi olması sebebiyle her iki malzemenin özelliklerinden oluşan yeni bir davranış modeli vardır (Şekil 2.22).



Şekil 2.22: Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetin kuvvet – deplasman ilişkisi (Komodromos, 2000).

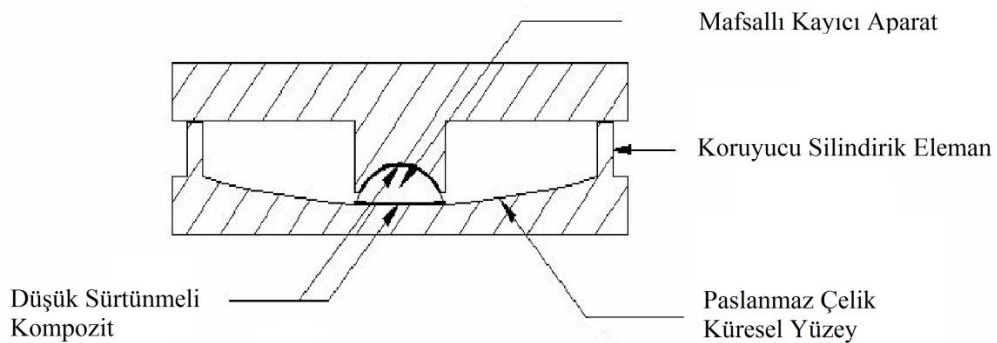
Kayma esaslı sistemler

Sismik izolasyon tekniği tarihinde önerilen ilk sistematik, günümüzde ise kauçuk esaslı sistemlerden sonra pratikte kullanımına en çok rastlanılan izolasyon sistemleri olan kayma esaslı sistemlerde ana prensip, deprem hareketi ile zeminden yapıya aktarılan şekil değiştirme enerjisinin kayma hareketi yapan yüzeyler arasında oluşan sürtünme ile sönmelenmesidir. Bu kayma hareketi sayesinde, oluşan taban kesme kuvvetinin çok kısıtlı bir miktarının üst yapıya iletimine izin verilmektedir. Bu tür izolasyon sistemlerinin kullanıldığı yapılarda zeminden üstyapıya aktarılan kesme kuvveti sürtünme katsayısına bağlı olarak değiştiğinden depremin büyüklüğünden bağımsızdır (Komodromos, 2000). Kayma esaslı sistemlerde kullanılan malzemeler genellikle paslanmaz çelik ve teflondur. Bu sistemlerin sürtünme karakteristikleri sıcaklığa, sürtünme hızına, aşınma derecesine ve yüzey temizliğine bağlıdır (Tokuç, 2008).

Sürtünmeli sarkaç sistemler

Sürtünmeli sarkaç sistemler, bir kayma hareketini ve bir merkezleyici kuvveti geometrisi yardımıyla bünyesinde bulunduran sürtünmeli bir sistemdir (Tokuç, 2008). Bu tür sistemlerde yapı basitleştirilerek sarkaç sistemine uyarlanır. Genel olarak çalışma sistemi dinamik etki sebebi ile yapıya aktarılan şekil değiştirme enerjisinin mesnet sistemindeki iç bükey çelik yüzey ile mafsallı kayıcı yüzey arasındaki sürtünmeyle sönmelenmesi üzerine kuruludur (Zayas, Low ve Mahin, 1990). İzolatör sistemindeki çelik yüzey iç bükey olarak yapılarak yapının dinamik etki sonrasında başlangıç pozisyonuna dönmesi için gerekli kuvvet sağlanmış olur.

Sürtünmeli sarkaç sistemlerde mafsallı kayıcı yüzeyin etrafında bulunan koruyucu silindir (Şekil 2.23) yatay yer değiştirmelerin engellenmesini sağlar.



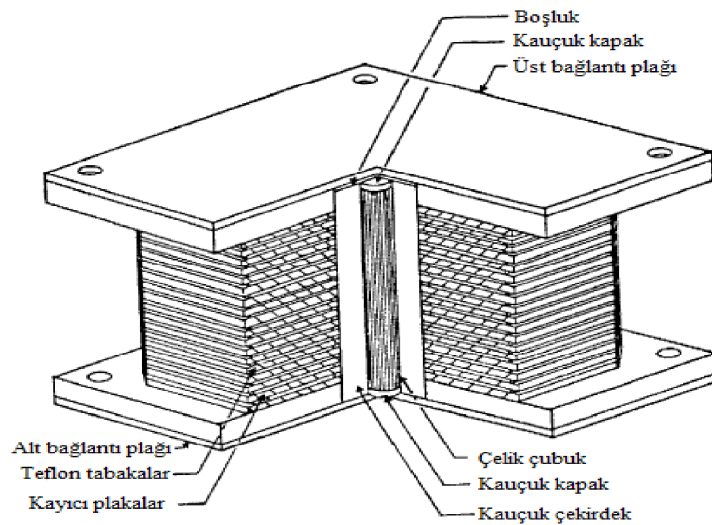
Şekil 2.23: Sürtünmeli sarkaç sistemi (Urgu, 2006).

Koruyucu silindir tarafından sağlanan bu kontrol, deprem yüklerinin tasarım yüklerini geçmesi durumunda çok önemli bir güvenlik sağlamaktadır (Baştuğ, 2004). Bu sistemlerde izolatörün rijitliği ve yapının titreşim periyodu içbükey yüzeyin çapına bağlı olarak kontrol edilir ve yapının ağırlığından etkilenmez (Kösedağ, 2002). Yapı ağırlığı dinamik etki kaynaklı yanal rijitlik ve eğrisel yüzeylerde ortaya çıkan sürtünme kuvveti üzerinde etkilidir. İstenilen periyod çap değiştirilerek elde edilir. Kayıcı mafsalları yüklemeye göre boyutlandırılır. Depremde oluşacak maksimum yer değiştirmesine bağlı olarak koruyucu silindirin çapı belirlenir (Naeim ve Kelly, 1999). Mesnetin kinematığı ve uygulaması içbükey yüzeyin üstte veya altta olmasından etkilenmez.

Esnek sürtünmeli taban izolasyon sistemleri

Bu tür izolasyon sistemlerinde izolatör sistemi içinde kullanılan teflon ve çelik yüzeyler arasında, yüksek hıza dayalı olarak oluşan büyük sürtünme katsayısı problemi aşılmaya çalışılmıştır. İzolatör sisteminde birçok kayıcı yüzey oluşturularak izolatörlere gelen hız tabakalara dağıtılır. Böylece izolatörün üst ve alt uçları arasındaki hız tabakalara bölünerek her bir tabakanın hızının izolatörün toplam hızından düşük olması ve bunun sonucunda sürtünme katsayısının düşük olması sağlanmıştır (Tezcan ve Cimilli, 2002).

İzolatörün ortasında düşey yük taşımayan, sistemi dinamik etki sonrası başlangıç pozisyonuna döndürme amaçlı kauçuk çekirdek bulunur (Şekil 2.24).



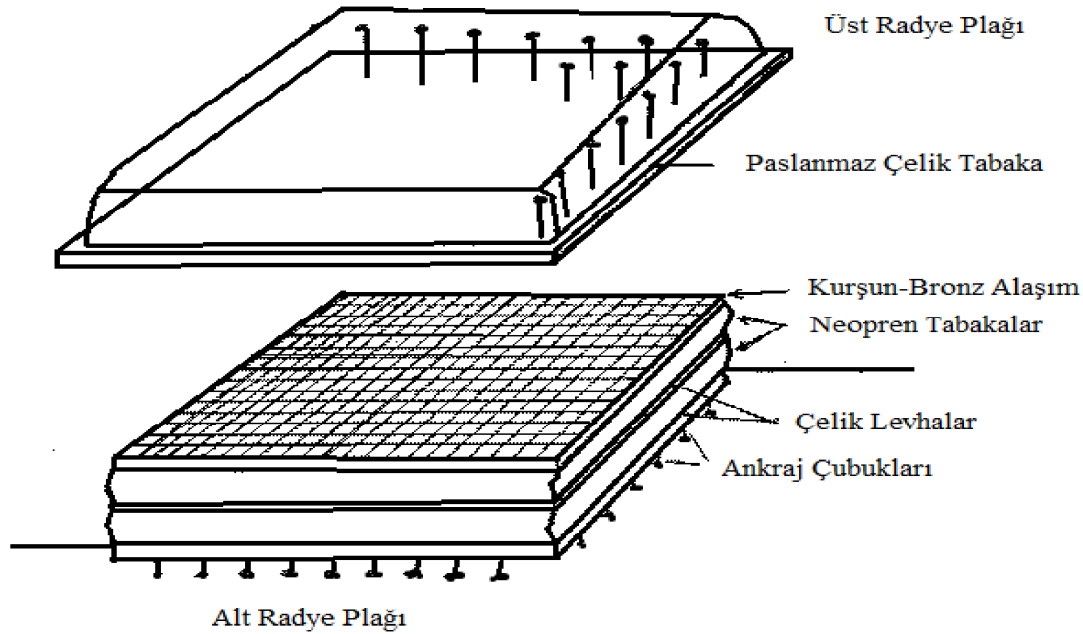
Şekil 2.24: Esnek sürtünmeli taban izolasyon sistemi (Tokuç, 2008).

Yapılan deneyler sonrasında kauçuk çekirdeğin tabakalar arasındaki yer değiştirmeleri homojen olarak dağıtamaması sebebiyle merkezine çelik çubuk yerleştirilmiştir (Kösedağ, 2002). Deprem etkisinde yapıda oluşan hareket istemi sürtünme kuvvetini yenene kadar mesnetlerde kayma oluşmaz. Mesnetler kaymaya başladığında kauçuk deforme olur ve sistemi eski denge haline döndürecek elastik kuvvet oluşur. Kayma hızı, kullanılan kayıcı yüzey sayısı değiştirilerek istenilen düzeyde tutulabilmektedir. Bu sistemler rijitlik merkezi ve kütle merkezini izolasyon seviyesinde çakıştırdığından asimetrik yapılarda da kullanımı kolaylık sağlar (Tokaç, 2008).

Fransız elektrik kurumu sistemleri

Bu sistem Fransız elektrik kurumu tarafından 1970' li yılların başında Fransa' daki nükleer güç santralleri için geliştirilmiş ve deprem bölgelerinde bulunan nükleer santraller için standartlaştırılmıştır (Dumanoglu ve Ateş, 1999).

Sistem üst üste ince tabakalar halinde yerleştirilmiş neopren mesnetler (özellikle köprüler için standart olarak üretilen yüksek kaliteli) ve paslanmaz çelik ile temas halinde olan kurşun-bronz alaşımından (Şekil 2.25) oluşur (Naeim ve Kelly, 1999).



Şekil 2.25: Fransız elektrik kurumu sistemi (Tokuç, 2008).

Neopren mesnetlerin deplasman kapasitesi çok düşüktür. Bu kapasite dinamik etki esnasında üstyapının hareket ihtiyacını karşılayamazsa kayıcı yüzey sayesinde bu durum karşılanır. Bu sistem yapıyı başlangıç pozisyonuna döndürücü her hangi bir

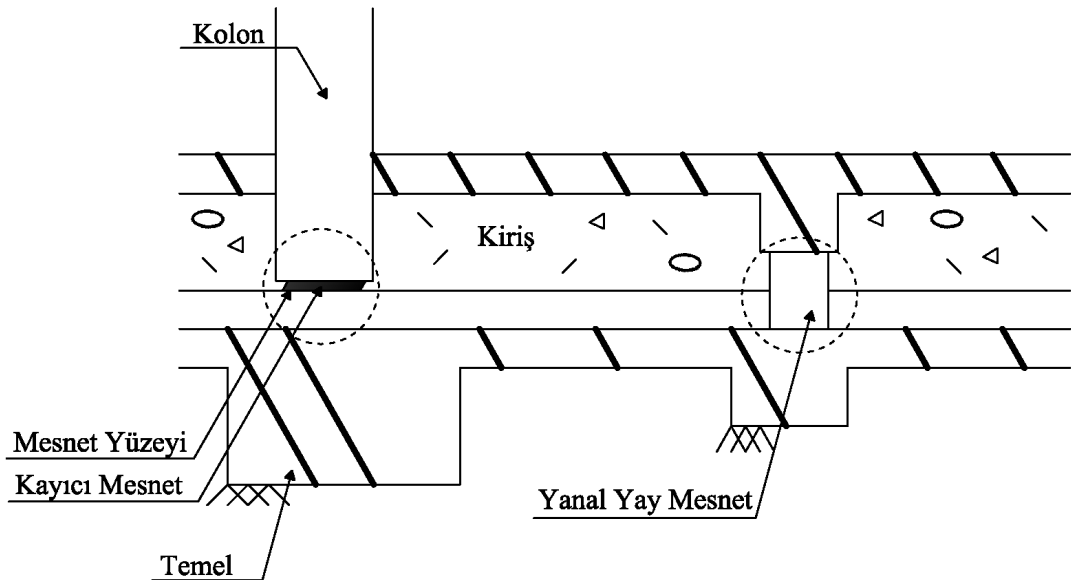
yöntem içermediğinden tasarımda öngörülen enerji limiti aşıldığında ortaya çıkan kalıcı şekil değiştirmeler sistemin en büyük dezavantajıdır (Kösedağ, 2002).

EERC birleşik sistemleri

Deprem mühendisliği araştırma merkezi tarafından geliştirilen bu sistemde elastomerik mesnetler ve kayma esaslı sistemler bir arada kullanılmaktadır. Bu kombinasyon iç kolonların kayıcı mesnetlerle, dış kolonların ise düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetlerle taşınmasıyla sağlanır. Elastomerik izolatörler hem yapının deprem sonrası başlangıç pozisyonuna dönmesini sağlar hem de yapıyı burulmaya karşı kontrol eder. Kayıcı mesnetler ise yapıya gelen enerjiyi sönümler (Kösedağ, 2002).

TASS sistemleri

Taisei adlı Japon firması tarafından geliştirilen TASS sisteminde düşey yükler tamamen teflon-çelikten yapılan paslanmaz elemanlar ile taşınır. Yatay yükler altında gerilmeye maruz kalan ve düşeyde yük taşımayan neopren mesnetler üstyapıyı merkezleyici olarak yerleştirilmiştir (Şekil 2.26). Bu sistemin dezavantajı ise kayıcı yüzeylerde sürtünme hızlarının çok hassas bir şekilde ayarlanması gerektiğinden bu tür sistemlerin modellenmesinin diğer sistemlere göre daha zor olmasıdır (Naeim ve Kelly, 1999).



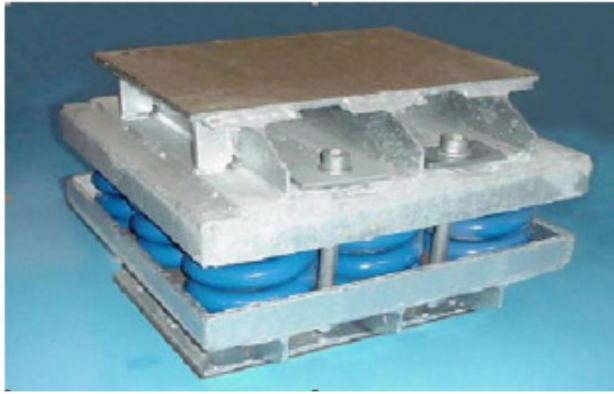
Şekil 2.26: TASS sistemi (Özden, 2006).

Yay esaslı sistemler

Elastomerik esaslı ve kayma esaslı sistemler genellikle yalnızca yatay doğrultularda izolasyon sağlamak için kullanılırlar. İzolasyonun üç doğrultuda uygulanmak istendiği durumlar için yay esaslı sistemler geliştirilmiştir.

GERB sistemleri

GERB firması tarafından enerji santrallerinde titreşim izolasyonu sağlama odaklı üretilmiştir. Bu sistemde helisel çelik yaylar ve viskoz sönümleyici sıvıdan oluşmuştur (Şekil 2.27).



Şekil 2.27: GERB sistemleri (Yücesoy, 2005).

Yaylar düşey ve yatay doğrultularda esnek davranış göstermektedir. Viskoz sönümleyici sıvı çelik yaylarda hiç bulunmayan sönüm özelliğini sağlamak için sisteme eklenmiştir. GERB sistemleri izolasyonlu yapının ağırlık merkezi ile izolasyon sisteminin rijitlik merkezinin aynı seviyede bulunduğu durumlarda uygulama alanı bulmaktadır. Bu tür sistemler kullanılarak yapılan izolasyonlar kat ivmelerinin azaltılmasına karşı yeterince etkili değildir (Naeim ve Kelly, 1999).

2.2.2.6 Kullanılan izolatörlerin mekanik özellikleri

Bu başlık altında yalnızca çalışma kapsamında kullanılan 2 tür izolatöre ait mekanik özellikler tanımlanacaktır. Bunlar yüksek sönümlü kauçuk mesnet ve kurşun çekirdekli kauçuk mesnettir.

Kauçuk esaslı mesnetlerin mekanik özellikleri

Kauçuk mesnetler kalın çelik levhalardan üretilmiş üst ve alt bağlantı plakları arasında tabakalı olarak yerleştirilmiş kauçuk ve her iki kauçuk tabaka arasında düşey basınç altında izolatörlerin yana doğru yüksek miktarda şişmesini önlemek

için ince çelik levhalardan oluşur. Deprem gibi dinamik etkiler yapıya yatay doğrultularda etkidüğinden izolasyon sistemleri yapıda bu doğrultularda etkin rol oynamaktadır. Bu sebeple izolatörlerin en önemli mekanik özelliği yatay doğrultulardaki rijitliğidir. Bu değer denklem (2.63) ile belirlenir.

$$K_H = \frac{GA}{t_r} \quad (2.63)$$

Bu ifadedeki G kauçuğun kayma modülü, A izolatörün kesit alanı ve t_r de izolatörün içerdiği kauçuk tabakaların toplam kalınlığıdır. Maksimum yanal deplasman D ile ifade edilirse, maksimum kayma şekil değıştirmesi, γ , denklem (2.64) ile ifade edilir.

$$\gamma = \frac{D}{t_r} \quad (2.64)$$

Yanal rijitlikten sonra izolatörler için önemli olan bir diğerk özellik ise mesnetlerin düşey yük taşıyabilme kapasitesi dolayısıyla düşey rijitliktir. Bu değerk denklem (2.65) ile belirlenir.

$$K_V = \frac{E_c A}{t_r} \quad (2.65)$$

Burada E_c kauçuk ve çelik tabakaların toplam kompozit basınç modülüdür ve denklem (2.66) kullanılarak hesaplanır.

$$E_c = \frac{E_{ck} K}{E_{ck} + K} \quad (2.66)$$

Bu denklemdeki K değeri hacimsel elastisite modülü, E_{ck} değeri de kauçuğun basınç modülüdür ve daire kesitli mesnetler için (2.67) ifadesiyle belirlenir.

$$E_{ck} = 6GS^2 \quad (2.67)$$

Bu ifadedeki S, şekil faktörüdür ve daire kesitli izolatörler için denklem (2.68) ile ifade edilir.

$$S = \frac{\Phi}{4t} \quad (2.68)$$

Aynı ifade kullanışlı olması bakımından sistemin yatay frekansı, f_H , ve düşey frekansı, f_V , cinsinden yazılırsa denklem (2.69) bulunur.

$$S = \frac{1}{\sqrt{6}} \frac{f_V}{f_H} \quad (2.69)$$

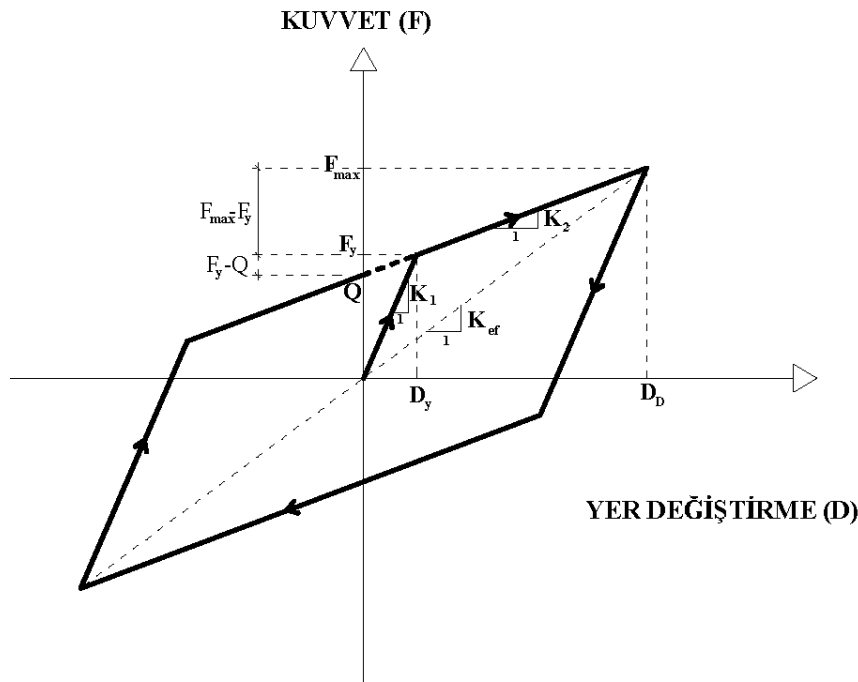
Son olarak izolatörün efektif eğilme rijitliği, $(EI)_{eff}$, hesaplanır. Bu hesaplama yapılırken atalet momenti olarak alınacak değer dairesel kesit için denklem (2.70) ile hesaplanarak efektif eğilme rijitliği denklem (2.71) ile ifade edilir.

$$I = \frac{\pi R^4}{4} \quad (2.70)$$

$$(EI)_{eff} = 2GS^2 I \quad (2.71)$$

Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetlerin kuvvet deplasman bağıntısı

Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetler ihtiva ettiği kurşunun akma dayanımı sebebiyle histeretik olarak modellenirler (Şekil 2.28). Bu sebeple hesaplamalarda akma öncesi rijitlik, K_1 , akma sonrası rijitlik, K_2 , gibi iki ayrı rijitlik terimi ortaya çıkmaktadır. Bunun dışında izolatörlerin tasarımında karakteristik kuvvet, Q , akma kuvveti, F_y , buna karşılık gelen akma deplasmanı, D_y , maksimum kuvvet, F_D , buna karşılık gelen maksimum deplasman, D_D , efektif rijitlik, K_{eff} , ve akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı, α , gibi etken parametrelerin hesabı gereklidir.



Şekil 2.28: Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün histeretik modeli (Şahin, 2008).

Şekil (2.28)' daki kuvvet deplasman ilişkisi üzerinden formülasyon üretilir. İlk olarak F_D denklem takımı (2.72)' deki gibi bulunur.

$$F_D = k_{eff} D_D \quad (2.72.a)$$

$$F_D = Q + k_2 D_D \quad (2.72.b)$$

Bu ifadeler birbirlerine eşitlenerek efektif rijitlik denklem (2.73) ile belirlenir.

$$k_{eff} = \frac{Q}{D_D} + k_2 \quad (2.73)$$

Aynı yöntemle F_y denklem takımı (2.74) ile hesaplanır ve bu denklemler kullanılarak akma öncesi rijitlik denklem (2.75) ile bulunmuş olur.

$$F_y = k_1 D_y \quad (2.74.a)$$

$$F_y = Q + k_2 D_y \quad (2.74.b)$$

$$k_1 = \frac{Q}{D_y} + k_2 \quad (2.75)$$

Kuvvet deplasman eğrisinin altında kalan alan bir çevrimde sönmölenen enerji, W_D , değeri verir. Bu değeri denklem (2.76) kullanılarak elde edilir.

$$W_D = 4Q(D - D_y) \quad (2.76)$$

3. ANALİZ VE YÖNETMELİK ESASLARI

Bu çalışma kapsamında yapılan analizlerde yalın olarak deprem etkileri inceleneceğinden SAP2000 (CSI, 2011) ortamında modellenen yapılara yalnız yatay yükler etkitilecek ve analiz yöntemlerinin etkilerinin de net olarak gözlemlenebilmesi için bu yükler başka herhangi bir yük ile kombinasyona katılmayacaktır. Bu amaç ile yapılan analizler için DBYBHY (2007) ve UBC (1997)' de bahsedilen üç farklı lineer yapısal analiz yöntemi bulunmaktadır. Bunlar;

- Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile statik analiz yöntemi
- Mod birleştirme yöntemi ile dinamik analiz yöntemi
- Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi

şeklindedir. Bu çalışmadaki tüm analizler, belirtilen yöntemler arasından yalnızca zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemi kullanılarak yapılacaktır.

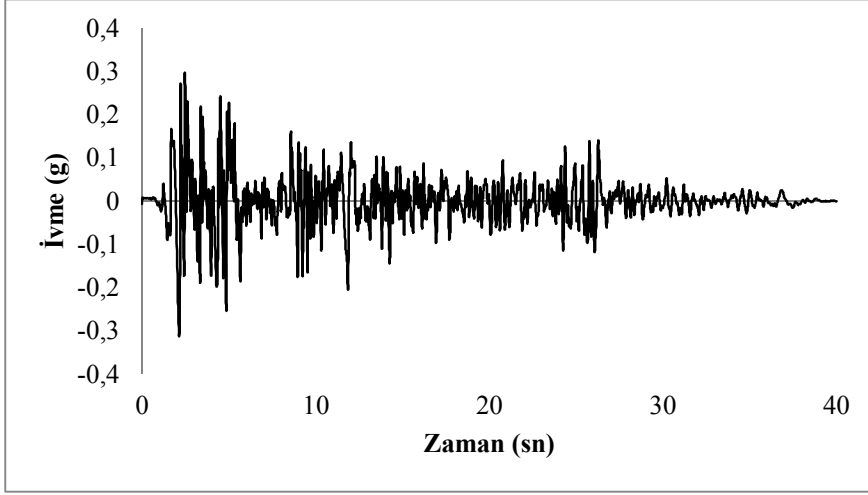
3.1 Zaman Tanım Alanında Dinamik Analiz

Zaman tanım alanında analiz yöntemiyle yapıların lineer elastik veya lineer elastik olmayan dinamik analizi için daha önceden kaydedilmiş ya da yapay olarak üretilen benzeştirilmiş deprem ivme kayıtları kullanılır (Polat, 1997). Bu yöntem ile yapılan dinamik analizin diğer analiz yöntemlerine göre en büyük avantajı, depremin yapıya olan etkisinin adım adım incelenmesidir. Çalışma kapsamında kullanılan deprem ivme kayıtları aşağıda gösterilmiştir (Çizelge 3.1 ve Şekil 3.1, 3.2, 3.3).

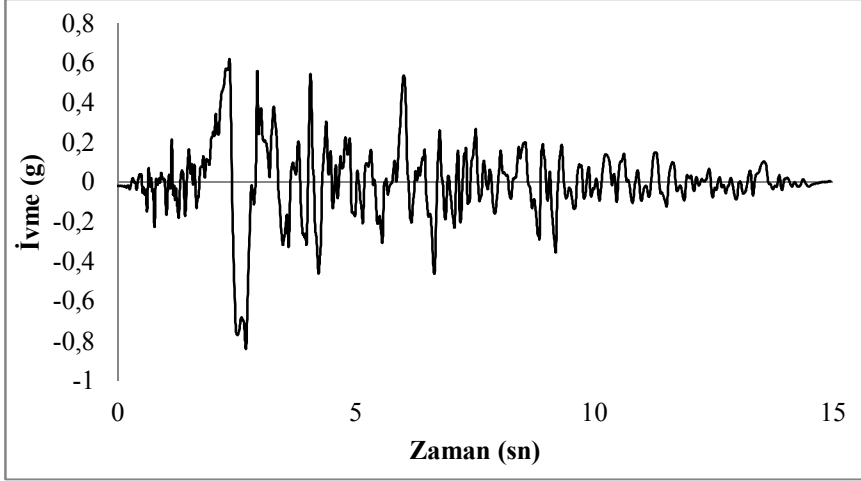
Çizelge 3.1: Deprem ivme kayıtlarının özellikleri.

Deprem	İstasyon	PGA (g)*	Süre (sn)	Data Sayısı	Bileşen
El Centro	Imperial Valley	0.313	40	4000	K-G
Northridge	Rinaldi	0.838	15	2990	K-G
Kocaeli	Yarımca	0.349	35	7000	K-G

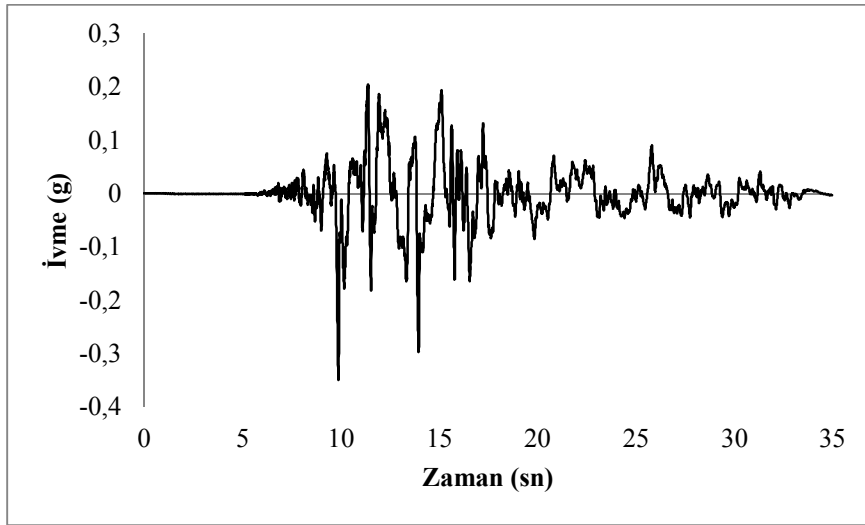
*PGA: Peak Ground Acceleration (En Büyük Yer İvmesi)



Şekil 3.1: El Centro depremi K-G bileşeni ivme-zaman grafiği.



Şekil 3.2: Northridge depremi K-G bileşeni ivme-zaman grafiği.



Şekil 3.3: Kocaeli depremi K-G bileşeni ivme-zaman grafiği.

Tez kapsamında yapı üzerindeki etkileri incelenen sismik izolasyon teknolojisinin, yapı analizinde nasıl kullanılacağı hakkında DBYBHY (2007)' de herhangi bir formülasyon bulunmaması sebebiyle sismik izolasyonlu yapıların analizinde UBC (1997) yönetmeliği kullanılacaktır. Bu seçime dayanak olan hükümler yine DBYBHY (2007)' de belirtilmiştir. Buna göre;

- Bina taşıyıcı sistemini deprem hareketinden yalıtmak amacıyla bina taşıyıcı sistemi ile temelleri arasında özel sistem ve gereçlerle donatılan veya aktif ve pasif kontrol sistemlerini içeren binalar, bu yönetmeliğin kapsamı dışındadır.
- Bu yönetmeliğin kapsamı dışındaki yapılara uygulanacak koşul ve kurallar, kendi özel yönetmelikleri yapılmıyaya dek, ilgili bakanlıklar tarafından çağdaş uluslararası standartlar göz önünde tutularak saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.

Bu açıklamalara dayanılarak çağdaş uluslararası standart olarak UBC (1997) seçilmiştir. Bir bütünlük oluşturma amacıyla taban ankastre sistemlerin analizinde de DBYBHY (2007)' nin yerine UBC (1997)' nin kullanılması tercih edilmiştir.

UBC (1997) yönetmeliği dinamik analizler için ilki tasarım esaslı deprem ve ikincisi olabilecek maksimum deprem olmak üzere 2 farklı tip yer hareketi kavramı tanımlamıştır. Bunlardan tasarım esaslı deprem kavramı ile tanımlanan 50 yıllık bir süre içerisinde aşılma olasılığı %10, tekrar periyodu ise 475 yıl olan depremdir. Olabilecek maksimum deprem kavramı ile tanımlanan ise 100 yıllık bir süre içerisinde aşılma olasılığı %10, tekrar periyodu ise 1000 yıl olan depremdir. Tez kapsamında tasarım esaslı deprem kavramı kullanılmış ve bütün formülasyon bu kavrama uygun olarak verilmiştir.

3.2 UBC (1997) Yönetmeliğine Göre Tasarım Kriterleri

3.2.1 Taban ankastre sistem

Taban ankastre sistemlerin tasarım prosedüründe öncelikle yapının üzerinde bulunduğu zemine bağlı parametreler belirlenir. Bu parametreler deprem bölge katsayısı, zemin profil cinsi ve fay tipi olarak sıralanabilir. Bunlardan deprem bölge katsayısının belirlenebilmesi için ilk olarak yönetmelikte ekli olan deprem bölgeleri haritasından yapının bulunduğu bölge seçilir ve bu bölgeye karşılık gelen katsayı, Z , belirlenir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2: UBC(1997)' ye göre deprem bölge katsayıları.

Deprem bölgesi	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40

Zemin profil cinsinin belirlenebilmesi için deneysel sonuçlara bağlı olarak verilen tablo kullanılır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3: UBC (1997)' ye göre zemin profilleri.

Zemin profil Cinsi	Zemin kesiti /Genel tanım	Zemin kesitinin ilk 30.48 m için ortalama özellikleri		
		Kayma dalgası hızı, v_s (m/s)	Standart Penetrasyon Testi, N^* (vuruş/30cm)	Drenajsız Kayma Mukavemeti (c_u) (kPa)
S_A	Sert kaya	>1500	-	-
S_B	Kaya	760-1500		
S_C	Çok yoğun zemin ve yumuşak kaya	360-760	>50	>100
S_D	Rijit zemin	180-360	15-50	50-150
S_E^1	Yumuşak zemin	<180	<15	<50
S_F	Detaylı inceleme için Bkz. UBC 1997 Bölüm 1629.3.1.			

*[veya kohezyonsuz zemin tabakaları için N_{ch}]

¹Se profil tipi ayrıca plastisite indeksi $I_p > 20$, su muhtevası $\omega \geq 40\%$ ve drenajsız kayma mukavemeti $c_u < 24$ kPa olan 30.48 metreden daha kalın killerde de geçerlidir. Plastisite indeksi, I_p ve su muhtevası, ω , onaylı ulusal standartlara göre belirlenir.

Fay tipi belirlenmesi ise anılan fayın maksimum moment büyüklüğü ve kayma oranı kriterleri göz önüne alınır (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4: UBC (1997)' ye göre fay tipleri.

Fay Tipi	Fay açıklamaları	Fay tanımlanması ¹	
		Maksimum Moment Büyüklüğü, M	Kayma Oranı, SR (mm/yıl)
A	Büyük magnitüdlü depremler üretebilen ve sismik etkinlik oranı yüksek olan faylar	$M \geq 7.0$	$SR \geq 5$
B	A ve C dışındaki bütün faylar	$M \geq 7.0$	$SR < 5$
		$M < 7.0$	$SR > 2$
		$M \geq 6.5$	$SR < 2$
C	Büyük magnitüdlü depremler üretemeyen ve sismik etkinlik oranı nispeten düşük olan faylar	$M < 6.5$	$SR \leq 2$

¹Fay tipi belirlenirken maksimum moment büyüklüğü ve kayma oranı koşullarının ikisi de aynı anda sağlanmalıdır.

Yapının üzerinde bulunduğu zemine bağlı parametreler belirlendikten sonra bu değerlere bağlı sismik yer katsayıları, C_a ve C_v , (Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6) ile yakın fay etkisi katsayıları, N_a ve N_v , (Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8) belirlenir.

Çizelge 3.5: UBC (1997)' ye göre zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı sismik yer katsayısı C_a değerleri.

Zemin sınıfı	Deprem bölgesi				
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_a$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_a$
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	$0.40N_a$
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	$0.44N_a$
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	$0.36N_a$

Çizelge 3.6: UBC (1997)' ye göre zemin sınıfı ve deprem bölgesine bağlı sismik yer katsayısı C_v değerleri.

Zemin sınıfı	Deprem bölgesi				
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_v$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_v$
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	$0.56N_v$
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	$0.64N_v$
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	$0.96N_v$

Çizelge 3.7: UBC (1997)' ye göre fay tipine ve faya olan uzaklığa göre yakın fay etkisi katsayısı N_v değerleri.

Fay Tipi	Fay uzaklığı			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Çizelge 3.8: UBC (1997)' ye göre fay tipine ve faya olan uzaklığa göre yakın fay etkisi katsayısı N_a değerleri.

Fay Tipi	Fay uzaklığı			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Böylece zemine bağlı parametrelerin tümü belirlendikten sonra taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R , belirlenir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9: UBC (1997)'ye göre taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R_1 'nın belirlenmesi.

Temel Taşıyıcı Sistem	Yanal Yük Aktaran Sistem Tanımlaması	R	R_1	Deprem Bölgesi 3 ve 4 için Yükseklik Sınırı (m)
1. Taşıyıcı Duvarlı Sistem	1. Kesme panelli hafif çerçeve duvarlar	5.5	2.0	19.812
	a. Yapısal ahşap panelli üç veya daha az katlı yapılar	4.5	2.0	19.812
	b. Diğer tüm hafif çerçeve duvarlar			
	2. Perde duvarlar			
	a. Beton	4.5	2.0	48.768
	b. Yığma	4.5	2.0	48.768
	3. Sadece çekme yükünü alacak hafif çelik çerçeve, taşıyıcı duvar	2.8	1.6	19.812
	4. Ağırlık yüklerini taşıyıcı destekli duvarlar			
	a. Çelik	4.4	1.6	48.768
	b. Beton	2.8	1.6	-
	c. Ağır kereste	2.8	1.6	19.812
2. Bina Çerçeve Sistemi	1. Çelik eksantrik destekli çerçeve	7.0	2.0	73.152
	2. Kesme panelli hafif çerçeve duvarlar			
	a. Yapısal ahşap panelli üç veya daha az katlı yapılar	6.5	2.0	19.812
	b. Diğer tüm hafif çerçeve duvarlar	5.0	2.0	19.812
	3. Perde duvarlar			
	a. Beton	5.5	2.0	73.152
	b. Yığma	5.5	2.0	48.768
	4. Sıradan destekli çerçeveler			
	a. Çelik	5.6	1.6	48.768
	b. Beton	5.6	1.6	-
	c. Ağır kereste	5.6	1.6	19.812
	5. Özel eşmerkezli destekli çerçeveler			
	a. Çelik	6.4	2.0	73.152
3. Moment Aktaran Çerçeve Sistemi	1. Özel moment aktaran çerçeve			
	a. Çelik	8.5	2.0	limit yok
	b. Beton	8.5	2.0	limit yok
	2. Moment aktaran yığma duvarlı çerçeve	6.5	2.0	48.768
	3. Orta düzeyde moment aktaran beton çerçeve	5.5	2.0	-
	4. Sıradan moment aktaran çerçeve			
	a. Çelik	4.5	2.0	48.768
4. İkili Sistemler	b. Beton	3.5	2.0	-
	5. Özel çelik kafes giriş moment çerçevesi	6.5	2.0	73.152
	1. Perde duvarlar			
	a. Özel moment aktaran çerçeve-beton	8.5	2.0	limit yok
	b. Sıradan moment aktaran çelik çerçeve-beton	4.2	2.0	48.768
	c. Orta düzeyde moment aktaran beton çerçeve-beton	6.5	2.0	48.768
	d. Özel moment aktaran çerçeve-yığma	5.5	2.0	48.768
	e. Sıradan moment aktaran çelik çerçeve-yığma	4.2	2.0	48.768
	f. Orta düzeyde moment aktaran beton çerçeve-yığma	4.2	2.0	-
	g. Moment aktaran yığma duvar çerçeve-yığma	6.0	2.0	48.768
	2. Çelik eksantrik destekli çerçeve			
	a. Özel moment aktaran çelik çerçeve	8.5	2.0	limit yok
	b. Sıradan moment aktaran çelik çerçeve	4.2	2.0	48.768
	3. Sıradan destekli çerçeveler			
	a. Özel moment aktaran çelik çerçeve-çelik	6.5	2.0	limit yok
	b. Sıradan moment aktaran çelik çerçeve-çelik	4.2	2.0	48.768
	c. Özel moment aktaran beton çerçeve-beton	6.5	2.0	-
	d. Orta düzeyde moment aktaran beton çerçeve-beton	4.2	2.0	-
	4. Özel eşmerkezli destekli çerçeveler			
	a. Özel moment aktaran çelik çerçeve-çelik	7.5	2.0	limit yok
	b. Sıradan moment aktaran çelik çerçeve-çelik	4.2	2.0	48.768
5. Konsol kolonlu yapı sistemleri	1. Konsol kolon elemanları	2.2	1.4	10.668
6. Perde duvar-çerçeve etkileşimli sistemler	1. Beton	5.2	2.0	-

3.2.2 Sismik izolasyonlu sistemler

Sismik izolasyonlu yapıların davranışı taban ankastre yapılardan farklı olarak; yapı ile temel arasına yerleştirilmiş olan izolasyon sisteminin yapıdaki katlar arası görelî deplasmanları azaltması prensibine dayanmaktadır. Katlar arası görelî deplasmanların azalması yapının izolatör seviyesinde büyük deplasmanlar yapmasıyla sağlanmaktadır. Bu özel durumu göz önüne alan UBC (1997) yönetmeliğinde sismik izolasyonlu sistemlerin tasarımı izolasyon sisteminin deprem yükleri altında yaptığı/yapacağı yer değiştirmeye bağımlı bir formülasyon olarak anlatılmıştır. Bu amaçla öncelikle yapıya yerleştirilen izolatörlerin tasarım depremi altında yapması beklenen deplasman belirlenecektir. Bu değer denklem (3.1) kullanılarak hesaplanır.

$$D_D = \frac{\left(\frac{g}{4\pi^2}\right) C_{VD} T_D}{B_D} \quad (3.1)$$

Bu ifade ile bulunan deplasman değeri tasarım yer değiştirmesi olarak adlandırılır. Bu deplasman belirlenirken C_{VD} , B_D ve T_D değerleri kullanılır. C_{VD} değeri tasarım sismik katsayısıdır ve taban ankastre yapılar için kullanılan C_V değerine eşittir (Çizelge 3.6). B_D değeri tasarım deplasmanına göre salınım yapan izolasyon sisteminin efektif sönüm oranına, β_D , bağılı olarak belirlenir (Çizelge 3.10).

Çizelge 3.10: İzolasyon sisteminin efektif sönüm oranına göre B_D değerinin belirlenmesi.

Efektif sönüm oranı, β_D	B_D
≤ 2	0.8
5	1
10	1.2
20	1.5
30	1.7
40	1.9
≥ 50	2.0

Tasarım amaçlı depremler için sistemin efektif sönüm oranı, β_D , tasarım deplasmanı, D_D , yatay rijitlik, K_H , ve izolasyon sisteminin tasarım deplasmanındaki cevabının tam bir döngüsü boyunca harcanan toplam enerji, W_D , arasındaki ilişki denklem (3.2) ile verilmiştir.

$$\beta_D = \frac{W_D}{2\pi K_H D_D^2} \quad (3.2)$$

Denklem (3.9)'daki T_D değeri ise tasarım deplasmanı ile salınım yapan sismik izolasyonlu yapının göz önüne alınan yöndeki saniye biriminden periyodudur ve denklem (3.3) kullanılarak belirlenir.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K_{D\min}}} \quad (3.3)$$

Bu ifadedeki M değeri yapının toplam kütlesi olup $K_{D\min}$ ise izolasyon sisteminin sağlaması gereken minimum efektif rijitlik olup denklem (3.4) ile hesaplanır.

$$K_{eff} = \frac{4\pi^2}{T_D^2} \cdot M \quad (3.4)$$

Tasarım deplasmanı belirlendikten sonra yapıda burulma oluşuyorsa bu etkiyi de içeren toplam tasarım deplasmanı denklem (3.5) ile belirlenir.

$$D_{TD} = D_D \left[1 + y \frac{12e}{b^2 + d^2} \right] > 1.10D_D \quad (3.5)$$

Burada b yapının plandaki kısa doğrultusunun, d ise uzun doğrultusunun ölçüsüdür. İzolasyon sisteminin rijitlik merkezinin yapı kenarlarına olan mesafesi y olarak belirtilmiştir. Toplam dış merkezliğin oranı ile deprem yönüne dik doğrultudaki uzunluğun çarpımı ise e olarak verilmiştir. Son olarak sismik izolasyonlu sistemler için belirlenmiş taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R_I , seçilir (Çizelge 3.9). R_I değeri izolasyon sistemi üzerindeki yanal kuvveti aktaran sistem özelliğine göre belirlenen bir katsayıdır. Hesaplanan bu değer aynı özelliklerdeki (yapı ağırlığı, periyodu, vs.) taban ankastre yapı için hesaplanan taban kesme kuvvetinden, rüzgar yüklerinden dolayı oluşacak taban kesme kuvvetinden ve izolasyon sistemini aktive edecek sismik kuvvetin 1.5 katından daha küçük alınamaz.

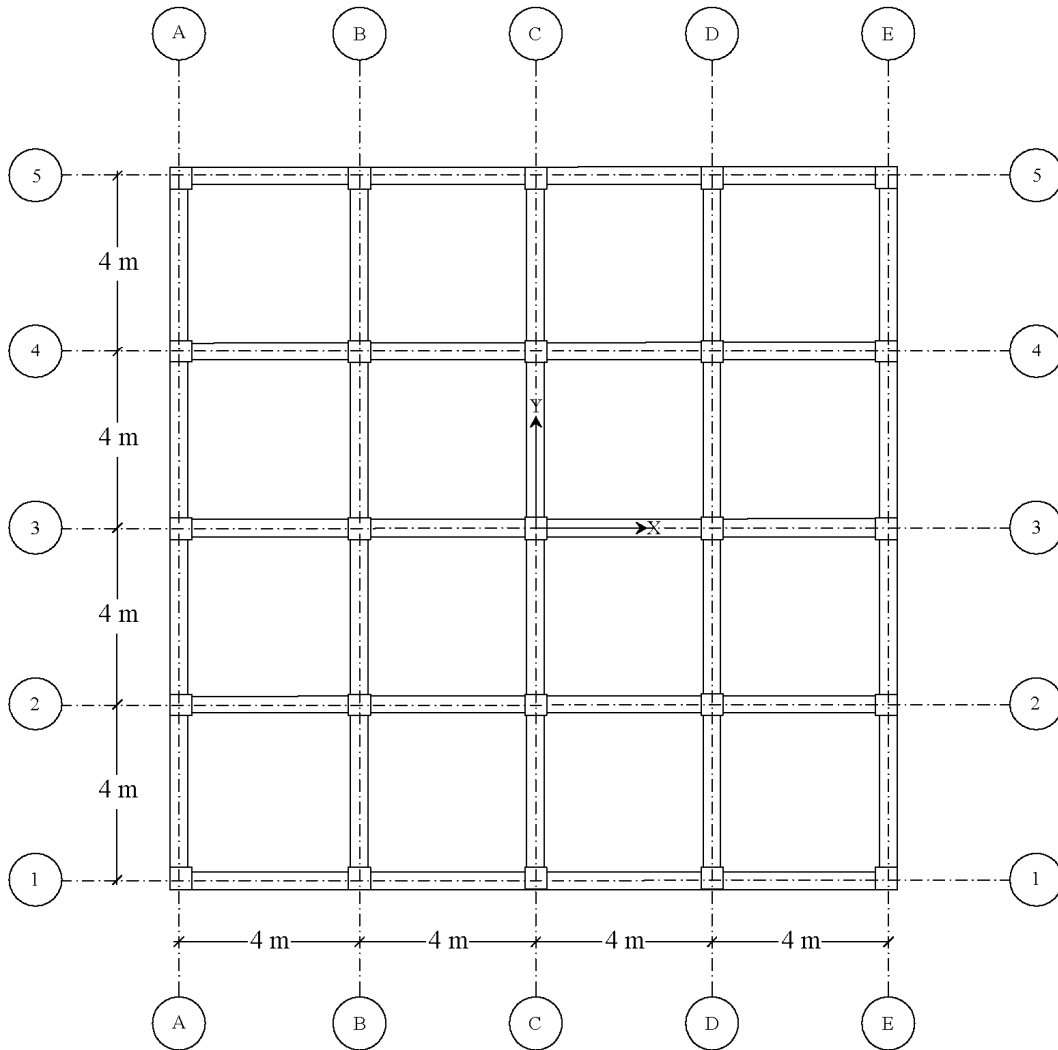
4. MATEMATİKSEL MODEL

Tez kapsamında burulma düzensizliği olan binalarda sismik izolasyon tekniğinin kullanımının yapı davranışına olan etkisinin incelenmesi istenildiğinden yapı modellerinin seçilmesinde davranışa karakteristik olarak etki eden özellikler göz önüne alınmıştır. Bu sebeple öncelikle 3, 5 ve 10 katlı olmak üzere üç farklı model altyapısı oluşturuldu. Farklı kat sayısının seçilmesindeki amaç yapıların doğal periyotlarını karşılaştırmak, üst yapının esnekliğinin yapı davranışına etkisini göz önüne almak ve sismik izolasyon sisteminin kat sayısına bağlı verimliliğini belirlemektir. Model altyapıları oluşturulduktan sonra burulmanın olmadığı durum ve sırasıyla %5-10-20 olduğu durumlar için modeller üretildi. Tümü taban ankastre olarak üretilen bu modeller son olarak iki farklı tür izolatör kullanılarak sismik izolasyonlu durum için de oluşturuldu. Bu yapılar modellenmeden önce ilk olarak kolonlar, kirişler ve döşemeler için ön tasarım yapıldı ve bu aşamada belirlenen boyutların statik açıdan kontrolünün yapılması amacıyla modeller STA4-CAD programı ile DBYBHY (2007) koşullarına göre analiz edildi. Bu aşama sonunda seçilen değerlerin statik açıdan güvenli olduğunun sağlanması yapılmış oldu. Ayrıca taşıyıcı sistem elemanlarının kütlesi, sıva, kaplama ve hareketli yük değerleri kullanılarak yapılacak olan kat kütlesi hesabı da STA4-CAD programının hesaplayıcısıyla yapılmıştır. Toplam kat kütleleri bu programdan alındıktan sonra dinamik etkiden dolayı X ve Y eksenleri doğrultularında yatay deplasmana maruz kütleler ile Z eksenine etrafında burulma momentine maruz kalan kütle belirlendi (Denklem 4.1). Seçilen yapılar tezin inceleme konusu olan analizlerin yapılabilmesi için SAP2000 ortamında modellendi. Modelleme esnasında kat kütleleri döşeme üzerinde tanımlanan noktaya atandı ve bu nokta kat üzerindeki tüm noktalara bağlanarak rijit diyafram tanımlamasına dahil edildi. Belirlenen taşıyıcı sistem özellikleri kolonlar için $50^{cm} \times 50^{cm}$, kirişler için $40^{cm} \times 40^{cm}$ ve döşeme kalınlıkları 14 cm olarak belirlenmiş, kat yükseklikleri ise 3m olarak seçilmiştir. Yapılara ait tipik kat planı şekil (4.1)' de görülmektedir. X ve Y eksenleri doğrultularında salınım yapan kat kütleleri 411.273 ton, Z eksenine etrafında salınım yapan kat kütleleri

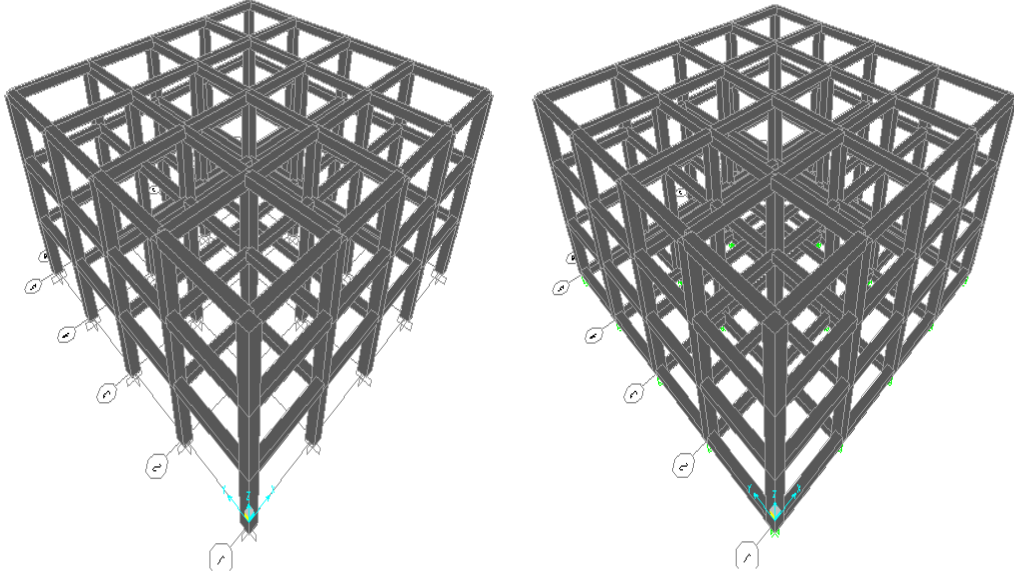
8773.824 tm^2 (Denklem 4.1)' dir. Modellerde X ve Y doğrultuları için her biri 4' er metre olmak üzere kolonlar arası 4 açıklık bulunmaktadır.

$$m_{\theta} = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2) \quad (4.1)$$

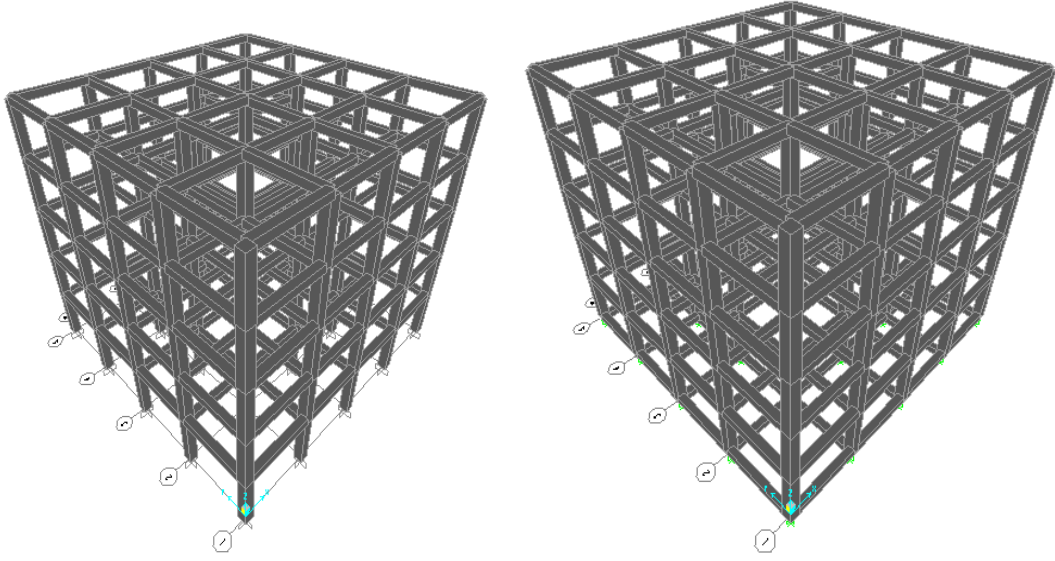
Bu ifadede m_{θ} düşey doğrultu etrafında dönme yapan kütle değeri, m yatay doğrultularda salınım yapan kat kütlesi, A kütle hesabı yapılan katın X veya Y eksen doğrultusundaki uzunluğu, B ise katın A değerinin hesabının yapıldığı eksene dik olan eksen doğrultusundaki uzunluktur.



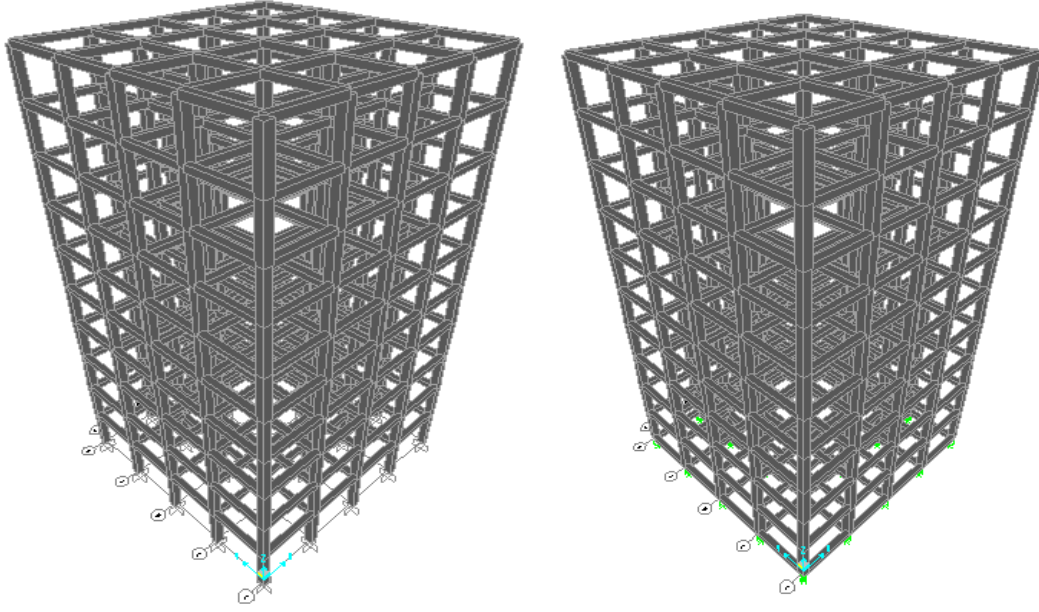
Şekil 4.1: Modellerin tipik kat planı.



Şekil 4.2: Taban ankastre ve sismik izolasyonlu 3 katlı binaların SAP2000 programındaki 3 boyutlu modelleri.



Şekil 4.3: Taban ankastre ve sismik izolasyonlu 5 katlı binaların SAP2000 programındaki 3 boyutlu modelleri.



Şekil 4.4: Taban ankastre ve sismik izolasyonlu 10 katlı binaların SAP2000 programındaki 3 boyutlu modelleri.

Oluşturulan modeller için yönetmelikten seçilen değerler;

Yapı önem katsayısı (I) = 1.0

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) = 8.5

Zemin sınıfı = S_C

Faya olan uzaklık > 15 km

Deprem bölgesi = 3

Fay tipi = A

Efektif sönüm = %10 şeklindedir. Bu değerlere karşılık tablolardan belirlenen değerler ise ;

Deprem bölge katsayısı = 0.3

Sismik yer katsayıları; $C_a = 0.33$ ve $C_v = 0.45$ (Çizelge 3.5 ve 3.6)

Yakın fay etkisi katsayıları; $N_a = 1.0$ ve $N_v = 1.0$ (Çizelge 3.7 ve 3.8)

Efektif sönüm katsayısı = 1.2 (Çizelge 3.10)

Sismik izolasyon etkisinin incelenebilmesi için yüksek sönümlü kauçuk mesnetlerin ve kurşun çekirdekli kauçuk mesnetlerin modellendiği iki tür doğrusal olmayan izolasyon sistemi kullanılmıştır. Yüksek sönümlü kauçuk mesnetlerde mekanik

özellikler değiştirilmeden elde edilecek sönüm oranı %10-20 aralığındadır. Kurşun çekirdekli mesnetlerde ise bu değer %20 civarındadır (Şahin, 2008). Bu sebeple uygulamada da hedef sönüm oranları olarak yüksek sönümlü kauçuk mesnet için %10, kurşun çekirdekli kauçuk mesnet için ise %20 olarak belirlenmiştir. Her iki izolasyon sisteminde de hedef periyot değeri 2.5 saniyedir. Köşe ve kenar kolonların altında bulunan mesnetlere aktarılan yükler orta kolonların altında bulunan mesnetlere aktarılan yüklerden fazla olacağından A tipi ve B tipi olmak üzere iki farklı tür kauçuk tipi kullanılmıştır. Bu kauçuklara ait özellikler çizelge (4.1)' de verilmiştir.

Çizelge 4.1: Kauçuk esaslı mesnetlerin tasarımında kullanılan kauçuğun özellikleri (Baştuğ, 2004).

Kauçuk tipi	Maksimum kayma şekil değiştirmesi	Kayma modülü (Mpa)	Sönüm oranı
A	1.5	0.5	0.1
B	1.5	1.0	0.15

İzolatör hesaplamalarının yapılabilmesi için Excel programında Baştuğ (2004) tarafından önerilen formülasyona dayalı bir hesap tablosu oluşturulmuştur. İzolatör modellemelerinin yapılması için gerekli değerler bu tablo kullanılarak verilecektir. Yöntemin anlaşılabilmesi için yalnızca burulmanın olmadığı 3 katlı model için her iki izolatör tipine ait hesaplamalar verilecek diğer modeller için tablolar kullanılacaktır. Verilen örneklerde de görüleceği üzere izolatörlerin tümüyle tasarımı yapılmamış olup yalnızca deprem yükleri altında yapı davranışında dominant bir etki oluşturan yatay özellikleri belirlenmiştir.

4.1 Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet Uygulaması

İlk olarak hedeflenen periyot olan $T_D = 2.5$ sn ve hedeflenen sönüm oranı $\beta_D = 0.10$ ve bu orana karşılık gelen sönüm katsayısı $B_D = 1.2$ (Çizelge 3.10) değerleri için tasarım deplasmanı değeri denklem (3.1) kullanılarak belirlenir.

$$D_D = \frac{\left(\frac{9.81}{4\pi^2}\right) \cdot 0.45 \cdot 2.5}{1.2} = 0.23296 \text{ m}$$

Daha sonrasında toplam tasarım deplasmanı değeri denklem (3.5) kullanılarak belirlenir. Burulmanın olmadığı durum için bu değer tasarım deplasmanı ile aynı olur. Hedeflenen tasarım periyodunu sağlayabilecek izolasyon sistemine ait minimum efektif rijitlik denklem (3.4) kullanılarak belirlenir.

$$K_{D\min} = \frac{4\pi^2}{2.5^2} \cdot 1403.136 = 8862.974 \text{ kN} / m$$

Maksimum kayma şekil değiştirmesi değerinin $\gamma_{\max} = 1$ olduğu kabul edilirse tasarım deplasmanı altında izolatördeki kauçuk tabakaların toplam kalınlığı denklem (2.64) kullanılarak bulunur.

$$t_r = \frac{0.23296}{1} = 0.23296 \text{ m}$$

Bulunan değeri sağlayacak şekilde $t_r = 0.25$ m seçimi yapılır. İzolasyon sistemi için belirlenen minimum efektif rijitlik her bir izolatörün yatay rijitliğinin toplamı ile sağlanır. Bu sebeple sistemde bulunan 16 adet A tipi ve 9 adet B tipi izolatörler minimum efektif rijitliği verecek şekilde tasarlanır. Bu tasarım denklem (2.63) kullanılarak gerçekleştirilir. Kayma modülleri çizelge (4.1)' den alınır. Değerler yerine konulduğunda

$$16 \cdot \frac{0.5 \cdot A}{0.25} + 9 \cdot \frac{1.0 \cdot A}{0.25} = 8.863 \text{ MN} / m$$

İfadesi elde edilir ve buradan her izolatör için kesit alanı 0.1303379 m^2 , bu değere karşılık izolatör çapı ise 0.40737 m olarak elde edilir. Burkulma riskini önleme amaçlı olarak kauçuk tabakaların toplam yüksekliği izolatör çapının yarısıyla sınırlandırılarak bu değeri karşılayacak şekilde $\Phi = 0.5 \text{ m}$ seçilir. Bu değer karşılık gelen izolatör kesit alanı değeri ise 0.1963495 m^2 olur. Yeni belirlenen değerler için izolatörlerin yatay rijitlik değerleri denklem (2.63) ile yapılır.

$$K_H^A = \frac{0.5 \cdot 0.1963495}{0.25} = 392.699 \text{ kN} / m$$

$$K_H^B = \frac{1.0 \cdot 0.1963495}{0.25} = 785.398 \text{ kN} / m$$

İzolasyon sisteminin toplam yatay rijitliği ise

$$K_{\text{eff}} = 16 \cdot 392.699 + 9 \cdot 785.398 = 13351.769 \text{ kN} / m$$

olarak belirlenir. Bulunan bu değere karşılık gelen periyot değeri ise denklem (3.3) kullanılarak belirlenir.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{1403.136}{13351.769}} = 2.04 \text{ sn}$$

Sistemin efektif sönüm oranı denklem (3.2) kullanılarak belirlenir.

$$\beta_{eff} = \frac{16 \cdot 392.699 \cdot 0.1 + 9 \cdot 785.398 \cdot 0.15}{13351.769} = 0.126$$

Bu değere karşılık gelen sönüm katsayısı $B_D = 1.28$ (Çizelge 3.10) olarak bulunur. Belirlenen yeni sönüm katsayısı ve tasarım periyoduna karşılık gelen yeni tasarım deplasmanı denklem (3.1) ile hesaplanır.

$$D_D = \frac{\left(\frac{9.81}{4\pi^2}\right) \cdot 0.45 \cdot 2.04}{1.28} = 0.17802 \text{ m}$$

Sistemde burulma olmadığı için yine toplam tasarım deplasmanı değerini ayrıca hesaplamaya gerek yoktur. İzolatörlerin mekanik özellikleri bu şekilde belirlendikten sonra her bir izolatör için kuvvet-deplasman ilişkisinin kurulması gerekir.

A tipi izolatör için bu eğri kurulursa;

İzolatörün yatay rijitliği, $K_H^A = 392.699 \text{ kN/m}$ ve sönüm oranı %10 (Çizelge 4.1) için bir çevrimde sönümlenen enerji miktarı denklem (3.2) ile bulunur.

$$W_D = 2\pi \cdot 392.699 \cdot 0.17802^2 \cdot 0.1 = 7.820 \text{ kNm}$$

$D_y = 0.00378 \text{ m}$ kabulü yapılarak iterasyona başlanır ve denklem (2.76) kullanılarak karakteristik kuvvet hesaplanırsa;

$$Q = \frac{7.820}{4 \cdot (0.17802 - 0.00378)} = 11.219 \text{ kN}$$

Denklem (2.73) kullanılarak akma sonrası rijitlik hesaplanır.

$$K_2 = 392.699 - \frac{11.219}{0.17802} = 329.676 \text{ kN/m}$$

$\alpha = 0.1$ kabulü ile akma deplasmanı denklem (2.75) ile hesaplanır.

$$D_y = \frac{11.219}{9 \cdot 329.676} = 0.00378 \text{ m}$$

Bulunan değer başlangıçta kabul edilen değer ile aynı olduğundan iterasyon burada sonlandırılır. $\alpha = 0.1$ kabulüyle $K_1 = 3296.759 \text{ kN/m}$ olarak bulunur. Son olarak denklem (2.74.b) kullanılarak akma dayanımı elde edilir.

$$F_y = 11.219 + 329.676 \cdot 0.00378 = 12.466$$

B tipi izolatör için bu eğri kurulursa;

İzolatörün yatay rijitliği, $K_H^B = 785.398 \text{ kN/m}$ ve sönüm oranı %15 (Çizelge 4.1) için bir çevrimde sönümlenen enerji miktarı denklem (3.2) ile bulunur.

$$W_D = 2\pi \cdot 785.398 \cdot 0.17802^2 \cdot 0.15 = 23.459 \text{ kNm}$$

$D_y = 0.0064 \text{ m}$ kabulü yapılarak iterasyona başlanır ve denklem (2.76) kullanılarak karakteristik kuvvet hesaplanırsa;

$$Q = \frac{23.459}{4 \cdot (0.17802 - 0.0064)} = 34.172 \text{ kN}$$

Denklem (2.73) kullanılarak akma sonrası rijitlik hesaplanır.

$$K_2 = 785.398 - \frac{34.172}{0.17802} = 593.442 \text{ kN/m}$$

$\alpha = 0.1$ kabulü ile akma deplasmanı denklem (2.75) ile hesaplanır.

$$D_y = \frac{34.172}{9 \cdot 593.442} = 0.0064 \text{ m}$$

Bulunan değer başlangıçta kabul edilen değer ile aynı olduğundan iterasyon burada sonlandırılır. $\alpha = 0.1$ kabulüyle $K_1 = 5934.421 \text{ kN/m}$ olarak bulunur. Son olarak denklem (2.74.b) kullanılarak akma dayanımı elde edilir.

$$F_y = 34.172 + 593.442 \cdot 0.00378 = 37.969$$

4.2 Kurşun Çekirdekli Kauçuk Mesnet Uygulaması

Esasen yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımıyla aralarında formülasyon olarak pek fark olmasa da muhteva ettiği kurşun çekirdek sebebi ile bu tip mesnetlerin tasarımında işleyiş düzeni biraz farklıdır. İlk olarak hedeflenen periyot olan $T_D = 2.5$ sn ve hedeflenen sönüm oranı $\beta_D = 0.20$ ve bu oranın karşılığı olarak sönüm katsayısı

$B_D = 1.5$ (Çizelge 3.10) değerleri için tasarım deplasmanı değeri denklem (3.1) kullanılarak belirlenir.

$$D_D = \frac{\left(\frac{9.81}{4\pi^2}\right) \cdot 0.45 \cdot 2.5}{1.5} = 0.18637 \text{ m}$$

Daha sonrasında toplam tasarım deplasmanı değeri denklem (3.5) kullanılarak belirlenir. Burulmanın olmadığı durum için bu değer tasarım deplasmanı ile aynı olur. Hedeflenen tasarım periyodunu sağlayabilecek izolasyon sistemine ait minimum efektif rijitlik denklem (3.4) kullanılarak belirlenir.

$$K_{D_{\min}} = \frac{4\pi^2}{2.5^2} \cdot 1403.136 = 8862.974 \text{ kN / m}$$

Bu aşamadan sonrasında kurşun çekirdeğin özellikleri belirleneceğinden yüksek sönümlü kauçuk mesnetlerden farklı bir formülasyon sırası gözetilecektir. İlk olarak kuvvet-deplasman bağıntılarının kurulmasında da kullanılan izolasyon sisteminin bir çevrimde sönümlediği enerji miktarı denklem (3.2) ile belirlenir.

$$W_D = 2\pi \cdot 8862.975 \cdot 0.18637^2 \cdot 0.2 = 386.839 \text{ kNm}$$

Kurşun çekirdek tarafından karşılanan karakteristik kuvvetin belirlenmesi iteratif bir yöntemidir. İlk olarak akma deplasmanı $D_y = 0.01032 \text{ m}$ kabulü ile denklem (2.76) kullanılarak karakteristik kuvvet belirlenir.

$$Q = \frac{386.839}{4 \cdot (0.18637 - 0.01032)} = 549.339 \text{ kN}$$

Bu değer ve denklem (2.73) kullanılarak toplam akma sonrası rijitlik değeri hesaplanır.

$$K_2 = 8862.974 - \frac{549.339}{0.18637} = 5915.367 \text{ kN}$$

Toplam akma sonrası rijitlik değeri belirlendikten sonra $\alpha=0.1$ kabulü ile denklem (2.75) kullanılarak akma deplasmanı değeri tekrar hesaplanır.

$$D_y = \frac{549.339}{9 \cdot 5915.367} = 0.01032 \text{ m}$$

Bulunan değer başlangıçta kabul edilen değer ile aynı olduğundan iterasyon burada sonlandırılır.

Hesaplanan karakteristik kuvvet değeri kullanılarak mesnetlere yerleştirilecek kurşun çekirdeklerin çapları belirlenir. Bu işlem için kurşun çekirdekli kauçuk mesnetlerin en önemli özelliği olan karakteristik kuvvetin kurşun çekirdek tarafından taşınması prensibi kullanılacaktır. Bölüm 2’de de belirtildiği gibi kurşunun akma dayanımı 10 MPa seviyelerindedir. Bu işlemde kullanılacak olan toplam çekirdek alanı A_k bilinmeyen ile tanımlanırsa;

$$A_k = \frac{549.339}{10 \cdot 1000} = 0.0549 \text{ m}^2 \text{ bulunur.}$$

A ve B tipi mesnetler için seçilen çekirdek çapları 0.055 m’ dir. Seçilen çaplara karşılık gelen toplam çekirdek alanı 0.0954 m²’ dir. Böylece seçilen değerler ile çekirdek alanı gereksinimi karşılanmış olur. Seçilen çap değerlerine karşılık çekirdekler tarafından taşınan toplam karakteristik kuvvetin yeni değeri

$$Q = 10 \cdot 1000 \cdot 0.0594 = 594 \text{ kN} \text{ olarak belirlenir.}$$

Bulunan bu değer ile denklem (2.73) kullanılarak toplam akma sonrası rijitlik değeri yeniden belirlenir.

$$K_2 = 8862.974 - \frac{594}{0.18637} = 5975.955 \text{ kN/m}$$

Modellerde toplam 25 adet mesnet bulunduğundan ortalama olarak bir mesnet için gerekli akma sonrası yatay rijitlik değeri $5975.955 / 25 = 227.038 \text{ kN/m}$ olur. Her iki tip izolatörde de kullanılan kauçuğun çizelge (4.1)’ den yalnızca A tipi olduğu kabul edilirse izolatörlerin ebatlarının belirlenmesi aşamasında kolaylık sağlanmış olur. Maksimum kayma şekil değiştirmesi değerinin $\gamma_{\max} = 1$ olduğu kabul edilirse tasarım deplasmanı altında izolatördeki kauçuk tabakaların toplam kalınlığı denklem (2.64) kullanılarak bulunur.

$$t_r = \frac{0.18637}{1} = 0.18637 \text{ m}$$

Bulunan değeri sağlayacak şekilde $t_r = 0.19 \text{ m}$ seçimi yapılır. Bu değere karşılık gelen kauçuk mesnetin kesit alanı denklem (2.63) ile hesaplanır. Kayma modülü değeri çizelge (4.1)’ den alınıp denklemde yerine konulduğunda

$$\frac{0.5 \cdot A}{0.19} = 0.227 \text{ MN/m}$$

ifadesi elde edilir ve buradan her izolatör için kesit alanı 0.086275 m^2 , bu değere karşılık izolatör çapı ise 0.33143 m olarak elde edilir. Burkulma riskini önleme amaçlı olarak kauçuk tabakaların toplam yüksekliği izolatör çapının yarısıyla sınırlandırılarak bu değeri karşılayacak şekilde $\Phi = 0.38 \text{ m}$ seçilir. Bu değer karşılık gelen izolatör kesit alanı değeri ise 0.113412 m^2 olur. Yeni belirlenen değerlere karşılık izolatörlerin yatay rijitlik değerleri bir mesnet için denklem (2.63) ile yapılır.

$$K_H = \frac{0.5 \cdot 0.113412}{0.19} = 298.451 \text{ kN/m}$$

25 adet izolatör için sistemin toplam efektif yatay rijitliği denklem (2.73) kullanılarak hesaplanır. Bu değer hesaplanması iteratif bir işlemdir. İterasyon işlemi tasarım deplasmanı değeri üzerinden yapılır. Başlangıç olarak hesaplanan değer girilebileceği gibi direkt olarak farklı bir değerden de başlanılabilir. Başlangıç değeri olarak $D_D = 0.17134 \text{ m}$ değeri kullanılırsa;

$$K_{eff} = 25 \cdot 298.451 + \frac{594}{0.17134} = 10927.825 \text{ kN/m}$$

Bulunan bu değere karşılık gelen periyot değeri ise denklem (3.3) kullanılarak belirlenir.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{1403.136}{10927.825}} = 2.25 \text{ sn}$$

Kabul edilen tasarım deplasmanı değerine karşılık bir çevrimde sönmölenen yeni enerji miktarı denklem (2.76) kullanılarak hesaplanır.

$$W_D = 4 \cdot 594 \cdot (0.17134 - 0.01032) = 382.56 \text{ kNm}$$

Hesaplanan yeni enerji miktarına karşılık sistemin efektif sönüm oranı denklem (3.2) kullanılarak belirlenir.

$$\beta_{eff} = \frac{382.56}{2\pi \cdot 10927.825 \cdot 0.17134} = 0.1898$$

Bu değere karşılık gelen sönüm katsayısı $B_D = 1.47$ (Çizelge 3.10) olarak bulunur. Belirlenen yeni sönüm katsayısı ve tasarım periyoduna karşılık gelen yeni tasarım deplasmanı denklem (3.1) ile hesaplanır.

$$D_D = \frac{\left(\frac{9.81}{4\pi^2}\right) \cdot 0.45 \cdot 2.25}{1.47} = 0.17134 \text{ m}$$

Bulunan değer başlangıçta kabul edilen değer ile aynı olduğundan iterasyon burada sonlandırılır. Sistemde burulma olmadığı için yine toplam tasarım deplasmanı değerini ayrıca hesaplamaya gerek yoktur. İzolatörlerin mekanik özellikleri bu şekilde belirlendikten sonra her bir izolatör için kuvvet-deplasman ilişkisinin kurulması gerekir.

A ve B tipleri izolatör için bu eğri kurulursa;

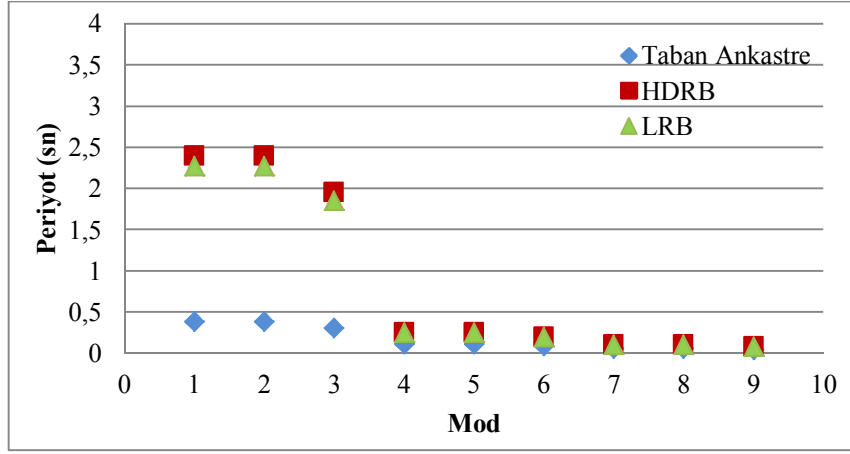
Her iki izolatörde de aynı kauçuk malzeme ve aynı çapta kurşun çekirdek kullanıldığından iki izolatör için aynı kuvvet-deplasman ilişkisi oluşacaktır. İzolatörlerin akma sonrası rijitlikleri denklem (2.63) ile hesaplanan yatay rijitlik değerleridir. $\alpha = 0.1$ kabulü ile başlangıç rijitliği $K_1 = 2984.513 \text{ kN/m}$ olarak bulunur. İzolatörlere yerleştirilen kurşun çekirdeklerin kesit alanları 0.00238 m^2 ve bu çekirdeklerin karşıladığı karakteristik kuvvet $Q = 10000 \cdot 0.00238 = 23.8 \text{ kN}$ olarak belirlenir. Bu değer ve $\alpha = 0.1$ kabulü kullanılarak akma yer değiştirmesi denklem (2.75) kullanılarak hesaplanır.

$$D_y = \frac{23.8}{9 \cdot 298.451} = 0.0089 \text{ m}$$

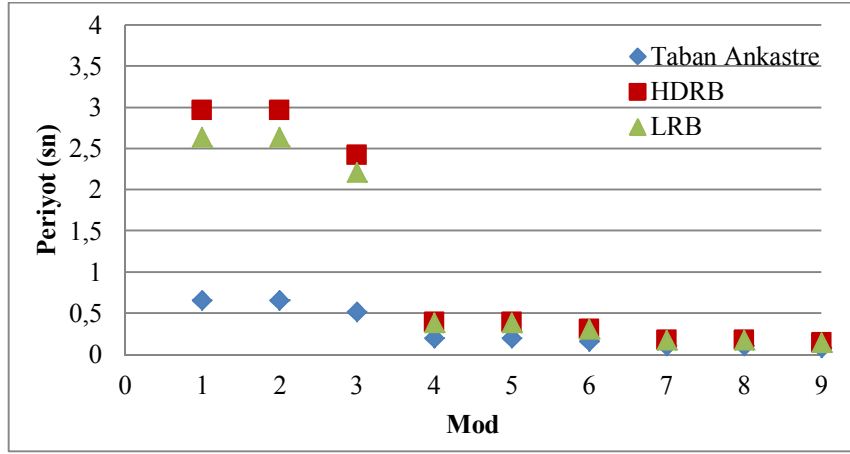
Son olarak bu değerler kullanılarak denklem (2.74.b) ile akma dayanımı hesaplanır.

$$F_y = 23.8 + 298.451 \cdot 0.0089 = 26.398 \text{ kN}$$

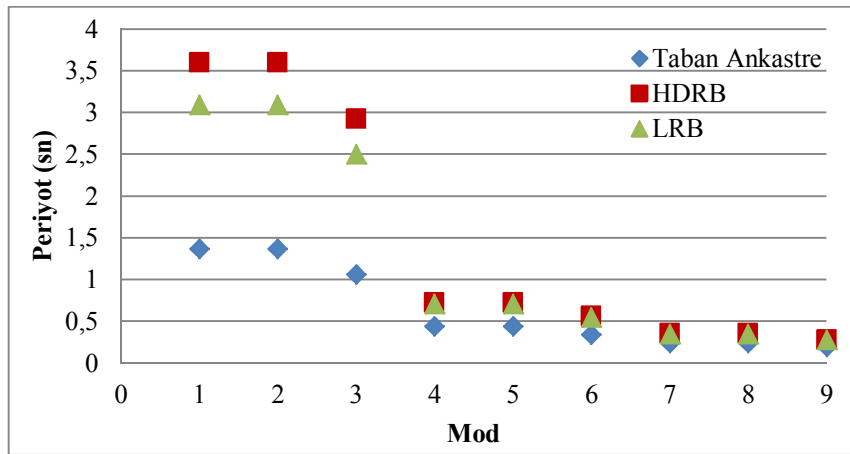
Böylece örnek iki izolatör tipi için hesaplamalar verilmiştir. Modellerde kullanılan diğer izolatörler Ek A başlığı altında tablolar halinde verilmiştir. Bu mesnetler kullanılarak yapılan modal analizler sonucunda yapıların davranışı hakkında karakteristik olarak fikir veren mod şekilleri ile periyot ilişkileri aşağıda gösterilmiştir (Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7).



Şekil 4.5: 3 katlı taban ankastre ve sismik izolasyonlu binaların periyot-mod ilişkileri.



Şekil 4.6: 5 katlı taban ankastre ve sismik izolasyonlu binaların periyot-mod ilişkileri.



Şekil 4.7: 10 katlı taban ankastre ve sismik izolasyonlu binaların periyot-mod ilişkileri.

5. ANALİZLER VE BULGULAR

Seçilen tüm yapı türleri ve onların alt türleri SAP2000 programında modellenmiş ve yine tüm analizler bu program kullanılarak programında lineer elastik yöntemler kullanılarak yapılmıştır. SAP2000 programı sonlu elemanlar teorisine dayalı genel amaçlı bir program olup çubuk elemanlar için kullandığı formülasyon matris-deplasman teorisine dönüşmektedir. Program öncelikle modelleme esnasında girilen malzeme ve kesit özelliklerini kullanarak statik analiz için rijitlik matrisleri ve yük vektörleri, dinamik analiz içinse her elemana ait rijitlik, matrisleri, sönüm matrisleri, kütle matrisleri ve yük vektörlerini oluşturur. Statik ve dinamik denge denklemlerini kullanarak matris eşitliğini kurar ve bilinmeyenleri yani deplasman değerlerini matris çözümü ile belirler. Bu aşamadan sonra ise çubuk elemanların uç noktası deplasmanları ve geriye dönük çözüm ile eleman iç kuvvetleri hesaplanır. Tez kapsamında kullanılan zaman tanım alanında lineer dinamik analiz için ise bilinmeyenler nümerik hesaplamalar yoluyla bulunur. Bu konuda çok çeşitli hesaplama yöntemleri kaynaklarda bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında çok çeşitli model kullanılarak tez konusu geniş çaplı olarak araştırılmıştır. Seçilen kat adetleri ile burulma düzensizliği üzerine uygulanan sismik izolasyonun üst yapı esnekliğinden nasıl etkilendiğine dair, farklı burulma oranları seçilerek sismik izolasyonun hangi aralıkta efektif olduğuna dair ve son olarak farklı izolatör türleri seçilerek hangi izolatörün daha fazla verimli olduğu ve sınırlarının neler olduğuna dair bulgular elde edilmek istenmiştir.

Analizlerde bu bilinmeyenler için kabul edilen kriterler üst kat görelî deplasmanları, üst kat mutlak ivmeleri, kolonlardaki deprem yükü doğrultusundaki kesme kuvveti ve moment zorlanmaları ve ayrıca düzensizlik oranı arttırıldıkça kolonlarda ortaya çıkan deprem yükü doğrultusuna dik doğrultudaki kesme kuvveti ve moment zorlanmalarıdır. Bu kriterler için baz alınan nokta ve kolonlar A ve 1 akslarının kesişiminde bulunan üst kat noktaları ve tüm katlar boyunca kolonlardır. Tüm bulgular bu noktalar ve kolonlar için Ek B başlığı altında sunulmuştur. Verilen grafikler yer çekimi ivmesi (g) birimine bağlı olarak verilmiştir.

Bu bulgular taban ankastre sistemler ile yüksek sönümlü izolatörlü sistemler ve taban ankastre sistemler ile kurşun çekirdekli izolatörlü sistemler için ayrı ayrı verilmiştir. Bu şekilde analiz sonuçları kullanılarak karşılıklı ve çapraz karşılaştırmalar yapılabilmesi sağlanmıştır. Ek B başlığı altında verilenler, kat adedi farklı olan ve kullanılan deprem yüklemesi farklı olan modeller için karşılıklı olarak karşılaştırmaları yapılabileceği gibi taban ankastre yapılar ile izolasyonlu yapılar arasında ve deprem yükü doğrultusu ile bu doğrultuya dik doğrultudaki maksimum kesit tesirleri çapraz olarak karşılaştırılacaktır.

6. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında seçilen 36 adet model oluşturulmuş olup bu modellerin her birisi El Centro, Northridge ve Kocaeli deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılan lineer elastik zaman tanım alanında analiz yöntemi ile dinamik analize tabi tutulmuşlardır. Bu şekilde her türlü karşılaştırma yapma imkanı bulunmuş olup bunların başlıcaları taban ankastre sistemler ile sismik izolasyonlu sistemlerin, yüksek sönümlü kauçuk mesnetli sistemler ile kurşun çekirdekli kauçuk mesnetli sistemlerin, burulma düzensizliği olmayan ile %5, %10, %20 burulma düzensizliği olan sistemlerin, az katlı ve çok katlı sistemlerin karşılaştırmaları olarak sıralanabilir.

Taban ankastre sistemler ile sismik izolasyonlu sistemler karşılaştırıldığında üst kat göreceli kat deplasmanlarının, üst kat mutlak ivme değerlerinin, kolonlarda deprem yüklemesi doğrultusunda olan ve bu doğrultuya dik doğrultuda olan maksimum kesme kuvveti ve moment değerlerinin kat sayısından ve burulma düzensizliği oranından bağımsız olarak sismik izolasyonlu yapılarda büyük oranlarda azaldığı görülmüştür.

Yüksek sönümlü kauçuk izolatörlü yapılar ile kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapılar karşılaştırıldığında 3 ve 5 katlı yapılarda göreceli kat deplasmanı değerleri ve mutlak ivme değerlerinin grafik incelemelerinde ihmal edilebilecek düzeyde farklılık gösterdiği incelenmiştir. 10 katlı yapılarda ise bu fark daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin tasarımında belirlenen çap değerleri yüksek sönümlü kauçuk izolatörlerde belirlenen çap değerlerinden modellerin ekseriyetinde daha küçük olması göz önüne alındığında kurşun çekirdekli kauçuk mesnetlerin sismik izolasyonlu yapı tasarımında daha efektif sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca tüm modellerde aynı hedef periyodu belirlenmesine rağmen kurşun çekirdekli mesnetli yapılarda bu değerden sapma miktarı yüksek sönümlü mesnetli yapılara kıyasla daha küçük miktarlardadır. Aynı değerlerin incelenmesinde kat sayısı faktörü de eklendiğinde yapının izolasyonlu periyodunun çok katlı yapılarda hedef periyottan giderek uzaklaştığı görülmektedir.

Burulma düzensizliği oranı arttırılarak yapılan analizlerde taban ankastre yapılarda deprem yüklemesine dik doğrultuda oluşan maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri yükleme eksenindeki değerlerden daha yüksek çıkmıştır. Bu fark kolon boyunca yapı üst katına doğru daha da büyüme göstermektedir. Sismik izolasyonlu yapılarda ise bu artışın engellendiği ve ilaveten deprem yüklemesine dik doğrultudaki değerlerin yükleme doğrultusundaki değerlerin altında kaldığı incelenmiştir.

Burulma düzensizliği oranının %20 olarak belirlendiği modellerde görelî deplasman değerleri incelendiğinde yüksek sönümlü kauçuk mesnetli modellerde taban ankastre sistemin yaptığı pik deplasmanların önlenmesi hariç sismik izolasyon uygulanmasının efektif olmadığı görülebilir. Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetli modellerde ise izolasyon sistemi tamamen olmasa dahi büyük oranda efektiftir denilebilir.

Kısaca özetlemek gerekirse;

- 1) Genel olarak sismik izolasyonlu yapılarda görelî kat deplasmanları, kat mutlak ivmeleri, yükleme doğrultusundaki ve ona dik doğrultudaki maksimum kesit tesirleri taban ankastre sistemlere kıyasla büyük oranda azalmaktadır.
- 2) Kat sayısı arttırıldıkça kurşun çekirdekli kauçuk mesnetlerin yüksek sönümlü kauçuk mesnetlere kıyasla efektiflik bakımından öne çıktığı görülür.
- 3) Kat sayısının az olduğu durumlarda kurşun çekirdekli izolatörlerin yüksek sönümlü izolatörlere kıyasla daha küçük çaplarla aynı sonuçları verebildiği gözlemlenir.
- 4) Üst yapının esnekliği göz önüne alındığında kat sayısı arttıkça sistemin gerçek titreşim periyodu hedef periyottan uzaklaşmaktadır.
- 5) Düzensizlik oranı arttırıldıkça sismik izolasyon sisteminin etkinliğinin azaldığı görülmüştür. Maksimum düzensizlik oranı %20 olarak seçildiğinden bu çalışma kapsamındaki kriterlere bağılı olarak sismik izolasyonun burulma düzensizliği oranının %10 olduğu düzeye kadar etkinliğini tam manasıyla koruduğu söylenebilir.
- 6) Çalışma kapsamında yapılan analizler sonucu burulma düzensizliğinin yapılara getirdiği ilave yıkıcı etkinin sismik izolasyon kullanımı ile büyük oranda giderildiği görülmüştür.

- 7) Northridge gibi uzun periyotlu bileşen içeren depremlerde izolasyon sisteminde zorlanma meydana gelir. Tasarım deplasmanı aşıl原因 olarak izolatörlerde hasar oluşur. Bu durum uygulaması yapılacak projelerde göz önüne alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aldemir, Ü., Aydın, E.** (2005). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yeni Yaklaşımlar*, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 435, Sf. 81-89.
- Alhan, C., Altun, M.** (2009). *Performance Of Non-Linear Base Isolation Systems Designed According To Uniform Building Code*, 5th International Advanced Technologies Symposium (IATS'09), May 13-15, Karabük.
- Aydın, H., Ercan, E.** (2004). *Yapısal Kontrol Sistemleri*, İzmir İMO, Sayı 118, Sf. 28-32, Ağustos.
- Baştuğ, B.K.** (2004). *Yapı Sistemlerinde Depreme Karşı Sismik İzolatör Kullanılması*, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Mekanik Programı, İstanbul.
- Batur, M.E.** (2005). *Standart Yapılarda Sismik İzolasyon*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Deprem Ve Yapı Bilimleri Anabilim Dalı, Gebze.
- Celep, Z., Kumbasar, N.** (2004). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*, 3. Baskı, İstanbul, ISBN 0-13-855214-2.
- Coşkun, E.** (2004). *Yapıların Depreme Karşı Korunmasında Etkin Bir Çözüm Sismik İzolasyon*, Seminer Sunumu, Bursa İMO.
- SAP2000, V. 14. 2. 0**, Computers And Structures Inc., Berkeley, CA.
- DBYBHY**, (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bölüm 2, *Depreme Dayanıklı Binalar İçin Hesap Kuralları*.
- Demir, A., Dönmez, D.** (2008). *Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğine Etki Eden Faktörler*, C.B.Ü. Fen Bil. Dergisi, Sf. 31-36.
- Doğan, Ö.** (2007). *Sismik Taban İzolasyon Sistemleri ve Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Antakya.
- Dumanoglu, A.A., Ateş, Ş.** (1999). *Taban İzolasyonlu Binaların Lineer Olmayan Deprem Analizi*, Türkiye Deprem Vakfı, Rapor, Eylül, İstanbul.
- Düzgün, M., Bozdağ, Ö.** (2007). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Temel Kavramlar*, Seminer Sunumu, İzmir İMO.
- Ersavaş, T.** (2000). *Yapılarda Sismik İzolasyon Deprem Yalıtımı*, Yapı Dergisi, Sayı 223, Haziran.

FEMA-356, (2000). *Prestandart and Commentary for Seismic Rehabilitation of Buildings*, Washington.

Komodromos, P. (2000). *Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures*, WIT Press, UK.

Kösedag, S.B. (2002). *Yapısal Sismik İzolasyon*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Naeim, F., Kelly, J.M. (1999). *Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice*, John Willey & Sons, Inc., New York.

Özden, B. (2006). *Low-Cost Seismic Base Isolation Using Scrap Tire Pads (Stp)*, Middle East Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Master Thesis, Ankara.

Özmen, G. (2001a). *Rijitlik Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisi*, Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 411, Haziran, Ankara.

Özmen, G. (2001b). *Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi*, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 410, Nisan, Ankara.

Özmen, G. (2004). *Çok Katlı Yapılarda Aşırı Burulma Düzensizliği*, İMO Teknik Dergi, 3131-3144, Yazı 2010, Ankara.

Öztürk, B.K. (2007). *Yapısal Kontrol Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Taban İzolatörlerinin Betonarme Bir Binaya Uygulanması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.

Polat, Z. (2005). *Deprem Yükleri Altında Çözümleme-Modal Spektral Hesap*, TMMOB İMO Meslek İçi Eğitim Kursu Notları, İstanbul.

Roeder, C.W., Stanton, F.J. (1983). *Elastomeric Bearings: State of Art*, Journal of Structural Engineering, ASCE, 109(12), 2853-2871.

Sayın, B., Kaplan, A. S. (2005). *Deprem Etkisi Altındaki Betonarme Yapılarda Dolgu Duvarların Modellenme Teknikleri*. Deprem Güvenliği İçin Neler Yapıldı ve Neler Yapılmalı Çözüme Yönelik Öneriler Sempozyumu, İstanbul.

Stanton, F.J., Scroggins, G., Taylor, (1990). *Stability of Laminated Elastomeric Bearings*, Journal of Structural Engineering, ASCE, 116(6), Sf.1351-1371.

Şahin, F. (2008). *Sönümün Sismik Taban İzolasyonu ve Sönümleyicilerin Kullanıldığı Binaların Deprem Performansına Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Tezcan, S.S., Cimilli, S. (2002). *Seismic Base Isolation*, Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı, İstanbul.

Tokuç, M.O. (2008). *Mevcut Betonarme Bir Okul Binasının Performansının Değerlendirilmesi ve Sismik İzolasyon Kullanılarak Güçlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

UBC (1997). Uniform Building Code, Volume 2, *Structural Engineering Design Provisions*.

Urgu, M.İ. (2006). *Sismik İzolasyonlu Yapıların Tasarımı*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.

Yozgat, E., Hüsem, M. (2005). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Kullanılabilen Yapı Kontrol Sistemleri*, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Haber Bülteni, 121(4), Sf.21-26.

Yücesoy, A. (2005). *Sismik İzolatörler İle Depreme Dayanıklı Tasarım*, Yüksek Öğretim ve Araştırma Vakfı Yayınları.

Zayas, V.A., Low, S.S., Mahin, S.A. (1990). *A Simple Pendulum Technique For Achieving Seismic Isolation*, Earthquake Spectra.

EKLER

EK A: İzolatör Tasarımı

EK B: Çizelge ve Şekiller

EK A İZOLATÖR TASARIMI

Ekler üst başlığı altında izolatör tasarımı ismiyle alt başlık oluşturularak tez kapsamında seçilen yapılarda kullanılmak üzere hesaplamaları yapılan izolatörlere ait tasarımda kullanılan ara değerler tablolar halinde bu başlık altında verilmiştir. Şekiller ve çizelgelerin aralıksız olarak dört sayfayı aşması sebebi ile bu tür bir düzenlemeye başvurulmuştur.

Bu tablolardaki değerlerin hesaplanış sistematikleri Bölüm 2’ de “Kullanılan izolatörlerin mekanik özellikler” başlığı ile Bölüm 3’ de “Sismik izolasyonlu sistemler” başlığı altında ve bu sistematiklere ait örnek uygulamalar Bölüm 4’ de “Yüksek sönümlü kauçuk mesnet uygulaması” ile “Kurşun çekirdekli kauçuk mesnet uygulaması” başlıkları altında verilmiştir.

Eklenen çizelgelerde görüldüğü üzere öncelikle seçilen modele ait parametreler verilmiş, sonrasında izolasyon sisteminin ve izolatörlerin tasarımı için seçilen hedef değerler ile UBC (1997) yönetmeliğinde belirtilen katsayılar eklenmiş sonrasında ise izolatörlerin mekanik özellikleri Bölüm 2’ de anlatıldığı üzere hesaplanmıştır. Bu aşama sonrasında ise kullanılan yapı analiz programına girilecek verilerin belirlenebilmesi için kuvvet – deplasman eğrilerinin kurulumu verilmiştir.

Kuvvet – deplasman eğrilerinin kurulması daha önceki bölümlerde de anlatıldığı üzere iterasyon üzerine kurulu sistematiklere sahiptirler. İterasyona ait ara işlemlere karışıklığı önlemek adına tablolarda yer verilmemiş, iterasyon başlığı altında sunulan değerler direkt olarak iteratif hesap sonucu belirlenen değerlerdir.

İteratif bir şekilde kuvvet deplasman eğrilerinin kurulmasından sonra bu eğrilerin SAP2000 yapı analiz programına tanımlanmasıyla sismik izolasyonlu yapılar bilgisayar ortamında modellenmiş olur. Oluşturulan modellerin analiz sonuçlarından elde edilen daha önceden belirlenmiş performans kriterlerinin sonuçları Ek B başlığı altında verilmiştir.

Çizelge A.1: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	3
Bina Kütlesi (ton)	:	1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	0
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	:	16
İzolatör Sönüm Oranı (%)	:	0,1
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	:	1
Kayma Modülü (Mpa)	:	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	8862,974
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,23296
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,25
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1303379
Hesap Çapı (m)	:	0,40737
Seçilen Çap (m)	:	0,5
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,25
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1963495
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	392,699
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13351,769
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,04
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17802
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17802
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00378
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	7,820
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	11,219
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	329,676
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	3296,759
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00378
Akma Dayanımı (kN)	:	12,466

Çizelge A.2: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	3
Bina Kütlesi (ton)	:	1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	5
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	:	16 9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	:	0,1 0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	:	1 1
Kayma Modülü (Mpa)	:	0,5 1
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,26790
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	8862,974
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,26790
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,27
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1407649
Hesap Çapı (m)	:	0,42335
Seçilen Çap (m)	:	0,54
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,27
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,2290221
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	424,115 848,230
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	14419,910
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	1,96
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17130
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,19700
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00418 0,00708
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	10,341 31,024
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	13,408 40,839
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,1 0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	356,051 640,920
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	3560,509 6409,198
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00418 0,00708
Akma Dayanımı (kN)	:	14,898 45,377

Çizelge A.3: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	3
Bina Kütlesi (ton)	:	1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	10
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatlara Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolator Adedi	:	16
İzolator Sönüm Oranı (%)	:	0,1
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	:	1
Kayma Modülü (Mpa)	:	0,5
İzolatorların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,30285
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	8862,974
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,30285
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,31
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1616189
Hesap Çapı (m)	:	0,45363
Seçilen Çap (m)	:	0,62
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,31
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,3019071
İzolatorların Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	486,947
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	16556,193
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	1,83
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,15987
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,20783
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00441
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	13,215
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	16,241
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	408,799
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	4087,992
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00441
Akma Dayanımı (kN)	:	18,046

Çizelge A.4: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	3
Bina Kütlesi (ton)	:	1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	20
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	: 16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	: 0,1	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	: 1	1
Kayma Modülü (Mpa)	: 0,5	1
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,37274
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	8862,974
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,37274
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,38
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1981135
Hesap Çapı (m)	:	0,50224
Seçilen Çap (m)	:	0,76
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,38
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,4536460
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	: 596,903	1193,805
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	20294,689
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	1,65
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,14439
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23103
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00491	0,00830
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	: 20,018	60,054
Karakteristik Kuvvet (kN)	: 22,132	67,407
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	: 0,1	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	: 501,105	902,040
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	: 5011,054	9020,395
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00491	0,00830
Akma Dayanımı (kN)	: 24,591	74,897

Çizelge A.5: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	5
Bina Kütlesi (ton)	:	2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	0
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatlara Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolator Adedi	:	16
İzolator Sönüm Oranı (%)	:	0,1
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	:	1
Kayma Modülü (Mpa)	:	0,5
İzolatorların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13294,461
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,23296
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,25
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1955068
Hesap Çapı (m)	:	0,49893
Seçilen Çap (m)	:	0,5
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,25
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1963495
İzolatorların Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	392,699
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13351,769
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,49
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,21803
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,21803
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00463
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	11,729
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	13,741
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	329,676
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	3296,757
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00463
Akma Dayanımı (kN)	:	15,268

Çizelge A.6: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	5
Bina Kütlesi (ton)	:	2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	5
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	: 16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	: 0,1	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	: 1	1
Kayma Modülü (Mpa)	: 0,5	1
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,26790
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13294,461
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,26790
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,27
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,2111473
Hesap Çapı (m)	:	0,51850
Seçilen Çap (m)	:	0,54
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,27
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,2290221
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	: 424,115	848,230
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	14419,910
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,40
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,20980
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,24127
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00512	0,00867
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	: 15,512	46,536
Karakteristik Kuvvet (kN)	: 16,422	50,017
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	: 0,1	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	: 356,051	640,921
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	: 3560,508	6409,209
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00512	0,00867
Akma Dayanımı (kN)	: 18,247	55,575

Çizelge A.7: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	5
Bina Kütlesi (ton)	:	2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	10
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatlara Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolator Adedi	:	16
İzolator Sönüm Oranı (%)	:	0,1
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	:	1
Kayma Modülü (Mpa)	:	0,5
İzolatorların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,30285
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13294,461
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,30285
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,31
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,2424284
Hesap Çapı (m)	:	0,55558
Seçilen Çap (m)	:	0,62
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,31
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,3019071
İzolatorların Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	486,947
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	16556,193
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,24
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,19580
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,25454
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00541
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	19,823
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	19,892
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	408,796
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	4087,964
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00541
Akma Dayanımı (kN)	:	22,102

Çizelge A.8: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	5
Bina Kütlesi (ton)	:	2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	20
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	: 16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	: 0,1	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	: 1	1
Kayma Modülü (Mpa)	: 0,5	1
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,37274
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13294,461
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,37274
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,38
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,2971703
Hesap Çapı (m)	:	0,61512
Seçilen Çap (m)	:	0,76
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,38
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,4536460
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	: 596,903	1193,805
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	20294,689
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,02
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17685
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,28295
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00601	0,01017
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	: 30,027	90,082
Karakteristik Kuvvet (kN)	: 27,106	82,558
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	: 0,1	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	: 501,107	902,035
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	: 5011,066	9020,346
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00601	0,01017
Akma Dayanımı (kN)	: 30,118	91,731

Çizelge A.9: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	10
Bina Kütlesi (ton)	:	3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	0
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,1	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	1
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	0,23296	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	0,23296	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	24373,179	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	0,23296	
Seçilen Kalınlık (m)	0,24	
Kauçuk Kesit Alanı (m²)	0,3440919	
Hesap Çapı (m)	0,66190	
Seçilen Çap (m)	0,68	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	0,34	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m²)	0,3631681	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	534,071	1068,142
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	18158,406	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	2,90	
Efektif Yatay Sönüm (%)	12,6	
Sönüm Katsayısı	1,28	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	0,25314	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	0,25314	
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,00538	0,00910
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	21,504	64,512
Karakteristik Kuvvet (kN)	21,698	66,086
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	0,1	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	448,357	807,082
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	4483,575	8070,821
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,00538	0,00910
Akma Dayanımı (kN)	24,109	73,429

Çizelge A.10: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	10
Bina Kütlesi (ton)	:	3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	5
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	: 16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	: 0,1	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	: 1	1
Kayma Modülü (Mpa)	: 0,5	1
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,26790
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	24373,179
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,26790
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,27
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,3871034
Hesap Çapı (m)	:	0,70205
Seçilen Çap (m)	:	0,72
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,36
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,4071504
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	: 565,487	1130,973
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	19226,547
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,81
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,24601
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,28291
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00601	0,01017
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	: 28,439	85,316
Karakteristik Kuvvet (kN)	: 25,676	78,202
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	: 0,1	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	: 474,732	854,558
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	: 4747,323	8545,576
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00601	0,01017
Akma Dayanımı (kN)	: 28,529	86,891

Çizelge A.11: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	10
Bina Kütlesi (ton)	:	3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	10
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatlara Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolator Adedi	:	16 9
İzolator Sönüm Oranı (%)	:	0,1 0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	:	1 1
Kayma Modülü (Mpa)	:	0,5 1
İzolatorların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,30285
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	24373,179
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,30285
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,31
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,4444521
Hesap Çapı (m)	:	0,75226
Seçilen Çap (m)	:	0,76
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,38
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,4536460
İzolatorların Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	596,903 1193,805
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	20294,689
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,74
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23945
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,31129
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00661 0,01119
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	36,341 109,024
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	29,820 90,825
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,1 0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	501,107 902,033
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	5011,072 9020,330
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,00661 0,01119
Akma Dayanımı (kN)	:	33,133 100,916

Çizelge A.12: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için yüksek sönümlü kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	10
Bina Kütlesi (ton)	:	3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	20
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	10
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,2
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	: 16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	: 0,1	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	: 1	1
Kayma Modülü (Mpa)	: 0,5	1
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23296
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,37274
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	24373,179
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,37274
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,38
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,5448122
Hesap Çapı (m)	:	0,83287
Seçilen Çap (m)	:	0,84
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,42
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,5541769
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	: 659,734	1319,469
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	22430,972
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,61
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	12,6
Sönüm Katsayısı	:	1,28
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,22776
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,36442
Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00774	0,01310
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	: 55,050	165,149
Karakteristik Kuvvet (kN)	: 38,585	117,520
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	: 0,1	0,1
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	: 553,855	996,984
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	: 5538,548	9969,839
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	: 0,00774	0,01310
Akma Dayanımı (kN)	: 42,872	130,578

Çizelge A.13: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	3
Bina Kütlesi (ton)	:	1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	0
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	0,18637	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	8862,974	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	386,839	
Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01032	
Karakteristik Kuvvet (kN)	549,339	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	5915,367	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01032	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	0,0549	
Seçilen Çekirdek Çapları (m)	0,055	0,055
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	0,0594	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	593,957	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	5675,955	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	227,038	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	0,18637	
Seçilen Kalınlık (m)	0,19	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,0862745	
Hesap Çapı (m)	0,33143	
Seçilen Çap (m)	0,38	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	0,19	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,1134115	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	298,451	298,451
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	0,17134	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	10927,825	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	2,25	

Çizelge A.13 (devam): Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	382,56	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	18,98	
Sönüm Katsayısı	:	1,47	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17134	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17134	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	23,758	23,758
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	298,451	298,451
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	2984,513	2984,513
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,008845	0,008845
Akma Dayanımı (kN)	:	26,398	26,398

Çizelge A.14: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	3
Bina Kütlesi (ton)	:	1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	5
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18637
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,21432
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	8862,974
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	511,595
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01187
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	631,746
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	5915,338
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01187
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	:	0,0632

Çizelge A.14 (devam): %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Seçilen Çekirdek Çapları (m)	:	0,055	0,060
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	:	0,0635	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	:	634,602	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	:	5902,012	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	:	236,080	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,21432	
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,22	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1038754	
Hesap Çapı (m)	:	0,36367	
Seçilen Çap (m)	:	0,44	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,22	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1520531	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	345,575	345,575
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	:	0,20224	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	11777,244	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,17	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	483,25	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	15,97	
Sönüm Katsayısı	:	1,38	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17586	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,20224	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	23,758	28,274
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	345,575	345,575
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	3455,752	3455,752
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,007639	0,009091
Akma Dayanımı (kN)	:	26,398	31,416

Çizelge A.15: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler	
Kat Kütlesi (ton)	: 350,784
Kat Adedi	: 3
Bina Kütlesi (ton)	: 1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	: 16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	: 16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	: 10
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler	
Hedef Periyot (sn)	: 2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	: 20
Hedef Sönüm Katsayısı	: 1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	: 0,45

Çizelge A.15 (devam): %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

İzolatlara Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolator Adedi :	16	9
İzolator Sönüm Oranı (%) :	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi :	1	1
Kayma Modülü (Mpa) :	0,5	0,5
İzolatorların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m) :	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,24228	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m) :	8862,974	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm) :	653,758	
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01341	
Karakteristik Kuvvet (kN) :	714,122	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	5915,444	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01341	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²) :	0,0714	
Seçilen Çekirdek Çapları (m) :	0,060	0,065
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²) :	0,0751	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN) :	751,037	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m) :	5763,076	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m) :	230,523	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m) :	0,24228	
Seçilen Kalınlık (m) :	0,25	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,1152615	
Hesap Çapı (m) :	0,38309	
Seçilen Çap (m) :	0,5	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m) :	0,25	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,1963495	
İzolatorların Yatay Rijitlikleri (kN/m) :	392,699	392,699
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m) :	0,21730	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m) :	13273,699	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn) :	2,04	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm) :	612,51	
Efektif Yatay Sönüm (%) :	15,55	
Sönüm Katsayısı :	1,37	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m) :	0,16715	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,21730	
İzolatorların Karakteristik Kuvvetleri (kN) :	28,274	33,183
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α) :	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	392,699	392,699
Başlangıç Rijitliği (kN/m) :	3926,991	3926,991
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,008000	0,009389
Akma Dayanımı (kN) :	31,416	36,870

Çizelge A.16: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	3
Bina Kütlesi (ton)	:	1403,136
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	20
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	0,29819	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	8862,974	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	990,308	
Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01651	
Karakteristik Kuvvet (kN)	878,936	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	5915,388	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01651	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	0,0879	
Seçilen Çekirdek Çapları (m)	0,065	0,075
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	0,0929	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	928,537	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	5749,045	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	229,962	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	0,29819	
Seçilen Kalınlık (m)	0,3	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,1379771	
Hesap Çapı (m)	0,41914	
Seçilen Çap (m)	0,6	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	0,3	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,2827433	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	471,239	471,239
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	0,25733	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	15389,324	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	1,90	

Çizelge A.16 (devam): %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	894,44	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	13,97	
Sönüm Katsayısı	:	1,32	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,16083	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,25733	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	33,183	44,179
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	471,239	471,239
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	4712,389	4712,389
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,007824	0,010417
Akma Dayanımı (kN)	:	36,870	49,087

Çizelge A.17: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	5
Bina Kütlesi (ton)	:	2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	0
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18637
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18637
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13294,461
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	580,259
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01032
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	824,008
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	8873,050
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01032
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	:	0,0824

Çizelge A.17 (devam): Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Seçilen Çekirdek Çapları (m)	:	0,056	0,078
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	:	0,0824	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	:	824,134	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	:	8872,374	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	:	354,895	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,18637	
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,19	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1348601	
Hesap Çapı (m)	:	0,41438	
Seçilen Çap (m)	:	0,42	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,21	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,1385442	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	329,867	329,867
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	:	0,18948	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	12596,132	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,57	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	590,61	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	20,79	
Sönüm Katsayısı	:	1,52	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18948	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18948	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	24,630	47,784
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	329,867	329,867
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	3298,672	3298,672
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,008296	0,016095
Akma Dayanımı (kN)	:	27,367	53,093

Çizelge A.18: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler	
Kat Kütlesi (ton)	: 350,784
Kat Adedi	: 5
Bina Kütlesi (ton)	: 2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	: 16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	: 16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	: 5
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler	
Hedef Periyot (sn)	: 2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	: 20
Hedef Sönüm Katsayısı	: 1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	: 0,45

Çizelge A.18 (devam): %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

İzolatlara Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolator Adedi :	16	9
İzolator Sönüm Oranı (%) :	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi :	1	1
Kayma Modülü (Mpa) :	0,5	0,5
İzolatorların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m) :	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,21432	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m) :	13294,461	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm) :	767,392	
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01187	
Karakteristik Kuvvet (kN) :	947,619	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	8873,006	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01187	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²) :	0,0948	
Seçilen Çekirdek Çapları (m) :	0,070	0,075
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²) :	0,1013	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN) :	1013,360	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m) :	8566,266	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m) :	342,651	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m) :	0,21432	
Seçilen Kalınlık (m) :	0,22	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,1507663	
Hesap Çapı (m) :	0,43813	
Seçilen Çap (m) :	0,44	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m) :	0,22	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,1520531	
İzolatorların Yatay Rijitlikleri (kN/m) :	345,575	345,575
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m) :	0,20805	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m) :	13510,132	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn) :	2,48	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm) :	795,22	
Efektif Yatay Sönüm (%) :	21,64	
Sönüm Katsayısı :	1,53	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m) :	0,18091	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,20805	
İzolatorların Karakteristik Kuvvetleri (kN) :	38,485	44,179
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α) :	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	345,575	345,575
Başlangıç Rijitliği (kN/m) :	3455,752	3455,752
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,012374	0,014205
Akma Dayanımı (kN) :	42,761	49,087

Çizelge A.19: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	5
Bina Kütlesi (ton)	:	2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	10
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	0,24228	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	13294,461	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	980,637	
Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01341	
Karakteristik Kuvvet (kN)	1071,182	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	8873,166	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01341	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	0,1071	
Seçilen Çekirdek Çapları (m)	0,075	0,075
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	0,1104	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	1104,466	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	8735,787	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	349,431	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	0,24228	
Seçilen Kalınlık (m)	0,25	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,1747157	
Hesap Çapı (m)	0,47165	
Seçilen Çap (m)	0,5	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	0,25	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,1963495	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	392,699	392,699
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	0,23417	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	14533,991	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	2,39	

Çizelge A.19 (devam): %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	975,27	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	19,48	
Sönüm Katsayısı	:	1,48	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18013	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,23417	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	44,179	44,179
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	392,699	392,699
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	3926,991	3926,991
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,012500	0,012500
Akma Dayanımı (kN)	:	49,087	49,087

Çizelge A.20: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	5
Bina Kütlesi (ton)	:	2104,704
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	20
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18637
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,29819
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	13294,461
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	1485,462
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01651
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	1318,404
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	8873,081
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01651
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	:	0,1318

Çizelge A.20 (devam): %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Seçilen Çekirdek Çapları (m)	:	0,082	0,082
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	:	0,1320	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	:	1320,254	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	:	8866,875	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	:	354,675	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,29819	
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,3	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,2128050	
Hesap Çapı (m)	:	0,52053	
Seçilen Çap (m)	:	0,6	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,3	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,2827433	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	471,239	471,239
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	:	0,28651	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	16389,029	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,25	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	1425,88	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	16,87	
Sönüm Katsayısı	:	1,41	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,17907	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,28651	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	52,810	52,810
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	471,239	471,239
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	4712,389	4712,389
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,012452	0,012452
Akma Dayanımı (kN)	:	58,678	58,678

Çizelge A.21: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	10
Bina Kütlesi (ton)	:	3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	0
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45

Çizelge A.21 (devam): Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi :	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%) :	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi :	1	1
Kayma Modülü (Mpa) :	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m) :	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,18637	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m) :	24373,179	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm) :	1063,808	
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01032	
Karakteristik Kuvvet (kN) :	1510,681	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	16267,258	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01032	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²) :	0,1511	
Seçilen Çekirdek Çapları (m) :	0,090	0,090
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²) :	0,1590	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN) :	1590,431	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m) :	15839,342	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m) :	633,574	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m) :	0,18637	
Seçilen Kalınlık (m) :	0,19	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,2407580	
Hesap Çapı (m) :	0,55366	
Seçilen Çap (m) :	0,56	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m) :	0,28	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,2463009	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m) :	439,823	439,823
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m) :	0,19573	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m) :	19121,213	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn) :	2,82	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm) :	1179,54	
Efektif Yatay Sönüm (%) :	25,63	
Sönüm Katsayısı :	1,61	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m) :	0,19573	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,19573	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN) :	63,617	63,617
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α) :	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	439,823	439,823
Başlangıç Rijitliği (kN/m) :	4398,230	4398,230
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,016071	0,016071
Akma Dayanımı (kN) :	70,686	70,686

Çizelge A.22: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	10
Bina Kütlesi (ton)	:	3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	5
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	0,21432	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	24373,179	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	1406,886	
Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01187	
Karakteristik Kuvvet (kN)	1737,301	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	16267,178	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	0,01187	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	0,1737	
Seçilen Çekirdek Çapları (m)	0,095	0,100
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	0,1841	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	1840,973	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	15783,457	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	631,338	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	0,21432	
Seçilen Kalınlık (m)	0,22	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,2777888	
Hesap Çapı (m)	0,59472	
Seçilen Çap (m)	0,6	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	0,3	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	0,2827433	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	471,239	471,239
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	0,22151	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	20091,989	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	2,75	

Çizelge A.22 (devam): %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	1543,79	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	24,92	
Sönüm Katsayısı	:	1,60	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,19262	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,22151	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	70,882	78,540
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	471,239	471,239
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	4712,389	4712,389
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,016713	0,018519
Akma Dayanımı (kN)	:	78,758	87,266

Çizelge A.23: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Yapıya Ait Parametreler		
Kat Kütlesi (ton)	:	350,784
Kat Adedi	:	10
Bina Kütlesi (ton)	:	3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	:	16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	:	10
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler		
Hedef Periyot (sn)	:	2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	:	20
Hedef Sönüm Katsayısı	:	1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	:	0,45
İzolatörlere Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolatör Adedi	16	9
İzolatör Sönüm Oranı (%)	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi	1	1
Kayma Modülü (Mpa)	0,5	0,5
İzolatörlerin Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,18637
Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,24228
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m)	:	24373,179
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm)	:	1797,835
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01341
Karakteristik Kuvvet (kN)	:	1963,834
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	16267,471
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,01341
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²)	:	0,1964

Çizelge A.23 (devam): %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

Seçilen Çekirdek Çapları (m)	:	0,100	0,105
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²)	:	0,2036	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN)	:	2035,948	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m)	:	15969,821	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m)	:	638,793	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m)	:	0,24228	
Seçilen Kalınlık (m)	:	0,25	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,3193964	
Hesap Çapı (m)	:	0,63771	
Seçilen Çap (m)	:	0,64	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m)	:	0,32	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²)	:	0,3216991	
İzolatörlerin Yatay Rijitlikleri (kN/m)	:	502,655	502,655
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m)	:	0,25079	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m)	:	20684,511	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn)	:	2,71	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm)	:	1933,15	
Efektif Yatay Sönüm (%)	:	23,65	
Sönüm Katsayısı	:	1,57	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,19292	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m)	:	0,25079	
İzolatörlerin Karakteristik Kuvvetleri (kN)	:	78,540	86,590
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α)	:	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m)	:	502,655	502,655
Başlangıç Rijitliği (kN/m)	:	5026,548	5026,548
Akma Yer Değiştirmesi (m)	:	0,017361	0,019141
Akma Dayanımı (kN)	:	87,266	96,211

Çizelge A.24: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

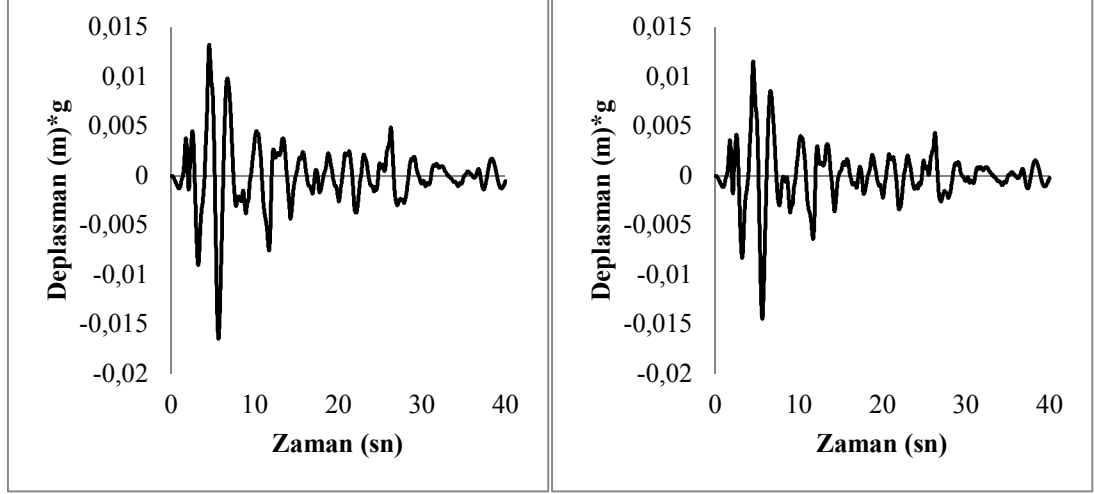
Yapıya Ait Parametreler	
Kat Kütlesi (ton)	: 350,784
Kat Adedi	: 10
Bina Kütlesi (ton)	: 3858,624
Plandaki Uzun Doğrultunun Ölçüsü (m)	: 16
Plandaki Kısa Doğrultunun Ölçüsü (m)	: 16
Toplam Dış Merkezlik Oranı (%)	: 20
İzolasyon Sistemine Ait Parametreler	
Hedef Periyot (sn)	: 2,5
Hedef Sönüm Oranı (%)	: 20
Hedef Sönüm Katsayısı	: 1,5
Tasarım Sismik Katsayısı (Cvd)	: 0,45

Çizelge A.24 (devam): %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı model için kurşun çekirdekli kauçuk mesnet tasarımı.

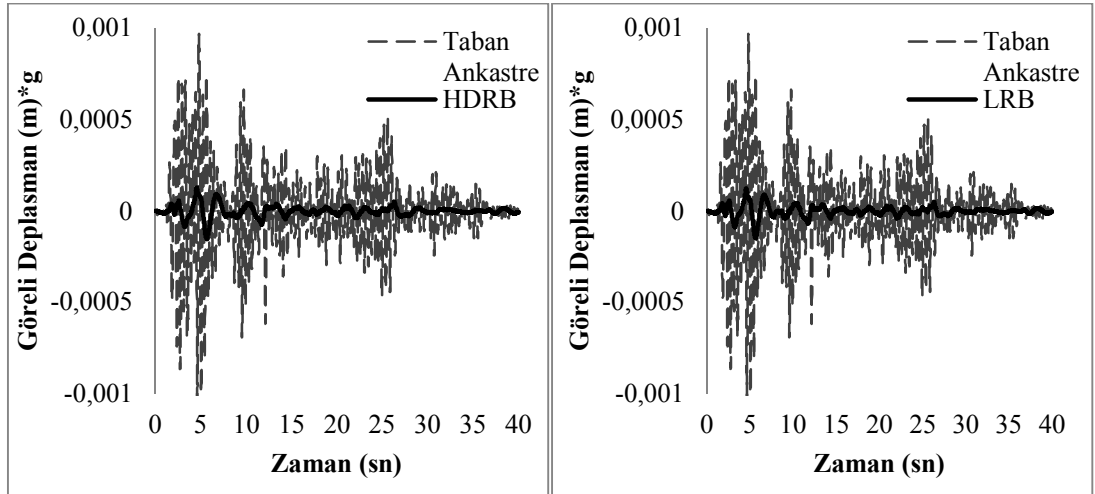
İzolatlara Ait Parametreler		
	A Tipi	B Tipi
İzolator Adedi :	16	9
İzolator Sönüm Oranı (%) :	0,15	0,15
Maksimum Kayma Şekil Değiştirmesi :	1	1
Kayma Modülü (Mpa) :	0,5	0,5
İzolatorların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Kuvvet-Deplasman Eğrisinin Kurulması - İterasyon		
Dizayn Deplasmanı (m) :	0,18637	
Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,29819	
Minimum Yatay Rijitlik (kN/m) :	24373,179	
Bir Çevrimde Sönümlenen Enerji Miktarı (kNm) :	2723,348	
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01651	
Karakteristik Kuvvet (kN) :	2417,073	
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	16267,316	
Yeni Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,01651	
Kurşun Çekirdek Alanı (m ²) :	0,2417	
Seçilen Çekirdek Çapları (m) :	0,110	0,115
Seçilen Çaplara Denk Gelen Toplam Alan (m ²) :	0,2455	
Toplam Kesit Alanı İçin Karakteristik Kuvvet (kN) :	2455,351	
Toplam akma sonrası rijitlik (kN/m) :	16138,948	
Bir mesnetin akma sonrası rijitliği (kN/m) :	645,558	
Kauçuk Tabakaların Toplam Kalınlığı (m) :	0,29819	
Seçilen Kalınlık (m) :	0,3	
Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,3873347	
Hesap Çapı (m) :	0,70226	
Seçilen Çap (m) :	0,72	
Burkulma Güvenliğine Göre Kauçuk Kalınlığı (m) :	0,36	
Seçilen Çap İçin Kauçuk Kesit Alanı (m ²) :	0,4071504	
İzolatorların Yatay Rijitlikleri (kN/m) :	565,487	565,487
İterasyon Başlangıç Tasarım Deplasmanı (m) :	0,30502	
Toplam Yatay Rijitlik (kN/m) :	22186,970	
Rijitliğe Denk Gelen Periyot (sn) :	2,62	
Bir Çevrimde Sönümlenen Yeni Enerji (kNm) :	2833,58	
Efektif Yatay Sönüm (%) :	21,85	
Sönüm Katsayısı :	1,54	
Yeni Dizayn Deplasmanı (m) :	0,19064	
Yeni Toplam Dizayn Deplasmanı (m) :	0,30502	
İzolatorların Karakteristik Kuvvetleri (kN) :	95,033	103,869
Akma Sonrası Rijitlik / Başlangıç Rijitliği (α) :	0,10	0,10
Akma Sonrası Rijitlik (kN/m) :	565,487	565,487
Başlangıç Rijitliği (kN/m) :	5654,867	5654,867
Akma Yer Değiştirmesi (m) :	0,018673	0,020409
Akma Dayanımı (kN) :	105,592	115,410

EK B ÇİZELGE VE ŞEKİLLER

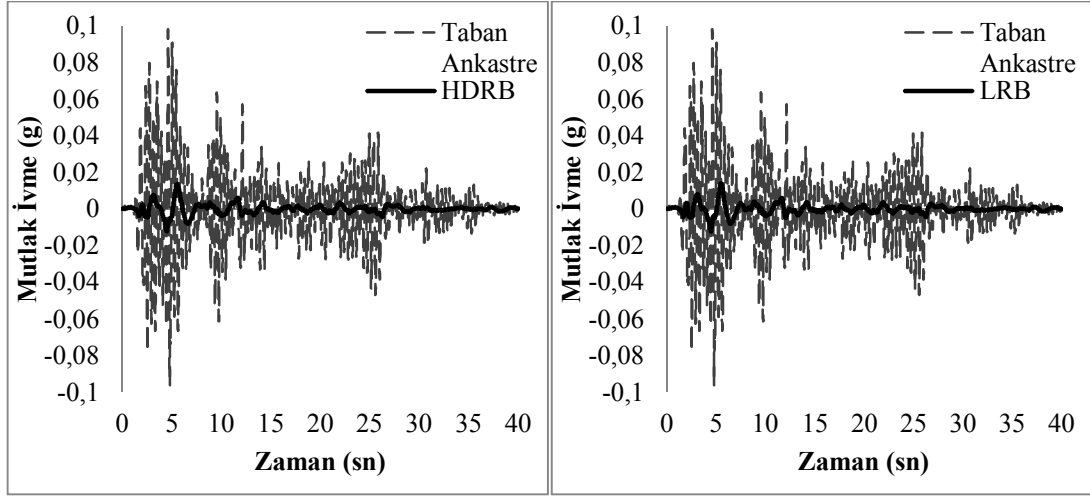
Ek B1 Yapıların El Centro Depremi Etkisinde Kıyaslanması



Şekil B1.1: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



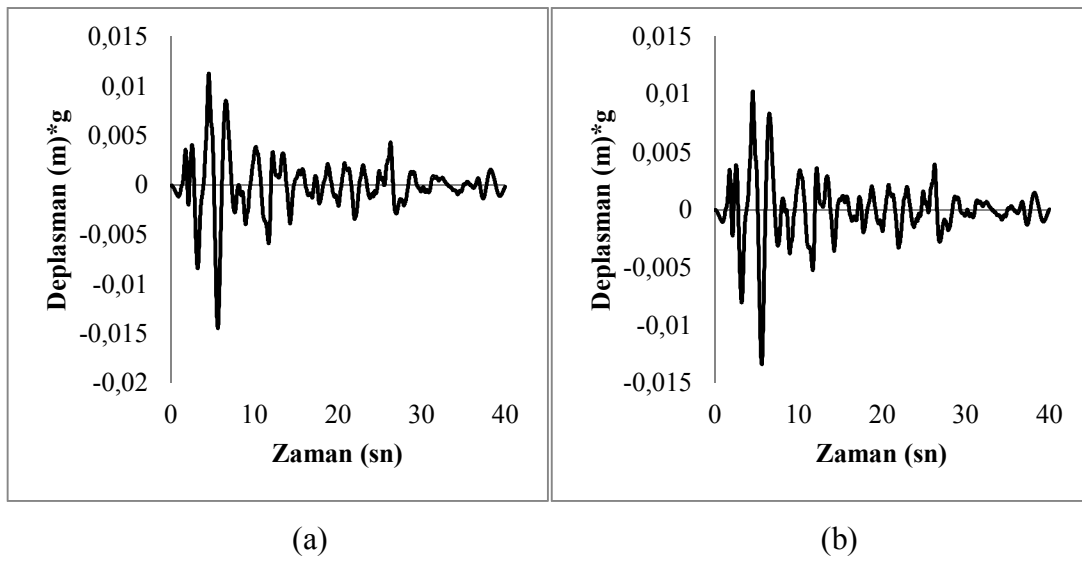
Şekil B1.2: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



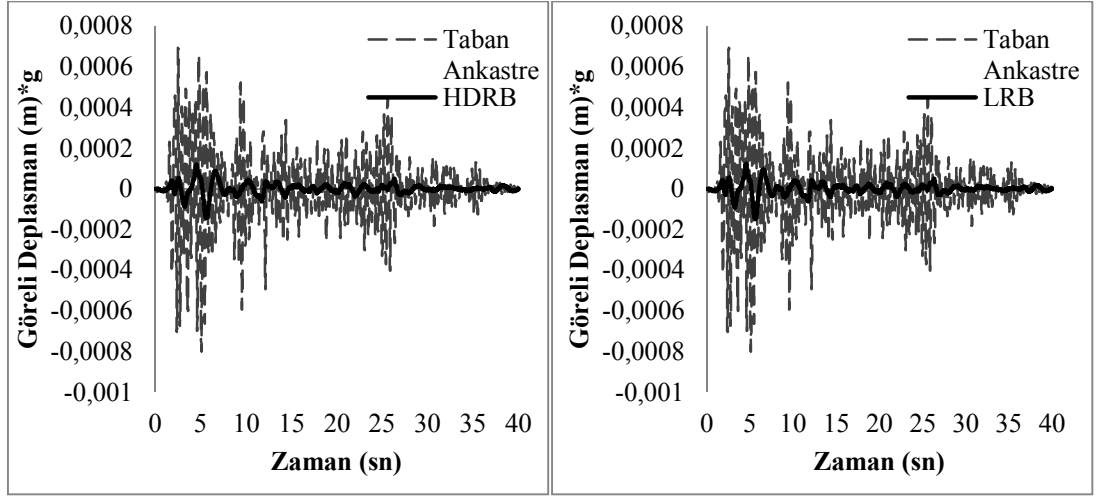
Şekil B1.3: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.1: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

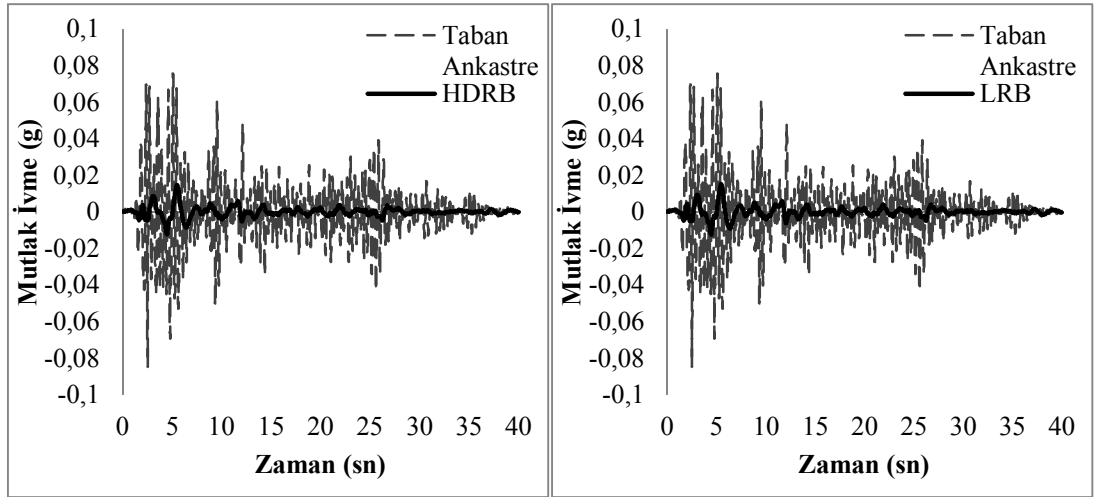
El Centro						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	22.706 kN	54.515 kNm	5.703 kN	9.519 kNm	3.332 kN	5.553 kNm
2	15.668 kN	26.070 kNm	3.935 kN	7.891 kNm	2.285 kN	4.593 kNm
3	7.617 kN	17.748 kNm	1.466 kN	4.272 kNm	0.852 kN	2.478 kNm



Şekil B1.4: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.5: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



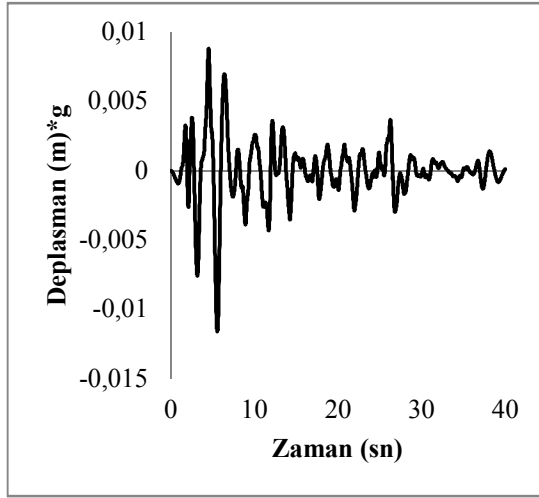
Şekil B1.6: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.2: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

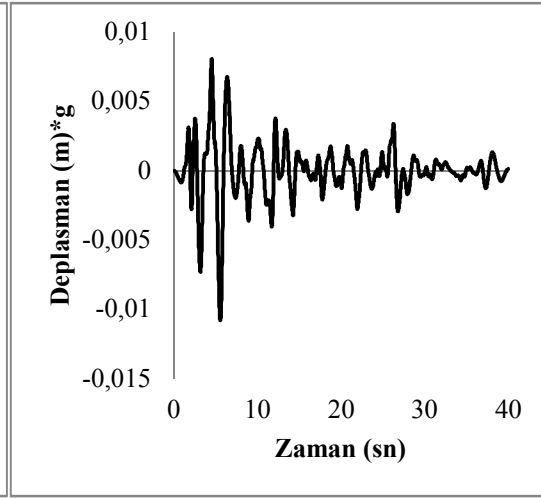
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	18.635 kN	44.926 kNm	5.257 kN	8.784 kNm	3.311 kN	5.521 kNm
2	12.835 kN	21.369 kNm	3.635 kN	7.297 kNm	2.276 kN	4.572 kNm
3	6.225 kN	14.659 kNm	1.349 kN	3.947 kNm	0.846 kN	2.471 kNm

Çizelge B1.3: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	7.078 kN	16.378 kNm	0.608 kN	1.015 kNm	0.587 kN	0.976 kNm
2	4.409 kN	7.720 kNm	0.420 kN	0.831 kNm	0.402 kN	0.798 kNm
3	2.135 kN	4.937 kNm	0.164 kN	0.459 kNm	0.158 kN	0.440m

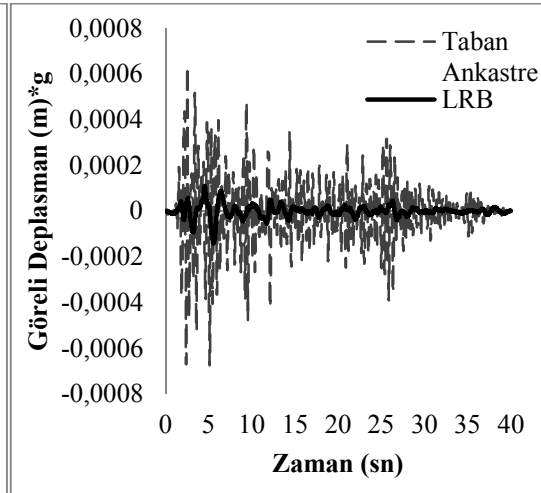
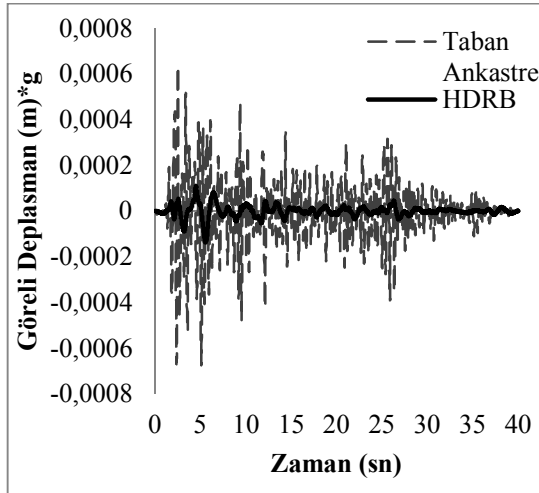


(a)

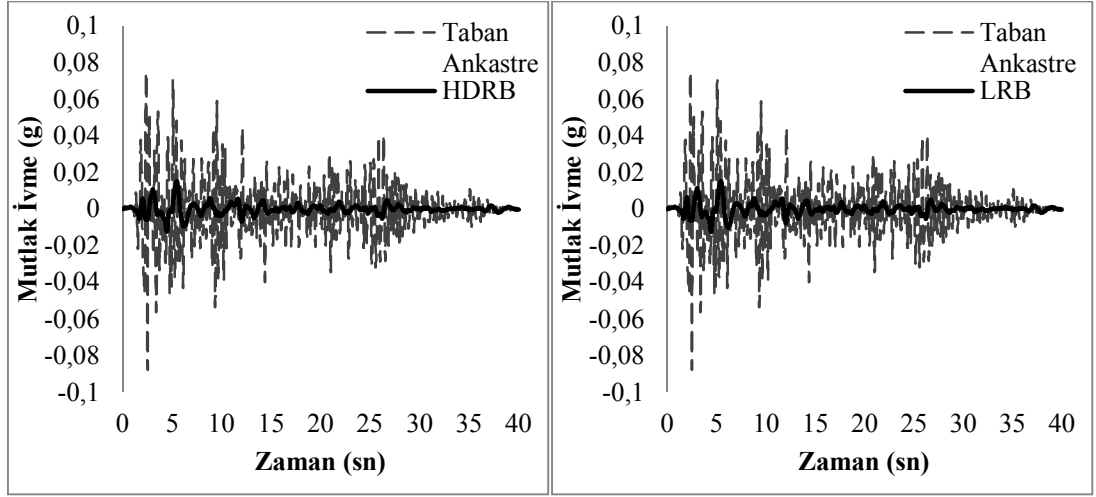


(b)

Şekil B1.7: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.8: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



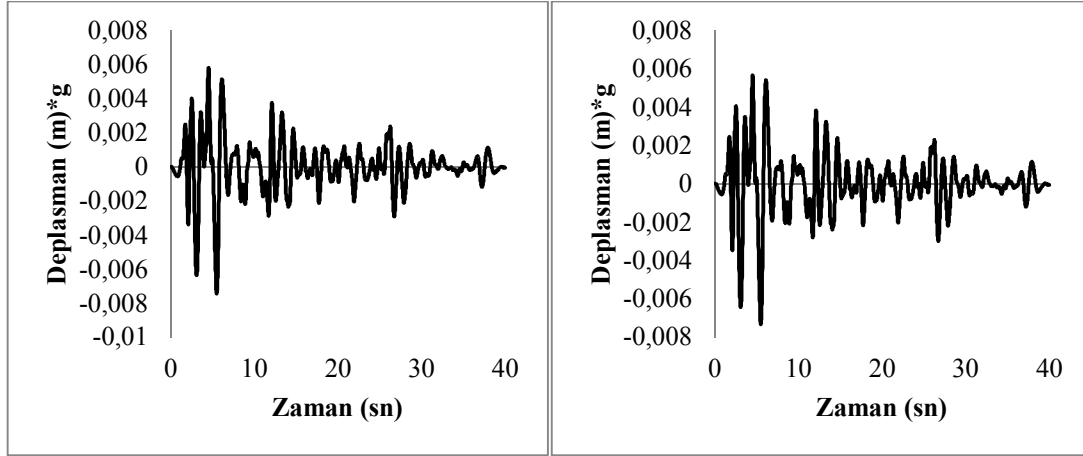
Şekil B1.9: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.4: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

El Centro						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	16.623 kN	40.000 kNm	4.896 kN	8.182 kNm	3.059 kN	5.128 kNm
2	11.240 kN	18.911 kNm	3.390 kN	6.798 kNm	2.149 kN	4.290 kNm
3	5.429 kN	12.881 kNm	1.261 kN	3.682 kNm	0.807 kN	2.343 kNm

Çizelge B1.5: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

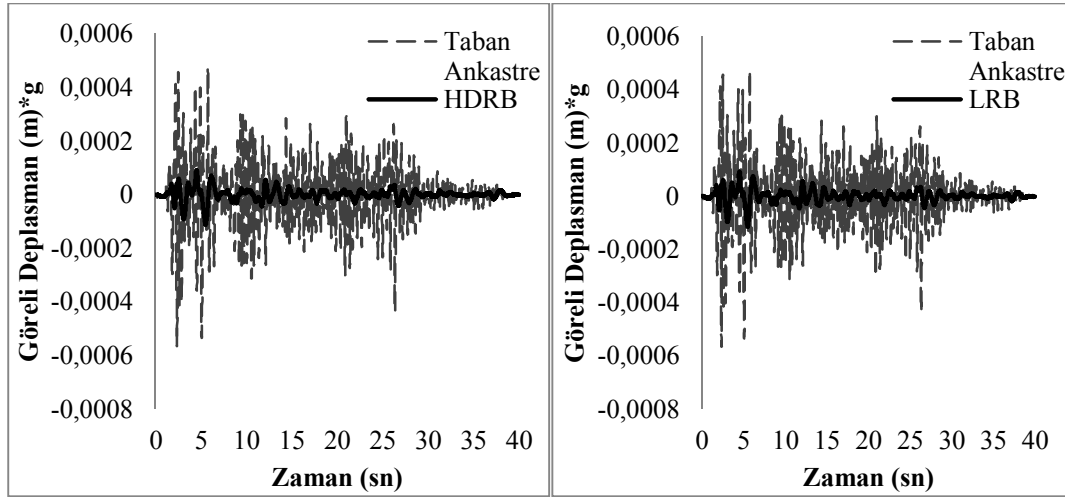
El Centro						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	11.735 kN	27.405 kNm	1.202 kN	2.003 kNm	1.203 kN	2.010 kNm
2	7.869 kN	13.403 kNm	0.831 kN	1.642 kNm	0.840 kN	1.656 kNm
3	3.477 kN	8.383 kNm	0.327 kN	0.910 kNm	0.332 kN	0.922 kNm



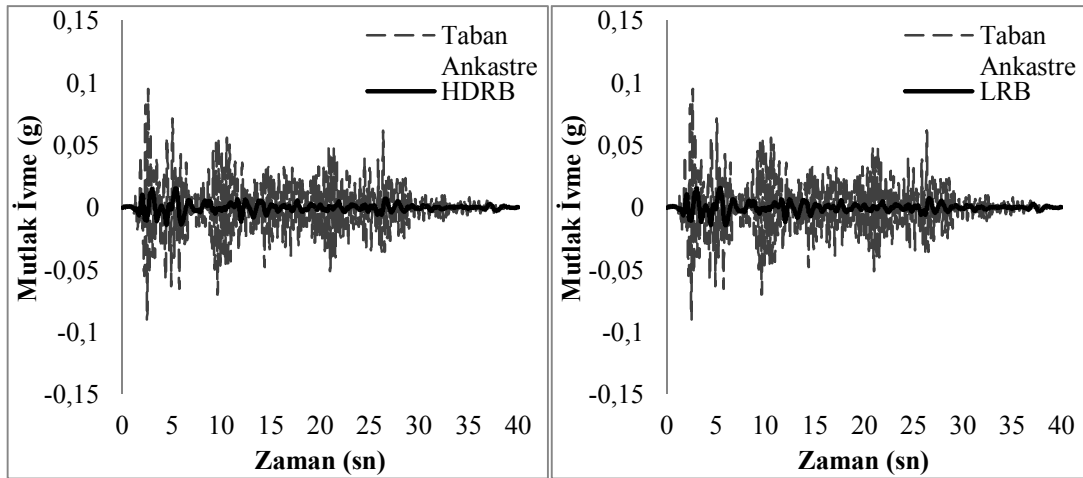
(a)

(b)

Şekil B1.10: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.11: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



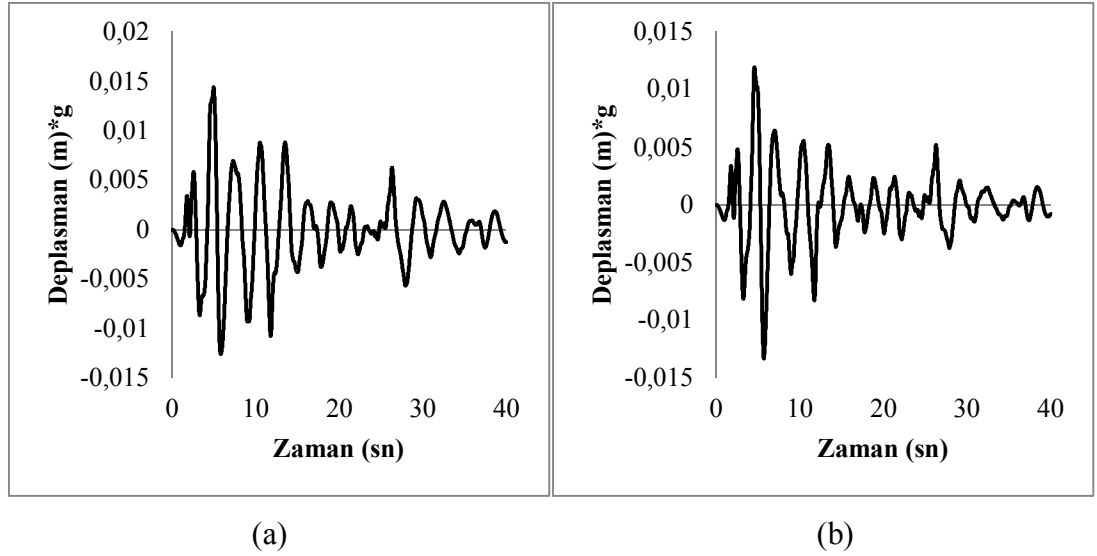
Şekil B1.12: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.6: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

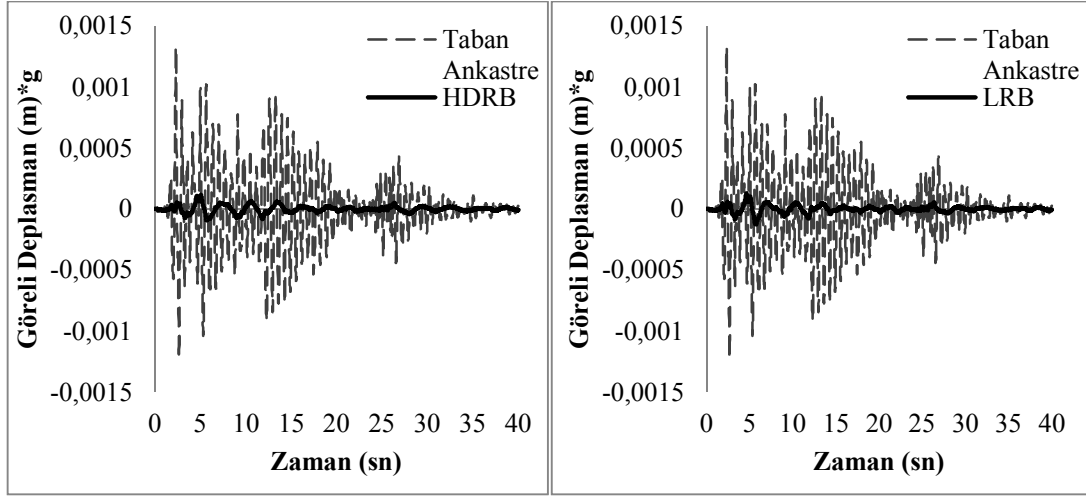
	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
Kat No:	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	14.778 kN	36.117 kNm	5.215 kN	8.728 kNm	2.428 kN	4.069 kNm
2	10.552 kN	17.244 kNm	3.643 kN	7.245 kNm	1.711 kN	3.423 kNm
3	5.066 kN	12.128 kNm	1.387 kN	3.972 kNm	0.636 kN	1.865 kNm

Çizelge B1.7: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

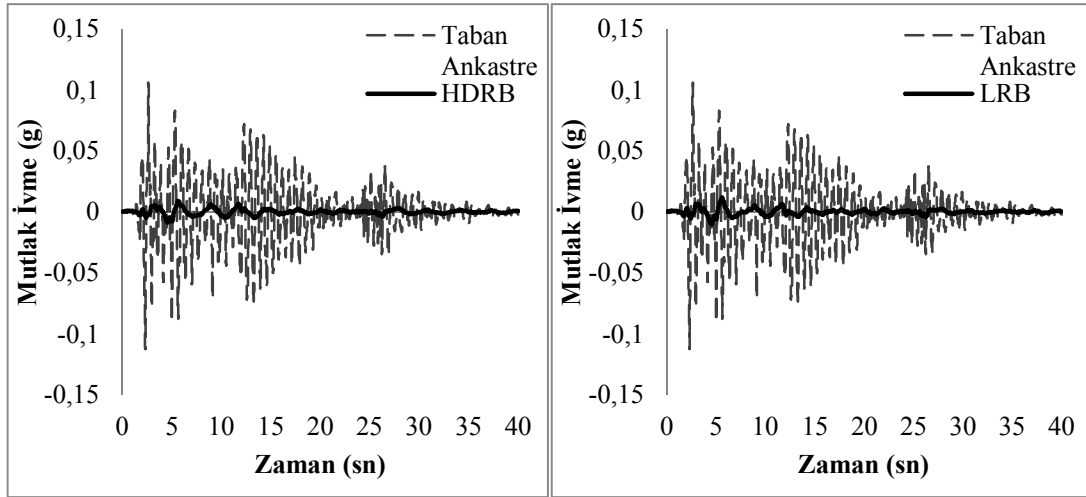
	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
Kat No:	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	17.621 kN	40.464 kNm	2.348 kN	3.925 kNm	2.416 kN	4.041 kNm
2	10.848 kN	19.132 kNm	1.636 kN	3.227 kNm	1.686 kN	3.325 kNm
3	5.471 kN	12.159 kNm	0.646 kN	1.795 kNm	0.666 kN	1.850 kNm



Şekil B1.13: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



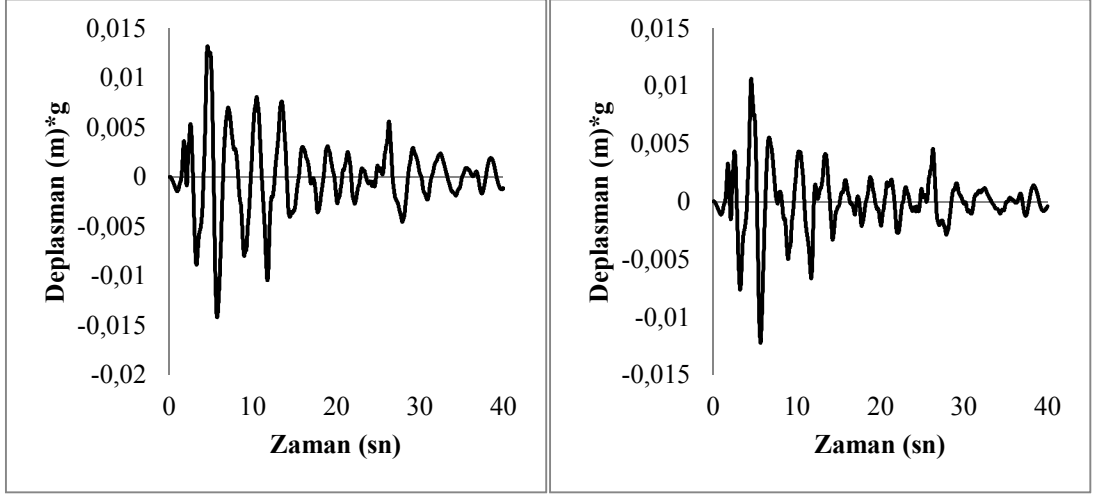
Şekil B1.14: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B1.15: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.8: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

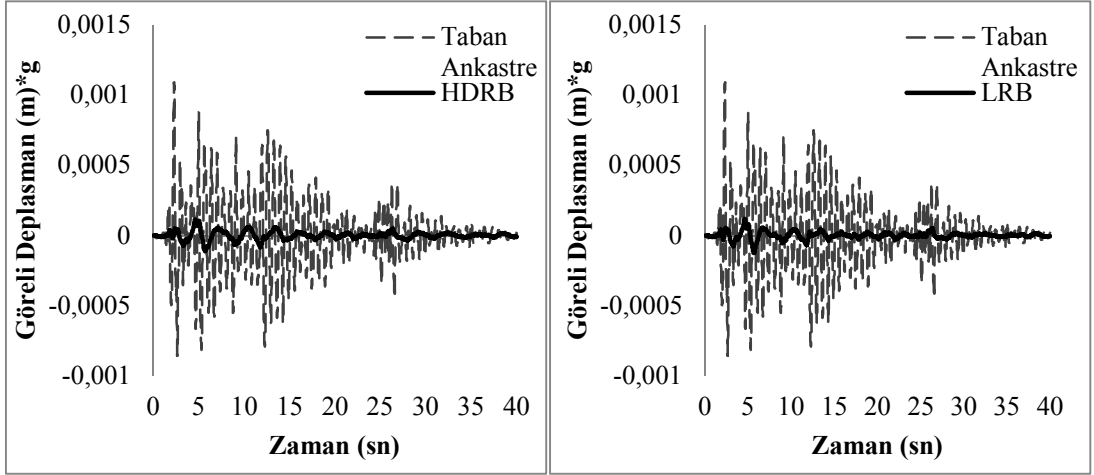
El Centro						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	36.766 kN	92.153 kNm	6.883 kN	12.253 kNm	3.961 kN	7.106 kNm
2	27.484 kN	43.672 kNm	5.736 kN	9.684 kNm	3.387 kN	5.652 kNm
3	23.383 kN	39.998 kNm	4.128 kN	8.258 kNm	2.474 kN	4.901 kNm
4	18.455 kN	37.778 kNm	2.803 kN	6.467 kNm	1.716 kN	3.875 kNm
5	7.876 kN	21.603 kNm	1.025 kN	3.232 kNm	0.649 kN	1.979 kNm



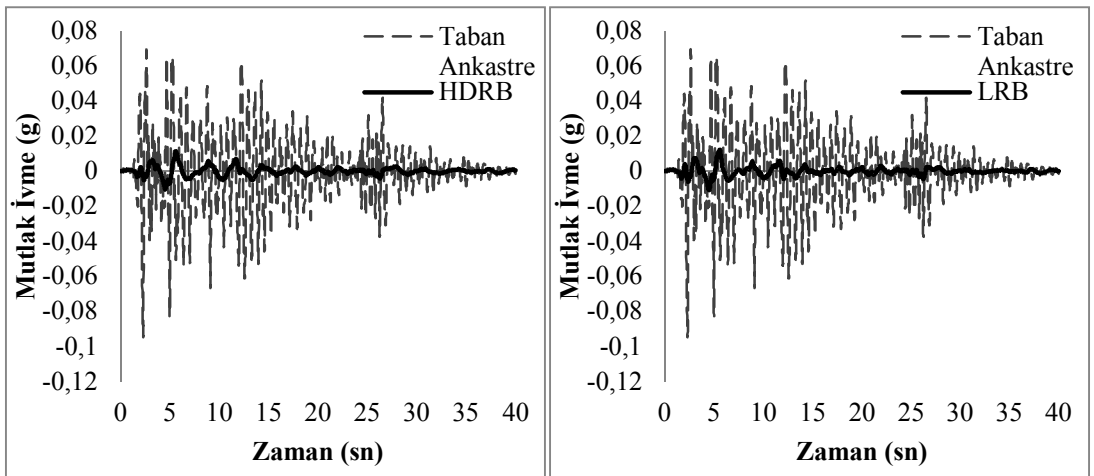
(a)

(b)

Şekil B1.16: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.17: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



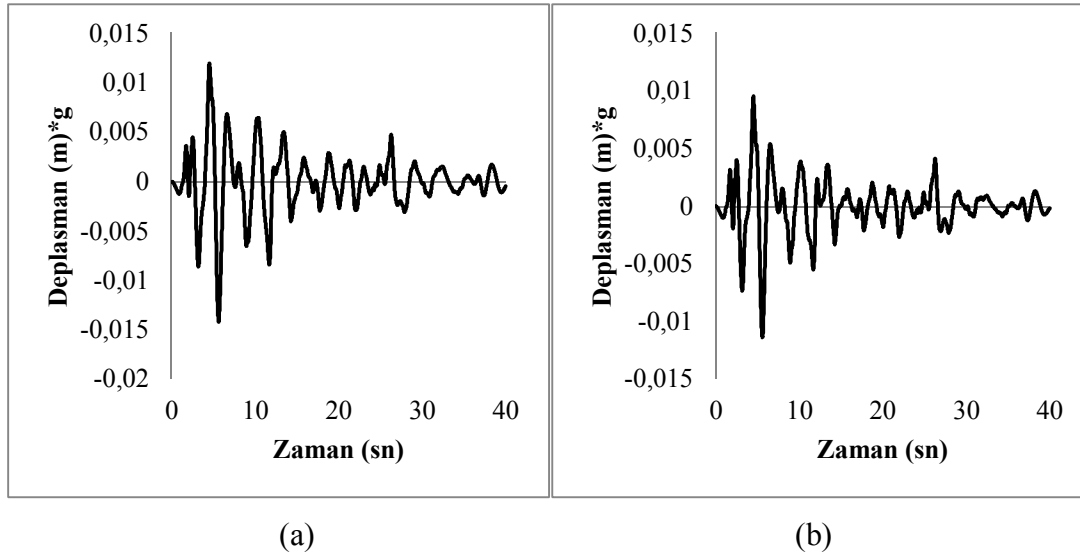
Şekil B1.18: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.9: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

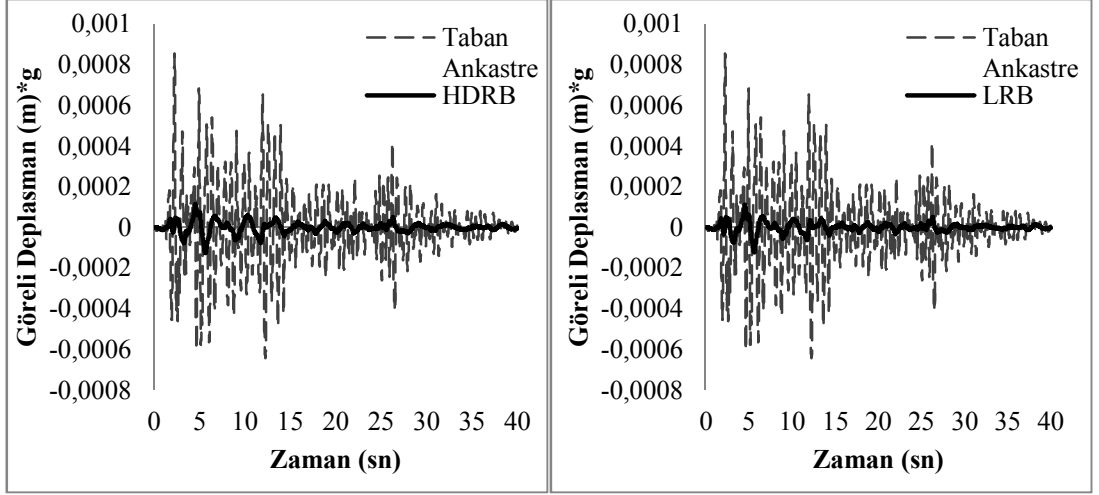
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	28.000 kN	70.330 kNm	6.676 kN	11.919 kNm	3.891 kN	6.974 kNm
2	21.153 kN	33.291 kNm	5.603 kN	9.426 kNm	3.310 kN	5.535 kNm
3	17.803 kN	30.683 kNm	4.055 kN	8.081 kNm	2.410 kN	4.785 kNm
4	14.021 kN	28.461 kNm	2.768 kN	6.367 kNm	1.651 kN	3.787 kNm
5	6.047 kN	16.487 kNm	1.017 kN	3.195 kNm	0.611 kN	1.907 kNm

Çizelge B1.10: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

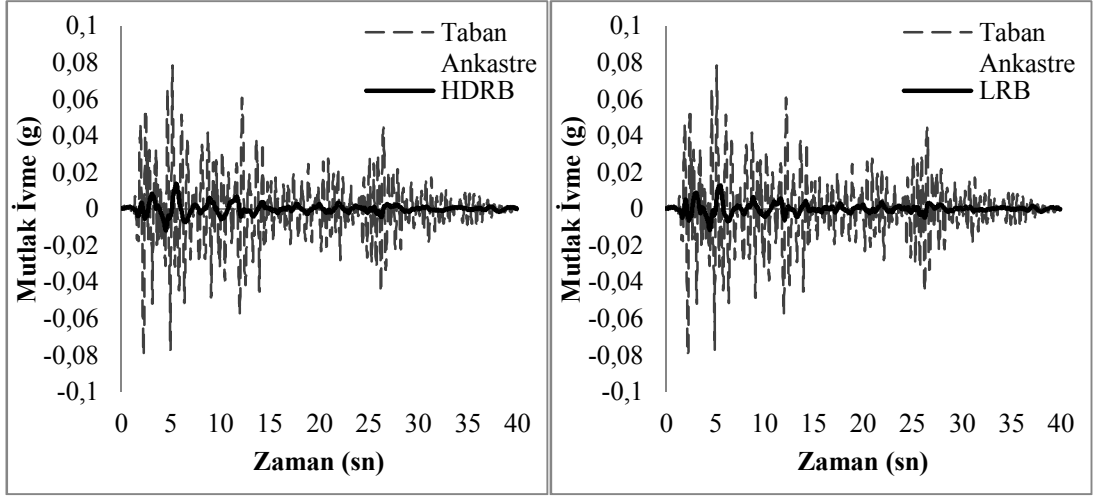
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	9.776 kN	23.860 kNm	0.812 kN	1.430 kNm	0.661	1.167 kNm
2	7.209 kN	11.811 kNm	0.661 kN	1.124 kNm	0.543	0.922 kNm
3	6.346 kN	10.874 kNm	0.478 kN	0.948 kNm	0.394	0.779 kNm
4	5.027 kN	10.009 kNm	0.325 kN	0.735 kNm	0.273	0.609 kNm
5	2.246 kN	5.838 kNm	0.133 kN	0.375 kNm	0.116	0.321 kNm



Şekil B1.19: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.20: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



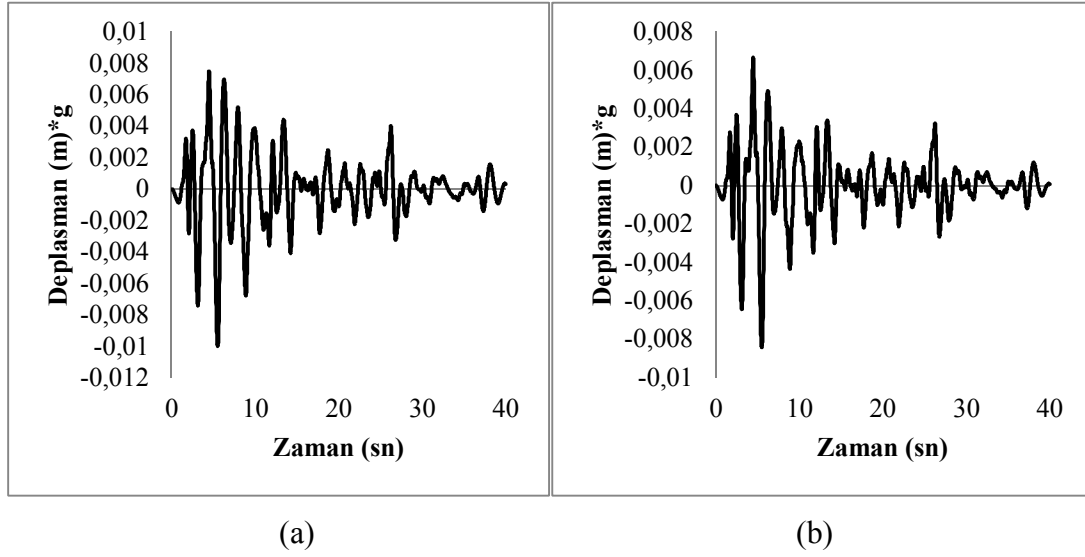
Şekil B1.21: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.11: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

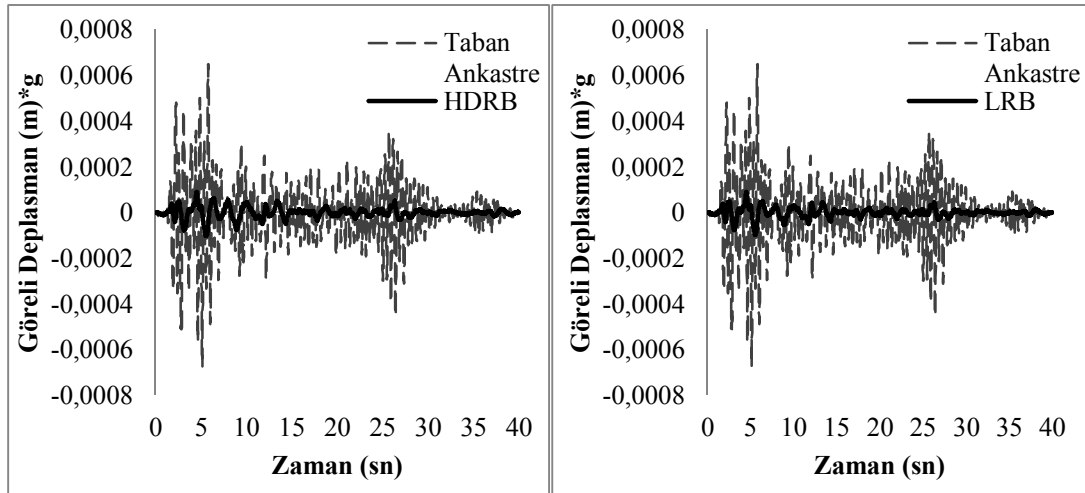
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	23.202 kN	58.808 kNm	6.941 kN	12.342 kNm	3.835 kN	6.862 kNm
2	17.939 kN	28.814 kNm	5.763 kN	9.749 kNm	3.236 kN	5.431 kNm
3	14.715 kN	26.517 kNm	4.150 kN	8.300 kNm	2.345 kN	4.669 kNm
4	10.675 kN	22.671 kNm	2.823 kN	6.519 kNm	1.606 kN	3.694 kNm
5	4.521 kN	12.360 kNm	1.031 kN	3.257 kNm	0.590 kN	1.856 kNm

Çizelge B1.12: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

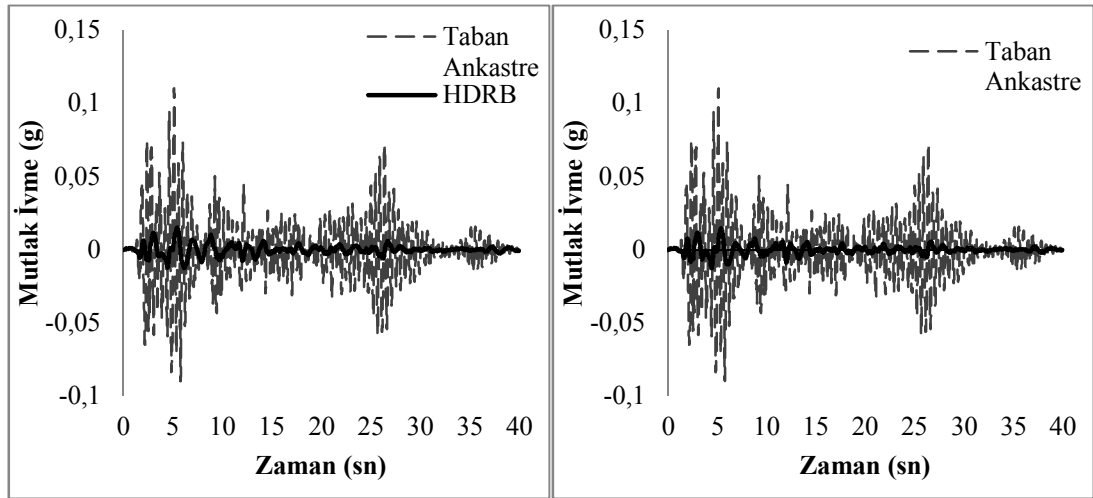
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	15,775 kN	38,536 kNm	1,866 kN	3,292 kNm	1,465 kN	2,581 kNm
2	12,264 kN	20,384 kNm	1,533 kN	2,594 kNm	1,201 kN	2,038 kNm
3	11,146 kN	18,761 kNm	1,119 kN	2,203 kNm	0,872 kN	1,721 kNm
4	8,984 kN	17,764 kNm	0,774 kN	1,732 kNm	0,602 kN	1,346 kNm
5	3,967 kN	10,472 kNm	0,306 kN	0,900 kNm	0,239 kN	0,699 kNm



Şekil B1.22: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.23: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



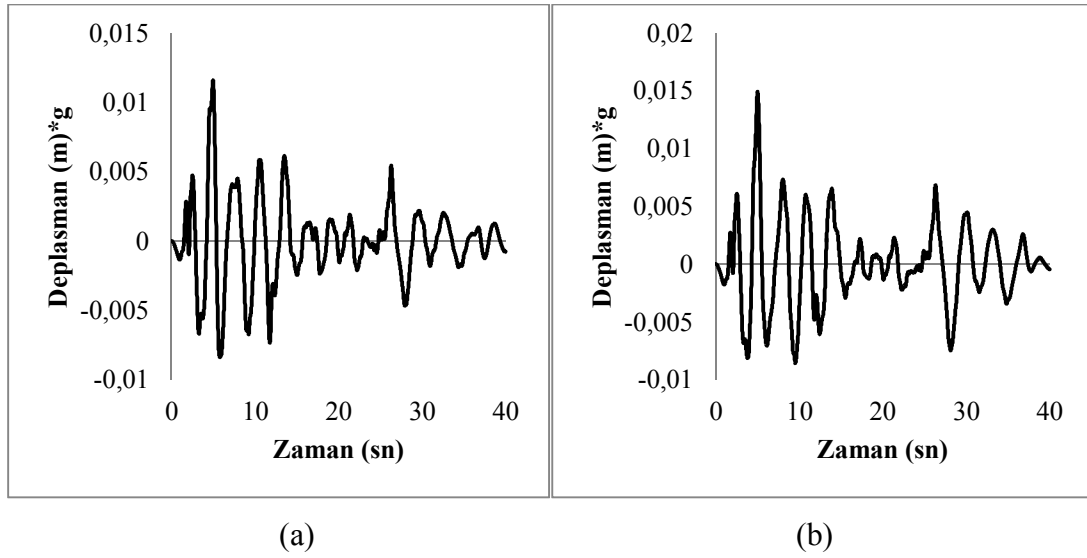
Şekil B1.24: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.13: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

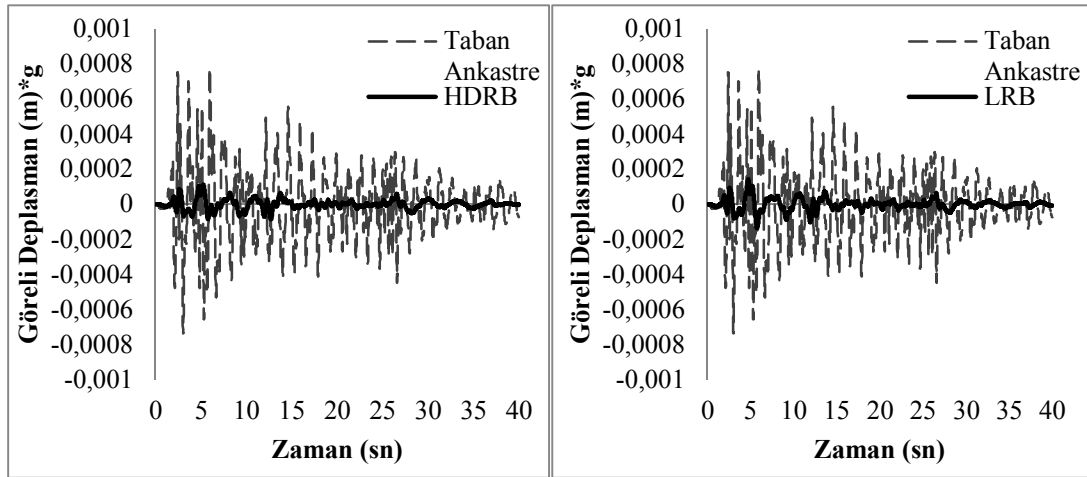
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	20.036 kN	50.380 kNm	7.030 kN	12.470 kNm	3.188 kN	5.678 kNm
2	14.582 kN	22.596 kNm	5.807 kN	9.826 kNm	2.660 kN	4.505 kNm
3	11.097 kN	20.204 kNm	4.181 kN	8.346 kNm	1.905 kN	3.833 kNm
4	7.954 kN	17.440 kNm	2.847 kN	6.532 kNm	1.285 kN	2.985 kNm
5	3.293 kN	9.458 kNm	1.053 kN	3.284 kNm	0.466 kN	1.482 kNm

Çizelge B1.14: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

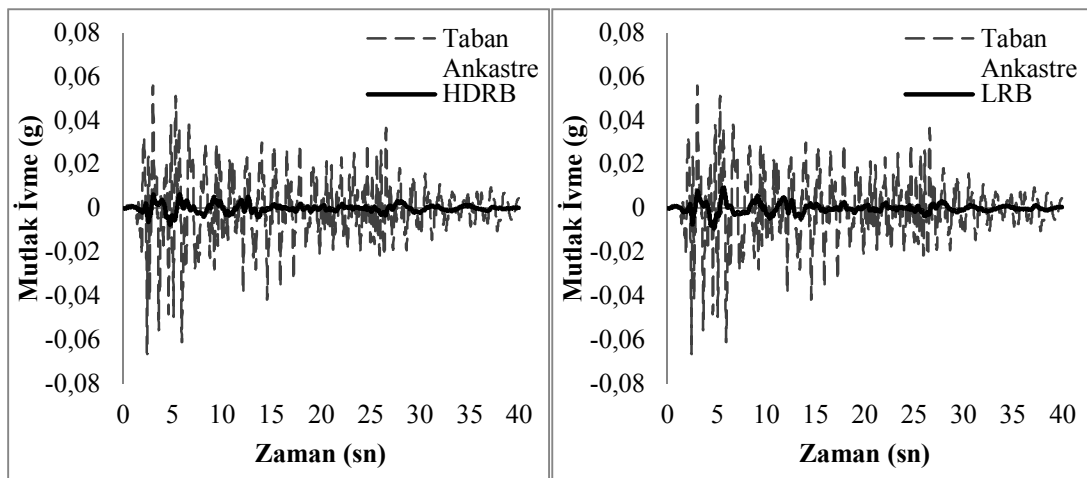
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	21.880 kN	53.556 kNm	3.616 kN	6.411 kNm	2.876 kN	5.012 kNm
2	16.454 kN	25.895 kNm	3.023 kN	5.064 kNm	2.299 kN	3.937 kNm
3	14.021 kN	24.450 kNm	2.239 kN	4.363 kNm	1.674 kN	3.299 kNm
4	11.954 kN	22.572 kNm	1.560 kN	3.469 kNm	1.165 kN	2.579 kNm
5	6.294 kN	14.896 kNm	0.617 kN	1.810 kNm	0.472 kN	1.362 kNm



Şekil B1.25: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



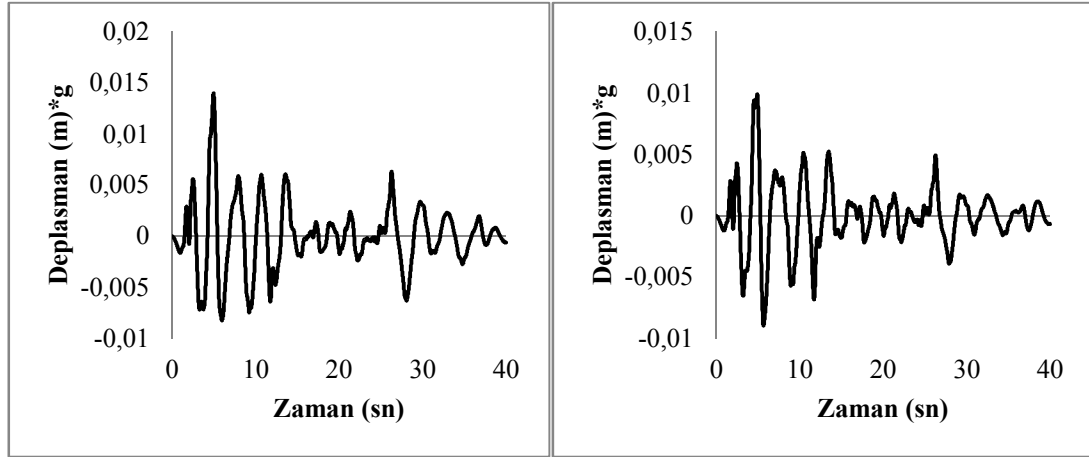
Şekil B1.26: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B1.27: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.15: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

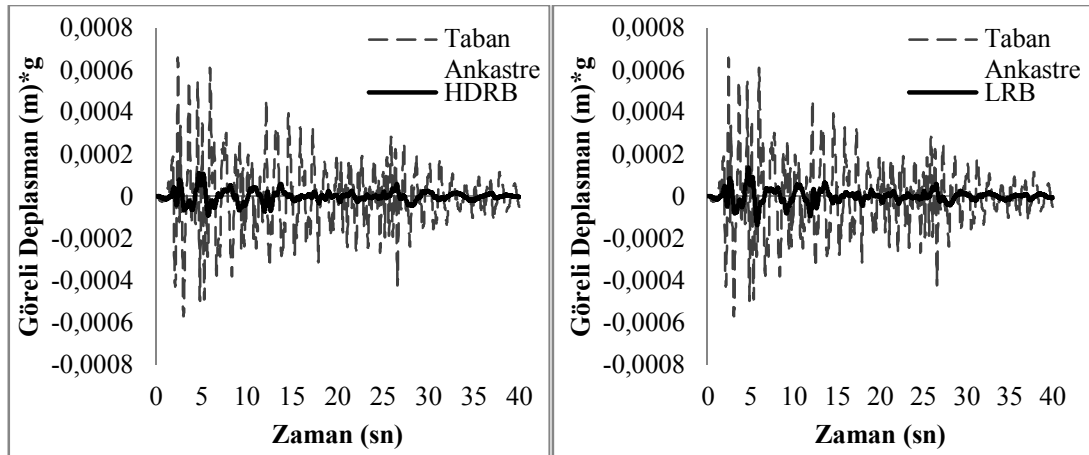
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	65.647 kN	169.530 kNm	13.862 kN	26.042 kNm	5.384 kN	9.937 kNm
2	51.842 kN	89.898 kNm	13.110 kN	19.871 kNm	4.900 kN	7.619 kNm
3	47.712 kN	72.939 kNm	11.302 kN	18.569 kNm	4.329 kN	6.988 kNm
4	42.904 kN	70.631 kNm	10.011 kN	17.014 kNm	3.979 kN	6.563 kNm
5	39.733 kN	65.115 kNm	8.644 kN	15.167 kNm	3.572 kN	6.054 kNm
6	36.139 kN	61.166 kNm	7.263 kN	13.232 kNm	3.148 kN	5.483 kNm
7	31.290 kN	56.469 kNm	5.833 kN	11.227 kNm	2.692 kN	4.910 kNm
8	25.253 kN	47.391 kNm	4.320 kN	9.040 kNm	2.106 kN	4.205 kNm
9	18.455 kN	40.993 kNm	2.857 kN	6.945 kNm	1.458 kN	3.390 kNm
10	5.966 kN	19.487 kNm	0.675 kN	2.809 kNm	0.413 kN	1.493 kNm



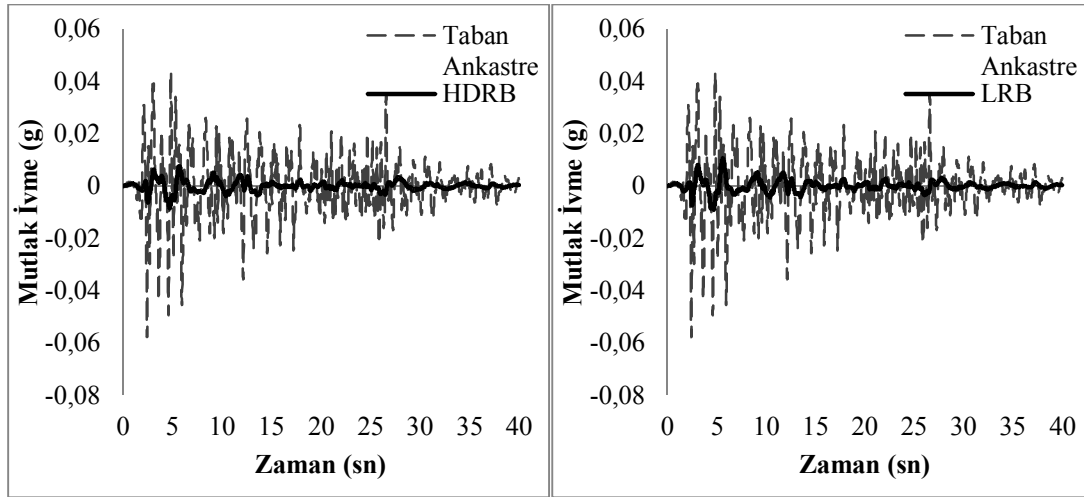
(a)

(b)

Şekil B1.28: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.29: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



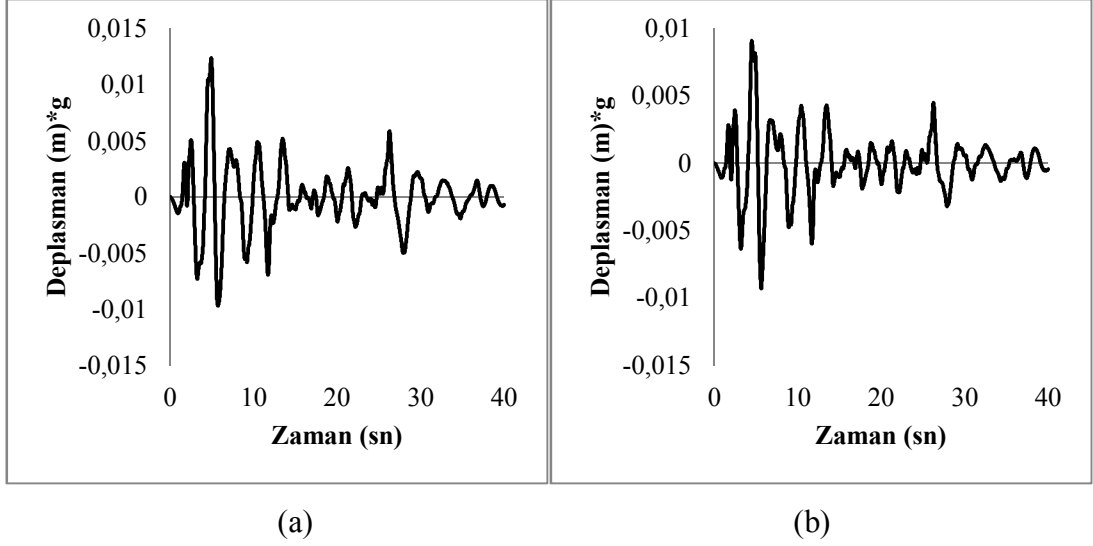
Şekil B1.30: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.16 %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

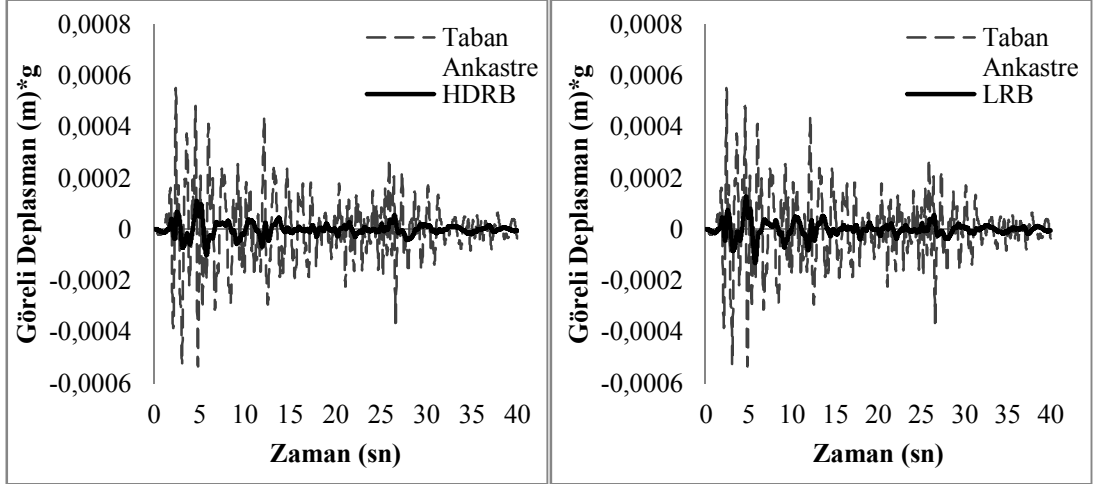
El Centro						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	52.065 kN	135.226 kNm	12.477 kN	23.440 kNm	4.868 kN	9.307 kNm
2	41.123 kN	71.674 kNm	11.775 kN	17.838 kNm	4.861 kN	7.628 kNm
3	37.807 kN	59.847 kNm	10.119 kN	16.659 kNm	4.364 kN	6.963 kNm
4	37.046 kN	56.904 kNm	8.948 kN	15.234 kNm	4.051 kN	6.609 kNm
5	35.045 kN	56.979 kNm	7.710 kN	13.560 kNm	3.640 kN	6.134 kNm
6	31.344 kN	53.741 kNm	6.461 kN	11.808 kNm	3.157 kN	5.568 kNm
7	26.756 kN	48.841 kNm	5.172 kN	9.993 kNm	2.607 kN	4.884 kNm
8	20.802 kN	41.555 kNm	3.815 kN	8.027 kNm	2.006 kN	4.054 kNm
9	14.497 kN	33.344 kNm	2.515 kN	6.150 kNm	1.372 kN	3.230 kNm
10	4.674 kN	15.171 kNm	0.570 kN	2.454 kNm	0.369 kN	1.387 kNm

Çizelge B1.17: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

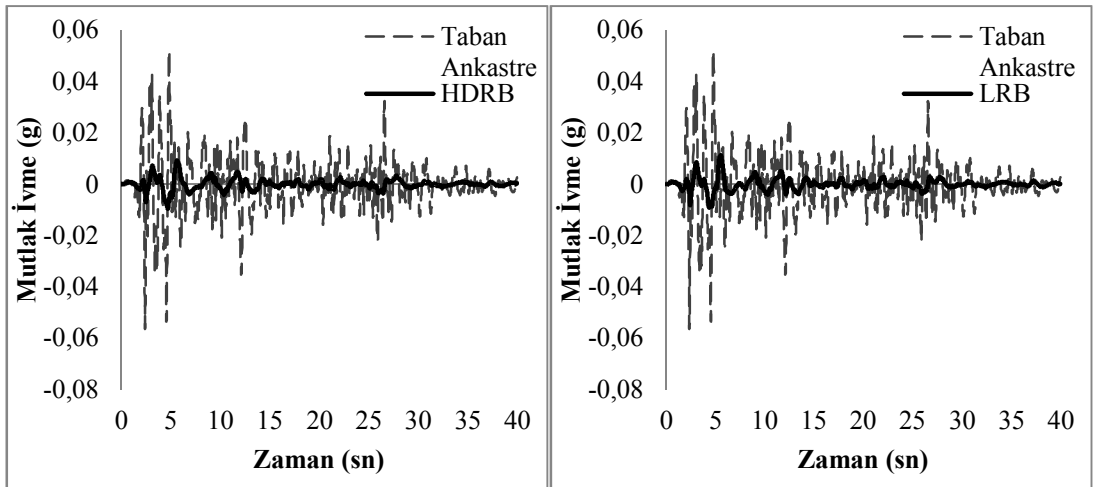
El Centro						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	8.427 kN	20.967 kNm	0.821 kN	1.574 kNm	0.879 kN	1.640 kNm
2	6.494 kN	10.580 kNm	0.845 kN	1.354 kNm	0.847 kN	1.343 kNm
3	5.766 kN	9.250 kNm	0.800 kN	1.223 kNm	0.797 kN	1.219 kNm
4	5.010 kN	8.664 kNm	0.762 kN	1.213 kNm	0.767 kN	1.212 kNm
5	4.075 kN	7.450 kNm	0.701 kN	1.160 kNm	0.714 kN	1.173 kNm
6	4.047 kN	6.251 kNm	0.624 kN	1.077 kNm	0.634 kN	1.095 kNm
7	3.984 kN	6.740 kNm	0.525 kN	0.965 kNm	0.530 kN	0.976 kNm
8	3.257 kN	6.438 kNm	0.401 kN	0.804 kNm	0.405 kN	0.813 kNm
9	2.521 kN	4.8170 kNm	0.273 kN	0.627 kNm	0.277 kN	0.635 kNm
10	1.385 kN	3.231 kNm	0.087 kN	0.287 kNm	0.090 kN	0.294 kNm



Şekil B1.31: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.32: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



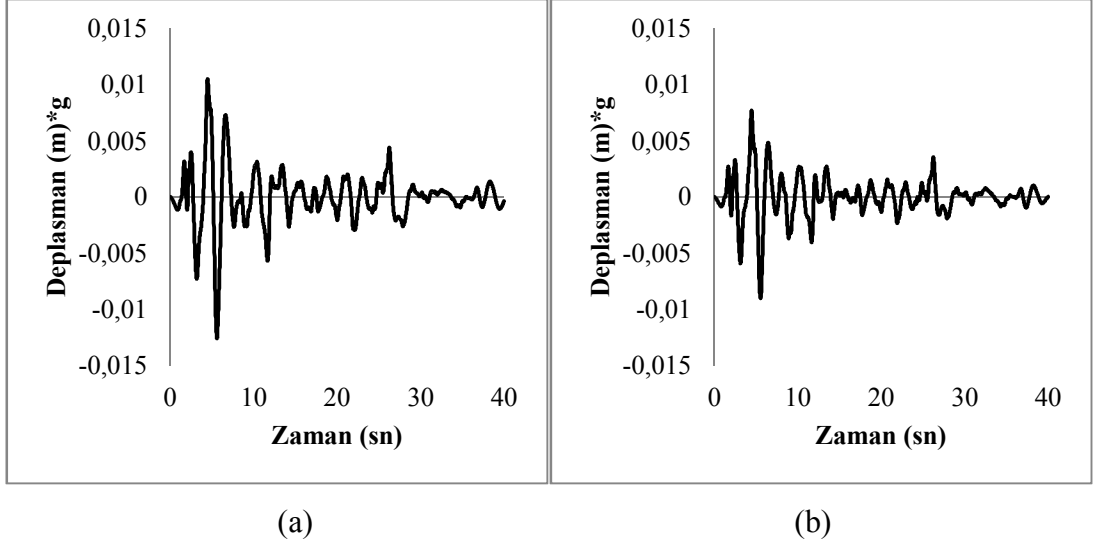
Şekil B1.33: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B1.18: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

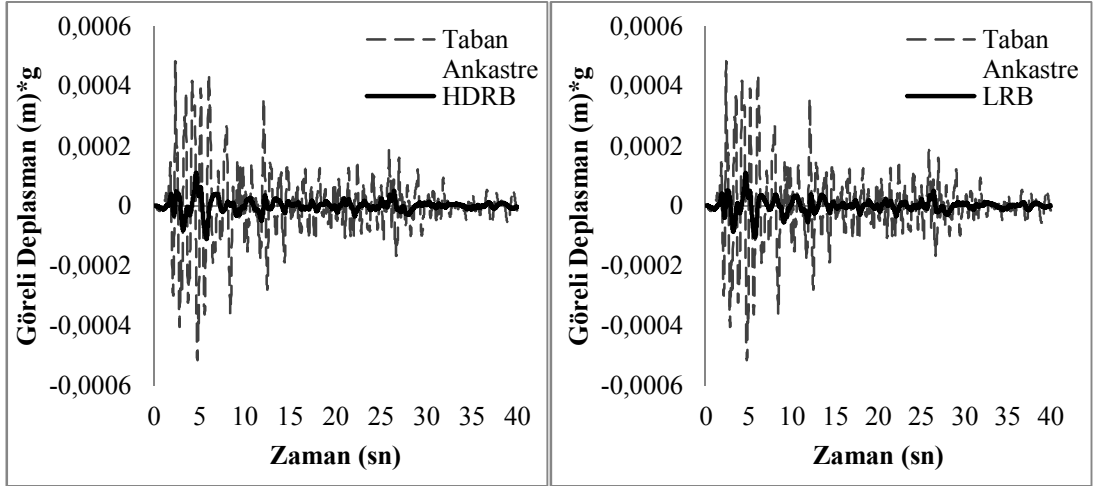
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	43.898 kN	113.657 kNm	11.334 kN	21.294 kNm	4.905 kN	9.380 kNm
2	34.784 kN	60.771 kNm	10.665 kN	16.105 kNm	4.862 kN	7.629 kNm
3	32.733 kN	51.016 kNm	9.106 kN	15.078 kNm	4.352 kN	6.890 kNm
4	31.517 kN	49.077 kNm	8.007 kN	13.712 kNm	3.983 kN	6.537 kNm
5	29.506 kN	48.475 kNm	6.863 kN	12.140 kNm	3.535 kN	6.026 kNm
6	25.990 kN	45.152 kNm	5.719 kN	10.521 kNm	3.033 kN	5.407 kNm
7	21.738 kN	40.194 kNm	4.553 kN	8.854 kNm	2.477 kN	4.689 kNm
8	16.638 kN	33.686 kNm	3.334 kN	7.071 kNm	1.860 kN	3.846 kNm
9	11.277 kN	26.619 kNm	2.184 kN	5.393 kNm	1.249 kN	3.002 kNm
10	3.210 kN	11.487 kNm	0.469 kN	2.107 kNm	0.320 kN	1.253 kNm

Çizelge B1.19: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

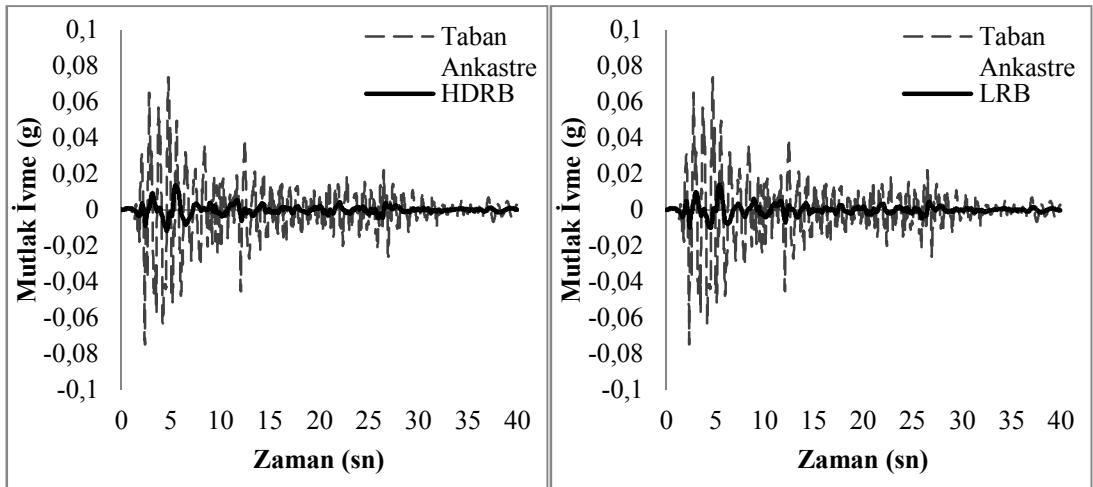
Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	13.851 kN	34.826 kNm	1.728 kN	3.318 kNm	1.765 kN	3.299 kNm
2	10.981 kN	18.595 kNm	1.781 kN	2.852 kNm	1.720 kN	2.734 kNm
3	10.170 kN	15.961 kNm	1.683 kN	2.577 kNm	1.620 kN	2.479 kNm
4	8.905 kN	15.238 kNm	1.605 kN	2.556 kNm	1.558 kN	2.466 kNm
5	7.571 kN	13.325 kNm	1.477 kN	2.449 kNm	1.440 kN	2.377 kNm
6	6.469 kN	11.649 kNm	1.304 kN	2.272 kNm	1.273 kN	2.208 kNm
7	6.005 kN	9.992 kNm	1.079 kN	2.008 kNm	1.062 kN	1.957 kNm
8	5.053 kN	9.709 kNm	0.808 kN	1.647 kNm	0.817 kN	1.630 kNm
9	4.103 kN	8.256 kNm	0.534 kN	1.252 kNm	0.568 kN	1.290 kNm
10	2.465 kN	5.460 kNm	0.168 kN	0.559 kNm	0.185 kN	0.604 kNm



Şekil B1.34: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B1.35: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B1.36: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

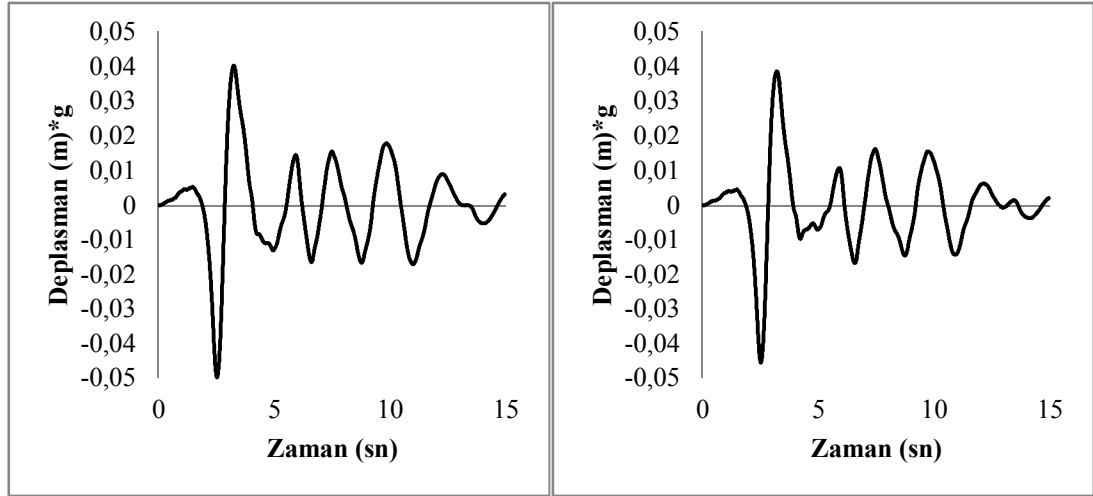
Çizelge B1.20: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	38.237 kN	97.100 kNm	9.436 kN	17.692 kNm	4.936 kN	9.271 kNm
2	29.965 kN	50.849 kNm	8.852 kN	13.337 kNm	4.694 kN	7.140 kNm
3	27.342 kN	42.324 kNm	7.561 kN	12.509 kNm	4.067 kN	6.661 kNm
4	25.417 kN	40.500 kNm	6.740 kN	11.384 kNm	3.603 kN	6.118 kNm
5	23.524 kN	38.750 kNm	5.843 kN	10.226 kNm	3.104 kN	5.451 kNm
6	20.792 kN	36.185 kNm	4.914 kN	8.968 kNm	2.597 kN	4.743 kNm
7	17.177 kN	32.137 kNm	3.937 kN	7.618 kNm	2.083 kN	4.009 kNm
8	13.077 kN	26.516 kNm	2.896 kN	6.117 kNm	1.556 kN	3.240 kNm
9	9.098 kN	20.959 kNm	1.898 kN	4.671 kNm	1.026 kN	2.499 kNm
10	2.801 kN	9.481 kNm	0.436 kN	1.838 kNm	0.243 kN	1.007 kNm

Çizelge B1.21: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	18.262 kN	44.974 kNm	3.297 kN	6.347 kNm	3.303 kN	6.048 kNm
2	14.174 kN	24.390 kNm	3.416 kN	5.490 kNm	3.157 kN	4.980 kNm
3	13.460 kN	20.757 kNm	3.250 kN	4.959 kNm	2.933 kN	4.526 kNm
4	12.029 kN	19.979 kNm	3.107 kN	4.942 kNm	2.814 kN	4.447 kNm
5	10.842 kN	18.082 kNm	2.861 kN	4.740 kNm	2.614 kN	4.295 kNm
6	9.826 kN	16.993 kNm	2.525 kN	4.393 kNm	2.327 kN	4.007 kNm
7	8.581 kN	15.315 kNm	2.095 kN	3.880 kNm	1.979 kN	3.587 kNm
8	7.384 kN	13.222 kNm	1.610 kN	3.211 kNm	1.571 kN	3.065 kNm
9	6.166 kN	12.163 kNm	1.119 kN	2.539 kNm	1.112 kN	2.498 kNm
10	3.614 kN	7.666 kNm	0.368 kN	1.189 kNm	0.371 kN	1.186 kNm

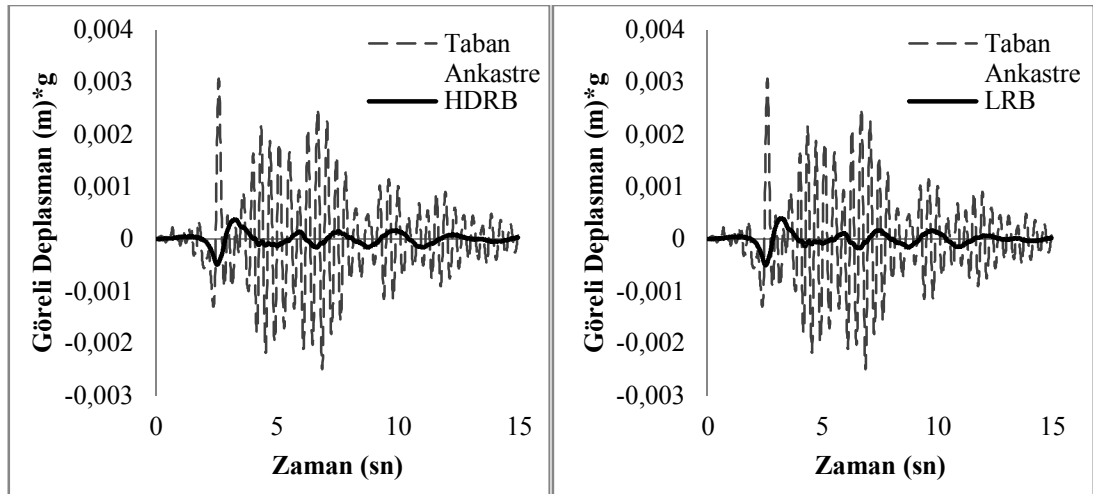
Ek B2 Yapıların Northridge Depremi Etkisinde Kıyaslanması



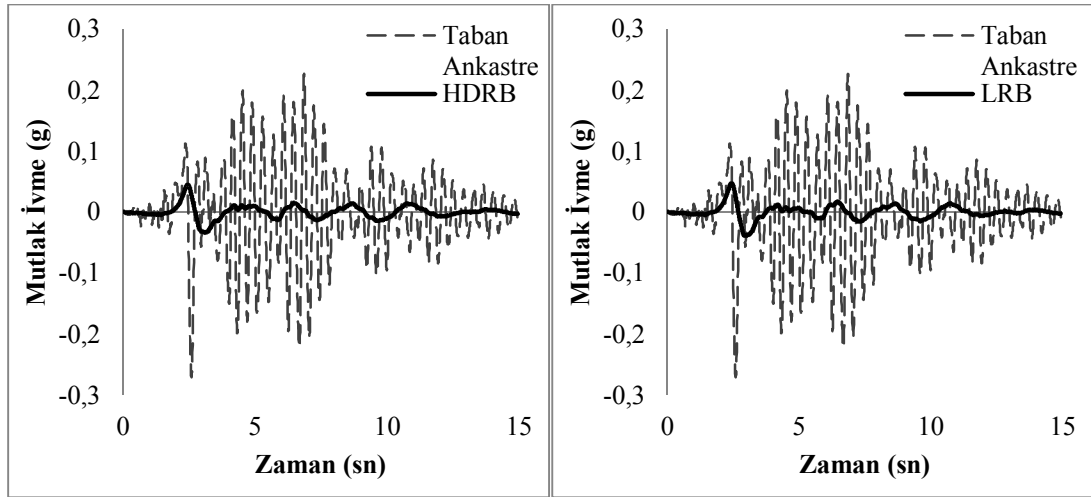
(a)

(b)

Şekil B2.1: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



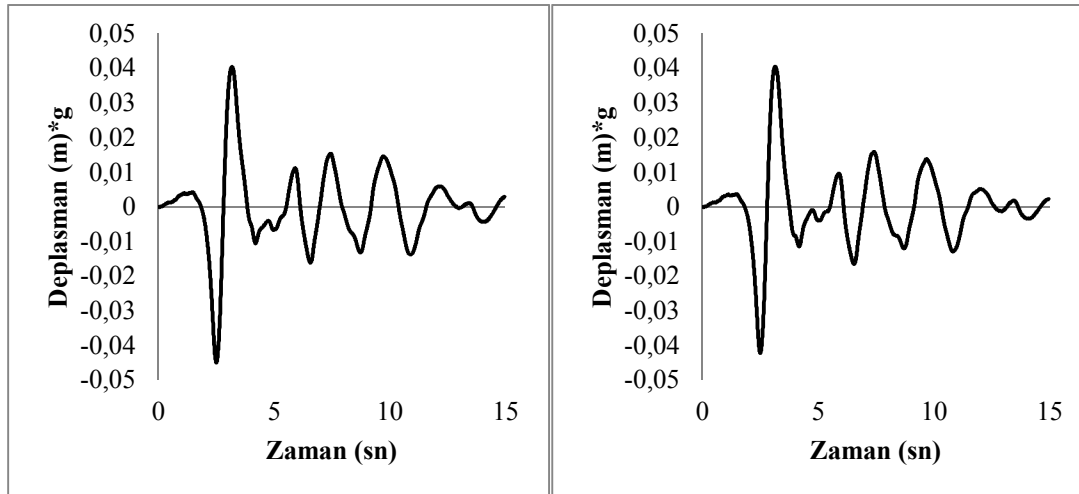
Şekil B2.2: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B2.3: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.1: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

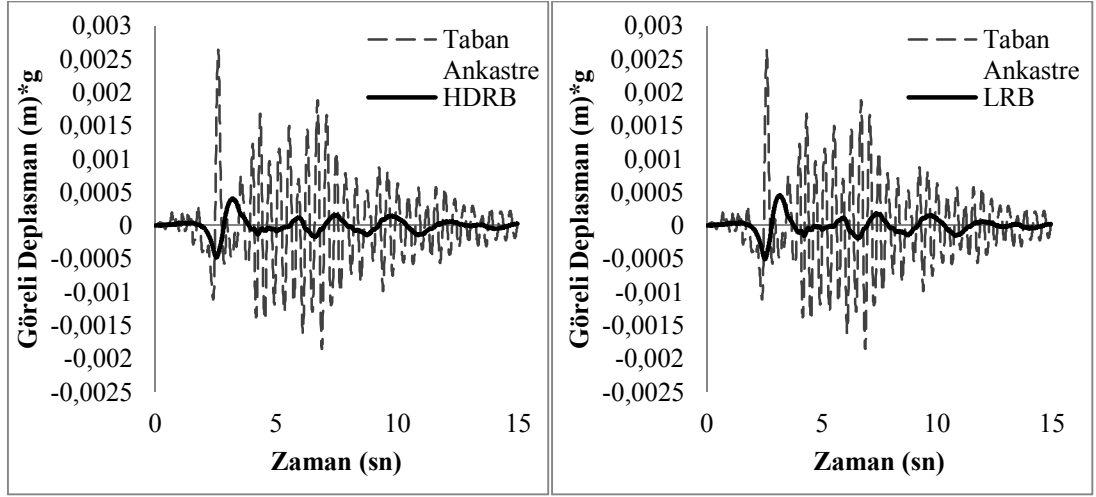
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	72.980 kN	173.420 kNm	10.585 kN	17.788 kNm	10.789 kN	18.143 kNm
2	47.589 kN	80.907 kNm	7.526 kN	14.912 kNm	7.696 kN	15.227 kNm
3	21.467 kN	43.454 kNm	2.874 kN	8.227 kNm	2.948 kN	8.421 kNm



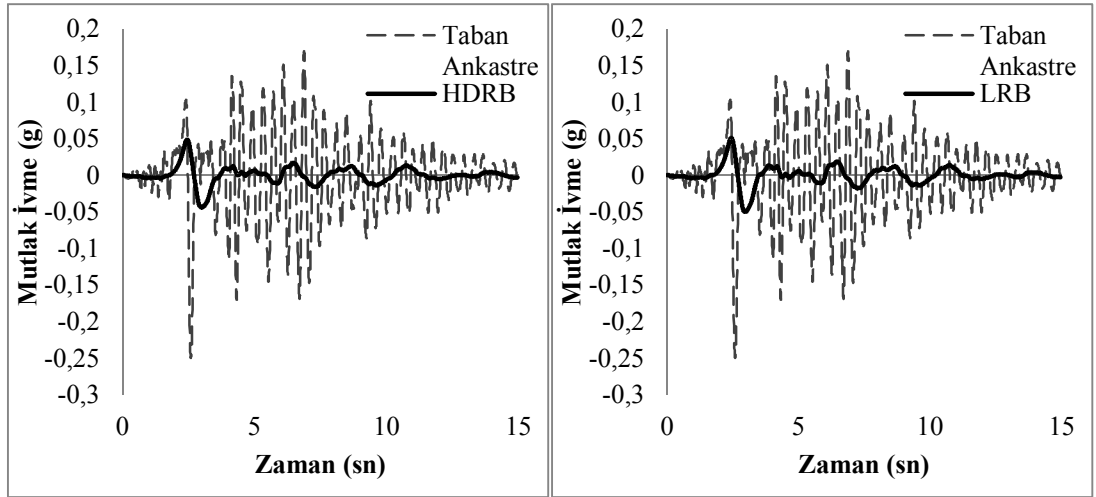
(a)

(b)

Şekil B2.4: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.5: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



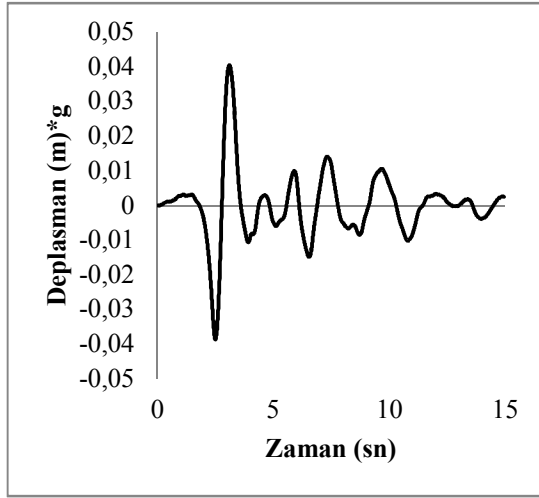
Şekil B2.6: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.2: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

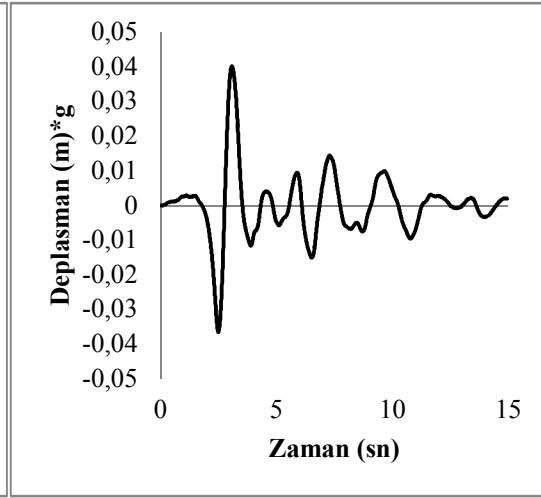
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	63.600 kN	151.080 kNm	10.326 kN	17.354 kNm	10.789 kN	18.141 kNm
2	40.965 kN	70.040 kNm	7.345 kN	14.559 kNm	7.692 kN	15.232 kNm
3	17.982 kN	45.237 kNm	2.799 kN	8.029 kNm	2.936 kN	8.412 kNm

Çizelge B2.3: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	14.485 kN	34.756 kNm	1.652 kN	2.752 kNm	1.763 kN	2.938 kNm
2	10.839 kN	17.379 kNm	1.131 kN	2.250 kNm	1.209 kN	2.402 kNm
3	5.804 kN	13.089 kNm	0.439 kN	1.233 kNm	0.471 kN	1.320 kNm

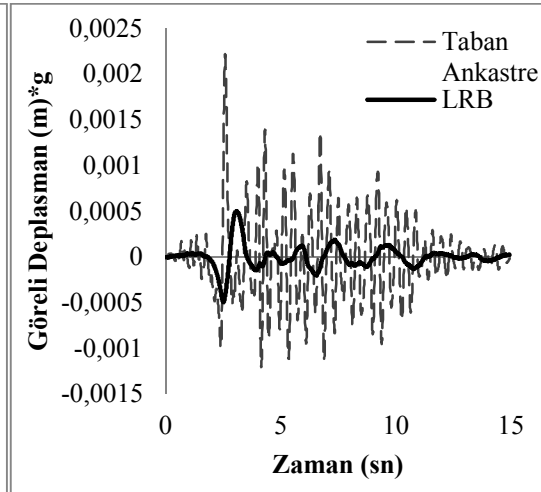
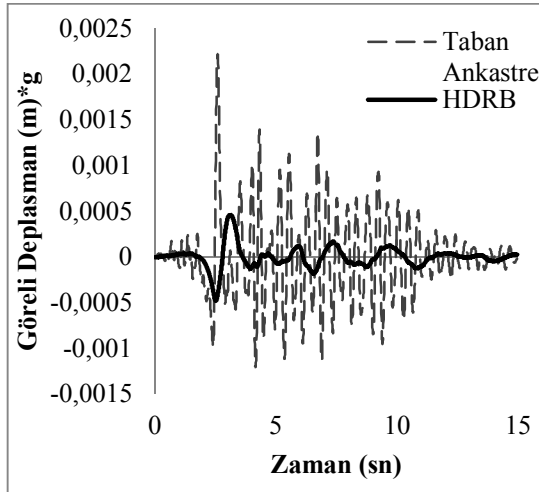


(a)

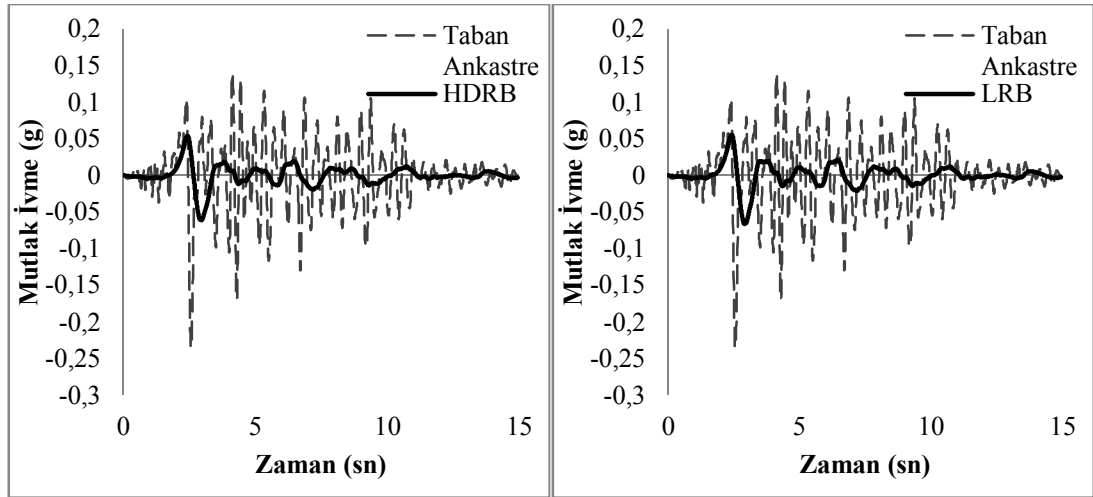


(b)

Şekil B2.7: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.8: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



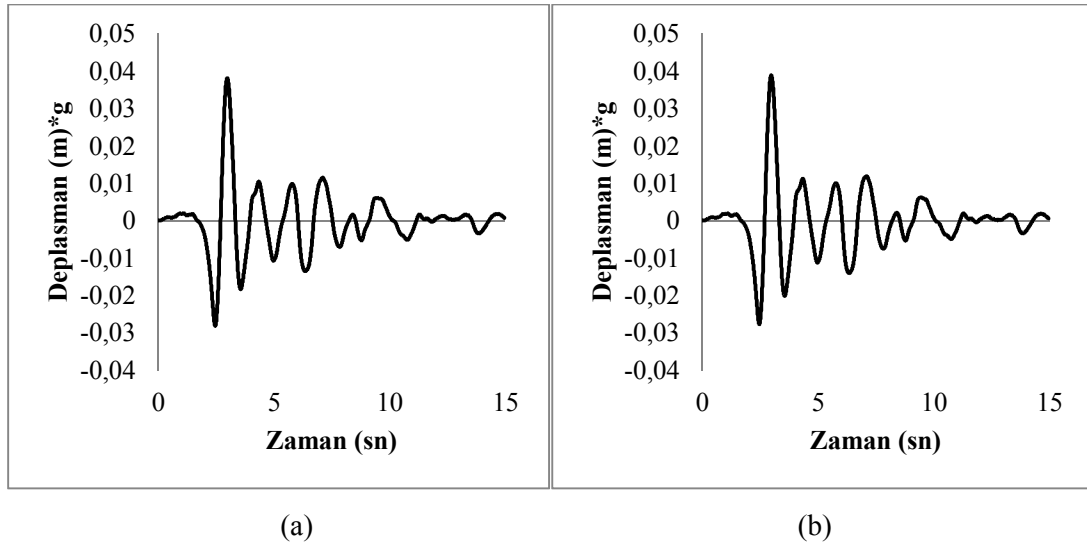
Şekil B2.9: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.4: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi dik doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

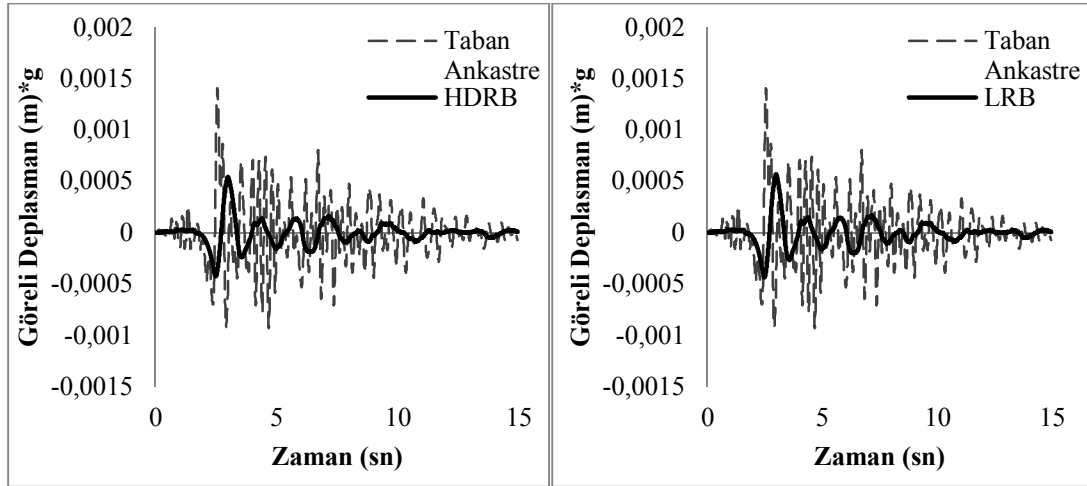
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	53.707 kN	127.662 kNm	10.399 kN	17.331 kNm	11.280 kN	18.816 kNm
2	34.263 kN	58.809 kNm	7.264 kN	14.410 kNm	7.750 kN	15.569 kNm
3	14.766 kN	37.589 kNm	2.758 kN	7.935 kNm	2.877 kN	8.400 kNm

Çizelge B2.5: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

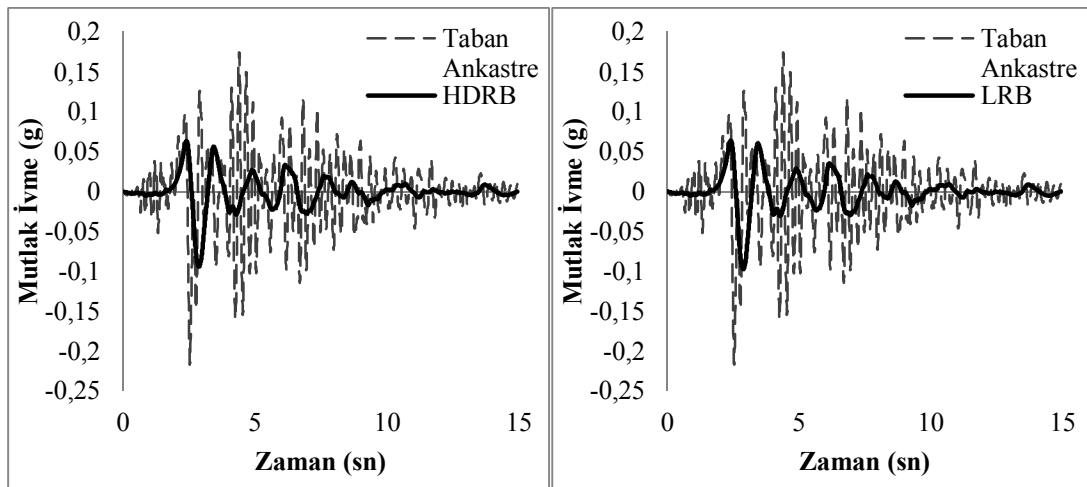
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	25.683 kN	61.606 kNm	3.681 kN	6.124 kNm	3.862 kN	6.385 kNm
2	19.098 kN	30.771 kNm	2.509 kN	4.997 kNm	2.576 kN	5.161 kNm
3	10.069 kN	22.883 kNm	0.971 kN	2.735 kNm	0.990 kN	2.798 kNm



Şekil B2.10: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.11: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



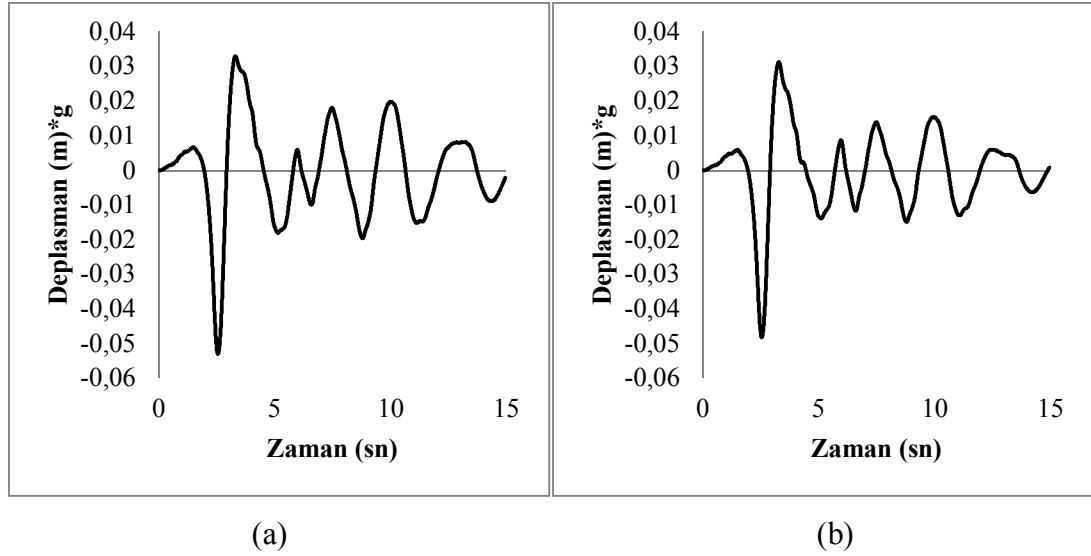
Şekil B2.12: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.6: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

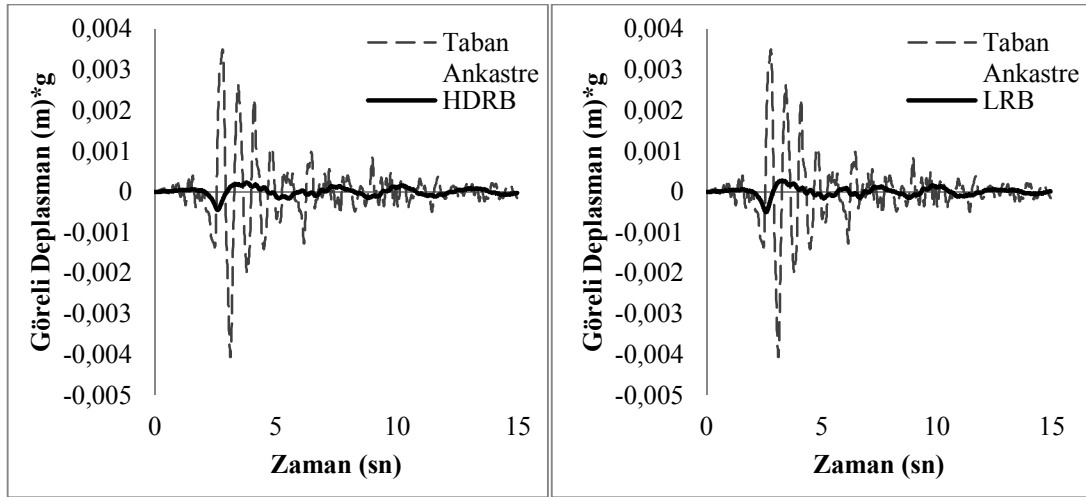
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	34.521 kN	81.885 kNm	12.133 kN	20.306 kNm	12.727 kN	21.301 kNm
2	21.543 kN	37.181 kNm	8.463 kN	16.869 kNm	8.877 kN	17.697 kNm
3	9.481 kN	23.911 kNm	3.203 kN	9.221 kNm	3.360 kN	9.673 kNm

Çizelge B2.7: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

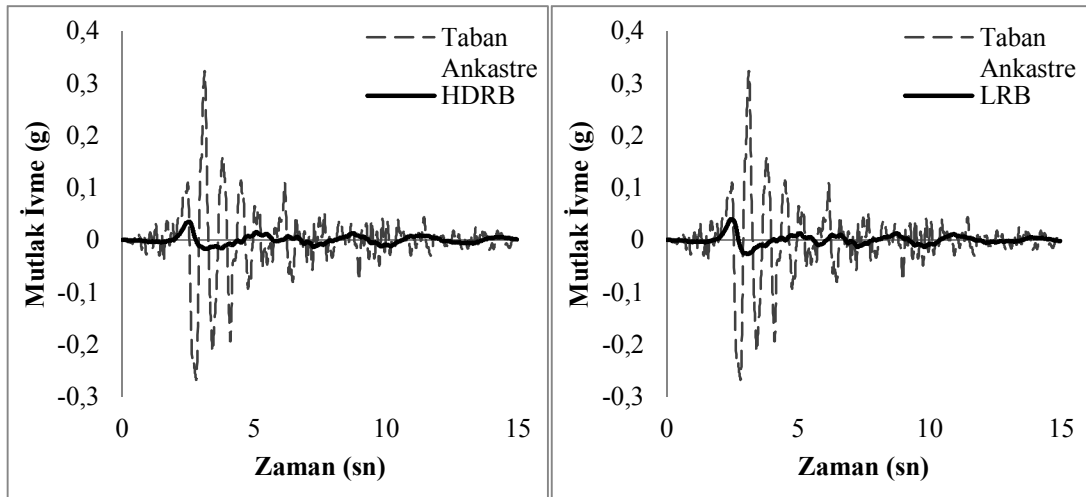
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	43.258 kN	102.096 kNm	7.900 kN	13.112 kNm	8.356 kN	13.873 kNm
2	29.471 kN	49.350 kNm	5.323 kN	10.650 kNm	5.638 kN	11.275 kNm
3	14.115 kN	33.697 kNm	2.038 kN	5.778 kNm	2.160 kN	6.121 kNm



Şekil B2.13: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



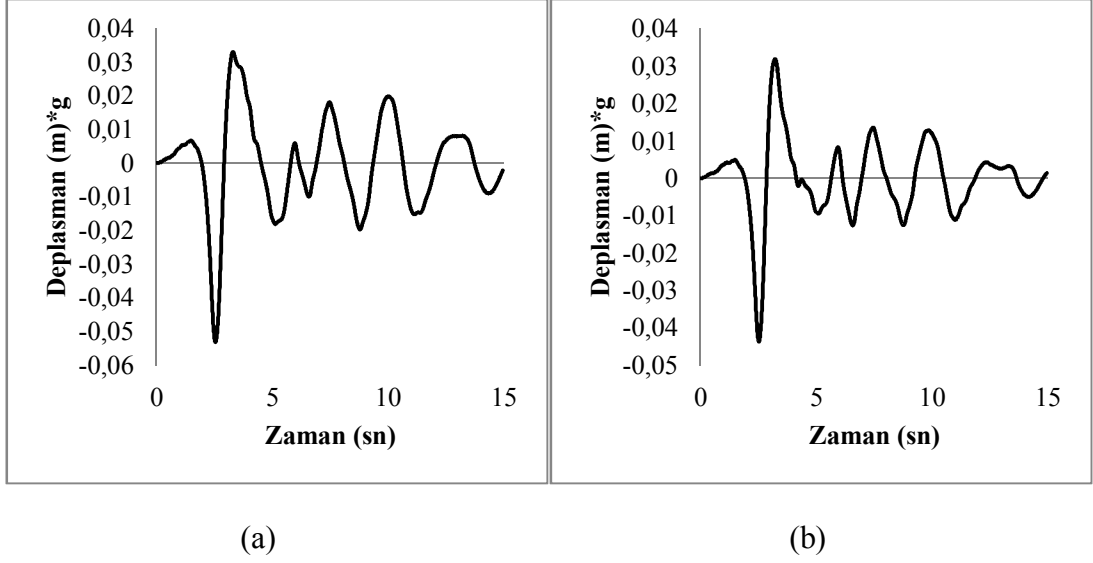
Şekil B2.14: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



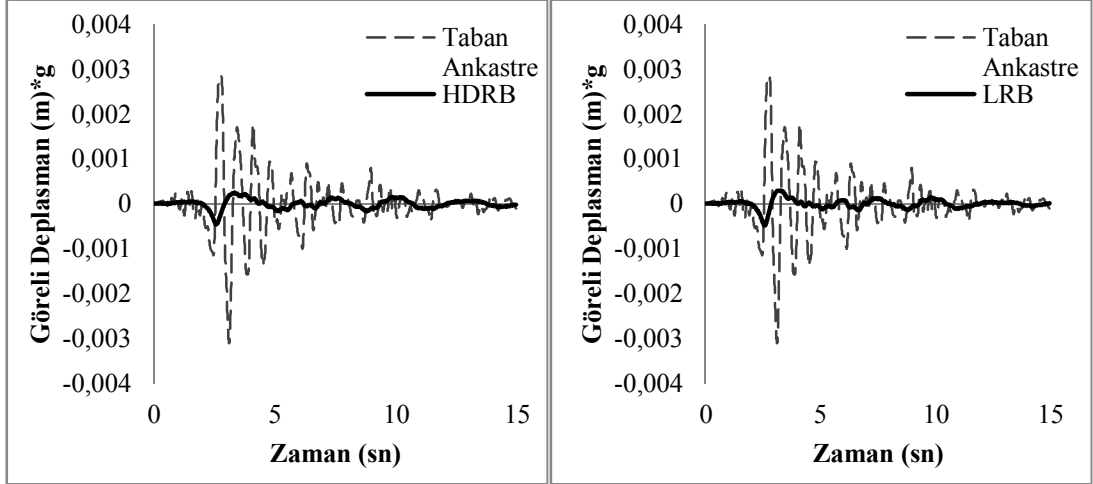
Şekil B2.15: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.8: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

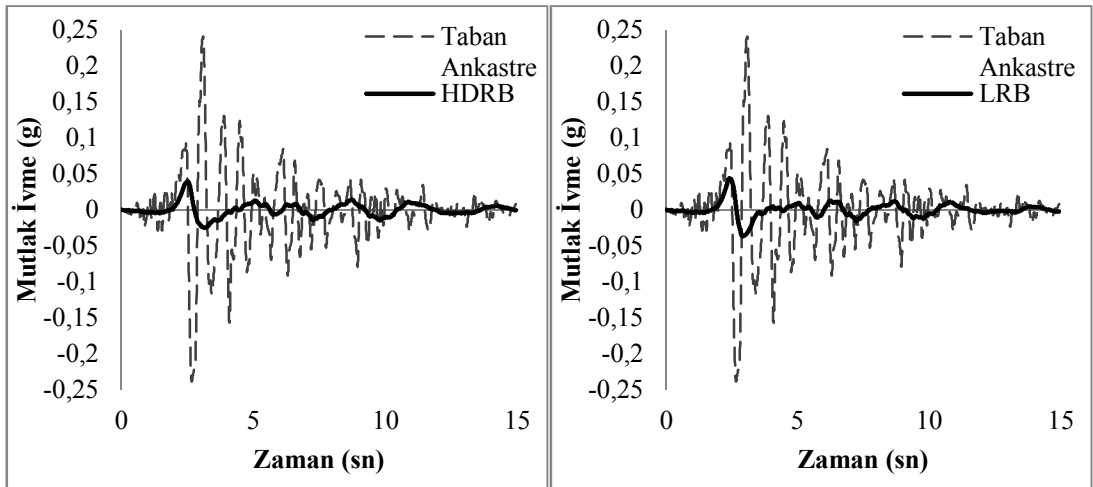
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	124.191 kN	306.954 kNm	12.895 kN	23.304 kNm	14.502 kN	26.188 kNm
2	89.731 kN	140.108 kNm	11.283 kN	18.517 kNm	12.682 kN	20.826 kNm
3	73.684 kN	128.321 kNm	8.488 kN	16.454 kNm	9.555 kN	18.496 kNm
4	55.422 kN	116.878 kNm	5.983 kN	13.427 kNm	6.754 kN	15.125 kNm
5	23.354 kN	64.907 kNm	2.283 kN	6.938 kNm	2.581 kN	7.829 kNm



Şekil B2.16: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.17: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



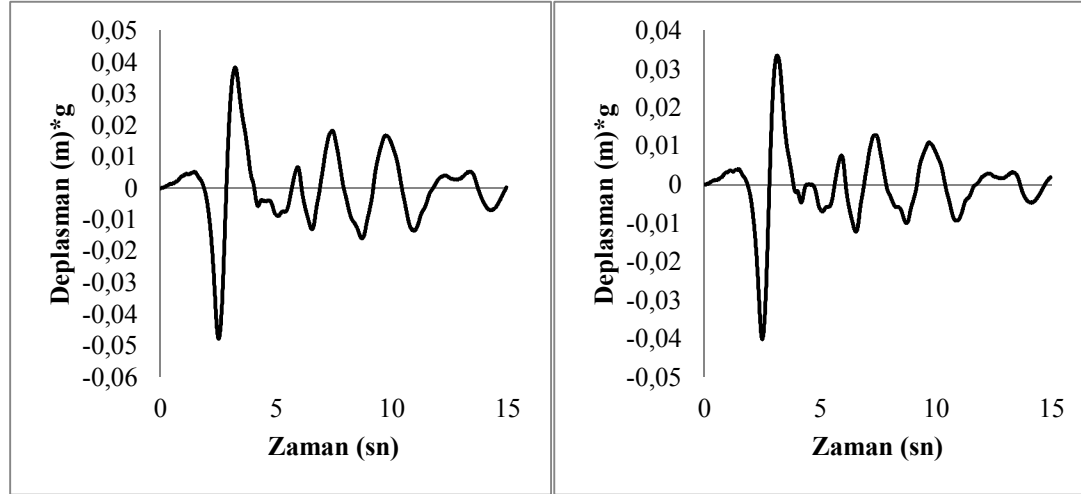
Şekil B2.18: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.9: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	106.112 kN	262.798 kNm	13.376 kN	24.139 kNm	14.028 kN	25.295 kNm
2	76.294 kN	116.978 kNm	11.641 kN	19.179 kNm	12.206 kN	20.123 kNm
3	57.137 kN	108.095 kNm	8.699 kN	16.945 kNm	9.132 kN	17.769 kNm
4	41.797 kN	89.327 kNm	6.101 kN	13.755 kNm	6.422 kN	14.449 kNm
5	16.874 kN	48.098 kNm	2.310 kN	7.070 kNm	2.434 kN	7.436 kNm

Çizelge B2.10: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

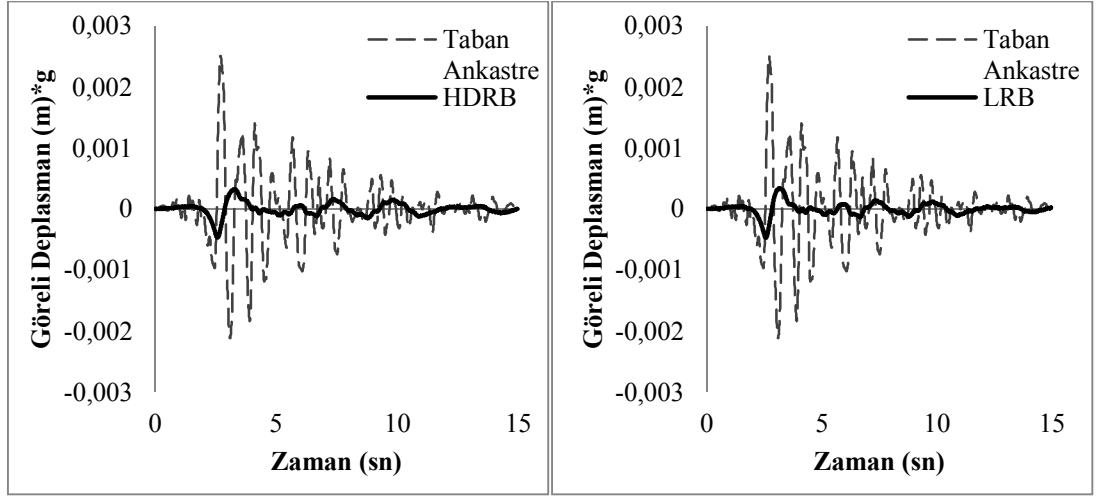
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	26.625 kN	65.483 kNm	1.934 kN	3.447 kNm	1.679 kN	2.994 kNm
2	20.023 kN	31.828 kNm	1.647 kN	2.715 kNm	1.429 kN	2.365 kNm
3	17.326 kN	29.398 kNm	1.256 kN	2.401 kNm	1.081 kN	2.076 kNm
4	13.874 kN	27.787 kNm	0.897 kN	1.965 kNm	0.768 kN	1.687 kNm
5	6.433 kN	16.700 kNm	0.362 kN	1.044 kNm	0.308 kN	0.893 kNm



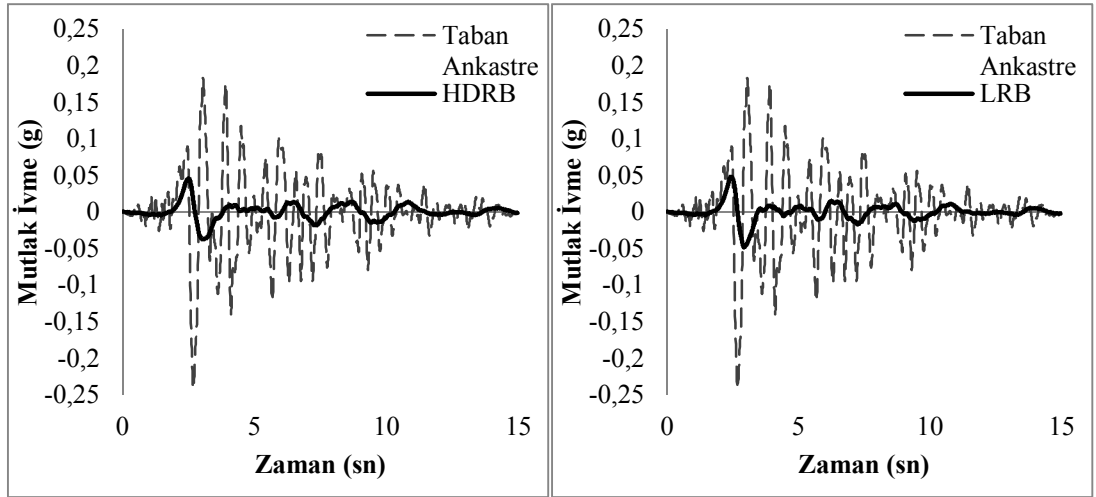
(a)

(b)

Şekil B2.19: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.20: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



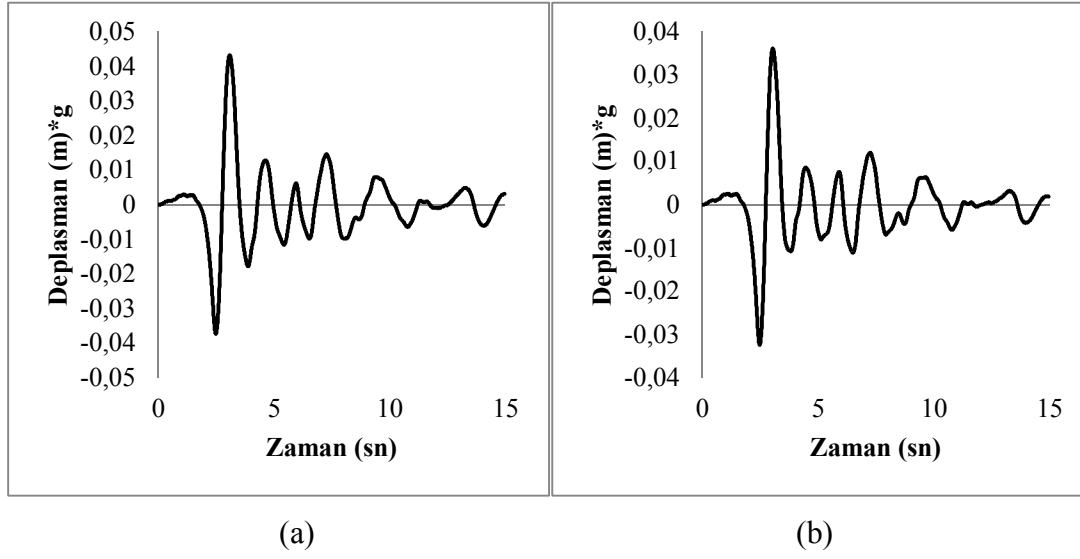
Şekil B2.21: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.11: %10 burulma düzensizliği olan 5katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

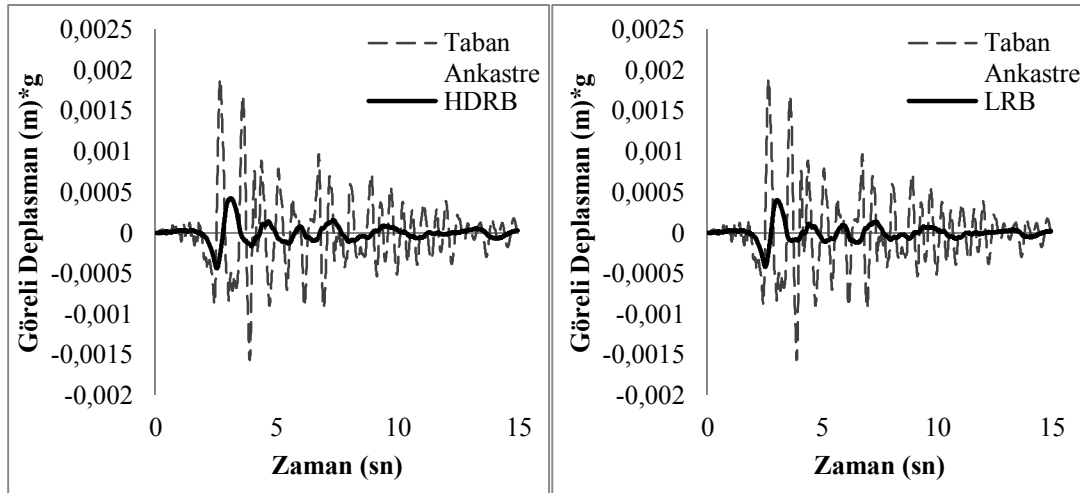
	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
Kat No:	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	87.79 kN	218.259 kNm	13.803 kN	24.872 kNm	13.830 kN	24.905 kNm
2	62.980 kN	96.839 kNm	11.956 kN	19.770 kNm	11.979 kN	19.818 kNm
3	47.467 kN	89.561 kNm	8.878 kN	17.377 kNm	8.901 kN	17.414 kNm
4	32.877 kN	73.212 kNm	6.193 kN	14.029 kNm	6.216 kN	14.069 kNm
5	13.255 kN	38.744 kNm	2.326 kN	7.171 kNm	2.334 kN	7.194 kNm

Çizelge B2.12: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

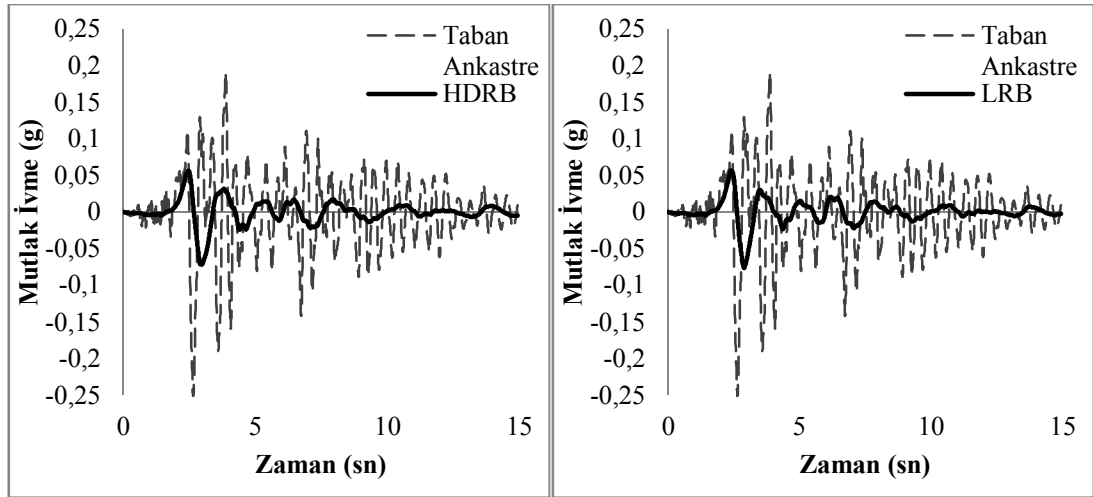
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	48,502 kN	120,163 kNm	4,339 kN	7,643 kNm	3,805 kN	6,765 kNm
2	37,047 kN	60,146 kNm	3,564 kN	6,024 kNm	3,207 kN	5,353 kNm
3	32,266 kN	55,147 kNm	2,619 kN	5,127 kNm	2,397 kN	4,638 kNm
4	25,471 kN	51,529 kNm	1,825 kN	4,057 kNm	1,689 kN	3,730 kNm
5	11,651 kN	30,586 kNm	0,735 kN	2,117 kNm	0,674 kN	1,961 kNm



Şekil B2.22: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.23: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



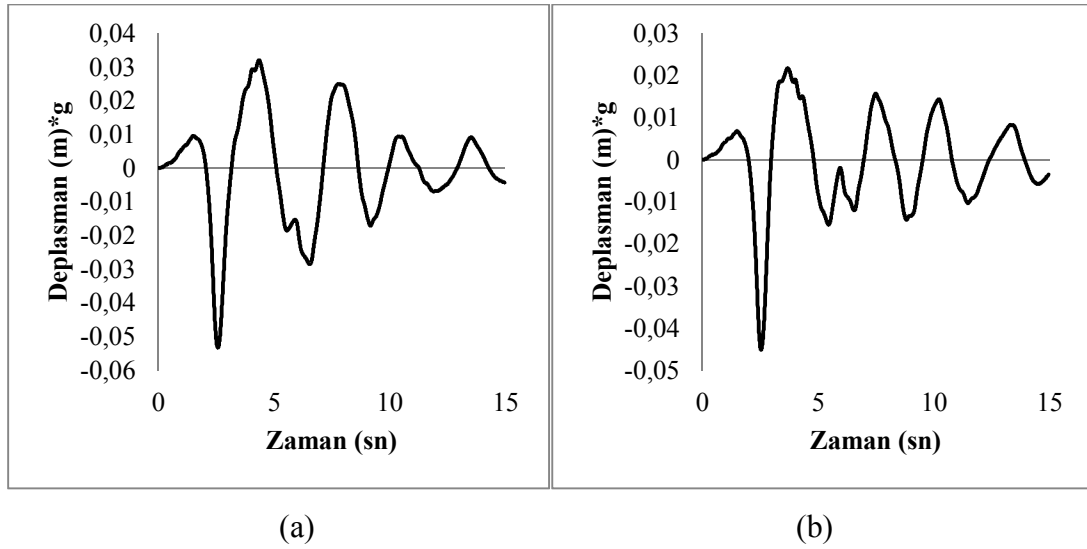
Şekil B2.24: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.13: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

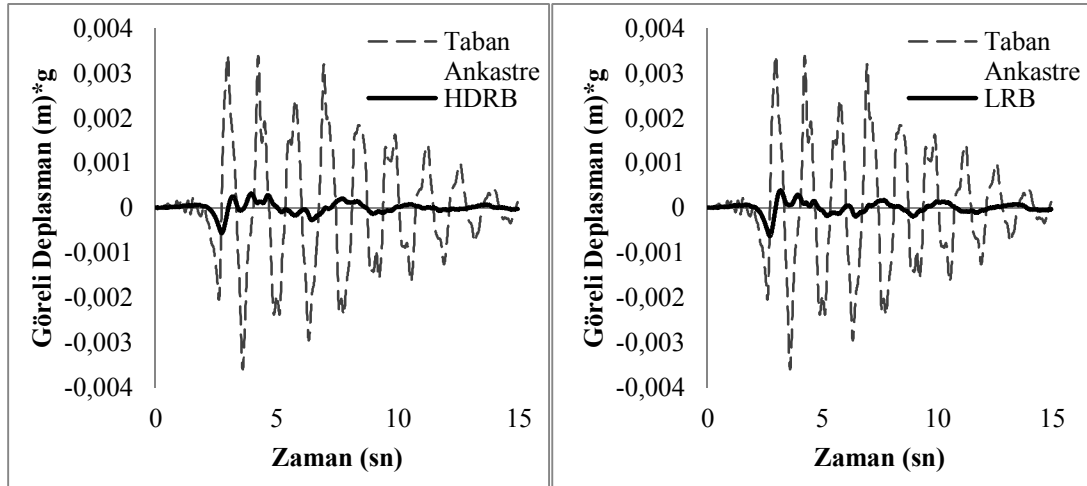
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	59.888 kN	150.238 kNm	14.800 kN	26.214 kNm	13.676 kN	24.311 kNm
2	43.805 kN	68.699 kNm	12.159 kN	20.682 kNm	11.363 kN	19.213 kNm
3	34.165 kN	62.630 kNm	8.676 kN	17.427 kNm	8.178 kN	16.333 kNm
4	24.507 kN	53.512 kNm	5.837 kN	13.478 kNm	5.552 kN	12.745 kNm
5	10.029 kN	29.112 kNm	2.149 kN	6.722 kNm	2.065 kN	6.406 kNm

Çizelge B2.14: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

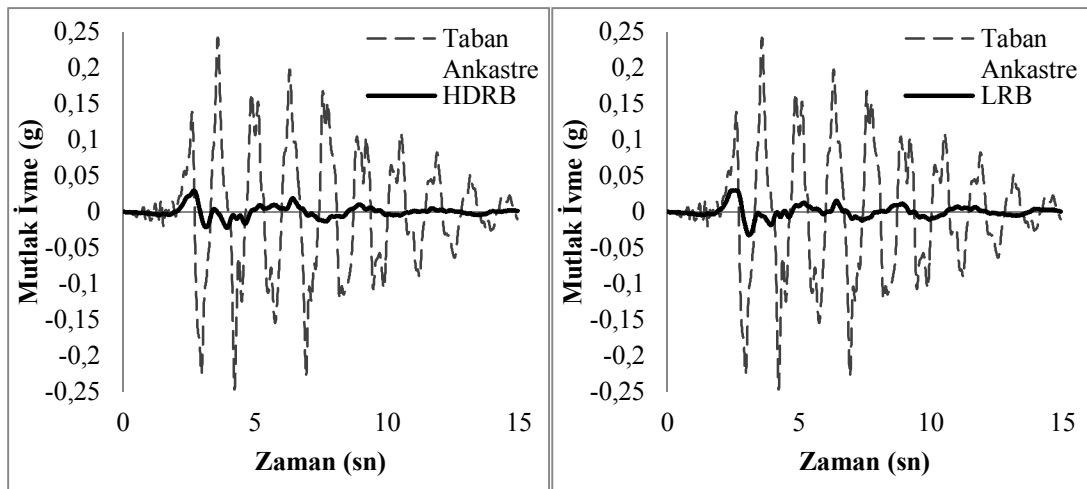
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	78.994 kN	195.511 kNm	9.769 kN	17.388 kNm	7.874 kN	13.880 kNm
2	60.718 kN	96.704 kNm	8.248 kN	13.733 kNm	6.506 kN	10.952 kNm
3	50.884 kN	89.702 kNm	6.144 kN	11.926 kNm	4.806 kN	9.375 kNm
4	37.699 kN	79.135 kNm	4.286 kN	9.529 kNm	3.383 kN	7.445 kNm
5	15.960 kN	43.847 kNm	1.690 kN	4.966 kNm	1.382 kN	3.932 kNm



Şekil B2.25: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



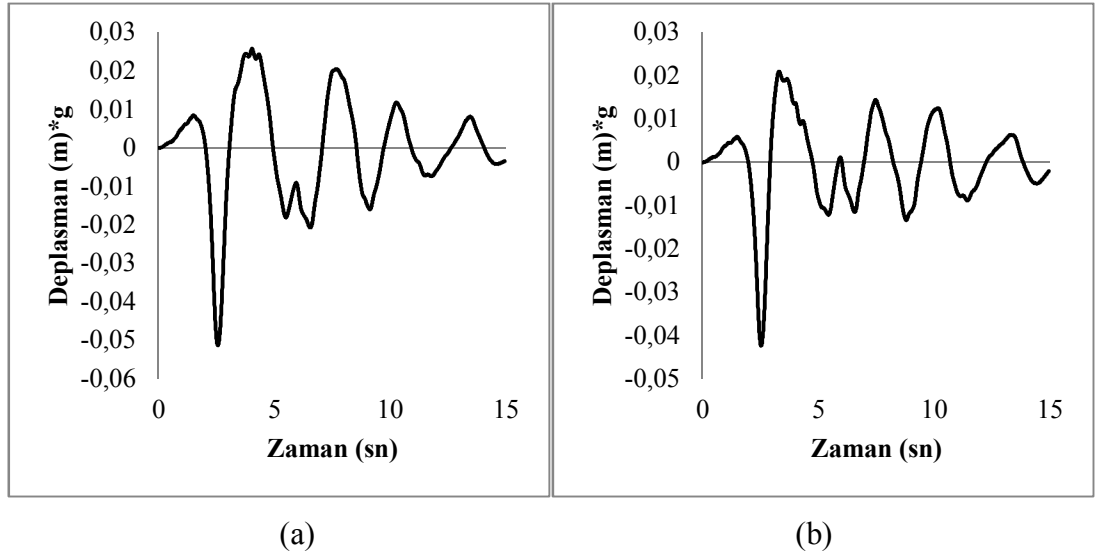
Şekil B2.26: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



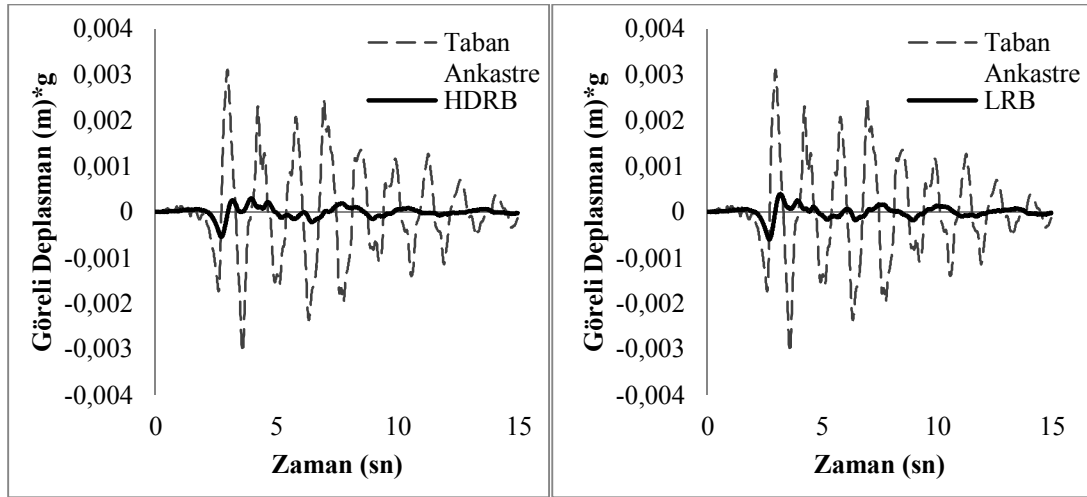
Şekil B2.27: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.15: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

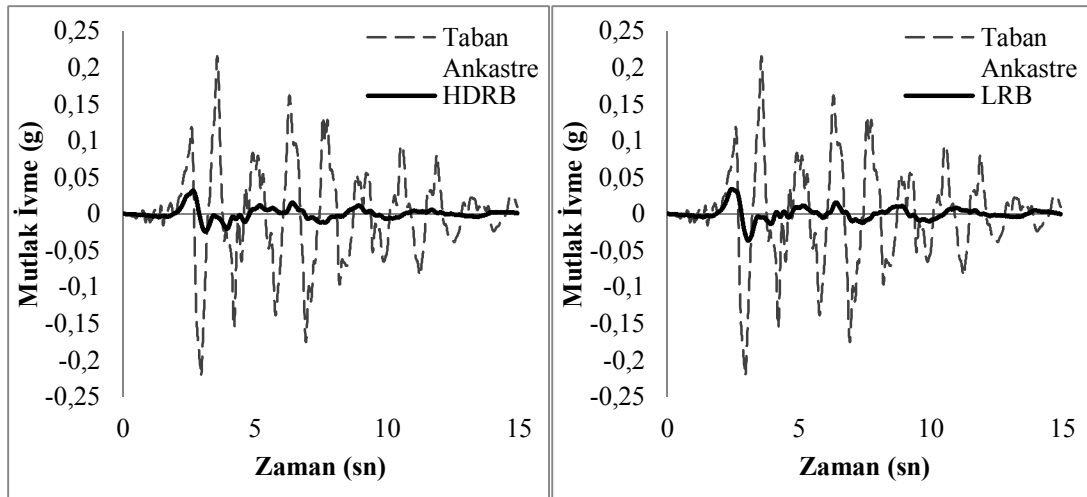
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	113.501 kN	321.039 kNm	18.166 kN	34.832 kNm	21.955 kN	41.848 kNm
2	98.488 kN	173.713 kNm	18.203 kN	28.888 kNm	21.777 kN	34.246 kNm
3	93.363 kN	142.728 kNm	16.592 kN	25.984 kNm	19.609 kN	31.121 kNm
4	87.569 kN	138.688 kNm	15.490 kN	25.051 kNm	18.099 kN	29.643 kNm
5	79.851 kN	132.195 kNm	14.082 kN	23.514 kNm	16.308 kN	27.515 kNm
6	71.660 kN	121.284 kNm	12.456 kN	21.596 kNm	14.301 kN	25.044 kNm
7	62.120 kN	111.659 kNm	10.557 kN	19.340 kNm	12.014 kN	22.178 kNm
8	51.733 kN	98.355 kNm	8.256 kN	16.490 kNm	9.338 kN	18.726 kNm
9	38.426 kN	85.130 kNm	5.752 kN	13.360 kNm	6.480 kN	15.081 kNm
10	13.338 kN	40.769 kNm	1.623 kN	5.896 kNm	1.831 kN	6.641 kNm



Şekil B2.28: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.29: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B2.30: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.16: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

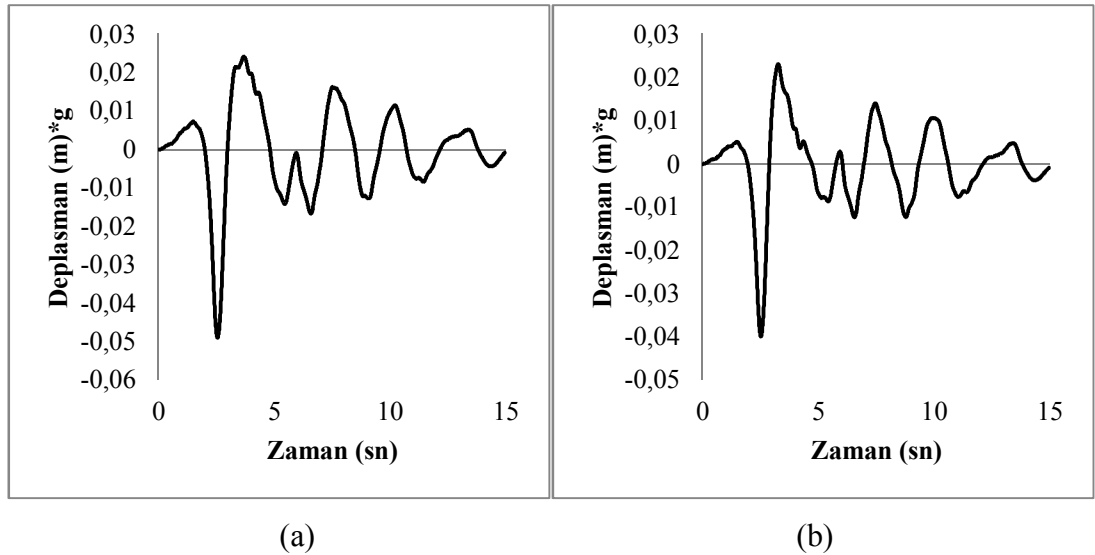
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	106.232 kN	278.127 kNm	18.457 kN	35.306 kNm	21.604 kN	41.107 kNm
2	85.538 kN	153.780 kNm	18.374 kN	28.995 kNm	21.314 kN	33.386 kNm
3	83.384 kN	130.420 kNm	16.619 kN	26.218 kNm	19.076 kN	30.438 kNm
4	80.270 kN	124.363 kNm	15.386 kN	25.098 kNm	17.495 kN	28.842 kNm
5	74.448 kN	121.748 kNm	13.859 kN	23.360 kNm	15.635 kN	26.598 kNm

Çizelge B2.16 (devam): %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

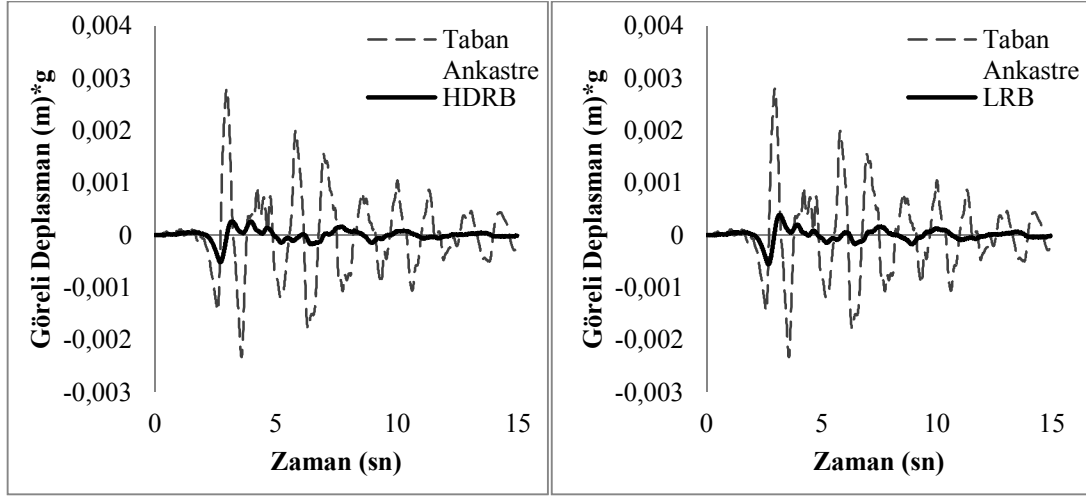
6	66.310 kN	113.335 kNm	12.132 kN	21.253 kNm	13.598 kN	24.009 kNm
7	56.414 kN	103.048 kNm	10.168 kN	18.825 kNm	11.309 kN	21.090 kNm
8	43.903 kN	87.844 kNm	7.865 kN	15.864 kNm	8.684 kN	17.608 kNm
9	31.752 kN	71.863 kNm	5.430 kN	12.731 kNm	5.962 kN	14.028 kNm
10	10.105 kN	33.554 kNm	1.476 kN	5.517 kNm	1.617 kN	6.051 kNm

Çizelge B2.17: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

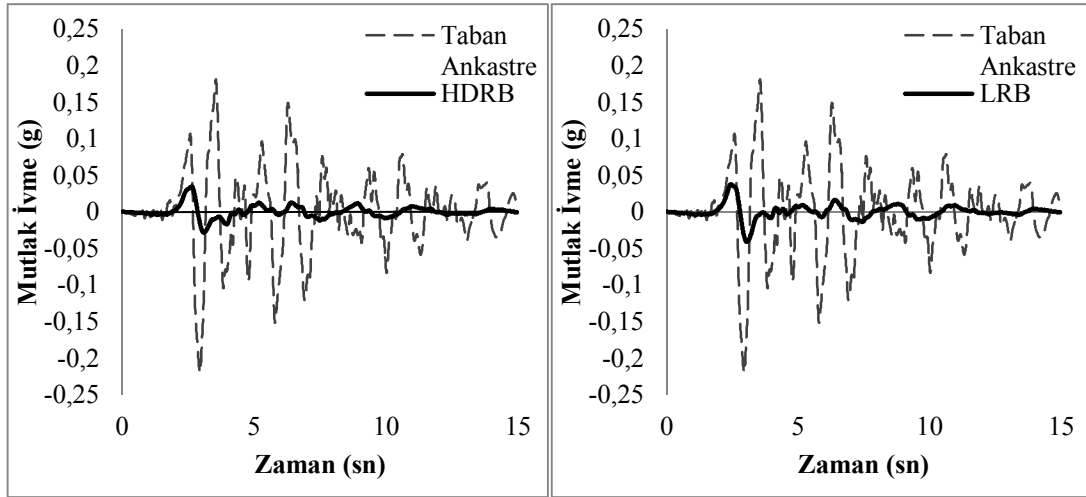
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	47.062 kN	117.979 kNm	2.442 kN	4.564 kNm	2.280 kN	4.278 kNm
2	36.874 kN	62.094 kNm	2.352 kN	3.622 kNm	2.341 kN	3.876 kNm
3	34.191 kN	53.040 kNm	2.119 kN	3.402 kNm	2.320 kN	3.588 kNm
4	31.149 kN	51.536 kNm	1.941 kN	3.213 kNm	2.336 kN	3.542 kNm
5	27.731 kN	47.834 kNm	1.779 kN	2.945 kNm	2.258 kN	3.589 kNm
6	23.387 kN	42.171 kNm	1.644 kN	2.749 kNm	2.078 kN	3.486 kNm
7	19.927 kN	35.978 kNm	1.423 kN	2.544 kNm	1.796 kN	3.213 kNm
8	16.450 kN	31.087 kNm	1.146 kN	2.205 kNm	1.434 kN	2.777 kNm
9	12.697 kN	26.694 kNm	0.815 kN	1.816 kNm	1.017 kN	2.268 kNm
10	5.148 kN	14.186 kNm	0.277 kN	0.870 kNm	0.346 kN	1.091 kNm



Şekil B2.31: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.32: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B2.33: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.18: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

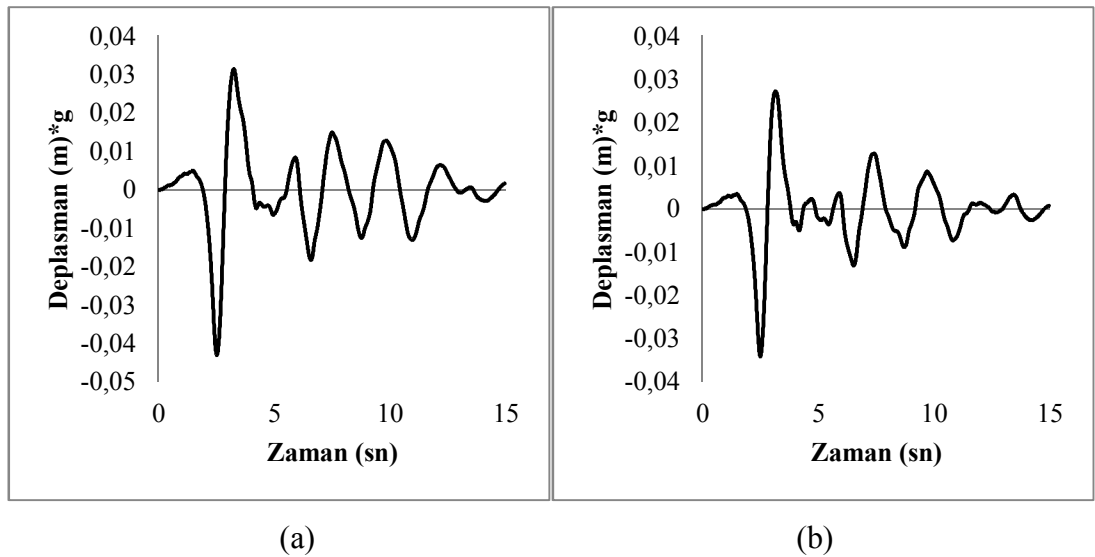
Northridge						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	96.099 kN	250.936 kNm	18.476 kN	35.254 kNm	20.853 kN	39.610 kNm
2	77.014 kN	138.288 kNm	18.269 kN	28.670 kNm	20.459 kN	31.917 kNm
3	74.734 kN	117.859 kNm	16.401 kN	26.057 kNm	18.202 kN	29.191 kNm
4	72.611 kN	111.047 kNm	15.067 kN	24.728 kNm	16.597 kN	27.522 kNm
5	68.104 kN	110.443 kNm	13.449 kN	22.882 kNm	14.722 kN	25.237 kNm
6	60.598 kN	104.016 kNm	11.655 kN	20.627 kNm	12.689 kN	22.598 kNm
7	51.197 kN	93.961 kNm	9.655 kN	18.073 kNm	10.459 kN	19.685 kNm

Çizelge B2.18 (devam): %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

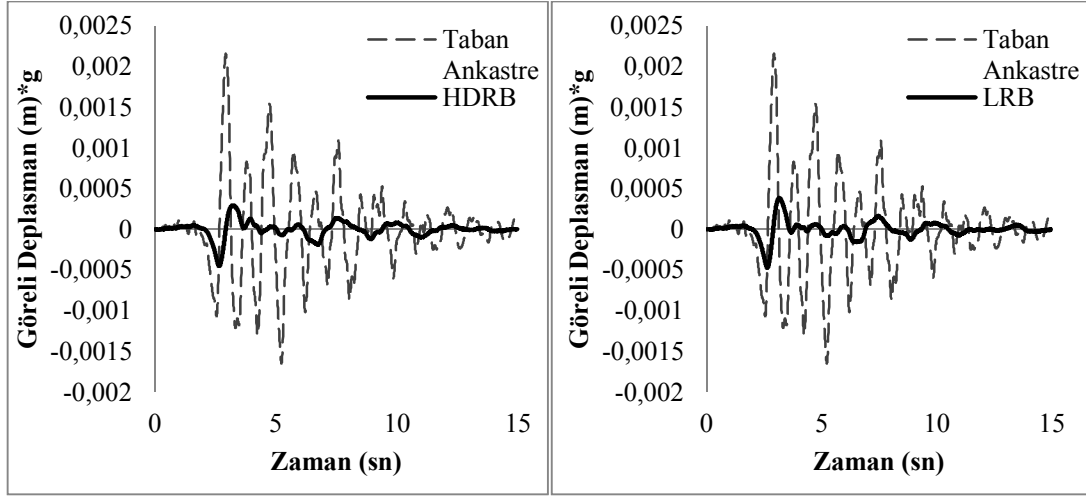
6	60.598 kN	104.016 kNm	11.655 kN	20.627 kNm	12.689 kN	22.598 kNm
7	51.197 kN	93.961 kNm	9.655 kN	18.073 kNm	10.459 kN	19.685 kNm
8	39.550 kN	79.746 kNm	7.376 kN	15.044 kNm	7.930 kN	16.270 kNm
9	27.646 kN	64.324 kNm	5.034 kN	11.934 kNm	5.372 kN	12.804 kNm
10	7.837 kN	28.477 kNm	1.308 kN	5.062 kNm	1.379 kN	5.385 kNm

Çizelge B2.19: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

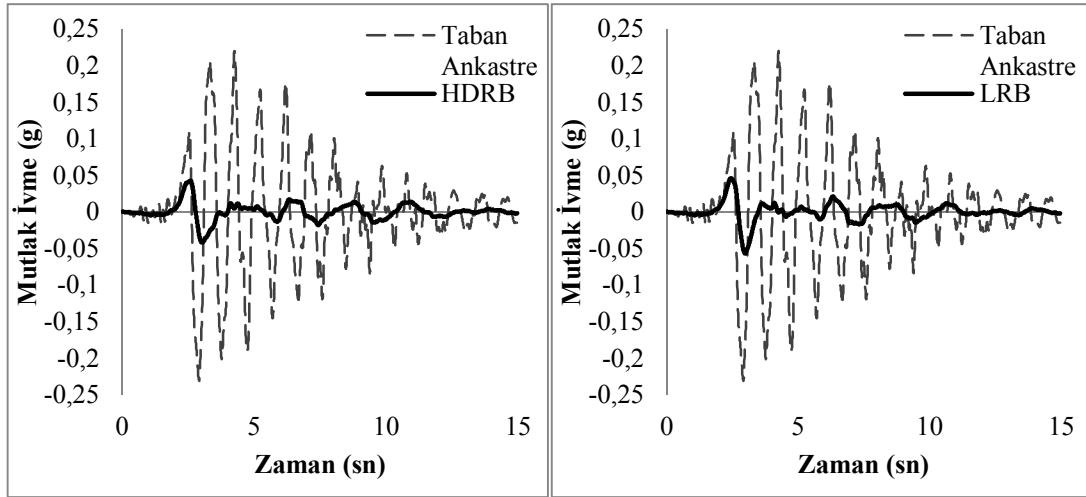
Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	78.698 kN	197.446 kNm	4.956 kN	9.199 kNm	4.657 kN	8.730 kNm
2	61.664 kN	103.129 kNm	4.683 kN	7.064 kNm	4.754 kN	7.881 kNm
3	56.586 kN	87.848 kNm	4.148 kN	6.757 kNm	4.718 kN	7.299 kNm
4	52.729 kN	85.579 kNm	3.874 kN	6.285 kNm	4.750 kN	7.197 kNm
5	47.727 kN	81.630 kNm	3.706 kN	5.888 kNm	4.597 kN	7.294 kNm
6	40.032 kN	72.611 kNm	3.427 kN	5.726 kNm	4.236 kN	7.096 kNm
7	34.617 kN	61.993 kNm	2.967 kN	5.304 kNm	3.669 kN	6.556 kNm
8	28.396 kN	54.065 kNm	2.354 kN	4.574 kNm	2.927 kN	5.674 kNm
9	21.901 kN	45.957 kNm	1.668 kN	3.716 kNm	2.075 kN	4.629 kNm
10	8.991 kN	24.699 kNm	0.572 kN	1.793 kNm	0.706 kN	2.225 kNm



Şekil B2.34: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B2.35: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B2.36: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B2.20: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	88.855 kN	229.473 kNm	17.740 kN	33.683 kNm	18.933 kN	35.852 kNm
2	70.372 kN	122.716 kNm	17.305 kN	26.878 kNm	18.384 kN	28.430 kNm
3	65.467 kN	98.928 kNm	15.338 kN	24.652 kNm	16.159 kN	26.182 kNm
4	59.918 kN	96.792 kNm	13.941 kN	23.186 kNm	14.575 kN	24.431 kNm
5	54.203 kN	90.657 kNm	12.318 kN	21.201 kNm	12.783 kN	22.169 kNm
6	47.900 kN	83.017 kNm	10.549 kN	18.921 kNm	10.870 kN	19.630 kNm
7	40.449 kN	74.533 kNm	8.598 kN	16.362 kNm	8.830 kN	16.858 kNm

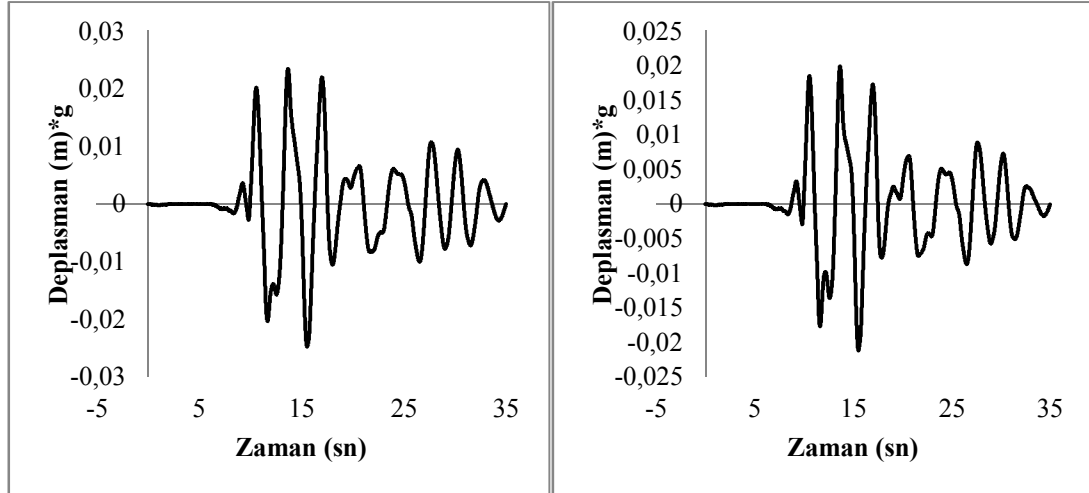
Çizelge B2.20 (devam): %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

8	31.016 kN	63.142 kNm	6.426 kN	13.365 kNm	6.608 kN	13.745 kNm
9	20.904 kN	49.984 kNm	4.271 kN	10.353 kNm	4.411 kN	10.680 kNm
10	5.277 kN	20.918 kNm	1.012 kN	4.212 kNm	1.041 kN	4.344 kNm

Çizelge B2.21: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	Northridge					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	104.676 kN	263.728 kNm	8.588 kN	15.405 kNm	8.909 kN	17.358 kNm
2	82.390 kN	140.061 kNm	8.080 kN	13.052 kNm	9.516 kN	15.820 kNm
3	76.781 kN	117.432 kNm	7.803 kN	12.134 kNm	9.461 kN	14.645 kNm
4	70.739 kN	115.157 kNm	7.899 kN	11.877 kNm	9.528 kN	14.391 kNm
5	63.325 kN	107.294 kNm	7.719 kN	12.135 kNm	9.247 kN	14.603 kNm
6	57.713 kN	96.706 kNm	7.183 kN	11.937 kNm	8.570 kN	14.271 kNm
7	50.717 kN	90.616 kNm	6.257 kN	11.139 kNm	7.467 kN	13.283 kNm
8	39.350 kN	77.918 kNm	4.972 kN	9.665 kNm	5.964 kN	11.558 kNm
9	27.319 kN	61.269 kNm	3.512 kN	7.845 kNm	4.229 kN	9.436 kNm
10	9.449 kN	29.451 kNm	1.200 kN	3.771 kNm	1.440 kN	4.541 kNm

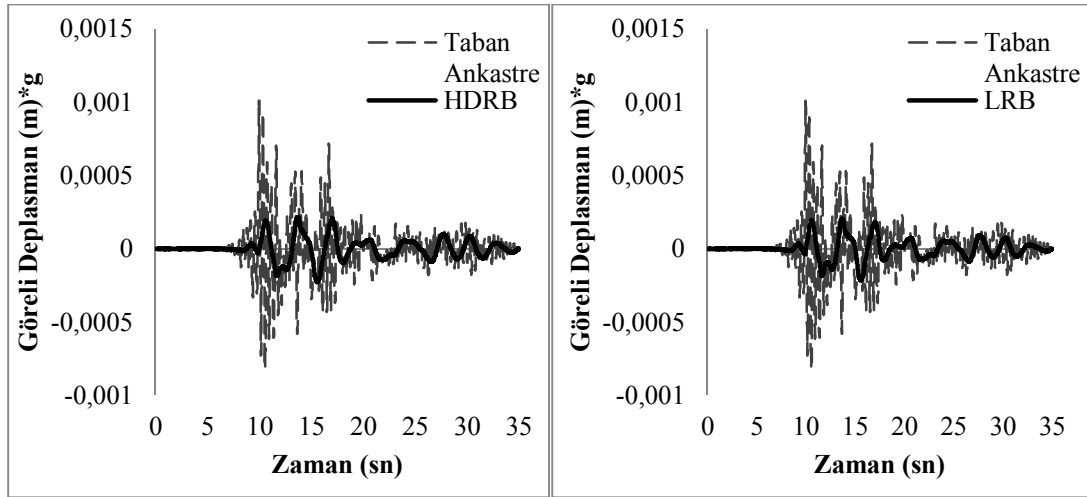
Ek B3 Yapıların Kocaeli Depremi Etkisinde Kıyaslanması



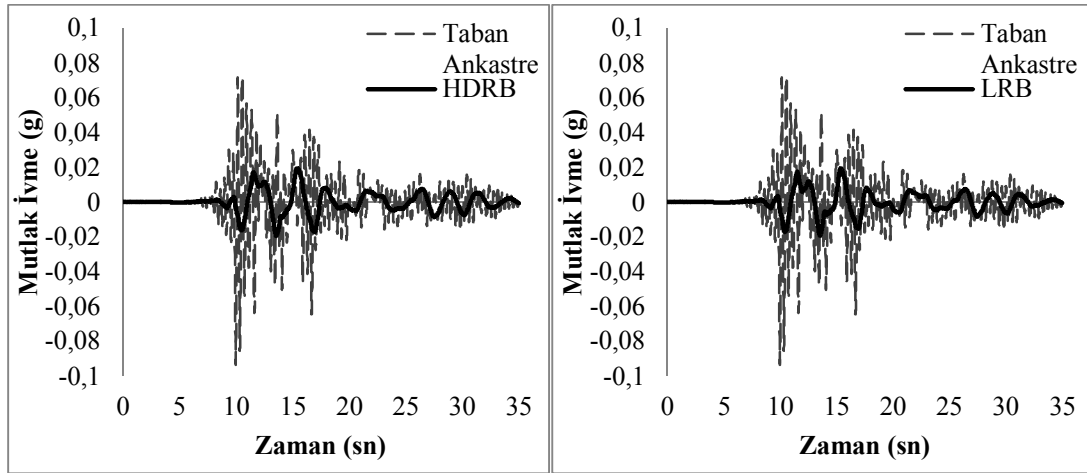
(a)

(b)

Şekil B3.1: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



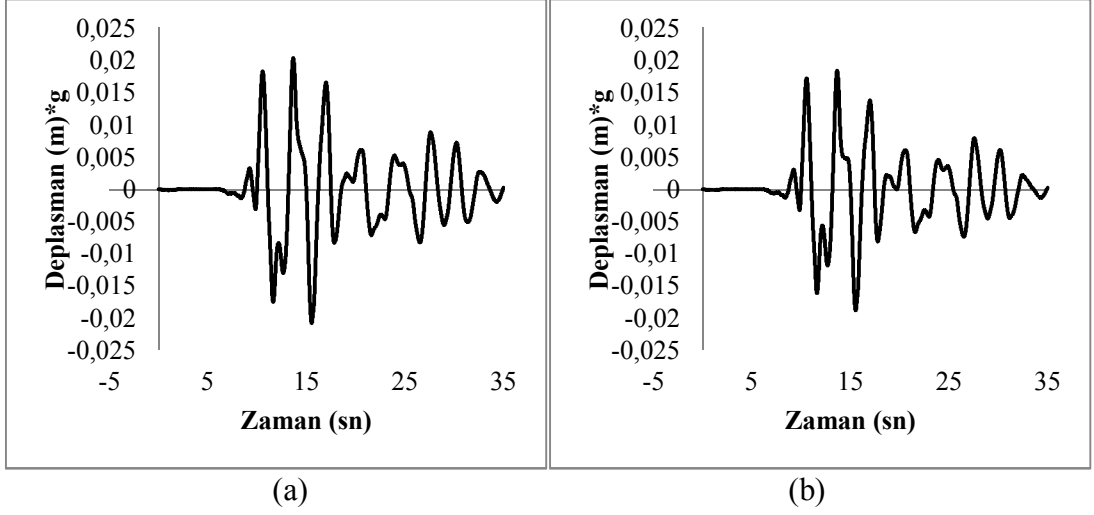
Şekil B3.2: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



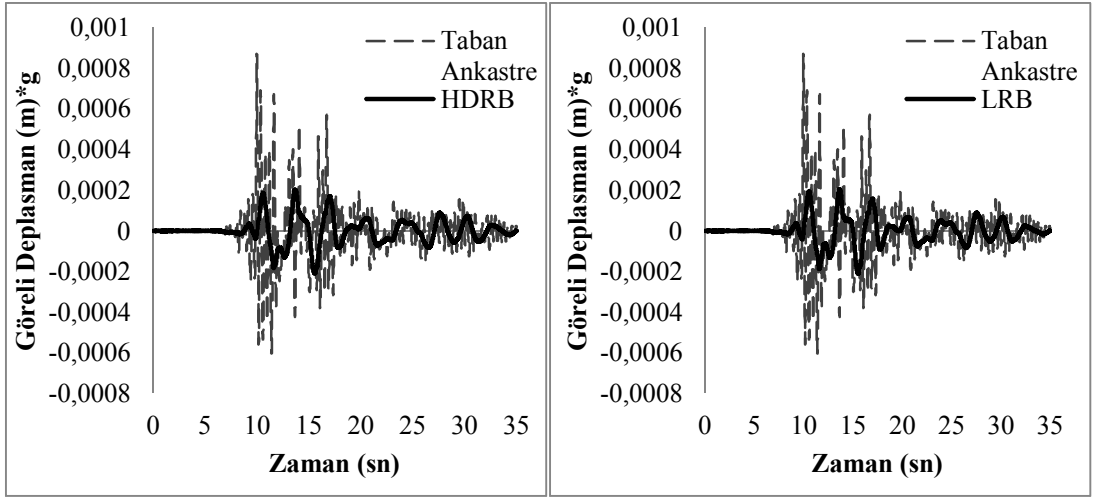
Şekil B3.3: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.1: Burulma düzensizliği olmayan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

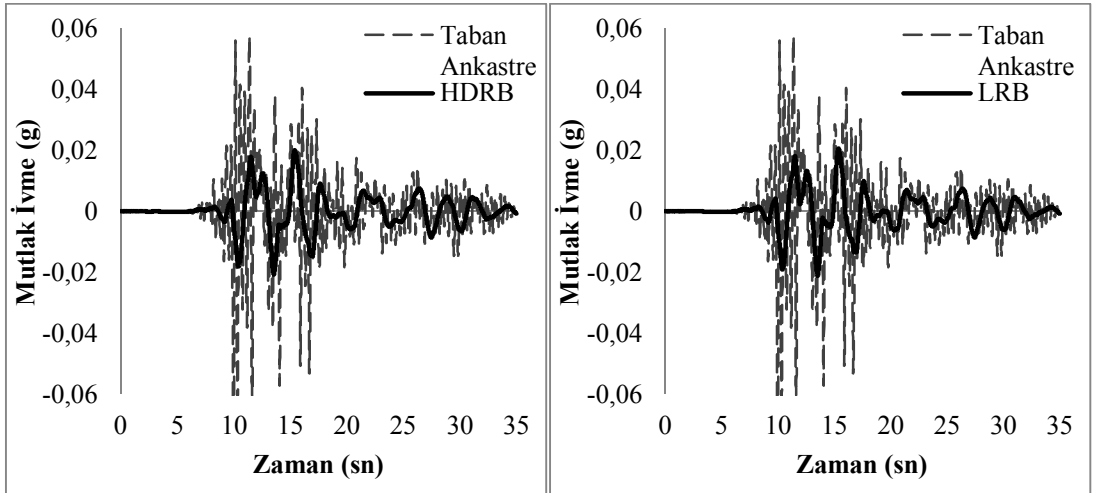
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	20.809 kN	50,424 kNm	5.125 kN	8.555 kNm	4.881 kN	8.148 kNm
2	15.003 kN	24.590 kNm	3.530 kN	7.088 kNm	3.363 kN	6.751 kNm
3	7.728 kN	17.768 kNm	1.311 kN	3.829 kNm	1.249 kN	3.647 kNm



Şekil B3.4: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.5: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



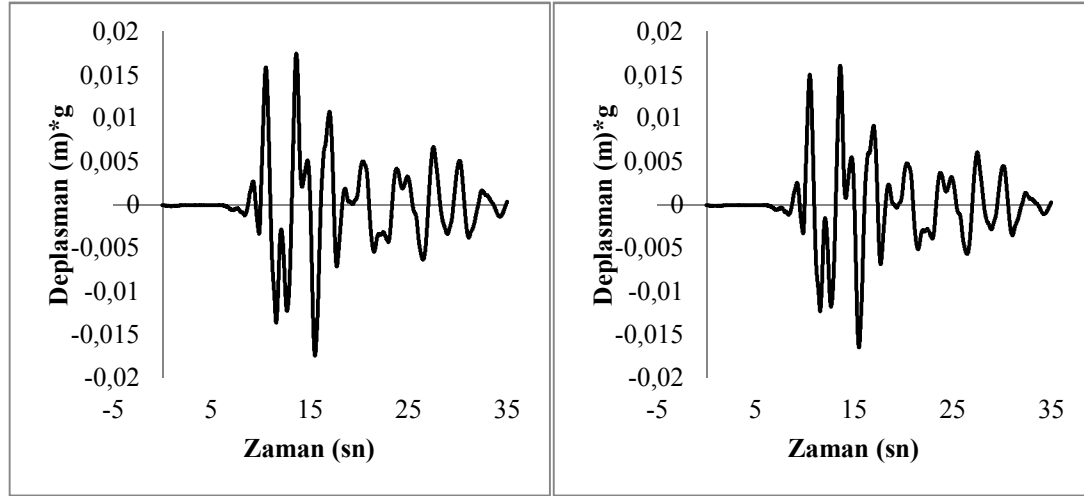
Şekil B3.6: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.2: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	El Centro					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	18.635 kN	44.926 kNm	5.257 kN	8.784 kNm	3.311 kN	5.521 kNm
2	12.835 kN	21.369 kNm	3.635 kN	7.297 kNm	2.276 kN	4.572 kNm
3	6.225 kN	14.659 kNm	1.349 kN	3.947 kNm	0.846 kN	2.471 kNm

Çizelge B3.3: %5 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

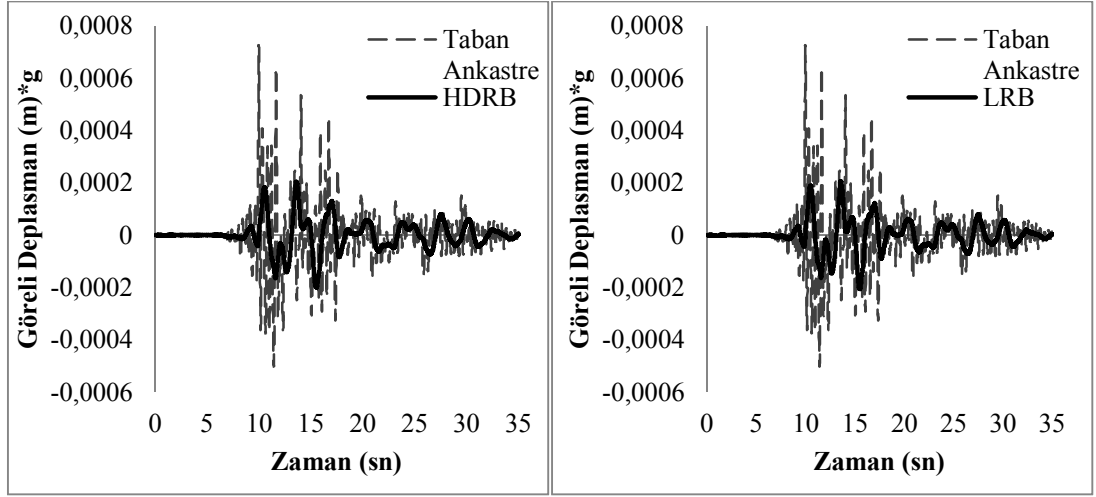
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	5.899 kN	13.952 kNm	0.796 kN	1.321 kNm	0.829 kN	1.383 kNm
2	4.089 kN	6.856 kNm	0.538 kN	1.074 kNm	0.572 kN	1.134 kNm
3	1.872 kN	4.550 kNm	0.208 kN	0.586 kNm	0.224 kN	0.626 kNm



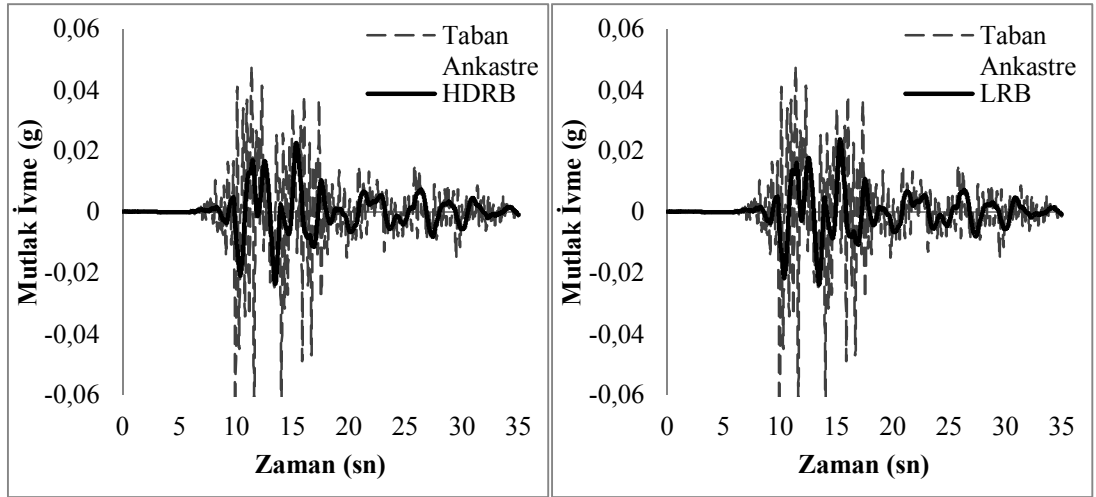
(a)

(b)

Şekil B3.7: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.8: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



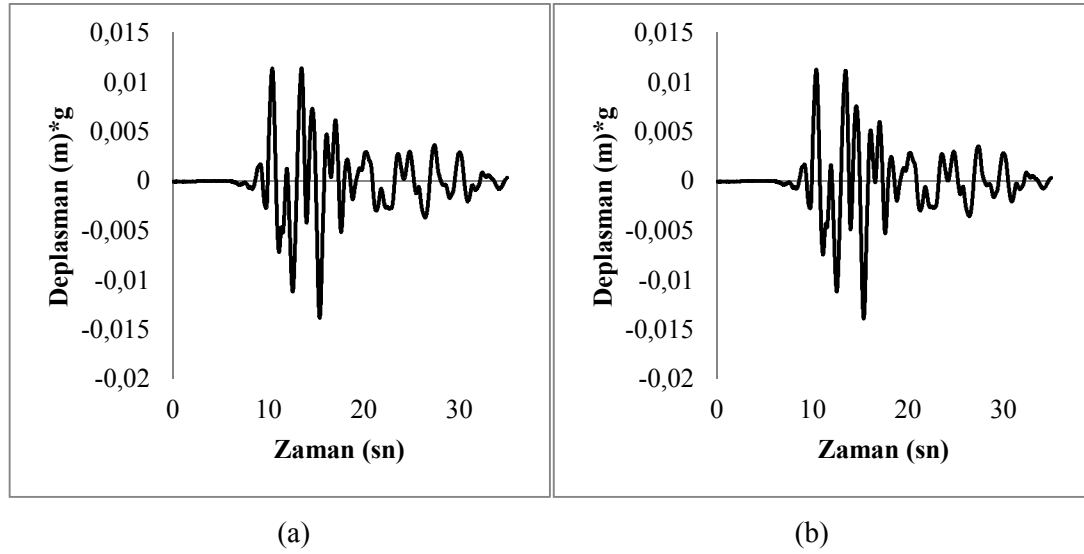
Şekil B3.9: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.4: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

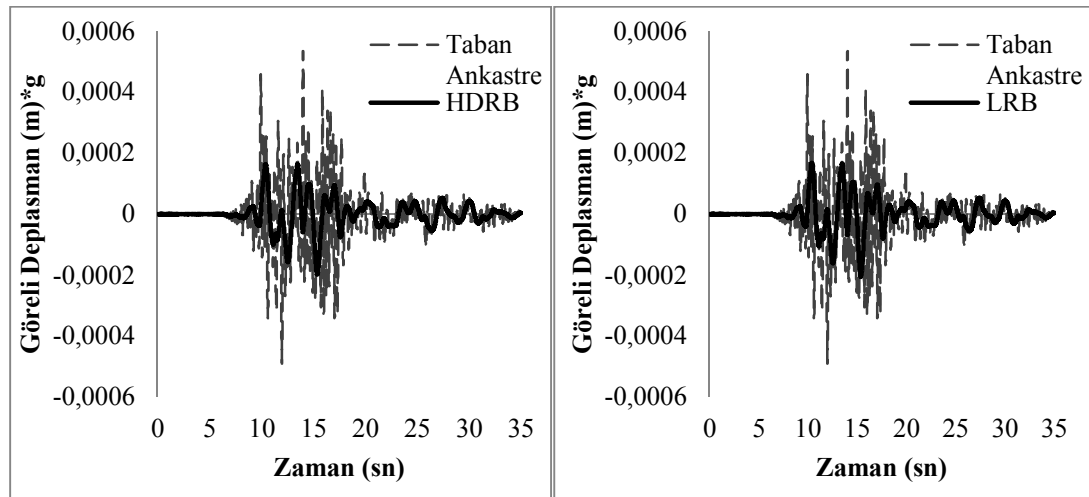
Kocaeli						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	14.904 kN	36.137 kNm	4.519 kN	7.549 kNm	4.598 kN	7.668 kNm
2	10.733 kN	17.551 kNm	3.124 kN	6.269 kNm	3.161 kN	6.353 kNm
3	5.374 kN	12.557 kNm	1.125 kN	3.391 kNm	1.179 kN	3.435 kNm

Çizelge B3.5: %10 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

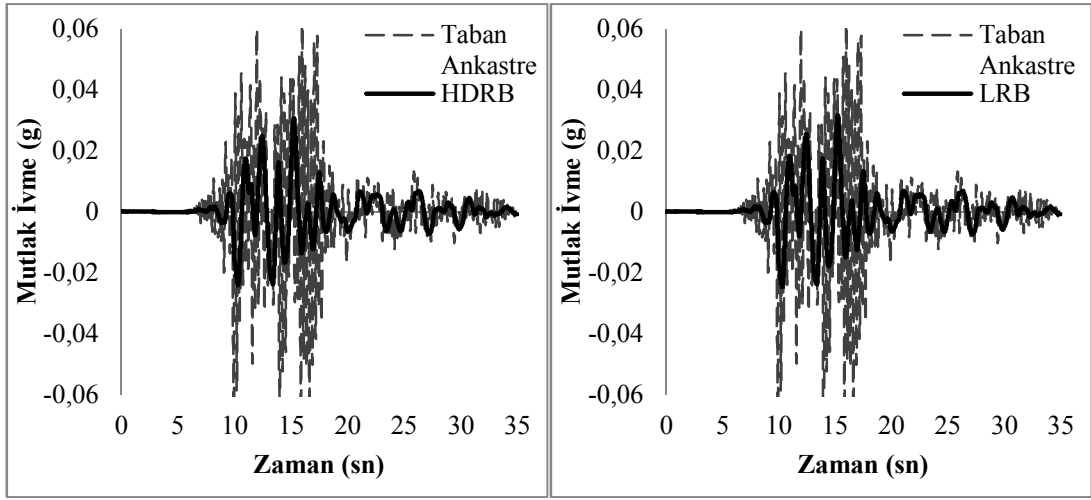
Kocaeli						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	10.413 kN	24.586 kNm	1.710 kN	2.854 kNm	1.740 kN	2.905 kNm
2	7.174 kN	12.091 kNm	1.181 kN	2.340 kNm	1.203 kN	2.383 kNm
3	3.240 kN	7.885 kNm	0.461 kN	1.291 kNm	0.470 kN	1.315 kNm



Şekil B3.10: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.11: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



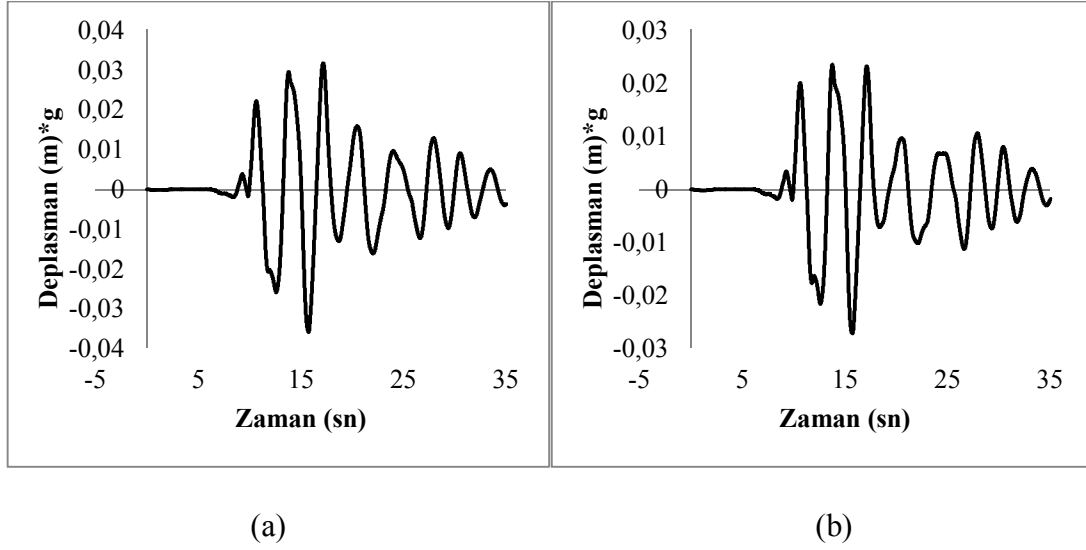
Şekil B3.12: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.6: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

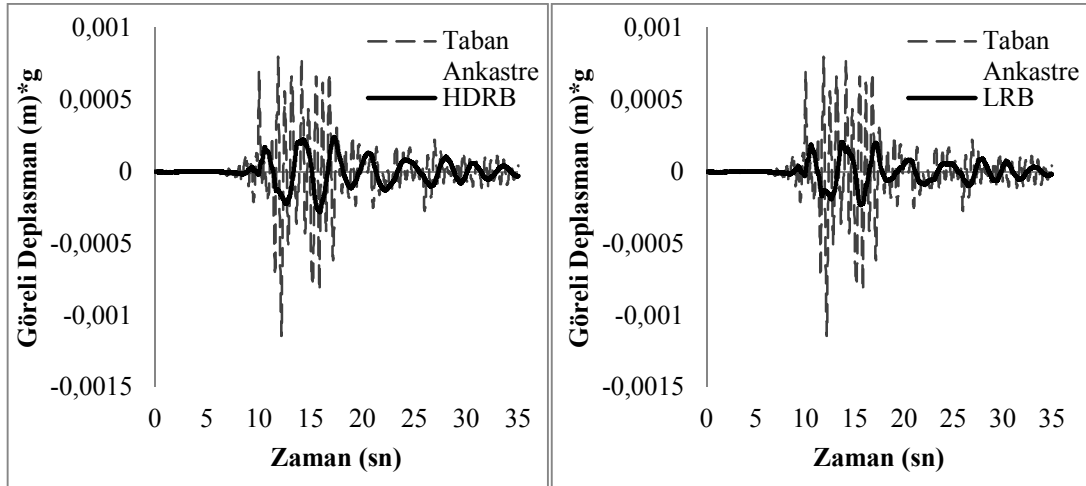
Kocaeli						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	12.716 kN	30.182 kNm	4.359 kN	7.281 kNm	4.522 kN	7.554 kNm
2	8.193 kN	17.244 kNm	3.009 kN	6.050 kNm	3.121 kN	6.275 kNm
3	6.936 kN	9.077 kNm	1.110 kN	3.263 kNm	1.152 kN	3.384 kNm

Çizelge B3.7: %20 burulma düzensizliği olan 3 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

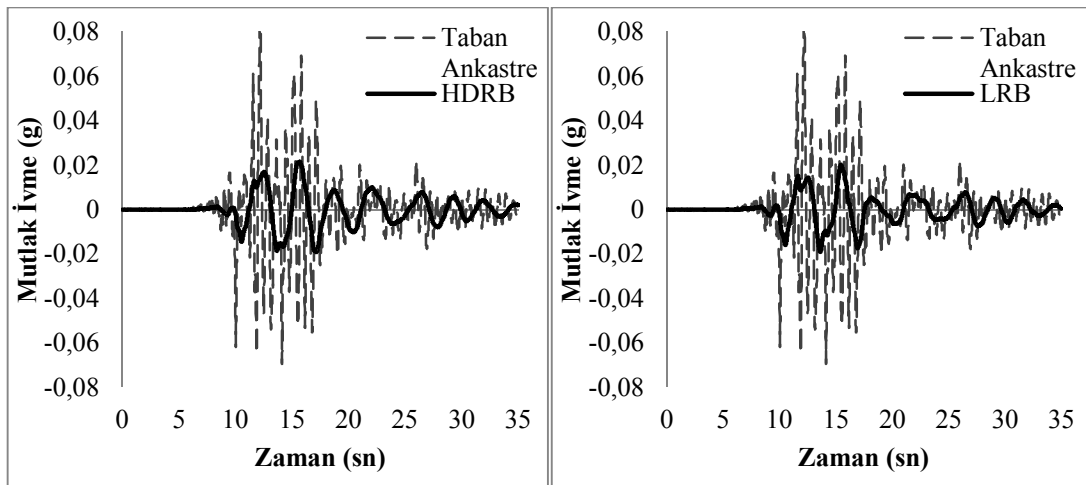
Kocaeli						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	15.543 kN	36.574 kNm	3.097 kN	5.159 kNm	3.197 kN	5.301 kNm
2	10.525 kN	17.818 kNm	2.119 kN	4.217 kNm	2.174 kN	4.322 kNm
3	4.794 kN	11.640 kNm	0.817 kN	2.305 kNm	0.851 kN	2.376 kNm



Şekil B3.13: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



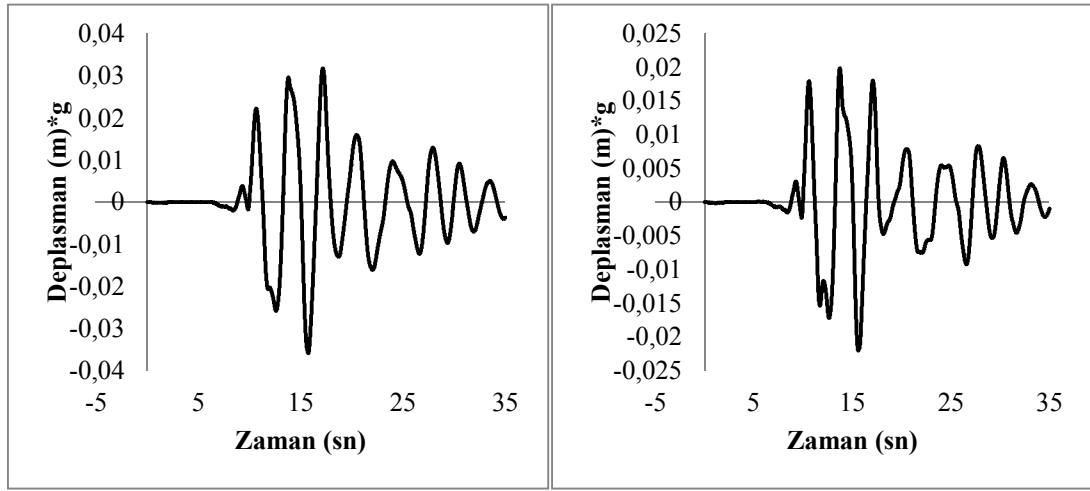
Şekil B3.14: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B3.15: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.8: Burulma düzensizliği olmayan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

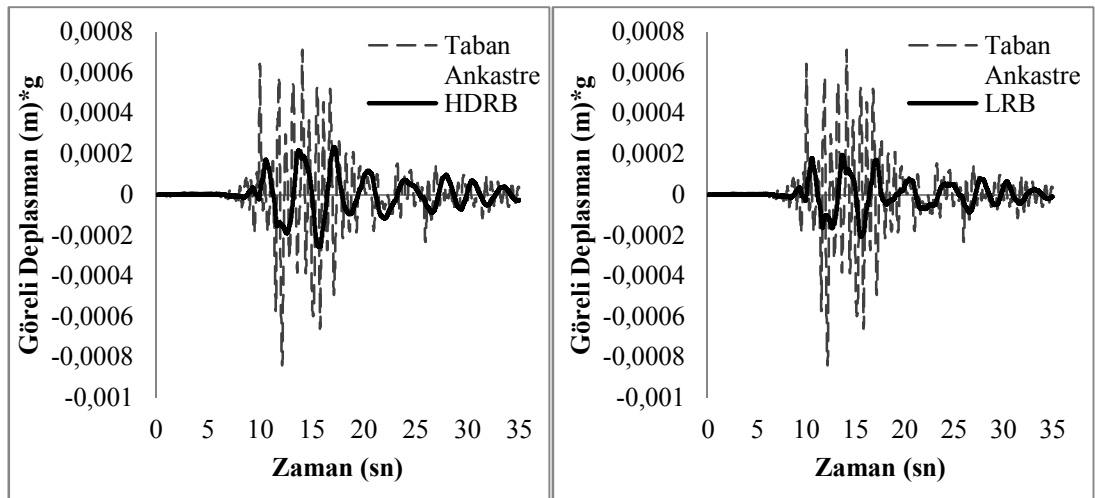
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	32.971 kN	82.956 kNm	9.358 kN	16.596 kNm	7.745 kN	13.715 kNm
2	24.953 kN	40.017 kNm	7.700 kN	13.106 kNm	6.360 kN	10.815 kNm
3	20.635 kN	36.598 kNm	5.505 kN	11.056 kNm	4.534 kN	9.134 kNm
4	15.574 kN	32.869 kNm	3.740 kN	8.628 kNm	3.056 kN	7.095 kNm
5	6.410 kN	18.157 kNm	1.375 kN	4.318 kNm	1.108 kN	3.521 kNm



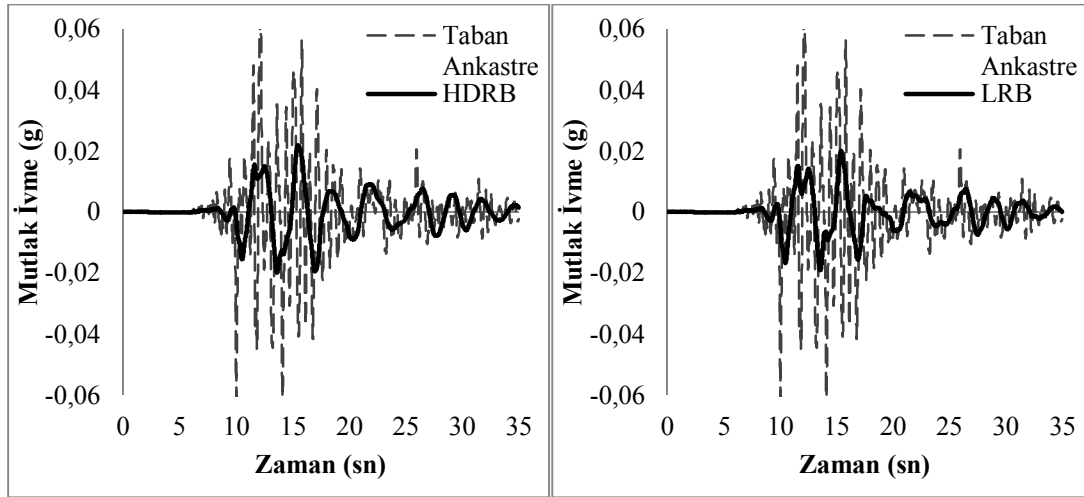
(a)

(b)

Şekil B3.16: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.17: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



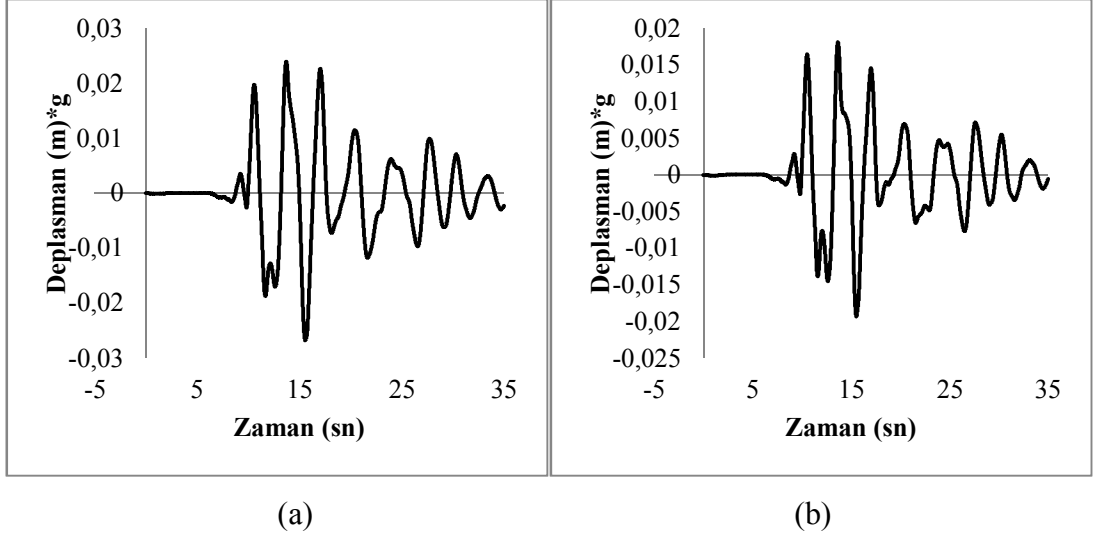
Şekil B3.18: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.9: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

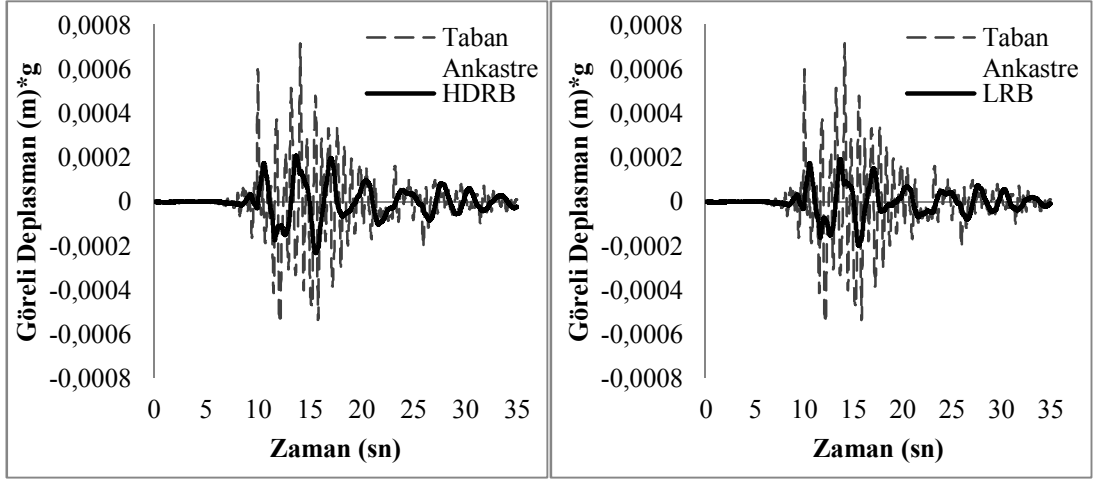
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	25.976 kN	65.083 kNm	8.638 kN	15.307 kNm	6.840 kN	12.165 kNm
2	19.272 kN	30.498 kNm	7.057 kN	12.078 kNm	5.659 kN	9.609 kNm
3	15.429 kN	27.988 kNm	4.986 kN	10.104 kNm	4.034 kN	8.130 kNm
4	11.219 kN	24.249 kNm	3.362 kN	7.830 kNm	2.721 kN	6.326 kNm
5	4.455 kN	12.922 kNm	1.212 kN	3.877 kNm	0.984 kN	3.138 kNm

Çizelge B3.10: %5 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

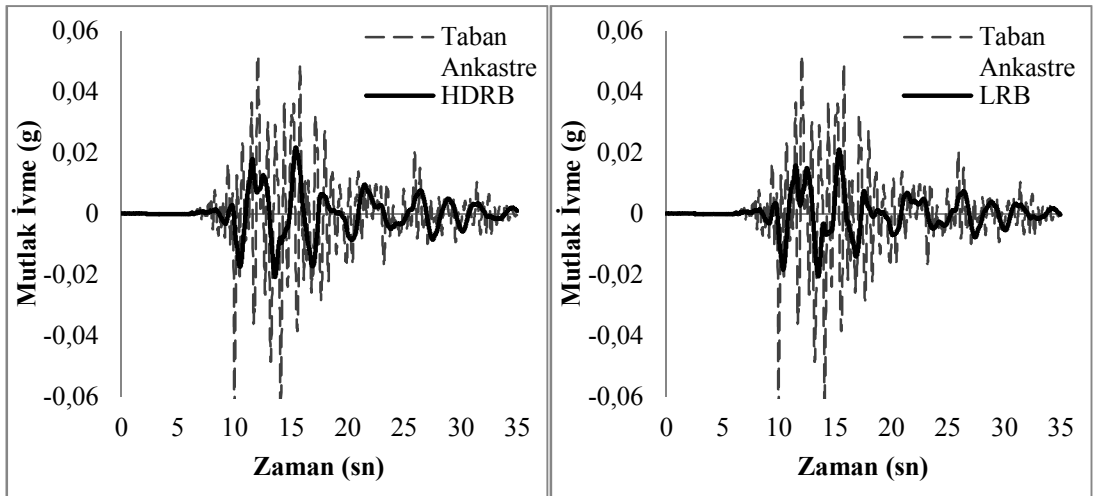
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	7.859 kN	19.383 kNm	1.872 kN	3.294 kNm	1.098 kN	1.942 kNm
2	5.954 kN	9.453 kNm	1.516 kN	2.589 kNm	0.912 kN	1.531 kNm
3	4.985 kN	8.787 kNm	1.083 kN	2.1640 kNm	0.671 kN	1.314 kNm
4	3.742 kN	7.786 kNm	0.728 kN	1.661 kNm	0.464 kN	1.038 kNm
5	1.621 kN	4.401 kNm	0.277 kN	0.838 kNm	0.181 kN	0.537 kNm



Şekil B3.19: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.20: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



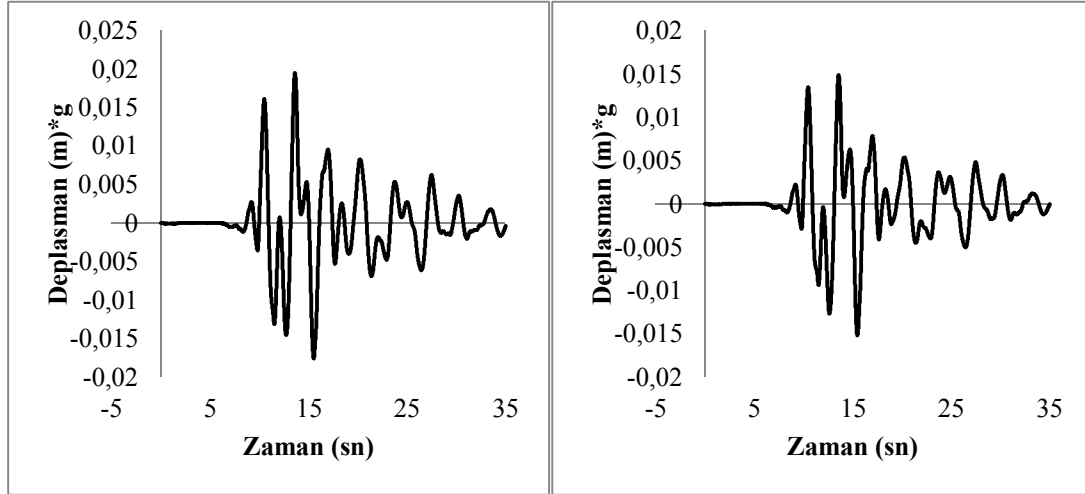
Şekil B1.21: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.11: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	19.265 kN	48.655 kNm	7.488 kN	13.334 kNm	6.457 kN	11.499 kNm
2	14.441 kN	23.283 kNm	6.203 kN	10.538 kNm	5.357 kN	9.090 kNm
3	11.943 kN	21.025 kNm	4.413 kN	8.919 kNm	3.818 kN	7.703 kNm
4	9.245 kN	19.174 kNm	2.976 kN	6.948 kNm	2.574 kN	6.000 kNm
5	4.126 kN	11.228 kNm	1.065 kN	3.433 kNm	0.925 kN	2.967 kNm

Çizelge B3.12: %10 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

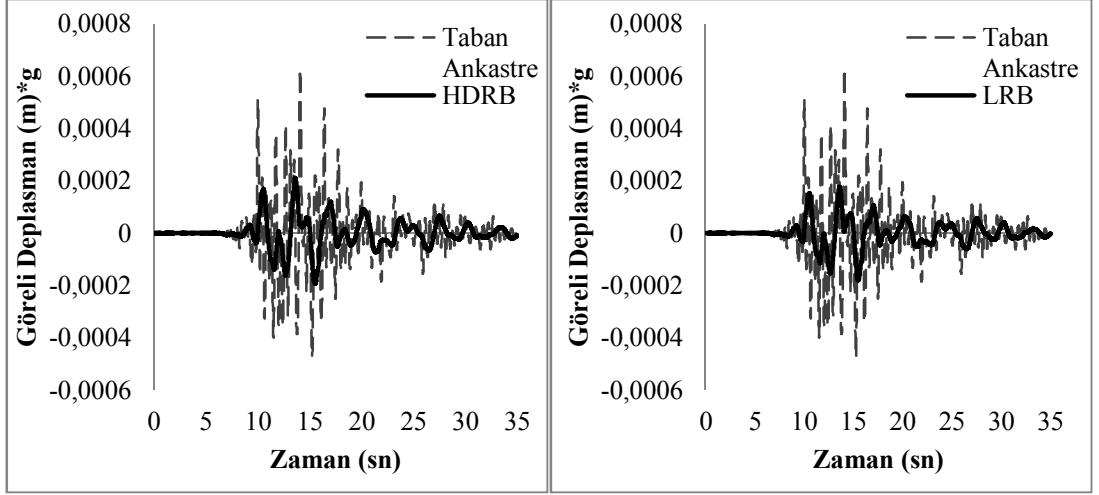
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	13,587 kN	33,495 kNm	3,547 kN	6,249 kNm	2,296 kN	4,056 kNm
2	10,247 kN	16,242 kNm	2,889 kN	4,913 kNm	1,889 kN	3,196 kNm
3	8,544 kN	15,042 kNm	2,078 kN	4,133 kNm	1,369 kN	2,709 kNm
4	6,417 kN	13,359 kNm	1,403 kN	3,191 kNm	0,945 kN	2,112 kNm
5	2,811 kN	7,619 kNm	0,534 kN	1,614 kNm	0,371 kN	1,096 kNm



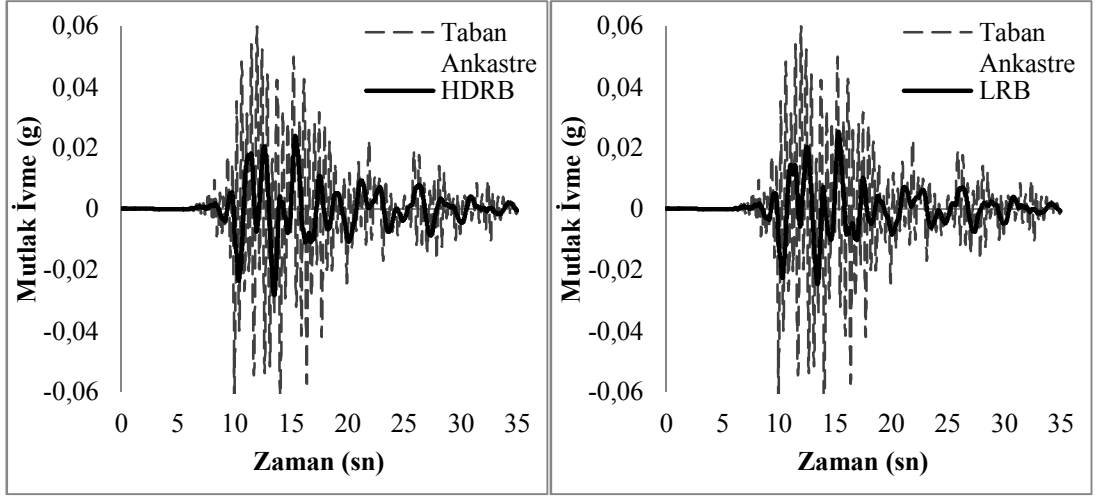
(a)

(b)

Şekil B3.22: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.23: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



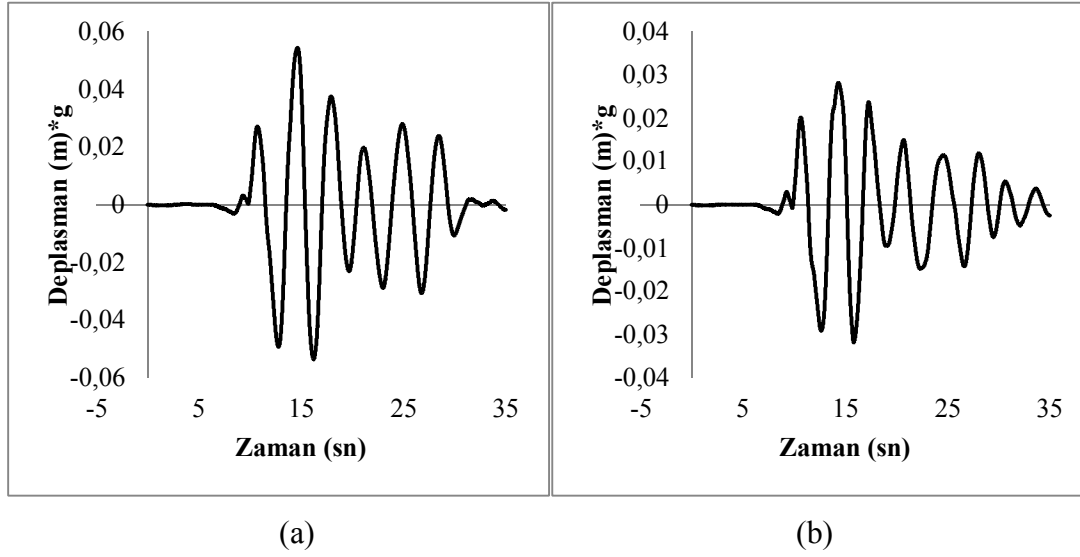
Şekil B3.24: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.13: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

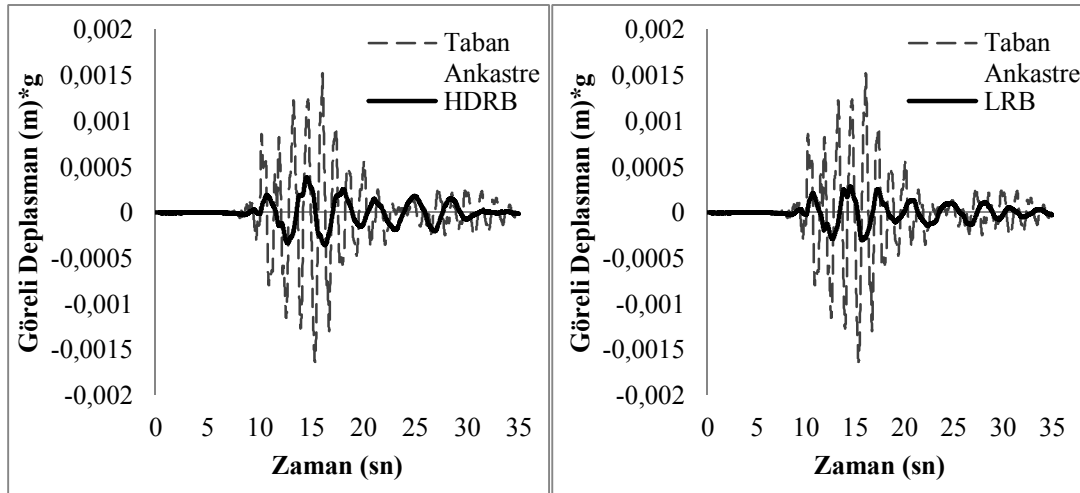
Kocaeli						
Kat No:	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	17.250 kN	43.811 kNm	6.721 kN	12.002 kNm	5.723 kN	10.217 kNm
2	12.997 kN	21.016 kNm	5.620 kN	9.494 kNm	4.768 kN	8.081 kNm
3	10.756 kN	18.970 kNm	4.031 kN	8.100 kNm	3.401 kN	6.863 kNm
4	8.150 kN	17.235 kNm	2.737 kN	6.356 kNm	2.315 kN	5.365 kNm
5	3.427 kN	9.691 kNm	0.987 kN	3.158 kNm	0.838 kN	2.673 kNm

Çizelge B3.14: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

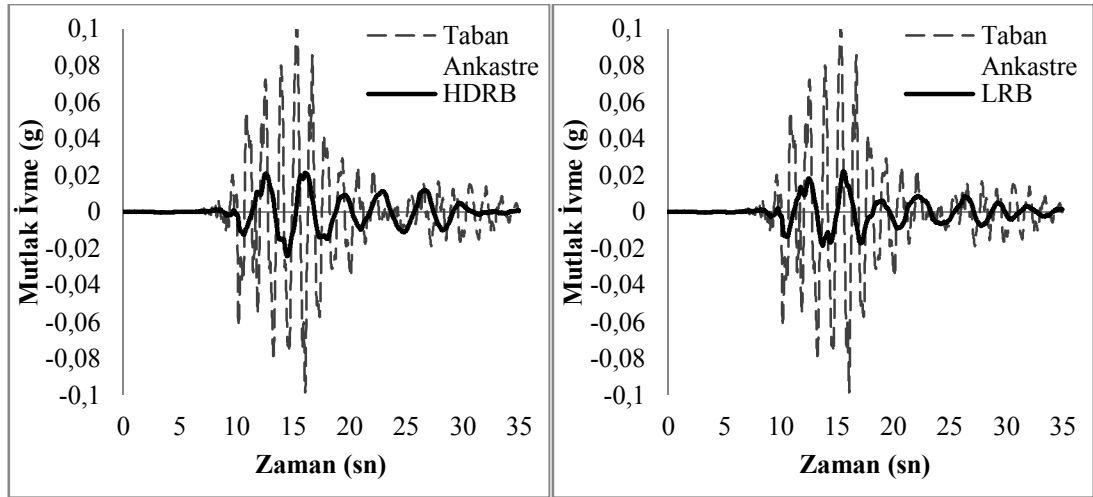
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	25.779 kN	63.001 kNm	6.481 kN	11.408 kNm	4.727 kN	8.371 kNm
2	19.060 kN	29.316 kNm	5.266 kN	8.970 kNm	3.930 kN	6.587 kNm
3	14.864 kN	27.499 kNm	3.781 kN	7.529 kNm	2.911 kN	5.670 kNm
4	10.317 kN	22.308 kNm	2.550 kN	5.803 kNm	2.028 kN	4.515 kNm
5	4.620 kN	12.217 kNm	0.972 kN	2.936 kNm	0.801 kN	2.354 kNm



Şekil B3.25: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



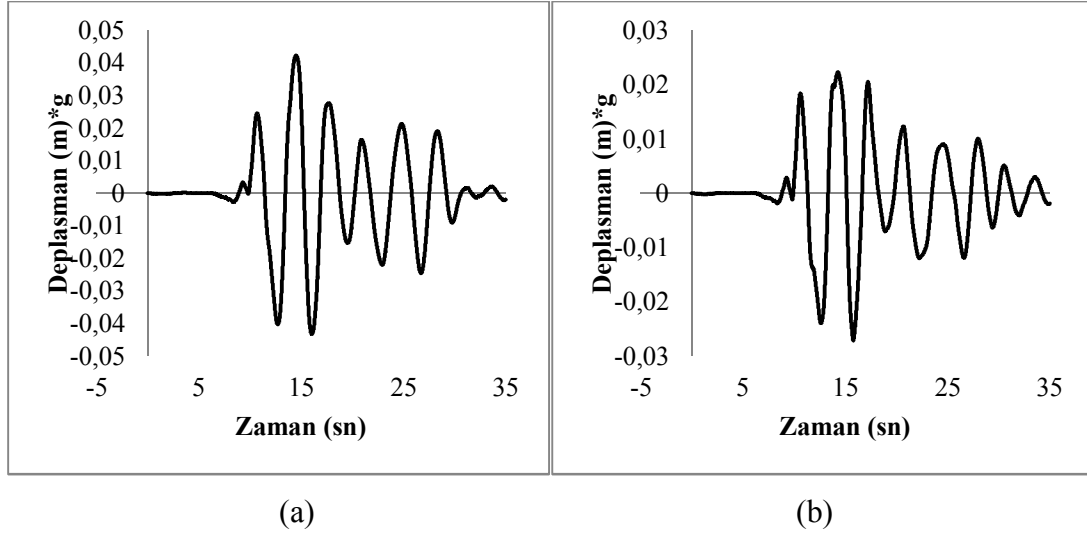
Şekil B3.26: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



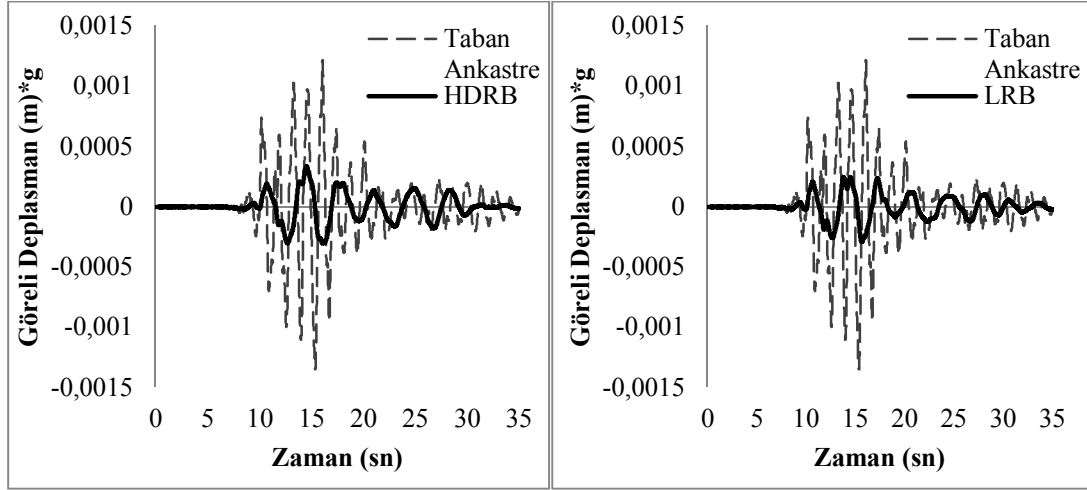
Şekil B3.27: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.15: Burulma düzensizliği olmayan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

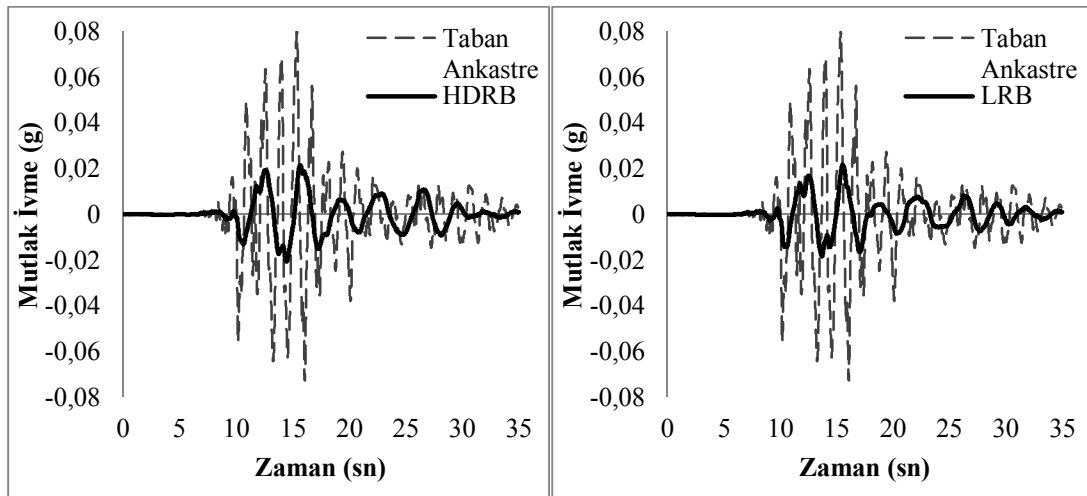
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	70.881 kN	183.960 kNm	17.890 kN	33.696 kNm	14.966 kN	28.030 kNm
2	56.417 kN	99.227 kNm	17.002 kN	25.865 kNm	14.051 kN	21.083 kNm
3	53.105 kN	80.122 kNm	14.721 kN	24.067 kNm	11.944 kN	19.914 kNm
4	49.162 kN	78.725 kNm	13.084 kN	22.154 kNm	10.374 kN	17.980 kNm
5	44.434 kN	74.623 kNm	11.311 kN	19.821 kNm	8.828 kN	15.697 kNm
6	38.650 kN	68.048 kNm	9.491 kN	17.310 kNm	7.445 kN	13.530 kNm
7	32.047 kN	59.881 kNm	7.604 kN	14.665 kNm	5.982 kN	11.508 kNm
8	24.374 kN	49.794 kNm	5.613 kN	11.782 kNm	4.421 kN	9.263 kNm
9	16.456 kN	39.145 kNm	3.702 kN	9.022 kNm	2.922 kN	7.103 kNm
10	4.951 kN	16.716 kNm	0.861 kN	3.631 kNm	0.693 kN	2.875 kNm



Şekil B3.28: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.29: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki göreceli deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



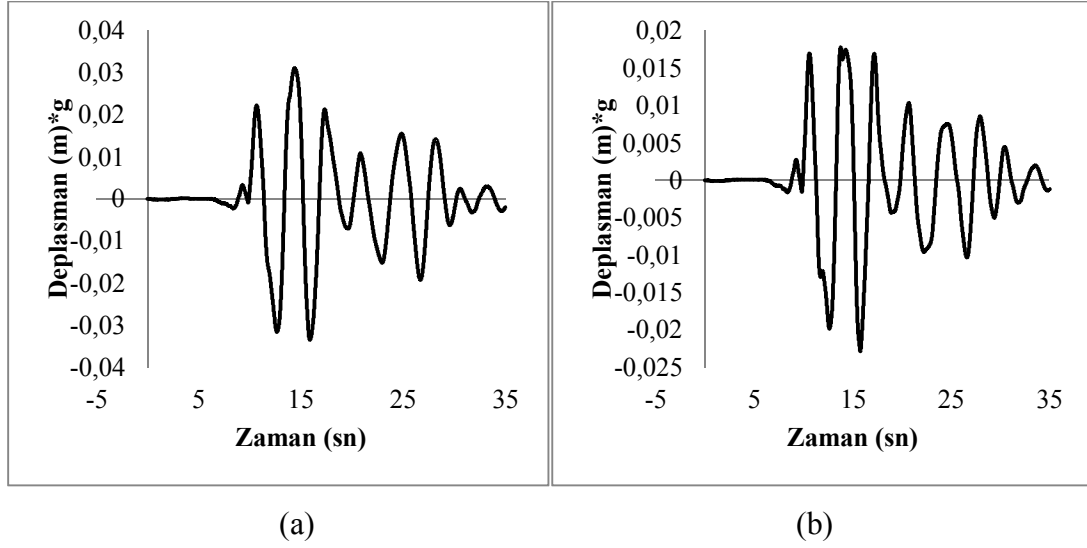
Şekil B3.30: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.16: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

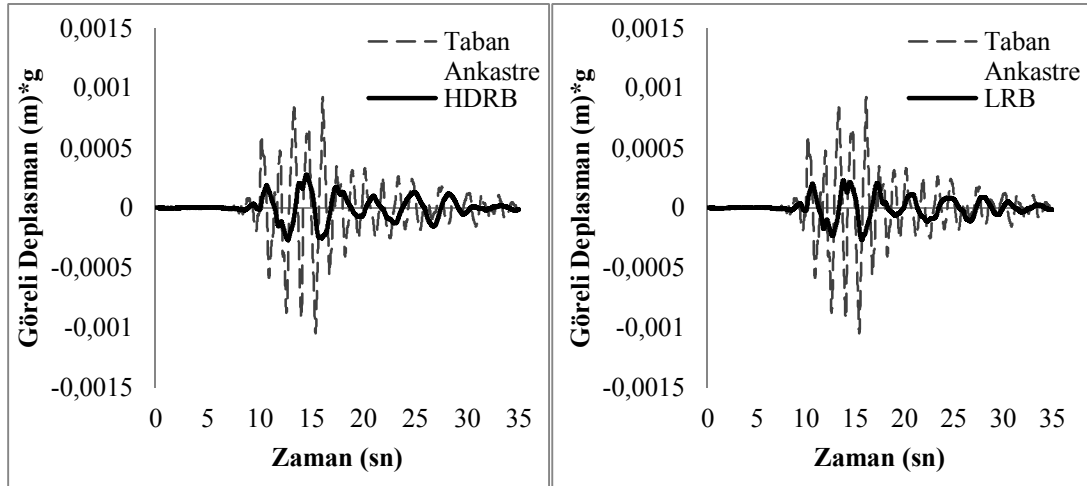
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	53.923 kN	140.678 kNm	14.875 kN	27.840 kNm	13.398 kN	25.143 kNm
2	42.847 kN	75.654 kNm	14.025 kN	21.399 kNm	12.588 kN	18.913 kNm
3	40.168 kN	60.725 kNm	12.127 kN	19.794 kNm	10.681 kN	17.793 kNm
4	37.086 kN	59.458 kNm	10.788 kN	18.236 kNm	9.367 kN	16.058 kNm
5	33.521 kN	56.306 kNm	9.345 kN	16.347 kNm	8.154 kN	14.208 kNm
6	29.243 kN	51.418 kNm	7.862 kN	14.323 kNm	6.884 kN	12.499 kNm
7	24.382 kN	45.438 kNm	6.310 kN	12.177 kNm	5.536 kN	10.651 kNm
8	18.705 kN	38.077 kNm	4.657 kN	9.805 kNm	4.097 kN	8.593 kNm
9	12.775 kN	30.333 kNm	3.069 kN	7.526 kNm	2.707 kN	6.605 kNm
10	3.499 kN	12.799 kNm	0.678 kN	2.979 kNm	0.622 kN	2.648 kNm

Çizelge B3.17: %5 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

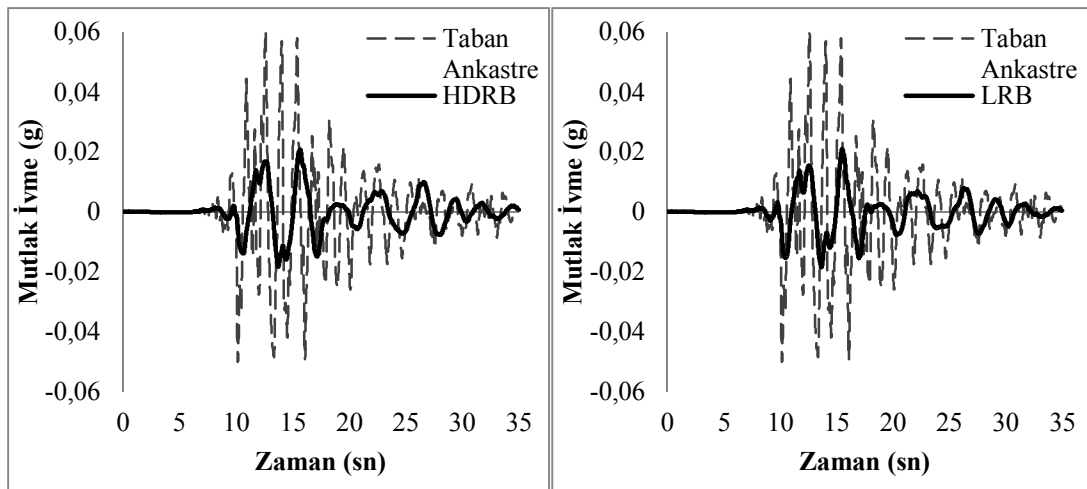
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	17.238 kN	43.484 kNm	4.076 kN	7.521 kNm	2.594 kN	4.799 kNm
2	13.609 kN	23.201 kNm	3.761 kN	5.714 kNm	2.417 kN	3.631 kNm
3	12.672 kN	19.329 kNm	3.221 kN	5.367 kNm	2.103 kN	3.457 kNm
4	11.646 kN	18.832 kNm	2.822 kN	4.845 kNm	1.870 kN	3.174 kNm
5	10.522 kN	17.678 kNm	2.424 kN	4.265 kNm	1.617 kN	2.835 kNm
6	9.175 kN	16.066 kNm	2.031 kN	3.692 kNm	1.351 kN	2.464 kNm
7	7.688 kN	14.148 kNm	1.625 kN	3.109 kNm	1.073 kN	2.064 kNm
8	6.357 kN	12.118 kNm	1.199 kN	2.482 kNm	0.797 kN	1.638 kNm
9	4.591 kN	10.143 kNm	0.789 kN	1.873 kNm	0.537 kN	1.252 kNm
10	1.559 kN	4.892 kNm	0.227 kN	0.810 kNm	0.160 kN	0.556 kNm



Şekil B3.31: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.32: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



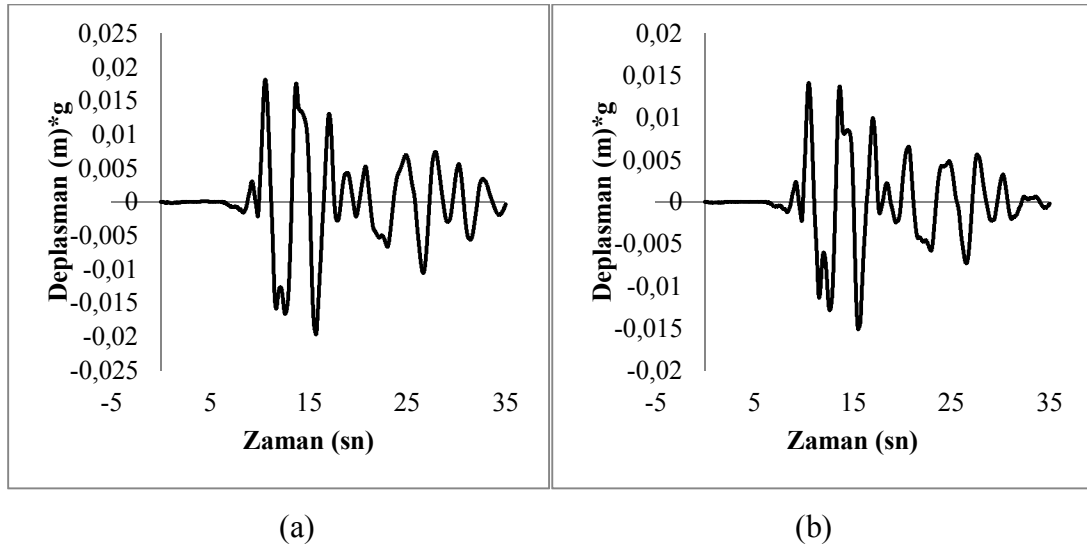
Şekil B3.33: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.18: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

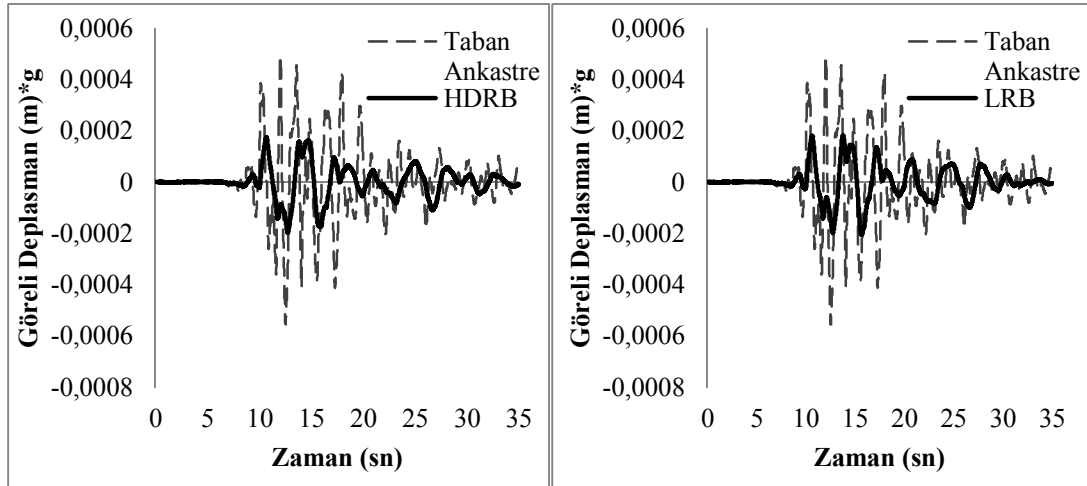
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	35.414 kN	92.003 kNm	12.241 kN	23.029 kNm	11.619 kN	21.870 kNm
2	27.779 kN	48.666 kNm	11.553 kN	17.419 kNm	10.937 kN	16.491 kNm
3	25.579 kN	39.341 kNm	9.842 kN	16.348 kNm	9.304 kN	15.412 kNm
4	23.905 kN	37.813 kNm	8.584 kN	14.830 kNm	8.327 kN	13.994 kNm
5	21.951 kN	36.372 kNm	7.258 kN	13.015 kNm	7.247 kN	12.622 kNm
6	19.470 kN	33.798 kNm	6.055 kN	11.116 kNm	6.113 kN	11.109 kNm
7	16.605 kN	30.464 kNm	4.828 kN	9.387 kNm	4.914 kN	9.471 kNm
8	13.033 kN	26.222 kNm	3.542 kN	7.514 kNm	3.631 kN	7.643 kNm
9	9.079 kN	21.485 kNm	2.322 kN	5.747 kNm	2.396 kN	5.879 kNm
10	2.461 kN	9.020 kNm	0.516 kN	2.238 kNm	0.526 kN	2.323 kNm

Çizelge B3.19: %10 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

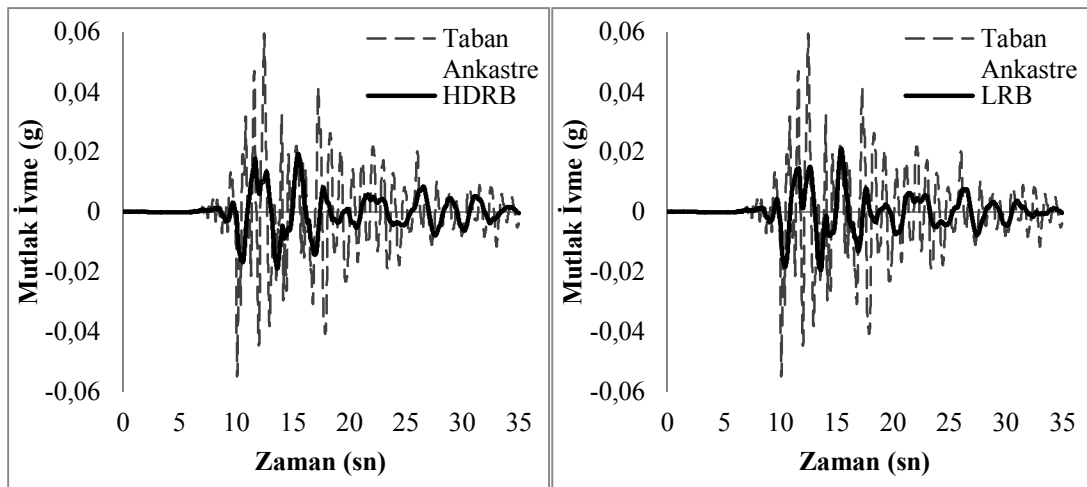
Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	30.052 kN	75.903 kNm	7.825 kN	14.460 kNm	5.305 kN	9.806 kNm
2	23.785 kN	40.696 kNm	7.245 kN	10.968 kNm	4.926 kN	7.421 kNm
3	22.273 kN	33.757 kNm	6.239 kN	10.339 kNm	4.275 kN	7.042 kNm
4	20.660 kN	33.135 kNm	5.512 kN	9.395 kNm	3.795 kN	6.453 kNm
5	18.906 kN	31.401 kNm	4.757 kN	8.341 kNm	3.275 kN	5.754 kNm
6	16.783 kN	28.921 kNm	3.988 kN	7.248 kNm	2.730 kN	4.991 kNm
7	14.296 kN	25.902 kNm	3.188 kN	6.104 kNm	2.164 kN	4.170 kNm
8	11.250 kN	22.096 kNm	2.350 kN	4.867 kNm	1.609 kN	3.303 kNm
9	8.066 kN	17.757 kNm	1.557 kN	3.676 kNm	1.085 kN	2.530 kNm
10	2.846 kN	8.724 kNm	0.451 kN	1.603 kNm	0.325 kN	1.125 kNm



Şekil B3.34: %20 burulma düzensizliği olan 5 katlı yapıdaki (a) yüksek sönümlü kauçuk izolatör (b) kurşun çekirdekli kauçuk izolatör deplasmanı.



Şekil B3.35: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki görelî deplasman değerlerinin karşılaştırılması.



Şekil B3.36: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı yapıdaki mutlak ivme değerlerinin karşılaştırılması.

Çizelge B3.20: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesi doğrultusundaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	23.723 kN	62.191 kNm	7.885 kN	14.812 kNm	8.344 kN	15.838 kNm
2	18.801 kN	33.117 kNm	7.370 kN	11.102 kNm	8.012 kN	12.287 kNm
3	17.412 kN	26.285 kNm	6.304 kN	10.365 kNm	6.930 kN	11.296 kNm
4	15.817 kN	25.735 kNm	5.584 kN	9.475 kNm	6.154 kN	10.417 kNm
5	14.106 kN	24.025 kNm	4.815 kN	8.451 kNm	5.310 kN	9.323 kNm
6	12.167 kN	21.705 kNm	4.031 kN	7.362 kNm	4.444 kN	8.140 kNm
7	10.019 kN	18.962 kNm	3.224 kN	6.225 kNm	3.547 kN	6.892 kNm
8	7.606 kN	15.680 kNm	2.377 kN	4.998 kNm	2.602 kN	5.526 kNm
9	5.166 kN	12.360 kNm	1.567 kN	3.834 kNm	1.705 kN	4.233 kNm
10	1.280 kN	5.135 kNm	0.379 kN	1.531 kNm	0.365 kN	1.629 kNm

Çizelge B3.21: %20 burulma düzensizliği olan 10 katlı modellerde deprem yüklemesine dik doğrultudaki maksimum kesme kuvveti ve moment değerleri.

Kat No:	Kocaeli					
	Taban Ankastre		HDRB		LRB	
	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment	Kesme Kuvveti	Moment
1	35.688 kN	90.311 kNm	13.269 kN	24.527 kNm	10.654 kN	19.667 kNm
2	28.542 kN	49.125 kNm	12.285 kN	18.568 kNm	9.831 kN	14.908 kNm
3	27.036 kN	40.805 kNm	10.603 kN	17.519 kNm	8.454 kN	14.028 kNm
4	25.024 kN	40.331 kNm	9.390 kN	15.966 kNm	7.451 kN	12.743 kNm
5	22.538 kN	37.876 kNm	8.129 kN	14.211 kNm	6.397 kN	11.286 kNm
6	19.707 kN	34.324 kNm	6.855 kN	12.388 kNm	5.315 kN	9.743 kNm
7	16.532 kN	30.334 kNm	5.544 kN	10.509 kNm	4.207 kN	8.118 kNm
8	13.775 kN	25.514 kNm	4.161 kN	8.502 kNm	3.162 kN	6.435 kNm
9	10.836 kN	22.649 kNm	2.793 kN	6.535 kNm	2.126 kN	4.962 kNm
10	4.180 kN	11.967 kNm	0.828 kN	2.892 kNm	0.636 kN	2.208 kNm

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Taha TOPRAK

Doğum Yeri ve Tarihi: Bakırköy – 14.11.1988

Adres: İSTANBUL

E-Posta: taha_toprak@hotmail.com

Lisans: İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği

Mesleki Deneyim:

Mart 2012 – ...	Öztürk İnşaat Ltd. Şti., Şantiye Şefi
Ağustos 2011 – Mart 2012	Serbest Çelik Proje Tasarımı, İnşaat Mühendisi
Kasım 2010 – Eylül 2011	Türk Hava Yolları A.O. İnşaat ve Emlak Müdürlüğü, İnşaat Mühendisi
Haziran 2009 – Eylül 2009	Tuncel Mühendislik Ltd. Şti. Betonarme-Çelik Proje Bürosu, Stajyer İnşaat Mühendisi
Ağustos 2007 – Ekim 2008	IC İçtaş İnşaat A.Ş., Stajyer İnşaat Mühendisi
Temmuz 2007 – Ağustos 2007	DHİMİ Atatürk Havalimanı Başmüdürlüğü – İnşaat Müdürlüğü, Stajyer İnşaat Mühendisi

Ödüller:

- İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü ikincilikle mezuniyet ödülü.
- İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Bitirme Tezi üçüncülük ödülü.
- TÜBİTAK BİDEB 2010 Yurt İçi Yüksek Lisans Başarı Bursu.
- TÜBİTAK BİDEB 2011 Yurt İçi Yüksek Lisans Başarı Bursu.