

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR HASTANE YAPISININ KLASİK YÖNTEMLE VE SİSMİK İZOLATÖR
KULLANILARAK TASARIMININ DİNAMİK YÖNDEN
KARŞILAŞTIRILMASININ YAPILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Güven GÜNER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeki HASGÜR

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR HASTANE YAPISININ KLASİK YÖNTEMLE VE SİSMİK İZOLATÖR
KULLANILARAK TASARIMININ DİNAMİK YÖNDEN
KARŞILAŞTIRILMASININ YAPILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Güven GÜNER
(501091263)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Deprem Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zeki HASGÜR

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501091263 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Güven GÜNER**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BİR HASTANE YAPISININ KLASİK YÖNTEMLE VE SİSMİK İZOLATÖR KULLANILARAK TASARIMININ DİNAMİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASININ YAPILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zeki HASGÜR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir GÜLER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Feridun ÇILI
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **08 Haziran 2012**

Aileme ve üzerimde emeği olan bütün sevdiklerime,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, perdeli ve çerçeveli bir karkas sistemine sahip 8 katlı bir betonarme hastane yapısının klasik yöntemle(kapasite tasarımı ilkesi) göre ve sismik yalıtıcılar kullanarak tasarımının yapılması ve bu vesileyle hem tasarımların dinamik olarak karşılaştırılmasının yapılması hem de sismik yalıtıcıların karakteristik özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

Lisans ve yüksek lisans eğitimiyasantım süresince, başta beyefendi kişiliği ve iş disiplini sağlama konusundaki hassasiyeti ile kendisini hep örnek alarak anacağım, bilgi, tecrübe ve yardımlarını benimle her anpaylaşan değerli hocam sayın Prof. Dr. Zeki Hasgür'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam süresince benden yardımlarını esirgemeyen bütün İtü İnşaat Fakültesi Betonarme Yapılar Çalışma Kürsüsü'nün değerli hocalarına ve asistanlarına da ayrıca sevgi ve saygılarımı sunarım.

Bu tez çalışmasında kullanılan örnek yapının teminini sağlayan, başta Sayın İnş. Müh. Niyazi Parlar ve eşi İnş. Müh. Gülsun Parlar olmak üzere tüm Parlar Mühendislik ailesine burada teşekkürlerimi sunarım.

Başta mühendisliğin statik mühendisliğinden farkını ortaya koymak olmak üzere mühendislik altyapımın oluşmasında emeği geçen ve sayısız konuda yaşam tecrübesinden feyz aldığım değerli abim ve patronum sayın İnş. Yük. Müh. Cemal Akça'ya ve değerli abim İnş. Müh. Gökhan Özen'e bu tez çalışması boyunca bana göstermiş oldukları anlayıştan ötürü teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanması safhasında özellikle word düzenlemeleriyle ilgili konularda benden yardımlarını esirgemeyen değerli çalışma arkadaşlarım Çevre Yük. Müh. Nilüfer Erdoğan ve Çevre Yük. Müh. Cazibe Gökçe Alpay'a ve onların vesilesiyle de tüm Cema Mühendislik çalışanlarına yardım ve desteklerinden ötürü teşekkürlerimi sunarım. Sevgili dostum Gemi İnşaat Yüksek Müh. Ersin Danış'a da teşekkürü bir borç bilirim.

Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini üzerimden hiçbir zaman eksik etmeyen, her daim bana destek olan sevgili aileme ve sevgilim İnş. Müh. Özlem Balcıoğlu'na sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Mayıs 2012

Güven Güner
(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	1
2. SİSMİK İZOLASYON	3
2.1 Sismik İzolasyon Kavramı	3
2.2 Sismik İzolasyon Yönteminin Temel İlkeleri	4
2.3 Sismik İzolasyon Yönteminin Uygulamalarındaki Zorluklar	5
2.4 Sismik İzolasyon Sistemleri Uygulamalarındaki Sınırlamalar	6
2.4.1 Yapı ağırlığı	6
2.4.2 Yapı periyodu.....	6
2.4.3 Zemin durumu.....	6
2.4.4 Yakın fay etkisi	7
2.4.5 Konum.....	7
2.4.6 Taşıyıcı sistemin seçimi	8
2.5 Sismik İzolasyon Yönteminin Faydaları	8
2.5.1 Teknik faydalar	8
2.5.2 Ekonomik faydalar	9
3. SİSMİK İZOLASYON ALETLERİ.....	11
3.1 Düşük Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnetli Sistemler (LDRB)	11
3.2 Kurşun Çekirdekli Kauçuk Mesnetli Sistemler (LRB)	13
3.3 Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnetli Sistemler (HDNR).....	14
3.4 Sürtünmeli Sarkaç Sistemi (FRP)	16
3.5 Çapraz Raylı Sistemler (Cross Linear Bearing, CLB)	17
3.6 Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Birleşik Sistemi (EERC).....	20
3.7 Elastik Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi (RFBS)	20
3.8 Electricite – de France Sistemi (EDF).....	20
3.9 Electricite TASS Sistemi (Taisei Shake Suspension System)	21
3.10 Gerb Heliselik Yay Sistemleri.....	21
4. İZOLATÖR TASARIM METADOLOJİSİ	23
4.1 Analiz Metodunun Seçimi.....	23
4.1.1 Sağlam zeminler.....	23
4.1.2 Zayıf zeminler	23
4.2 UBC 97 Terminolojisi	24
4.2.1 UBC-97’de sismik katsayılar ve yakın fay etkisi.....	24
4.2.2 Hedeflenen periyot ve malzeme özellikleri	26

4.2.3 Tasarım ve maksimum yer değiştirmenin hesaplanması.....	26
4.2.4 Efektif yatay rijitliğin hesaplanması	26
4.2.5 Her çevrimde sönmölen enerji miktarının hesaplanması	26
4.2.6 Karakteristik dayanımının hesaplanması.....	27
4.2.7 Akma yer değiştirmesinin hesaplanması.....	27
4.2.8 Kurşun çekirdek kesit alanının hesaplanması	27
4.2.9 Kurşun çekirdeğin sağladığı yatay rijitlik	27
4.2.10 Kauçuk kısmın sağladığı rijitlik	27
4.2.11 Kauçuk kısmın kesit alanının hesaplanması.....	28
4.2.12 Gerekli toplam kauçuk kalınlığının hesaplanması	28
4.2.13 Şekil faktörünün hesaplanması	28
4.2.14 İzolatörün düşey rijitliğinin hesaplanması	28
4.2.15 Akma dayanımının hesaplanması.....	28
4.2.16 Kayma şekil değiştirmelerinin hesaplanması	28
4.2.17 Ortak alan hesaplamaları	29
4.2.18 Kritik burkulma yükünün hesaplanması	29
5. ETABS İLE YAPI TASARIMI VE İZOLATÖRLERİN MODELLENMESİ	31
5.1 ETABS Programının Genel Özellikleri.....	31
5.2 ACI 318-99 İle DBYBHY, 2007 Uyumluluğu.....	31
5.3 ACI 318-99 Yönetmeliği İle Betonarme Tasarım	32
5.4 ETABS İle Sismik İzolatörlerin Modellenmesi	34
5.4.1 “NLprop” özellikleri	35
5.4.2 Dahili nonlinear yaylar.....	35
5.4.3 Yay kuvvet - deformasyon ilişkisi	36
5.4.4 Temel denge denklemleri	36
5.4.5 Nonlinear kuvvetlerin hesaplanması	37
6. YAPININ TANIMI VE KLASİK YÖNTEME GÖRE İNCELENMESİ	39
6.1 Yapının Tanımı.....	39
6.2 Tasarım Yükleme Birleşimleri	42
6.3 Yapının Klasik Yönteme Göre Çözümünün İncelenmesi	44
6.3.1 Deprem yüklerinin belirlenmesi.....	44
6.3.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri.....	48
6.3.2.1 Planda yapı düzensizliklerinin kontrolü	49
A1-Burulma düzensizliği kontrolü	49
A2-Döşeme süreksizliklerinin kontrolü	51
A3- Planda çıkıntılar bulunması durumu	52
6.3.2.2 Düşeyde yapı düzensizliklerinin kontrolü.....	52
B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)	52
B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)	52
B3- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği	55
6.3.2.3 Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması	55
6.3.2.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü	57
6.3.3 Deprem yükü alt sınırının belirlenmesi	60
6.3.4 Betonarme hesaplar	61
7. İZOLATÖR TASARIMI	63
7.1 Analiz Metodunun Seçimi	63
7.2 İzolatör Özelliklerinin Belirlenmesi	63
7.2.1 Hedeflenen periyot ve malzeme özellikleri.....	64
7.2.2 70x70 Kolonlar için izolatör tasarımı (A tipi izolatör)	65

7.2.2.1	Tasarım ve maksimum yer değiştirmelerinin hesaplanması	65
7.2.2.2	Efektif yatay rijitliğin hesaplanması	65
7.2.2.3	Her çevrimde sönmölenen enerji miktarının hesaplanması	65
7.2.2.4	Karakteristik dayanımının hesaplanması	65
7.2.2.5	Akma yerdeğiştirmesinin hesaplanması	65
7.2.2.6	Kurşun çekirdek kesit alanının hesaplanması	66
7.2.2.7	Kurşun çekirdeğin sağladığı rijitliğin hesaplanması	66
7.2.2.8	Kauçuk kısmın sağladığı rijitliğin hesaplanması	66
7.2.2.9	Kauçuk kısmın kesit alanının hesaplanması	66
7.2.2.10	Gerekli toplam kauçuk kalınlığının hesaplanması	66
7.2.2.11	Şekil faktörünün hesabı	66
7.2.2.12	İzolatörün düşey rijitliğinin hesaplanması	66
7.2.2.13	İzolatörün akma dayanımının hesaplanması	66
7.2.2.14	Toplam izolatör yüksekliğinin belirlenmesi	67
7.2.2.15	Kayma şekil değiştirmelerinin hesaplanması	67
7.2.2.16	Ortak alan hesaplamaları	67
7.2.2.17	Kritik burkulma yükünün hesaplanması	68
7.2.3	60x60 Kolonlar için izolatör tasarımı (B tipi izolatör)	68
7.2.3.1	Tasarım ve maksimum yer değiştirmelerinin hesaplanması	68
7.2.3.2	Efektif yatay rijitliğin hesaplanması	69
7.2.3.3	Her çevrimde sönmölenen enerji miktarının hesaplanması	69
7.2.3.4	Karakteristik dayanımının hesaplanması	69
7.2.3.5	Akma yerdeğiştirmesinin hesaplanması	69
7.2.3.6	Kurşun çekirdek kesit alanının hesaplanması	69
7.2.3.7	Kurşun çekirdeğin sağladığı rijitliğin hesaplanması	69
7.2.3.8	Kauçuk kısmın sağladığı rijitliğin hesaplanması	70
7.2.3.9	Kauçuk kısmın kesit alanının hesaplanması	70
7.2.3.10	Gerekli toplam kauçuk kalınlığının hesaplanması	70
7.2.3.11	Şekil faktörünün hesabı	70
7.2.3.12	İzolatörün düşey rijitliğinin hesaplanması	70
7.2.3.13	İzolatörün akma dayanımının hesaplanması	70
7.2.3.14	Toplam izolatör yüksekliğinin belirlenmesi	70
7.2.3.15	Kayma şekil değiştirmelerinin hesaplanması	70
7.2.3.16	Ortak alan hesaplamaları	71
7.2.3.17	Kritik burkulma yükünün hesaplanması	72
7.2.4	Perde h=60cm ve perde h=20cm için izolatör tasarımı	72
8.	İZOLATÖRLÜ MODEL VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI.....	73
8.1	Sistemin İzolatörlü Olarak Modellenmesi	73
8.2	Zaman Tanım Alanında Çözüm İle Analiz	75
8.3	Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	78
8.3.1	Yapının birinci, ikinci ve üçüncü mod doğal titreşim periyotları	78
8.3.2	Görelî kat yer değiştirmeleri	78
8.3.3	Toplam kat yer değiştirmeleri	80
8.3.4	Deprem taban kesme kuvvetleri	80
9.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA	83
	ÖZGEÇMİŞ	107

KISALTMALAR

ACI	: American Concrete Institute
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
IBC	: International Building Code
Nllink	: Nonlinear link
Nlprop	: Nonlinear properties
TS	: Türk Standartı
UBC	: Uniform Building Code

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 :Fay tiplerine göre fayın yıllık kayma miktarı.....	25
Çizelge 5.1 : ETABS ile betonarme çerçeve boyutlama bilgileri.....	33
Çizelge 6.1 : Yapı genel bilgileri.....	40
Çizelge 6.2 : Temel deprem yüklemeleri.....	43
Çizelge 6.3 :Yükleme birleşimleri katsayıları.....	43
Çizelge 6.4 :EXTP yüklemesinde X-burulma düzensizliği kontrolü.....	49
Çizelge 6.5 :EXTN yüklemesinde X- burulma düzensizliği kontrolü.....	49
Çizelge 6.6 :EYTP yüklemesinde Y- burulma düzensizliği kontrolü.....	50
Çizelge 6.7 :EYTN yüklemesinde Y- burulma düzensizliği kontrolü.....	50
Çizelge 6.8 :EXTP yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.....	52
Çizelge 6.9 :EXTN yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.....	53
Çizelge 6.10 :EYTP yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.....	53
Çizelge 6.11 :EYTN yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.....	54
Çizelge 6.12 :EXTP’de X- ve Y- yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....	55
Çizelge 6.13 :EXTN’de X- ve Y- yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....	55
Çizelge 6.14 :EYTP’de X- ve Y- yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....	56
Çizelge 6.15 :EYTN’de X- ve Y- yönünde görel kat ötelemelerinin kontrolü.....	56
Çizelge 6.16 :EXTPyüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	57
Çizelge 6.17 :EXTNyüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	57
Çizelge 6.18 :EYTP yüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	58
Çizelge 6.19 :EYTNyüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.....	58
Çizelge 6.20 :Deprem yükü alt sınırının belirlenmesi.....	59
Çizelge 7.1 :UBC 97 Yönetmeliği’ne göre izolatör parametrelerinin belirlenmesi.....	63
Çizelge 8.1 :A Tipi izolatör özellikleri.....	73
Çizelge 8.2 :B Tipi izolatör özellikleri.....	73
Çizelge 8.3 :Yapı birinci,ikinci ve üçüncü mod doğal titreşim periyotları.....	78
Çizelge A.1 : Sismik Bölge Faktörü.....	88
Çizelge A.2 :Zemin Profili Tipi.....	88
Çizelge A.3 : Sismik Kaynak Tipleri.....	88
Çizelge A.4 :Sismik Katsayı, C_a	89
Çizelge A.5 :Sismik Katsayı, C_v	89
Çizelge A.6 :Beklenen maksimum depremde davranış katsayısı, M_M	89
Çizelge A.7 :Kaynak yakınlık faktörü, N_a	90
Çizelge A.8 :Kaynak yakınlık faktörü, N_v	90
Çizelge A.9 :Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayı, C_{AM}	90
Çizelge A.10 :Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayı, C_{VM}	91
Çizelge A.11 :Sönüm katsayıları, B_D , B_M	91
Çizelge A.12 :Taşıyıcı sistem davranış katsayıları, R_t , R	91
Çizelge B.1 :Yalıtımsız model birinci kat giriş boyuna donatıları.....	92
Çizelge B.2 :Yalıtımsız model birinci kat giriş boyuna donatıları.....	93
Çizelge B.3 :Yalıtımsız model birinci kat giriş boyuna donatıları.....	94

Çizelge B.4 :Yalıtımsız model birinci kat giriş kayma donatıları	95
Çizelge B.5 :Yalıtımsız model birinci kat giriş kayma donatıları	96
Çizelge B.6 :Yalıtımsız model birinci kat kolon boyuna donatıları	97

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 :Taban izolasyonlu ve ankastre mesnetli yapı	3
Şekil 2.2 :Spektral ivme değerinin yalıtımlı ve yalıtımsız yapı için değişimi	4
Şekil 2.3 :Spektral ivme değerinin yalıtımlı ve yalıtımsız yapı için değişimi	4
Şekil 2.4 :Spektral ivme değerinin yumuşak zeminlerde değişimi	7
Şekil 2.5 :Yalıtılmış ve yalıtılmamış yapıların hasar karşılaştırılması	8
Şekil 2.6 :Eğimli arazide izolasyon uygulanması	8
Şekil 2.7 :Yalıtım uygulanmış bir yapıda kat yerdeğiştirme talebi grafiği	9
Şekil 3.1 :Düşük sönümlü kauçuk izolatörler	12
Şekil 3.2 :Düşük sönümlü kauçuk izolatörlerin kolonlarda uygulanma yerleri	13
Şekil 3.3 :Kurşun çekirdekli kauçuk izolatörler	14
Şekil 3.4 :Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler	15
Şekil 3.5 :Elastomer mesnetlerin histeretik eğrileri	15
Şekil 3.6 :Sürtünmeli sarkaç izolatör kesiti	16
Şekil 3.7 :Sürtünme esaslı izolatörün çalışma sistemi	16
Şekil 3.8 :1, 2 ve 4 birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler	18
Şekil 3.9 :Çapraz raylı izolatörlerin uygulanma safhaları	19
Şekil 3.10 :Spiral yaylı taban izolatörü	22
Şekil 4.1 :Sismik kaynak faktörü N_a ve N_v	25
Şekil 5.1 :ETABS ile kullanılan nonlinear eleman örnekleri	34
Şekil 6.1 :Yapı tipik kat kalıp planı	41
Şekil 6.2 :Yapı 3 boyutlu ETABS modeli	42
Şekil 6.3 :EXP, X- doğrultusunda %5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	45
Şekil 6.4 :EXN, X- doğrultusunda %5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	46
Şekil 6.5 :EYP, Y- doğrultusunda %5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	46
Şekil 6.6 :EYN, Y- doğrultusunda -%5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	46
Şekil 6.7 :TEPEXP, X-, %5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	47
Şekil 6.8 :TEPEXP, X-, -%5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	47
Şekil 6.9 :TEPEYP, Y-, %5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	48
Şekil 6.10 :TEPEYN, Y-, -%5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması	48
Şekil 7.1 : İzolatör tasarımında kullanılacak olan N_d eksenel yük değerleri	64
Şekil 7.2 :A tipi izolatörün histeretik diyagramı	68
Şekil 7.3 :B tipi izolatörün histeretik diyagramı	72
Şekil 8.1 :ETABS ile A tipi izolatör özelliklerinin tanımlanması	74
Şekil 8.2 :ETABS ile B tipi izolatör özelliklerinin tanımlanması	75
Şekil 8.3 :ETABS ile kullanılan benzeştirilmiş deprem ivme fonksiyonları	76
Şekil 8.4 :ETABS ile kullanılan ivme fonksiyonlarının yük olarak tanıtılması	77
Şekil 8.5 :Yalıtımlı ve yalıtımsız model X- görelî kat yer değıştirmeleri oranı	79
Şekil 8.6 :Yalıtımlı ve yalıtımsız model Y- görelî kat yer değıştirmeleri oranı	79
Şekil 8.7 :X- yalıtımlı ve yalıtımsız model toplam kat yer değıştirmeleri	80
Şekil 8.8 :Y- yalıtımlı ve yalıtımsız model toplam kat yer değıştirmeleri	80
Şekil 8.9 :X- doğrultusu yalıtımlı ve yalıtımsız model kat kesme kuvvetleri	81
Şekil 8.10 :Y- doğrultusu yalıtımlı ve yalıtımsız model kat kesme kuvvetleri	81

SEMBOL LİSTESİ

A'	: Ortak alan
A_c	: Beton basınç alanı
A_0	: Etkin yer ivmesi
A_{pb}	: Kurşun çekirdek kesit alanı
A_{rub}	: Kauçuk kısmın kesit alanı
A_s	: Toplam izolator kesit alanı
A_{sw}	: Kayma donatısı alanı
B_D	: Sönümleme katsayısı
C_a	: Sismik katsayı
C_{am}	: Sismik katsayı
C_v	: Sismik katsayı
C_{vm}	: Sismik katsayı
d_D	:Tasarım yer değıştirmesi
d_M	: Maksimum yer değıştirme
d_{pb}	:Tasarım yer değıştirmesi
D_r	: İzolatör çapı
d_y	: akma yer değıştirmesi
E	:Elastisite modülü
D_r	: İzolatör çapı
d_y	: Akma yer değıştirmesi
E	:Elastisite modülü
E_c	: Basınç elastisite modülü
f_{cd}	:Beton tasarım basınç dayanımı
f_{ck}	:Beton 28 günlük karakteristik basınç dayanımı
f_{ctk}	:Beton karakteristik çekme dayanımı
f_{yd}	:Donatı tasarım akma gerilmesi
f_{yk}	:Donatı karakteristik akma gerilmesi
F_y	: Akma kuvveti
g	: Yerçekimi ivmesi
g_1	:Yapı ölü yükleri
g_2	:Yapı duvar yükleri
G	: Toplam sabit yük
h_{tot}	: Toplam izolatör yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
I_x	: Atalet momenti
I_y	: Atalet momenti
K_d	: Akma sonrası rijitlik
K_{eff}	: Efektif rijitlik
K_H	: Yatay rijitlik
K_{pb}	: Kurşun çekirdeğin sağladığı rijitlik
K_{rub}	: Kauçuk kısmın sağladığı rijitlik
K_u	: Akma öncesi rijitlik

K_v	: Düşey rijitlik
m	: Kütle
M	: Deprem aletsel büyüklüğü
M_M	: Beklenen maksimum depremde davranış katsayısı
n	: Hareketli yük azaltım katsayısı
N_a	: Yakın fay etkisi katsayısı
n_r	: Kauçuk tabaka sayısı
n_s	: Çelik levha sayısı
N_v	: Yakın fay etkisi katsayısı
P_{kritik}	: Kritik burkulma yükü
q	: Hareketli yük
Q	: Toplam hareketli yük
Q_d	: Akma dayanımı
R	: Deprem yükü azaltma katsayısı
R_t	: İzolatörlü system deprem yükü azaltma katsayısı
R_k	: Konkav yüzey eğrilik yarıçapı
S	: Şekil faktörü
T	: Tek kauçuk tabaka kalınlığı
$T_{ankastre}$	: Ankastre mesnetli durumda periyot
T_D	: Tasarım periyodu
T_F	: Sismik izolasyon öncesi periyot
T_1	: Sismik izolasyon sonrası periyot
T_M	: Hedeflenen maksimum periyot
t_p	: Alt ve üstçelik levha kalınlığı
t_r	: Toplam kauçuk kalınlığı
t_s	: Çelik levha kalınlığı
T_s	: Zemin periyotu
u_1	: İki serbestlik dereceli sistemde birinci yerdeğiştirme
$\ddot{u}_1$	: u_1 ivmesi
u_2	: İki serbestlik dereceli sistemde birinci yerdeğiştirme
$\ddot{u}_2$	: u_2 ivmesi
$\ddot{u}_g$	: Yer hareketi ivmesi
V_c	: Beton tarafından taşınan kesmekuvveti
V_{dy}	: Düşey yük kesme kuvveti
V_D	: Tasarım kesme kuvveti
w	: Frekans
W	: Toplam yapı ağırlığı
w_D	: Bir çevrimde sönümlenen enerji
Z	: Sismik bölgekatsayısı
a'	: Sismik katsayısı
γ_{max}	: Maksimum şekil değiştirme
γ_s	: Yatay şekil değiştirme
γ_v	: Düşey şekil değiştirme
Δt	: Düşey yer değiştirme
ε_z	: Düşey yer değiştirmenin toplam izolator yüksekliğine oranı
η	: T_F 'in T_1 'a ne oranı
θ	: Kayma açısı
ξ	: Sönüm oranı
τ	: Kayma gerilmesi
Φ	: İzolatör çapı

Φ_1 : Birinci mod şekli
 Φ_2 : İkinci mod şekli
 β_{eff} : Efektif sönümleme

BİR HASTANE YAPISININ KLASİK YÖNTEMLE VE SİSMİK İZOLATÖR KULLANILARAK TASARIMININ DİNAMİK YÖNDEN KARŞILAŞTIRILMASININ YAPILMASI

ÖZET

Bu tez çalışmasında, perdeli ve çerçeveli bir yapı taşıyıcı sistemine sahip 8 katlı bir betonarme hastane yapısının öncelikle klasik yöntemle (kapasite tasarımı ilkesi) göre tasarımı yapılmış; ardından ise klasik yöntemle göre tasarımı tamamlanmış olan yapının kesit ölçüleri baz alınarak kaydıyla mevcut yapı bir kez de kurşun çekirdekli kauçuklu izolatörler kullanılarak tasarlanmıştır. Böylelikle hem sismik yalıtım uygulanarak hem de sismik yalıtım uygulanmadan tasarlanan yapının dinamik karakteristiklerinin karşılaştırılmasının yapılması ve sismik yalıtıcıların karakteristik özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu tez çalışması 6 ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde sismik izolasyon teorisi açıklanmış ve sismik izolatörün uygulama alanları ile ilgili bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde değişik tipteki sismik izolasyon aletleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde sismik izolasyon yönteminin ön tasarım metodolojisi UBC 97 uyarınca açıklanmış ve izolatör tasarım safhaları maddeler halinde özetlenmiştir. Dördüncü bölümde yapının ankastre mesnetli olarak kapasite tasarımı ilkesi uyarınca boyutlandırılması yapılmıştır. Beşinci bölümde ankastre mesnetli olarak tasarımı tamamlanan yapının kesit ölçüleri baz alınarak önce belirlenen eksenel yük düzeyini karşılayacak nitelikte olan iki farklı tipteki kurşun çekirdekli kauçuk izolatörün tasarımı UBC 97 Yönetmeliği'ne göre yapılmış ardından ise yapının kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü olarak tasarımı yapılmıştır. Altıncı bölümde ise her iki yöntemle göre tasarlanan yapının zaman tanım alanında lineer olmayan analiz uygulanarak dinamik karakteristiklerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde sismik izolasyon yönteminin teorisi açıklanmıştır. Ayrıca bu bölümde sismik izolasyon yönteminin uygulama alanları, uygulamada karşılaşılabilecek sorunlar, sismik izolatör uygulamanın olumlu ve olumsuz yanları da belirtilmiştir. İkinci bölümde değişik tipteki sismik izolasyon aletleri görsel örneklerle tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde ise sismik izolatör tasarım metodolojisi UBC 97 uyarınca açıklanmış ve ilgili şartnameye bağlı kalınarak kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlerin tasarımı ilk aşamadan son aşamaya değin gerekli denklemlerin açıklanmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Dördüncü bölümde yapının ankastre mesnetli olarak kapasite tasarımı ilkesi uyarınca tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ankastre mesnetli yapının tasarımı ve dinamik karakteristikleri belirlenirken ETABS programından faydalanılmıştır. Ayrıca tasarım aşamasında ETABS programının akademik çevrelerce de onaylanan ve birtakım parametreleri değiştirmek suretiyle TS 500 ve DBYBHY, 2007 ile eş değer çözüm yaptığı belirtilen ACI 318 - 99 şartnamesinden de faydalanılmıştır.

Beşinci bölümde ankastre mesnetli olarak tasarımı yapılan yapının kesit ölçüleri baz alınmak kaydıyla aynı yapının bir de iki farklı tipteki kurşun çekirdekli ve kauçuklu izolatör kullanılarak tasarımı yapılmıştır. Yapıda 8 tane A Tipi ve 18 tane de B Tipi olmak üzere toplamda 26 tane kurşun çekirdekli kauçuklu izolatör kullanılmıştır. Ayrıca yüklerin üst yapıdan izolatörlere düzgün bir şekilde aktarımını sağlamak ve yatayda da izolatörlerin birbirlerine göre olan bağımsız yerdeğiştirmelerini sınırlamak bakımından izolatörlerle yapı arasında 15 cm kalınlığında rijit bir döşeme tabakası oluşturulmuştur.

Altıncı bölümde ise her iki yöntemle tasarlanan yapının zaman tanım alanında lineer olmayan analizleri yapılarak yapıların dinamik karakteristiklerinin karşılaştırılması incelenmiştir. Zaman tanım alanında analiz için 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi seviyesindeki ve 25 saniye süreli 3 benzeştirilmiş ivme kaydından faydalanılmıştır.

CARRYING OUT THE COMPARISONS OF THE DESIGNS OF A HOSPITAL BUILDING REGARDING DYNAMIC CHARACTERISTICS BY USING CONVENTIONAL AND BASE ISOLATION METHODS

SUMMARY

In this thesis , an eight storey reinforced concrete structure was designed with two different methods as implementing base isolation case and fixed base case. The structure frame system is dual system in which high ductility moment resistant frame and shear wall are combined. The main target of this research is to find the differences between base isolation concept and fixed base concept regarding dynamic characteristics of the structure. ETABS V.9.6 structural programme was used for the all structural analysis and design of the structure. Another purpose of this research is to compare the ETABS results about fixed base condition and base isolated condition.

There are six main sections in the thesis. The first one is focused on the basic working theory of the base isolation systems. In addition, the subjects as the research field of the base isolation techniques, obstacles about implementing base isolation systems to the structures, disadvantages and advantages of the base isolation systems were explained in the first section. The second section is about the different types of seismic isolation tools and their working mechanism. The third section includes the isolation design methodology according to the UBC 97 codes. The design steps of the lead plug laminated rubber bearings were summarised with the step by step method in the third section. The design of the fixed base case according to capacity theory was conducted in the fourth section. The structure were re-analysed and designed one more time as the lead plug laminated isolated case in the fifth section of which the structural element size's were chosen identical with the size of the elements of the capacity method. Nonlinear time history analysis was conducted for the three different acceleration records with the size of 25 seconds. In addition, time history analysis was conducted by the integration of the 0.005 seconds times 5000. The acceleration records were chosen by resembling them of the %10 increasing probability for the 50 years of the earthquake. It is based on the "Specification for Structures to be Built in Disaster Areas of Turkey" codes. The isolated and non isolated case were compared in the sixth section, according to the time history analysis results regarding their dynamic characteristics as storey drift ratios, storey or base shear forces, storey accelerations etc.

Conventionally, seismic design of structures is based on the concept of increasing the resistance capacity of the structures against earthquakes by employing, for example, the use of shear walls, braced frames, or moment-resistant frames. However, these traditional methods often result in high floor accelerations or large interstorey drifts for buildings. Because of this, the building contents and nonstructural components may suffer significant damage during a major earthquake even if the structure itself remains basically intact. This is not tolerable for buildings whose contents are more costly and valuable than the buildings themselves, such as hospitals, police and fire

stations and telecommunication centers etc. Therefore, special technique to minimize interstory drifts and floor accelerations, the base isolation technique is increasingly being adopted. Base isolation is to prevent the superstructure of the building from absorbing the earthquake energy. Therefore, the superstructure must be supported on base isolators to uncouple the ground motion. The basic objective with seismic isolation is to introduce horizontally flexible but vertically stiff components (base isolators) at the base of a building to substantially uncouple the superstructure from high-frequency earthquake shaking. The basic concept of base isolation system is lengthening the natural period of the fixed base building. Increasing the period of the structure reduces the spectral acceleration for typical earthquake shaking. Displacements in isolated structures are often large and efforts are made to add energy dissipation or damping in the isolation system to reduce displacements. The addition of damping to the isolation systems serves to reduce displacements in the seismic isolators, which can translate into smaller isolators.

In order to minimize interstory drifts, in addition to reducing floor accelerations, the concept of base isolation is increasingly being adopted. Base isolation has also been referred to as passive control, as the control of structural motions is not exercised through a logically driven external agency, but rather through a specially designed interface at the structural base or within the structure, which can reduce or filter out the forces transmitted from the ground. In contrast, the techniques of active or structural control, which are still under research and development for the seismic resistance of structures, require the installation of some logically controlled external agencies, such as actuators, to counteract the structural motions. One drawback with active control techniques is the relatively high cost of maintenance for the control system and actuators, which should remain functional at all times in order to respond to a major earthquake. There also exists a third category of techniques, called hybrid control, that make use of the best of both passive control and active control devices. In this thesis, there is no discussion of either active or hybrid control.

A practical seismic isolation system should meet the sufficient horizontal flexibility to increase the structural period and spectral demands, except for very soft soil sites, sufficient energy dissipation capacity to limit the displacements across the isolators to a practical level and adequate rigidity to make the isolated building no different from a fixed-base building under general service loading. Most commonly used seismic isolating systems can satisfy all the above requirements. Certainly, if the seismic isolating system can be equipped with fail-safe devices for avoiding the total collapse of the isolated structure in cases where excessive displacements occur, then the system will most likely be satisfactory. In the past two decades, the technology of seismic isolation has evolved along the lines of similar principles, resulting in the invention of one isolation device after the other. Most of these seismic isolation devices available in the market satisfy the basic requirements identified above, while having their own characteristics. Commercially available seismic isolation systems can be classified according to their dynamic characteristics and how they are formed from individual devices.

There are many different techniques to isolate the structure from the effects of the earthquakes. Most systems used today incorporate either elastomeric bearings, with the elastomer being either natural rubber or neoprene, or sliding bearings, with the sliding surface being teflon and stainless steel. Systems that combine elastomeric bearings and sliding bearings have also been proposed and implemented. The examples of elastomeric-based systems are low-damping natural and synthetic

rubber bearings, lead-plug bearings, high-damping natural rubber (hdnr) systems. Isolation systems based on sliding are electricité-de-france system, eerc combined system, the tass system, friction pendulum system, spring-type systems, gerb system and sleeved-pile isolation system.

Compared with the elastomeric and lead rubber bearings, most friction systems have the advantage that they are not affected either by the natural frequency of the isolated structure or the frequency content of the earthquake. The coefficient of friction is the key parameter that determines whether or not sliding will occur with the system. However, most friction systems have the drawback that they are incapable of returning the structure to its original position. It is likely that permanent offset may exist between the sliding parts of the system after a major earthquake.

Lead plug laminated bearings are composed of alternating layers of rubber that provide flexibility and steel reinforcing plates that provide vertical load carrying capacity. At the top and bottom of these layers are steel laminated plates that distribute the vertical loads and

transfer the shear force to the internal rubber layer. On the top and bottom of the steel laminated plate is a rubber cover that provides protection for the steel laminated plates. Laminated rubber bearings similar to low damping rubber bearings, but contain holes into which one or more lead plugs are inserted. The lead must fit tightly in the elastomeric bearing, which is achieved by making the lead plug slightly larger than the hole and forcing it in. Because the effective stiffness and effective damping of the lead plug laminated rubber bearings depend on the displacement, it is important to state the displacement when a damping value is specified or reported for an lead plug laminated bearing.

It is a known fact that the use of isolators is generally prevent the structural damage, limit the maximum lateral deformations and accelerations of the stories of the buildings and guarantee the protection of non structural components and equipments. Several surveys carried out in the aftermath of major earthquakes have, in fact, demonstrated that the economic losses in the structures are caused primarily by their contents and architectural parts. Therefore it is of paramount importance when designing earthquake-resistant structures, particularly those used for emergency management, to account properly for the operational limit state in addition to the life safety limit state.

There are many advantages of designing any building with the base isolation technology. Especially the damage level of the upper part of the structure is limited and decreased to the minimum level. This is especially important for the structures of which must be immediately used after of a large earthquake, as hospitals. On the other hand, different from fixed base structures, the damage risk of the non structural but expensive or valuable elements are more protected because of the decreasing of the building storey accelerations. The upper part of the structure behave as a rigid body and bending deformations, crack formation and plastic deformations of the elements are limited. The reaction forces are decreased especially for the beam – column joint points of which are the most critical zones of the structure. Moreover, different from conventional design methodology the base isolated design is more clear and easy due to the complexity and the indeterminities content of the earthquake is decreased.

There are some disadvantages or non beneficial conditions of using base isolation technology. If the structure is a tall building or the structure located to the soft soil

base isolation should not be implemented. The natural period of the tall building is already high and there may be resonance risk for the structure of which is located on soft soil. In addition there may be overturning risk for the tall building.

In this thesis two types of 26 lead plug laminated rubber bearings were used named A and B. They were installed on the base level of the structure with a thick slab layer of which size is 15 centimeters. The slab layer is due to it creates a rigid diaphragm in the horizontal directions of the structure by providing the same horizontal displacements of the isolators and it contributes to homogeneous load transfer from the structure to the isolators.

The isolated and fixed based models were compared according to nonlinear time history analysis results. The story accelerations are reduced significantly in the base-isolated building compared to the fixed base building. The story drifts of the building is also reduced for the base isolated structure compared to the fixed base structure and the behaviour of the structure as a rigid body. The more the period is lengthened, the lesser the story accelerations and story drifts of the superstructure above the base isolators. The displacements are increased with period in the base isolated structure.

1. GİRİŞ

Depremler kontrol edilemeyen ve zamanı önceden yeterli ölçüde kestirilemeyen doğa felaketleridir. Bu belirsizlik, projelendirme safhasında; yapıların göçmesinin engellenmesi zorunluluğunu sağlama suretiyle; taşıyıcı özellikteki yapısal elemanlarda hasarın sınırlanması, taşıyıcı özellikte olmayan yapısal elemanlarda ise hasar oluşabileceği fikrini ortaya çıkarmıştır. Geleneksel tasarım yönteminin temelini, artan deprem yükü talep ihtiyaçlarını gene taşıyıcı özellikte olan yapısal elemanların kesit kapasitelerini önceden belirlenen bir süneklik düzeyine göre arttırmayı zorunlu kılan kapasite tasarımı ilkesi oluşturmaktadır. Bu yöntem tasarım aşamasında iki önemli sorunu ortaya çıkarmaktadır. Birincisi; bazı yapılarda artan deprem yükleriyle orantılı olarak elemanların kapasitelerini arttırma zorunluluğunun hem çok pahalı hem de yapı kat ivmelerini daha da arttırıcı olması, ikincisi ise elastik dayanımın sınırlanarak sünek eleman detaylandırılmasına dayanan bu yöntemde yapı hasarının oluşumuna daha baştan izin verilmesidir. Bu durum özellikle depremden sonra hemen kullanımı gereken hastane, nükleer santral, yangın söndürme istasyonları gibi hem yerine konması pahalı olan elemanları içeren, hem de depremden hemen sonra hizmet etmesi gereken kritik özellikteki ve hasar oluşumunun engellenme zorunluluğunun bulunduğu binaların tasarımında ekonomiklikten uzaklaşılmasına sebep olmaktadır. Sismik izolasyon yöntemi kapasite tasarımı ilkesinden farklı bir görüşle artan deprem yükleriyle orantılı olarak kapasitenin arttırılmasını değil deprem talebinin azaltılmasını öngörmektedir. Depremi kontrol edemeyiz, fakat depremin zeminden yapıya iletimini engelleme yoluyla deprem talebini azaltabiliriz. Bu ise genellikle üst yapı ile zemin arasında oluşturacağımız ve yapının doğal periyodunu depremin baskın periyoduna göre arttırmamızı sağlayan esnek bir tabakanın varlığıyla mümkündür.

1.1 Çalışmanın Amacı

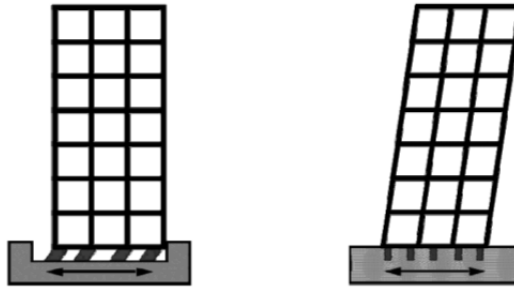
Bu çalışma ile 8 katlı betonarme perdeli ve çerçeveli bir yapının öncelikle klasik yönteme (kapasite tasarımı ilkesi) göre tasarımı yapılmış, ardından ise klasik yönteme göre bulunan kesit ölçüleri baz alınmak kaydıyla aynı yapının bir kez de

kurşun çekirdekli ve kauçuklu izolatörlerle tasarımı yapılarak klasik yöntem ve izolatörlü çözüm arasında dinamik yönden ve tasarım yönünden karşılaştırmaların yapılması hedeflenmiştir.

2. SİSMİK İZOLASYON

2.1 Sismik İzolasyon Kavramı

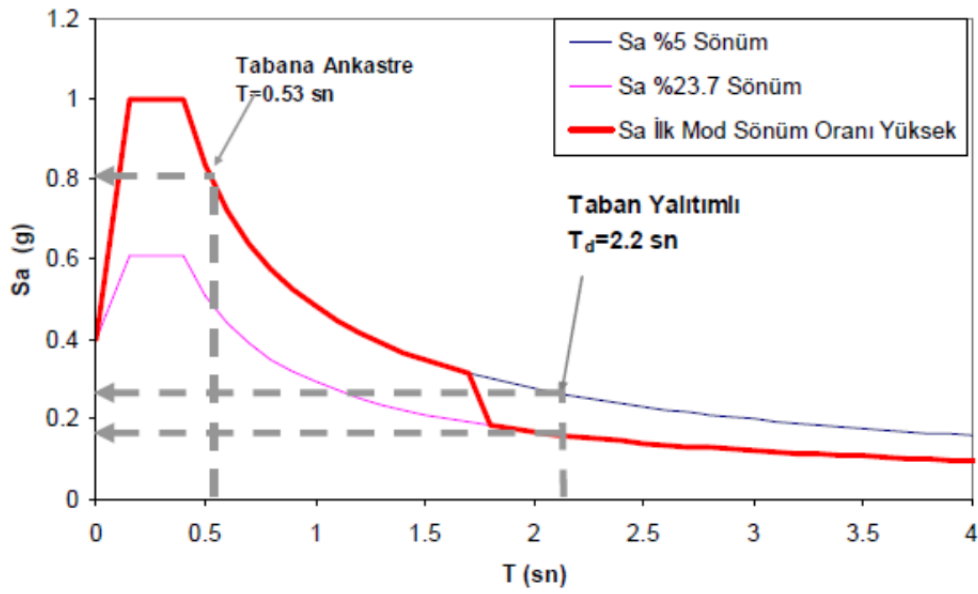
Sismik izolasyon alt yapı ile üst yapı arasına çeşitli düzeylerde yerleştirilebilen rijitliği yatayda düşük, düşeyde yüksek izolatör katmanı vasıtasıyla üst yapının periyodunu büyütmek suretiyle üst yapıya gelen deprem yüklerini azaltmayı amaçlayan depreme dayanıklı yapı tasarımı yöntemidir. Klasik yapılarda deplasmanlar bina yüksekliğine dağılır ve üst katlarda artar. Taban yalıtımlı binalarda ise yerdeğiştirme izolatörlerde yoğunlaşır ve rölatif ivme her katta birbirine yakın olur (Şekil 2.1). İzolasyon sistemi düşük yatay rijitliği ile zemin ile yapıyı zeminin yatay hareket bileşeninden ayırır. Bu durum yapının frekansının ankastreli durumdaki frekansından ve yer hareketinin baskın frekansından çok daha küçük olmasını sağlar. Yapıda hasara neden olan daha yüksek modlar birinci moda ve zemin hareketine ortogonaldır. Bu yüksek modlar harekette yer almazlar, dolayısıyla yüksek frekanstaki zemin hareketinin büyük enerjisi yapıya iletilmez. İzolasyon sistemi deprem enerjisini yutmaz ama sistemin dinamiğine yansıtır. Bu sönümlenme ile ilgili değildir fakat belirli bir sönümlemenin olması rezonansın engellenmesi için yararlı olacaktır. Üst yapı rijitse izolasyonlu yapının davranışı tek serbestlik dereceli yapının davranışıyla çok benzerdir. Tipik elastomerik izolatörlerin kuvvet yerdeğiştirme ilişkisi, kendi doğasında olan sönümlenme özelliğinden dolayı lineer değildir. Dolayısıyla sismik izolasyonlu yapının sismik davranışının doğru şekilde belirlenebilmesi için izolatörlerin lineer olmayan mekanik özelliklerinin matematiksel modeli çok doğru şekilde yapılmalıdır[1].



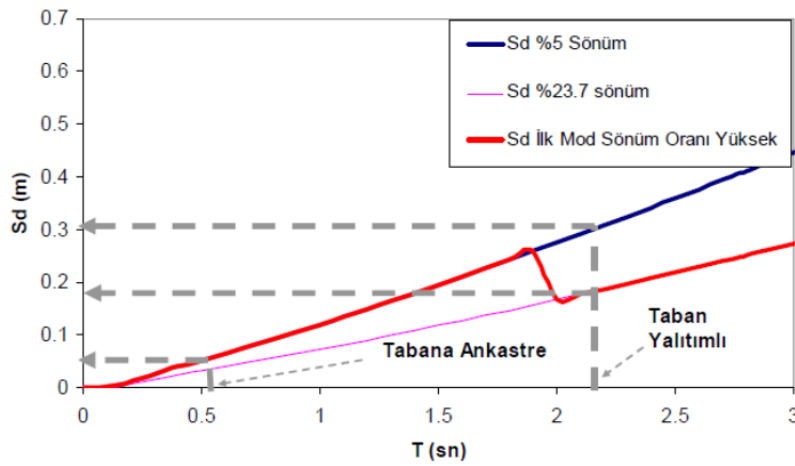
Şekil 2.1 : Taban izolasyonlu ve ankastre mesnetli yapı [1].

2.2 Sismik İzolasyon Yönteminin Temel İlkeleri

Binalarda uygulanacak sismik izolasyon yönteminin esas amacı yapının yatay yük taşıyıcı sistemine gelecek deprem kuvvetlerini yapının temel titreşim periyodunu yükseltme, ya da yapı etkin sönüm oranını arttırma seçeneklerinden birine başvurarak azaltmaktır. Yapı periyodunu yükseltmenin ne denli faydalı olduğu Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'den anlaşılabilir. Bu şekillerden de anlaşılacağı üzere yapı periyodunun artışı yapı üzerine gelen spektral ivme değerlerinin azaltılmasını sağlamaktadır. Yapı periyodunun büyümesi ile artan yer değiştirme talebi karşılandığında bina önemli ölçüde depremde korunmuş olur [2,3].



Şekil 2.2 : Spektral ivme değerinin yalıtımlı ve yalıtımsız yapı için değişimi [3].



Şekil 2.3 : Spektral yer değiştirmenin yalıtımlı ve yalıtımsız yapı için değişimi [3].

Yalıtım sistemini oluşturan elemanlar yalıtıcı birimleri olarak adlandırılır. Bu birimler genellikle: Elastomerik Yalıtıcılar (Kurşun Çekirdekli Elastomer Yalıtıcılar, Yüksek Sönümlü Elastomer Yalıtıcılar) veya Eğimli Yüzeyli Sürtünmeli Yalıtıcılar (Küresel yüzey veya kızaklı, bir veya iki taraflı) tipinde olmakta veya çelik yaylar ve söndürücü elemanlardan oluşmaktadır. Binalarda kullanılan deprem yalıtımı birimleri genellikle aşağıdaki özellikleri içermektedir:

- Yüksek düşey rijitlik,
- Düşük yatay rijitlik,
- Düşey yük taşıyabilme,
- Enerji yutumu,
- Deprem sonrası yeniden merkezlenme,
- Deprem harici yatay yükler (Rüzgar gibi) karşısında yüksek yatay rijitlik.

Ayrıca yalıtım birimleri en büyük yer değiştirme ve düşey yük birleşimleri altında kararlı olmalı, artan yanal yer değiştirmelerle artan direnç göstermeli ve tekrarlı yükler altında fiziksel özelliklerindeki değişimler sınırlı kalmalıdır[4]. Deprem yalıtımı tasarımı için istenen performans kriterleri kullanılacak şartnameye bağlı olarak değişim gösterse bile genelde aşağıdaki kriterler öngörülmektedir:

- Tasarım Depremi (50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip kuvvetli deprem yerhareketi) etkisi yapısal sistemde herhangi bir hasar oluşturmayacak ve tasarım deprem sonrası en az “Hemen Kullanım” olmak üzere performans kriteri sağlanacaktır.
- En Büyük Deprem (50 yılda %2 aşılma olasılığına sahip yer bağımlı deprem yer hareketi) etkisi altında deprem yalıtım sisteminde herhangi bir hasar oluşmayacak ve yapısal sistemde en az “Can Güvenliği” performans kriteri sağlanacaktır[5].

2.3 Sismik İzolasyon Yönteminin Uygulamalarındaki Zorluklar

- Üst yapı ile izolasyon seviyesi arasındaki büyük göreceli yer değiştirmelerin yapının bütün kullanım süresince sağlanması gerekmektedir.

- Periyodu rezonans riski taşıyan aralığın dışında bulunan esnek yapılar için uygulanamaz; çünkü izolasyonun ana amacı rezonansı engellemektir ve esnek yapılar üzerinde izolasyonun herhangi bir etkisi yoktur.
- Yapının narinlik (Yükseklik / genişlik) oranının artmasıyla devrilme momentinin artması yapının havaya kalkma olasılığını arttırır. Bu durum çok yüksek katlı binalarda izolasyon kullanımını zorlaştırır

2.4 Sismik İzolasyon Sistemleri Uygulamalarındaki Sınırlamalar

2.4.1 Yapı ağırlığı

En pratik izolasyon yöntemleri en iyi sonuçları ağır kütleler üzerinde vermektedir. Etkili bir izolasyon sistemi oluşturabilmek için yapı periyodu büyük olmalıdır. Periyot yapı kütlesiyle doğru, yapı rijitliğiyle ise ters orantılıdır. Hedeflenen bir izolasyon periyoduna ulaşabilmek için düşük kütleli yapının düşük rijitlikle ilişkilendirilmesi gerekir. İzolasyon için kullanılan araçların sınırsız bir rijitlik aralığı yoktur. Örneğin, elastomerik kauçuklu izolatörlerin sismik yüklemeler altında stabil kalması için sahip olmaları gereken minimum bir çap değeri vardır. Bu minimum plan boyutu aynı zamanda uygulamada minimum rijitlik değerini de ifade eder. Kayıcı izolatörlü sistemler için ise böyle bir kısıtlama yoktur ve bu nedenle hafif yapılar kayıcı izolatörlerle kullanılabilir. Bununla birlikte yapı ağırlığından bağımsız olarak, verilen bir etkin periyot değeri için yerdeğiştirme değerleri; dolayısıyla da kayıcı izolatörlerin en maliyetli kısmını oluşturan kayıcı plakaların maliyeti hem ağır hem de hafif yapılar için aynıdır. Hafif yapılarda müstakil ev gibi yerlerde sınırlı olmakla birlikte başarı ile uygulanabilen çok az izolasyon yöntemi vardır [5].

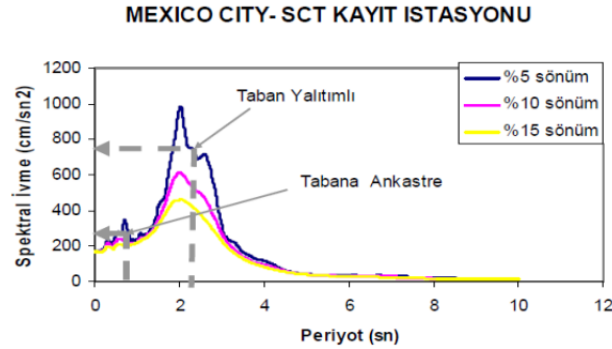
2.4.2 Yapı periyodu

En uygun yapılar periyodu 1 saniye civarındaki kısa periyotlu yapılardır. Bu değer binalar için on kattan az olanlar, rijit çelik çerçeveli yapılar için ise 5 kattan daha az olanlar için geçerlidir. En kullanışlı izolasyon teknikleri yapı periyodunu 1.5-3.5 saniye aralığına ötelemektedir. Eğer yapının periyodu zaten bu aralıkta ise izolasyon sistemi uygulamanın herhangi bir getirisi olmayacaktır.

2.4.3 Zemin durumu

İzolasyon işlemi en iyi kaya ya da sert zeminlerde uygulanabilir. Yumuşak zeminler deprem dalgalarının etkisinin artmasına ve izolasyon periyot aralığında rezonans

benzeri büyük yerdeğiştirmelerin oluşumuna sebep olur.şekil 2.4'te spektral ivme değerinin yumuşak zeminlerde değişimi görülmektedir.



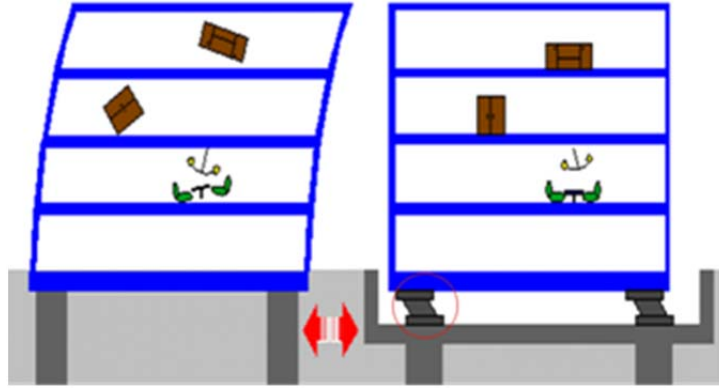
şekil 2.4 : Spektral ivme değerinin yumuşak zeminlerde değişimi [3].

2.4.4 Yakın fay etkisi

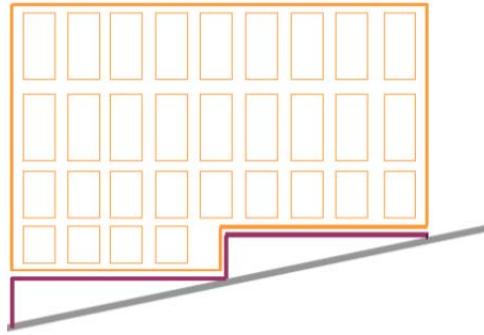
Yakın fay etkisi izolasyon yönteminin uygulanabilirliğini en tartışılabilir kılan durumdur. Çünkü İzolasyon yöntemi en fazla 5 km yakındaki yapılar için işlerlik kazanmakta faya olan uzaklık arttıca ise girişim adı verilen olay gerçekleşmektedir. Yakın fay durumunun gözlendiği yerlerde izolasyon uygulanabildiği halde genellikle yapım maliyeti artmakta ve tasarım çok karmaşıklaşmaktadır.

2.4.5 Konum

Eğer dinamik karakteristikler ve zemin koşulları sismik izolasyon için uygunsa dikkate alınması gereken en önemli parametre yapının konumudur. Taban izolasyonu yönteminin uygulanabilirliği st yapı ve alt yapıyı birbirinden ayıran bir ayırım düzleminin varlığına ve yüksek yatay atımların meydana geleceği bu ayırım düzleminin salınımına izin verebilecek yeterlilikte salınım boşluğuna sahip olmasına bağlıdır. Salınım boşluğu en azından 10 cm olmalı ve bölgenin depremsellik durumuna göre 100 cm'e kadar arttırılmalıdır (şekil 2.5). Eğer yeterli salınım boşluğu olmazsa izolasyon istenildiği gibi çalışmayacaktır [5]. Diğer taraftan İzolasyon düzleminin yatay olması da yöntemin uygulanabilirliğini çok kolaylaştırmaktadır. Aksi taktirde şekil 2.6'da grldğ üzere eğimli arazilerde kademelendirme yoluyla sadece yatay değil aynı zamanda düşey izolasyon düzlemlerinin de oluşturulması gerekmektedir.



Şekil 2.5 : Yalıtılmış ve yalıtılmamış yapıların hasar karşılaştırılması [5].



Şekil 2.6 : Eğimli arazide izolasyon uygulanması [5].

2.4.6 Taşıyıcı sistemin seçimi

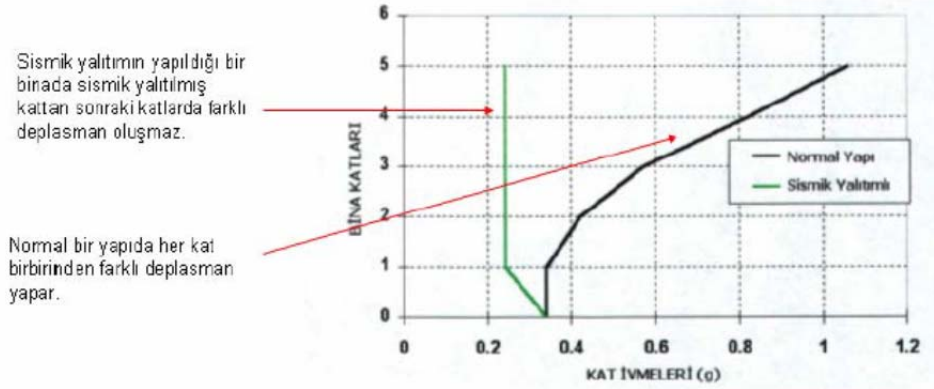
En pratik izolasyon yöntemleri basınç altında daha iyi çalışır. Kayıcı sistemlerde düşey yükler çekme ise izolasyon ayrılabilir. Çekme halinde göreceli olarak düşük gerilmelerde izolatörün rijitliğini olumsuz yönde etkileyen kavitasyon olayı meydana gelir. Bu nedenlerden ötürü izolasyon sisteminin yatay yükleri karşılama açısından yapısal olarak çekme elemanlarına dayandırılması pek de pratik değildir. Örnek olarak uzun konsol perdeler ya da çapraz çelik moment aktaran çerçeveler verilebilir. Genel bir kural olarak tasarım deprem düzeyinde önemli bir çekme gerimesinin oluşmasına izin verilmez, çekme gerilmeleri en büyük deprem düzeyinde kabul edilebilir fakat bu durum tasarımı çok karmaşıktır.

2.5 Sismik İzolasyon Yönteminin Faydaları

2.5.1 Teknik faydalar

- Geleneksel sismik tasarım yöntemlerine göre tasarlanan bir yapıda katlar arası farklı deplasmanlardan dolayı, kolon ve kiriş birleşimlerinde hasarlar meydana gelir. Oysa sismik yalıtılmış bir yapıda katlar arası yerdeğiştirmeler,

eğilme deformasyonları, çatlaklar ve plastik deformasyonlar engelleneceği için kolon ve kirişlerde zorlamalar minimum olacaktır. Şekil 2.7’den de görüleceği gibi sismik yalıtım uygulanmış bir yapının üst yapı kısmı rijit tek bir eleman gibi davranacak; dolayısıyla katlar arasındaki göreceli yerdeğiştirmeler oluşmadığından hasar düzeyi minimum düzeye indirgenecektir[8].



Şekil 2.7 : Yalıtım uygulanmış bir yapıda kat yerdeğiştirme talebi grafiği [3].

- Geleneksel sismik tasarım yöntemlerine göre hazırlanan bir bina hem yapısal sistemin detaylandırılması aşamasındaki zorluklar, hem de yapının uygulanışı ve yapım maliyeti bakımından birçok zorluk içermektedir. Sismik izolasyon yönteminin uygulandığı bir yapı ise üst yapının rijit bir kütle gibi davranma özelliğinden dolayı hem üst yapı elemanlarının deprem ve zemin koşullarından etkilenmesi engellenmiş olur hem de yapının tasarım ve detaylandırma aşamaları daha basitleştirilmiş olur.
- Geleneksel deprem tasarım yöntemleri zemin hareketinin karakteristiği, zemin içeriği, malzeme kalitesi, yapısal davranış ve matematiksel modelleme gibi birçok belirsizliği içermektedir. Sismik izolasyonla tasarımda da bu belirsizlikler vardır, fakat deprem etkileri bakımından yapının hassasiyeti azaltıldığı için sismik izolasyon yönteminin güvenlik derecesi daha yüksektir.

2.5.2 Ekonomik faydalar

- Sismik izolasyon yönteminin kullanımı ile yapısal olmayan, fakat kullanımı hemen gereken ya da değerli yapı sınıfına giren elemanların hasar görmeleri üst yapıya etkileyen deprem ivmesinin alt yapıdan üst yapıya geçişini engellenmesiyle üst yapı hasar düzeyi azaltılmış ve minimum düzeyine indirgenmiştir.

3. SİSMİK İZOLASYON ALETLERİ

Taban izolasyon sistemleri 3 ana başlık halinde incelenebilir:

a-) Elastomer esaslı sistemler:

- Düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler (LDRB),
- Kurşun çekirdekli kauçuk mesnetli sistemler (LRB),
- Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler (HDNR).

b) Kayıcı mesnetli izolasyon sistemleri:

- Sürtünmeli sarkaç sistemi (FPS),
- Çapraz raylı sistemler (CLB),
- Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Birleşik Sistemi (EERC),
- Elastik sürtünmeli taban izolasyon sistemi (RFBS),
- Electricite – de France sistemi (EDF),
- TASS Sistemi (Taisei Shake Suspension System)

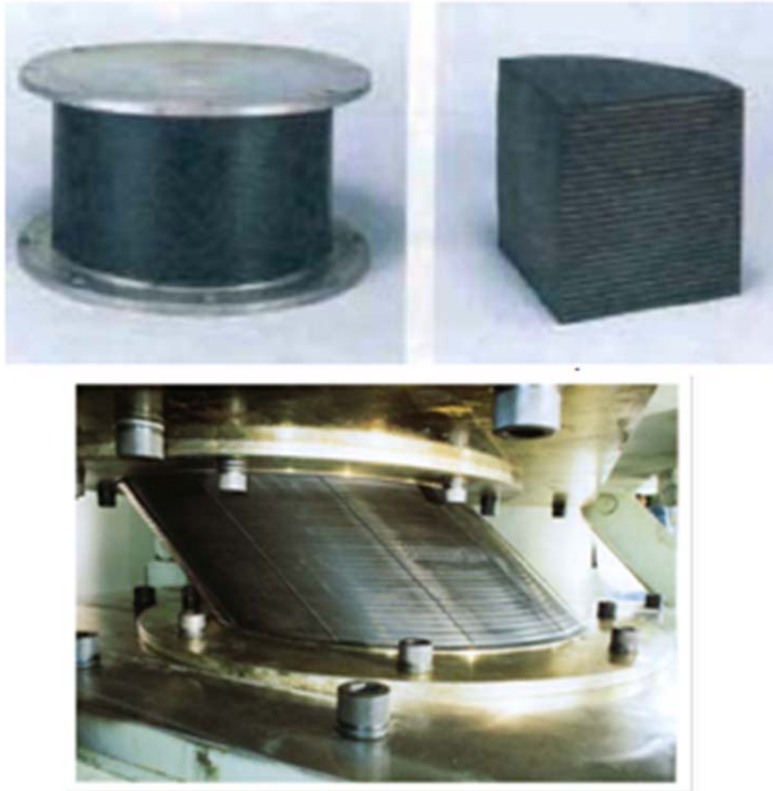
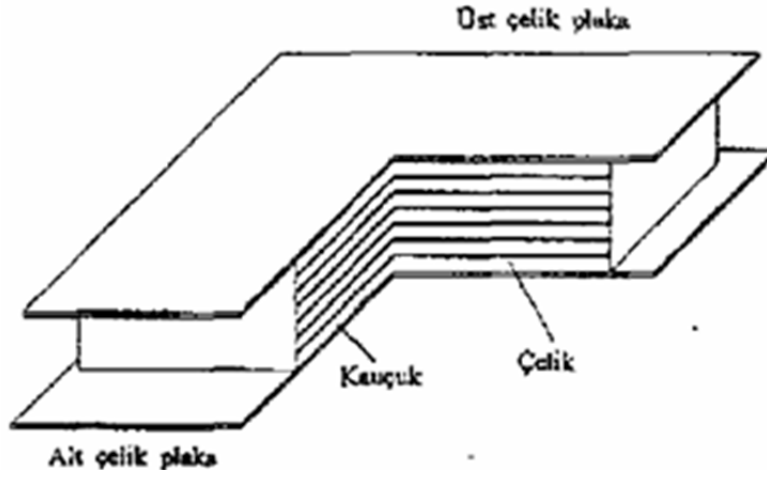
c) Helisel yaylardan oluşan ayırıcı sistemler:

- Gerb Heliselik Yay Sistemleri

3.1 Düşük Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnetli Sistemler (LDRB)

Doğal kauçuk, sismik izolasyon teknolojisinde kullanılan ilk elastomerdur. Bu mesnet tipi kauçuk tabakalar arasına çelik plakalar yerleştirilerek oluşturulmuştur. Bu mesnetler çelik plakalardan dolayı çok yüksek bir düşey rijitliğe fakat çok düşük yanıl rijitliğe sahiptir. Yanıl rijitlik, kauçuk tabakaların kalınlığına ve sayısına bağılıdır. Genellikle istenilen rijitlik, tabaka kalınlığı sabit tutularak tabaka sayısının değıştirilmesiyle sağılanır. Yüksekliğin artması burkulma tehlikesini yarattığı için yükseklik mesnet çapının yarısıyla sınırlandırılmıştır. Efektif sönüm, genellikle 0.07 değıerinden küçüktür. Mekanik davranışı, viskoelastik ve histeretik özellikte olup, bu iki davranışın birleşimi şeklindedir. Üretimleri kolaydır ve mekanik özellikleri sıcaklık, yükleme ve yaşlanma etkilerinden sınırlı düzeyde etkilenir. En önemli dezavantajlı yönleri ise ilave bir sönümleyiciye ihtiyaç duymalarıdır. Düşük sönümlü mesnet tipinin geliştirilmesiyle, yüksek sönümlü ve kurşun çekirdekli kauçuk mesnet

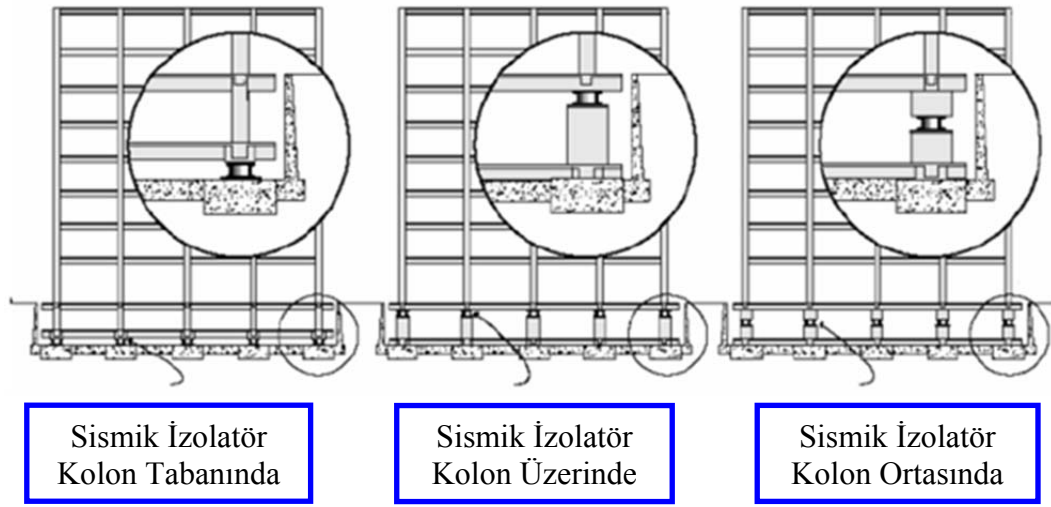
tipleri elde edilmiştir [7,8]. Şekil 3.1’de düşük sönümlü kauçuk izolatörler örneklenmiş, Şekil 3.2’de ise düşük sönümlü kauçuk izolatörlerin kolonlardaki uygulanma yerleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Düşük sönümlü kauçuk izolatörler [6].

Kauçuk izolatörler yapıya kolon alt seviyesi, kolon üst seviyesi ya da kolon orta seviyesinden uygulanabilir. Eğilme momentinin etkisinin kolon alt ve üst uçlarında

kolon ortasına göre daha etkin olduğu düşünöldüğünde kolon ortasında yapılan uygulamalar genellikle daha elverişli sonuçlar verecektir.

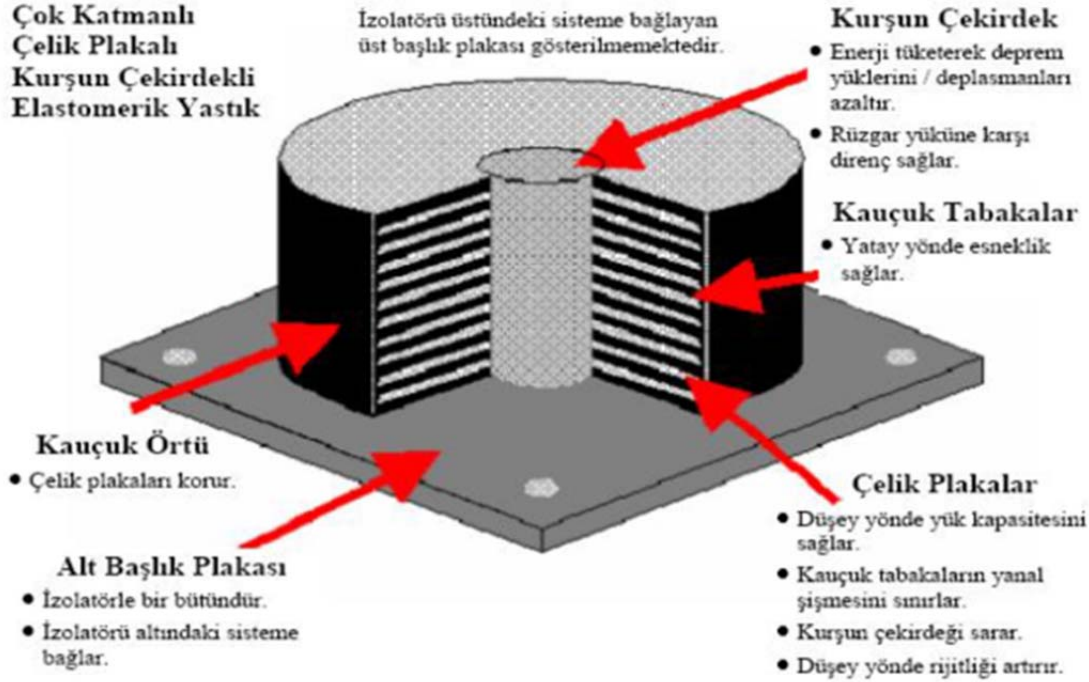


Şekil 3.2 : Düşük sönümlü kauçuk izolatörlerin kolonlardauygulanmayerleri [6].

3.2 Kurşun Çekirdekli Kauçuk Mesnetli Sistemler (LRB)

Kurşun çekirdekli izolatörler, 1975’de Yeni Zelanda’da üretilmiş ve geliştirilmiştir. Yeni Zelanda, Japonya ve USA’ da yaygın bir şekilde kullanılmış olan bu izolatörler, model olarak düşük sönümlü kauçuk izolatörlere benzemektedir. Fakat bu izolatör mesnedinin orta kısmında Şekil 3.3’te göröldüğü üzere bir kurşun çekirdek vardır. Bu çekirdek kauçuğun yüksek kayma yer değıştirmelerini engellemekte ve de izolatör mesnedine, yer değıştirmeye bağımlı etkili bir başlangıç rijitliği ve sönümü vermektedir. Kurşun çekirdek, elastomer tabakaya sıkı sıkıya mesnetlidir ve yaklaşık olarak 10 MPa’lık bir akma gerilmesi kazandırmaktadır. Kurşun çekirdekli izolatörlerin, düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetli izolatörlerle birlikte kullanıldığı sistemlere sıkça rastlanmaktadır. Bu tip uygulamalarda, kurşun çekirdekli izolatörler temel seviyesinde iç mesnetlerde sönümleyici, düşük sönümlü doğal kauçuk izolatörler ise dış mesnetlerde dengeleyici olarak yerleştirilir. Yüksek yük seviyelerinde kurşun akar ve bu durumda izolatörün yanal rijitliği önemli bir oranda düşer ve bu durum izolatörün aynı zamanda temel mantığını da oluşturan periyot artışını sağlar. Kauçuk orta ya da büyük ölçekli depremlerin tetiklediği büyük yer değıştirmelere maruz olduğunda kurşun çekirdek plastik deformasyon yaparak enerjiyi soğurur. Sönümleme oranı yer değıştirmenin bir fonksiyonu olarak elde edilir ve genellikle %15 ve %30’ lar seviyesindedir.

Kurşun çekirdekli izolatorlerin en önemli faydası servis durumundaki rijitliği deprem durumundaki esneklikle birleştirip tek bir eleman gibi çalışabilmesidir. Bu durum özellikle yüksek sönüm ihtiyacının ortaya çıktığı durumlarda kurşun çekirdekli izolatorü en sık kullanılan izolator türü yapmaktadır [4,8].



Şekil 3.3 : Kurşun çekirdekli kauçuk izolatorler [9].

3.3 Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnetli Sistemler (HDNR)

Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatorler, düşük sönümlü kauçuk izolatorlerin ek sönümleyici ihtiyacını ortadan kaldırmak için Malezya Kauçuk Üreticileri Birliği tarafından (MRPRA) 1982’de geliştirilmiştir. Sönüm, eklenen karbon blokları, reçineler veya yağlar ve diğer dolgu maddeleri ile artırılmıştır. Bu sönüm %100 kayma deformasyonları altında %10-20 oranında artırılmıştır. İzolatorlerdeki sönüm, ne viskoz ne de çevrimseldir. Bu sönüm, her ikisi arasında bir davranışa sahiptir. Deney sonuçları göstermiştir ki bu elemanların davranışı lineer viskoz ve elastoplastik elemanların davranışının bir birleşimidir. Bu tip izolator mesnetlerinin bir avantajı da, yüksek frekanslı trafik veya yeraltı demir yolları kaynaklı titreşimlerin yapıya ulaşmadan sönümleyebilmesidir[10].Şekil 3.4’te yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetlere ait olan tipik bir örnek gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere çelik levhalar ile izolatorün üst ve alt tabakaları hem korunma altına alınmış

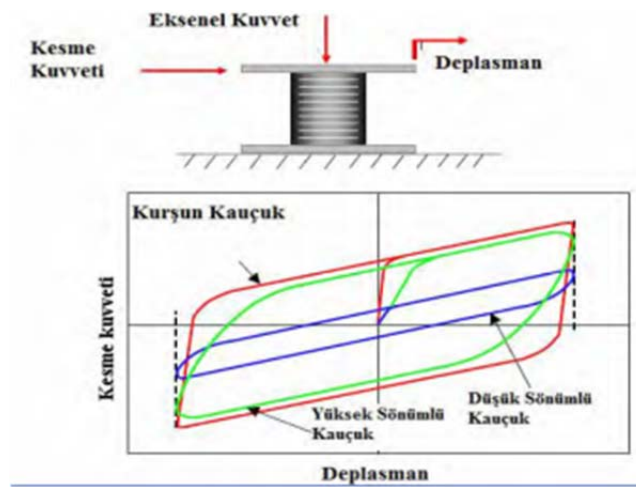
hem de izolatörün aksenal yük direnci arttırılmıştır. Kauçuk tabaka yatay rijitliğin düşük bir mertebede kalmasını sağlayarak izolatöre yatay esneklik kazandırmış, izolatörün sönüm ihtiyacı ise izolatöre sonradan eklenen dolgu maddeleri ile karşılanmıştır.



Şekil 3.4 : Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnetli sistemler [10].

Yüksek sönümlü doğal kauçuğun kullanımının birçok avantajı vardır. Gerekli esnekliği ve enerji sönümü ihtiyacını tek bir eleman olarak karşılama, kolay tasarlanma ve üretilme ve yerleştirilmelerinin sıkışabilir olma özelliklerinden dolayı çok rahat olması gibi birçok faydayı içerir.

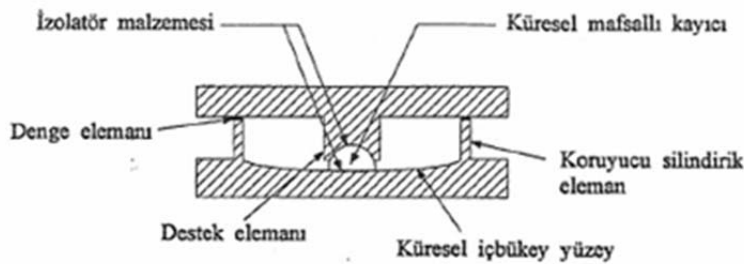
Şekil 3.5'te düşük sönümlü ve yüksek sönümlü kauçuk izolatörlerin kuvvet-yerdeğiştirme diyagramı görülmektedir.



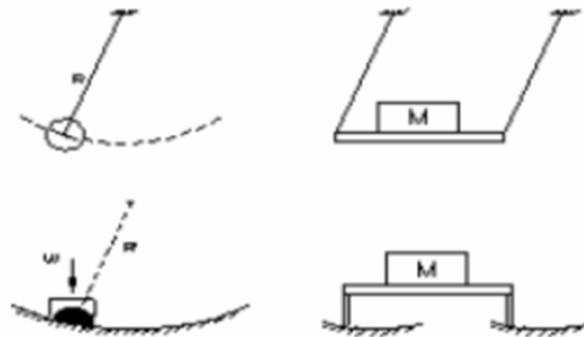
Şekil 3.5 : Elastomer mesnetlerin histeretik eğrileri [3].

3.4 Sürtünmeli Sarkaç Sistemi (FRP)

Özel metaller kullanılarak içbükey küresel yüzey üzerinde kayabilen mesnet elemanı, bu yatay hareket sırasında aynı zamanda binayı yükselten düşey bir hareket özelliğine de sahip olduğundan hem üzerine gelen deprem enerjisini mafsallı kayıcı ile küresel yüzey arasındaki sürtünmeden dolayı %80 oranında sönmüleyebilmekte hem de yapının başlangıç konumuna dönebilmesini sağlamaktadır [11,12]. Şekil 3.6'da bir sürtünmeli sarkaç tipli izolatör kesiti görülmektedir. Deprem enerjisi, içbükey kısmın sarkaç prensibine dayanarak yapı ağırlığının kullanılmasıyla sönmülenmiş olur. Sürtünme kuvveti yalıtım yüzeyinin eğrilik yarıçapına ve mesnetteki normal kuvvete bağlıdır ve depremde oluşan taban kesme kuvvetinin üst sınır değerini oluşturur Şekil 3.7'de sürtünme esaslı sismik izolatörün ağırlıkaltındaki çalışma prensibi basitçe ifade edilmektedir. Sürtünmeli sarkaç sistemlerin geometrisi ve taşıdığı ağırlık, önemli parametrelerdir. Çünkü, bu sistemin davranışı basit bir sarkaç hareketinin temel prensiplerine dayanır ve sürtünmeli sarkaç ile mesnetlenen yapı deprem hareketine küçük genlikli sarkaç hareketleriyle tepki vermektedir [12].



Şekil 3.6 : Sürtünmeli sarkaç izolatör kesiti [12].



Şekil 3.7 : Sürtünme esaslı izolatörün çalışma sistemi [12].

Sürtünmeli sarkaç sistemlerde bulunan koruyucu silindir hem yatay yer değiştirmelerin engellenmesini sağlamakta hem de iç elemanların çevresel kirlilikten korunmasını engellemektedir. Koruyucu silindir tarafından sağlanan yer değiştirme sınırlandırması, deprem yüklerinin hesap yüklerini büyük miktarda aşması halinde, çok önemli bir emniyet sağlamaktadır. İzolatörün efektif rijitliği ve yapının izolasyon periyodu, içbükey yüzeyin eğrilik yarıçapı vasıtasıyla kontrol edilmektedir. İzolatörün titreşim periyodu,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R_k}{g}} \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Burada

R_k : Küresel yüzeyin eğrilik yarıçapı,

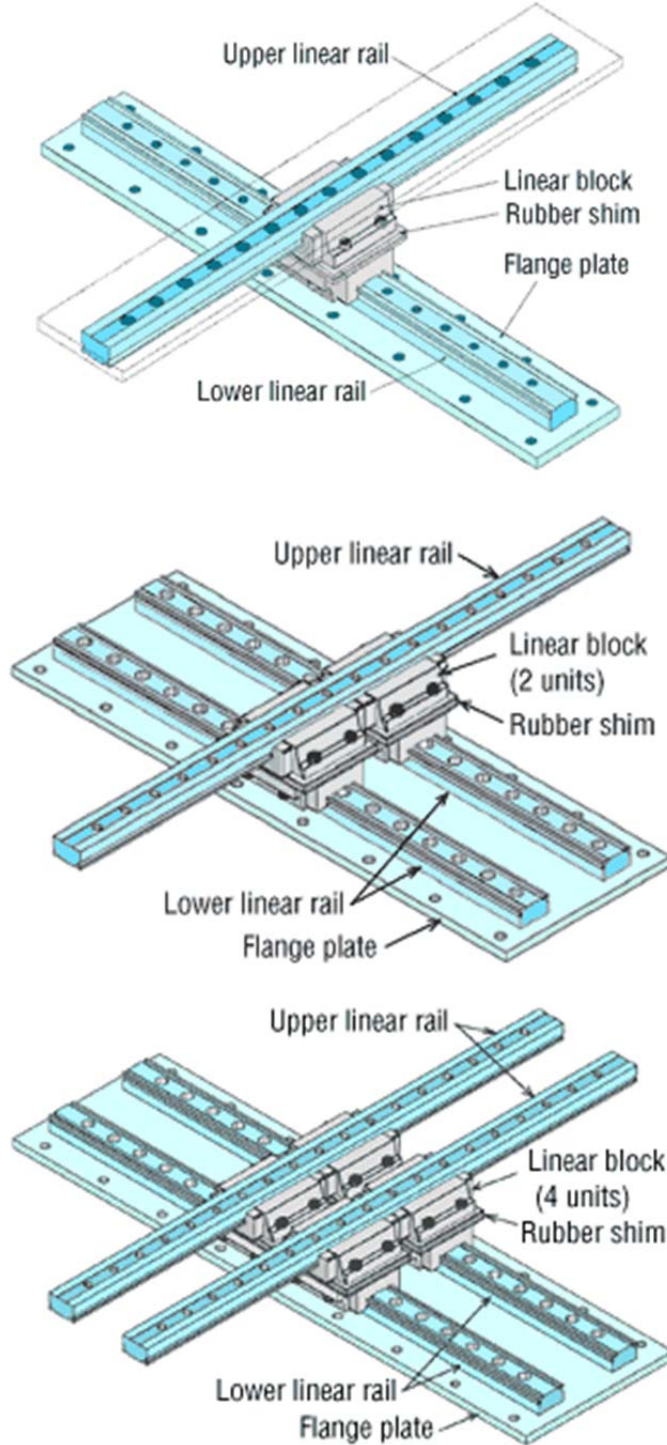
g : Yerçekimi ivmesini ifade etmektedir.

Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı. ifadesinde görüldüğü üzere titreşim periyodu, kütleden bağımsız ancak içbükey yüzeyin eğrilik yarıçapına bağlıdır. Böylelikle yapının izolasyon periyodu tek parametreye bağlı olduğundan, değiştirilmesi kolaydır. İzolatörlerin sürtünme kuvveti aşıldığında, izolasyonlu periyot aktif hale gelmektedir. Kayma hareketi başladığında aktif olan sürtünme kuvveti, mesnet malzemesinin seçimi ile kontrol edilir [3, 8, 12].

3.5 Çapraz Raylı Sistemler (Cross Linear Bearing, CLB)

Bu sistemler, elastomer esaslı izolasyon sistemlerinin kullanımında ortaya çıkan ve izolatörlerin burkulması ya da çekmeden kaynaklanarak kopması gibi sorunları gidermek amacıyla tasarlanmıştır. CLB birçok deneysel veriler, deprem kayıtları, teori ve analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sistem tüm deneysel ve aplikasyon çalışmalarında üstün bir performans göstermiş olup, uygulanabilirliği hususundaki gerekli kriterleri sağlamıştır. Bu sistemde amaç; sismik izolasyonun, hafif yapılara (ahşap ve çelik evler gibi), yüksek yapılara, kule şeklindeki yapılara ve zemin taşıma gücü düşük zeminlerde (uzun doğal periyotlara sahip C ve D gurubu zeminler) inşa edilecek yapılara uygulayabilmektir. Bu tip izolatörler her iki düzlemde birbirine dik doğrultuda çapraz olarak hareket eden, kayan çelik bir gövde ve bilyeler üzerinde hareketi sağlayan yivlerin bulunduğu bir raydan meydana gelmektedir. Gövde ile

rayın yuvarlanarak hareket etmesini sağlayan çelik bilyeler bulunmaktadır. Gövde küçük bir sürtünme kuvveti ile hareket etmektedir. İzolatörün taşıma kapasitesini; çelik bilyelerin çapı, etkili bilye sayısı ve ray adedi belirlemektedir. Şekil 3.8’de bir, iki ve dört birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler örneklenmiştir [11, 12]. Şekil 3.9’da ise çapraz raylı izolatörlerin uygulanma safhaları gösterilmiştir.



Şekil 3.8 : 1, 2 ve 4 birim lineer kütle taşıyan çapraz raylı mesnetler [11].

Bu izolasyon sisteminin 10 ton ile 30 ton aralığında düşey yük taşıma kapasitesi vardır. Ayrıca yapısal sistemin düzlemde, her iki doğrultuda 35 cm ile 100 cm arasında yatay yerdeğiştirme yapmasına izin vermektedir [12].



Şekil 3.9 : Çapraz raylı izolatörlerin uygulanma safhaları [12].

3.6 Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi Birleşik Sistemi (EERC)

Kauçuk esaslı ve kayıcı sistemlerin birleştirilmesiyle oluşmuş bir sistemdir. Bu sistemde yapının iç kolonları; teflon malzeme ile kaplı paslanmaz çelikten yapılmış kayıcı elemanlar ile, binanın dış kolonları ise; düşük sönümlü doğal kauçuk izolatörler ile mesnetlenmiştir. Kauçuk izolatörler, yapının yeniden merkezlenmesini ve yapının burulma davranışını kontrol etmekte, buna karşın kayıcı elemanlar ise sönümü sağlamaktadır.

3.7 Elastik Sürtünmeli Taban İzolasyon Sistemi (RFBS)

Bu sistemde taban izolatörleri, birbirlerine sürtünmeli olarak temas eden teflon kaplamalı eşit merkezli daireler halindeki plakalardan ve merkezi bir kauçuk çekirdekten oluşmaktadır. Bu sistemin düzenlenmesindeki en önemli neden, kayıcı mesnetlerin ilk dengeli konumuna geri döndürecek kuvvete sahip olmayışdır. Kayıcı sisteme esnek çekirdeğin eklenmesiyle, sistemin merkezlenebilirliği sağlanmış olur. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde, kauçuk çekirdeğin tek başına yer değiştirmelerin, tek düzlemde toplanmasını önleyemediği için kauçuk çekirdeğin içine, yer değiştirmeleri tabakalar boyunca dağıtan çelik bir çubuk yerleştirilmiştir. Bu sistemin bazı önemli faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- Esnek sürtünmeli sistemlerde rijitlik ve kütle merkezi izolasyon seviyesinde çakıştığı için simetrik olmayan yapıların düzenlenmesinde de kolayca kullanılabilirler.
- Sistemdeki sürtünme düşük genlikli yer hareketinden ve rüzgardan kaynaklanacak yatay yer değiştirmeleri engellemektedir.
- Sistemdeki elastik mesnetler sadece deprem kaynaklı yatay yüklerden etkilenirler. Düşey yükler ise daha rijit olan kayıcı bölümlerce taşınmaktadır. Bu durum düşey yükler altındaki sünme problemlerini azaltır ve sistemin yatay yer değiştirme kapasitesini ve stabilitesini artırır.

3.8 Electricite – de France Sistemi (EDF)

Bu sistem, nükleer elektrik santrali tesislerine yapılacak uygulama için, 1970'li yılların başlarında geliştirilmiştir. Söz konusu kuruluş, içinde güvenliğinin sağlanması gereken donanımına sahip ve 0.2 g'lık ivmeye dayanacak nitelikte, standart bir nükleer elektrik santrali geliştirmişti. Santral, daha yüksek depremselliği olan

yerlere yerleştirilmek üzereyken; donanımın ivme mertebelerini binanın sahip olduğu sınırdeğerinin altında tutmak için izole edilmiştir. Sistem; tabakalı suni kauçuk (neopren) izolatörleri, paslanmaz çelik ile temas halinde olan kursun-bronz alaşımı ile birleştirmektedir. Sistemin kayıcı yüzeyi ise, elastomerik izolatörün üstüne oturtulmaktadır. Kayıcı yüzeyin sürtünme katsayısının, izolatörün servis ömrü gözönüne alınarak, 0.2 olması gerekmektedir. Suni kauçuktan, çok düşük yer değiştirme kapasitesine sahip olup, yaklaşık ± 5 cm'den fazla değildir. Meydana gelen yer değiştirmelerin bu sınır değeri aşması halinde, kayıcı eleman öngörülen yeterli hareketi sağlamaktadır. Sistem, mesnet düzeltici yani merkeze geri çeken herhangi bir mekanizmaya sahip değildir. Bununla birlikte sistemde kalıcı yer değiştirmeler meydana gelebilir. Sistem şimdiye kadar sadece bir kez, Güney Afrika Cumhuriyeti'ne bağlı Koeberg şehrinde inşa edilen büyük bir nükleer elektrik santralinde uygulanmıştır [10].

3.9 Electricite TASS Sistemi (Taisei Shake Suspension System)

Bu sistem Japonya'da "TAISEI" adlı bir firma tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemdeki tüm düşey yükler, düz yüzeye sahip paslanmaz çelik-teflon elemanlar tarafından taşınır. Neopren tabakalı izolatörlerin de sistemde kullanılmasıyla sistemin merkezlenmesi sağlanmış olur. Burada; teflon kayıcı yüzey 10 MPa'lık bir basınca sahiptir ve sürtünme katsayısı, düşük kayma hızlarında 0.05 ile yüksek kayma hızlarında 0.15 aralığında değerler alır. Sistemin dezavantajları; elastomer mesnetlerin düşey yük almamasından ötürü bu mesnetlerin sadece çekmeye çalışması ve ayrıca kayıcı yüzeylerde sürtünme hızlarının çok hassas oluşunun modellemede yarattığı güçlük olarak sıralanabilir [10].

3.10 Gerb Heliselik Yay Sistemleri

Taban izolasyonu için GERB sistemi, başlangıçta elektrik santral türbinine ait üretim cihazlarının titreşim izolasyonu için geliştirilmişti. Bu sistemde, hem yatay hem de düşey olarak esnek davranan, büyük helezonik çelik yayları kullanılmaktadır. Düşey frekansı, yatay frekansının 3-5 katı civarındadır. Çelik yaylar tamamen sönümsüzdür ve sistem daima GERB viskosönümleyicileri ile birlikte kullanılmaktadır. Tüm üç boyutlu sistemlerde olduğu gibi, sistemin yatay hareketi ile sallanma hareketi arasında çok güçlü bir ilişki bulunmaktadır. Çünkü taban izolasyonlu yapının ağırlık

merkezi, izolasyon sisteminin rijitlik merkezinin üstündedir. Bu tipteki bir sistem, yapının ağırlık merkezi ile izolasyon sisteminin rijitlik merkezinin aynı seviyede olduğu durumlarda pratik olmaktadır. GERB sistemi, Makedonya'nın başkenti Üsküp şehrinde, sarsma deneyi ile test edilmiştir. Ayrıca Kaliforniya eyaletine bağlı Santa Monica'daki iki tane çelik çerçeveli binada uygulanmıştır. Söz konusu evlerin depremlerdeki davranışı, şiddetli sarsıntı hareketini gözleyen cihazlar yardımıyla izlenmiştir. Yapılan gözlemler, izolasyon sisteminin sallanma hareketi nedeniyle binalarda ortaya çıkan ivmeleri azaltmakta etkili olmadığını göstermektedir [12]. Şekil 3.10'da tipik bir spiral yaylı taban izolatörü örneklenmiştir.



Şekil 3.10 : Spiral yaylı taban izolatörü [12].

4. İZOLATÖR TASARIM METADOLOJİSİ

4.1 Analiz Metodunun Seçimi

4.1.1 Sağlam zeminler

Sağlam kabul edilen (DBYBHY için Z1,Z2,Z3, UBC için S_A, S_B, S_C ve S_D) zeminlerde aşağıdaki belirtilen koşullar sağlandığı takdirde elastomerik izolasyon sistemleri için “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” uygulanabilir.

- Depreme neden olan faya olan uzaklık 10 km’den büyük olmalı
- Yapı yüksekliği 20 km’den küçük olmalı veya yapı 4 kattan küçük olmalı
- İzolasyonlu yapının hedeflenen periyodu T_D, ankastre mesnetli durumdaki periyodunun T_{fix} 3 katından büyük olmalı.

$$T_D \geq 3T_{fix}$$

- Hedeflenen maksimum periyot T_M 3 saniyeden küçük olmalı.

$$T_M \leq 3 \text{ saniye}$$

Eğer bu koşullardan herhangi biri sağlamıyorsa “Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi” kullanılamaz.

4.1.2 Zayıf zeminler

Zayıf kabul edilen (DBYBHY için Z4, UBC için SE ve SF) zeminler için depreme neden olan fayın uzaklığı 10 km’ den büyük ize “Zaman Tanım Alanında Çözüm” metodu uygulanmalıdır. Ancak bu uzaklık 10 km.’den küçük ise zemin çalışması yapılmalıdır. Bu çalışma aşağıdaki maddeleri içermelidir:

- Kapsamlı bir yapı yeri ve laboratuvar zemin incelemeleri
- Kaya zeminden serbest yüzeye S dalgalarının ilerleyişinin analitik incelenmesi
- Olabilecek maksimum deprem büyüklüğünün olasılık hesapları ile tahmin edilmesi
- Maksimum zemin ivmesi, deprem süresi, zeminin hakim periyodu ve beklenen enerji zarfının belirlenmesi için yapay bir deprem kaydının oluşturulması.

4.2 UBC 97 Terminolojisi

UBC-97’de geçen bazı tanımlar aşağıdaki gibidir.

Tasarım Depremi (Design-Basis Earthquake, DBE): Yüzde 10 olasılık ile 50 yıl içinde aşılması beklenen deprem (dönüşüm peiyodu 475 yıl).

Beklenen Maksimum Deprem (Maximum Capable Earthquake, MCE): Yapının bulunduğu bölgede olması beklenen en şiddetli yer sarsıntısıdır. 100 yıl içinde aşılma olasılığı yüzde 10 olarak alınabilir. (dönüşüm periyodu 1000 yıl)

Efektif sönümlleme (β_{eff}): Bu değer, izolasyon sistemin, çevrimsel cevabı sırasında sönümlenen enerji değerine bağlı viskoz sönümlleme değeridir.

Efektif rijitlik (K_H): İzolasyon sisteminin yanal yerdeğiştirmesine bağlı olan yanal kuvvet değeridir.

Tasarım yerdeğiştirmesi (d_D): Bu değer, burulma etkisindeki yerdeğiştirmeyi kapsam dışı tutan, Dizayn depremi sırasında meydana gelecek yer değiştirme değeridir.

Maksimum yedeğiştirme (d_M): Bu değer, burulma etkisindeki yerdeğiştirmeyi kapsam dışı tutan, Beklenen Maksimum Deprem sırasında meydana gelecek yer değiştirme değeridir.

Tasarım peiyodu (T_D): Bu değer, sismik izolasonlu yapının tasarım yerdeğiştirmesi sırasındaki ele alınan yöndeki efektif periyot değeridir.

Beklenen maksimum periyot (Maksimum Capable Level Period, T_M): Bu değer, sismik izolasyonlu yapının maksimum yerdeğiştirmesi sırasındaki ele alınan yöndeki efektif periyot değeridir.

4.2.1 UBC-97’de sismik katsayılar ve yakın fay etkisi

Sismik Bölge Katsayısının Bulunması: UBC-97’de verilen tablolarla sismik bölge ve sismik bölge katsayısı Z , bulunabilir.

Bölge Zemin Profil Kategorisinin Bulunması: UBC-97’de bölge zemin profil kategorisi için değişik tanımlamalar yapılmıştır.

Sismik Kaynak Tipinin Bulunması: UBC-97’de değişik bölgeler için sismik kaynak tiplerini yapılmıştır.

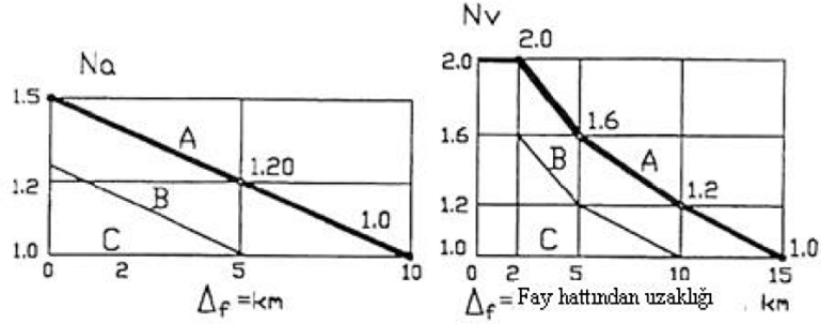
Yakın Fay Etkisi Katsayılarının Bulunması: Sismik kaynak tipine bağlı olarak, sismik kaynak çarpanlarının (N_a ve N_v) bulunması için Şekil 4.1 kullanılmalıdır.

Dizayn Depreminin Sarsıntı Gücünün Hesaplanması: Bu güç Z ve N_v ’nin çarpımına eşittir.

Beklenen Maksimum Deprem’de davranış katsayısının (M_M) bulunması: M_M EK A'da Çizelge A.1 ile bulunabilir.

Sismik katsayıların hesaplanması: sismik katsayılar C_a ve C_v EK A'da verilen çizelgeler ile hesaplanabilir.

M_M , Z , N_a ve M_M , Z , N_v çarpımları ile α ve α' bulunur. Daha sonra C_{VM} ve C_{AM} EK A'da verilen çizelgeler ile hesaplanabilir. Çizelge 4.1 ile de fay tipi belirlenir.



Şekil 4.1 : Sismik kaynak faktörü N_a ve N_v [9].

$$\alpha = M_M Z N_a \quad (4.1)$$

$$C_{AM} = 1.1 \times \alpha \quad (4.2)$$

$$\alpha' = M_M Z N_v \quad (4.3)$$

$$C_{VM} = 1.6 \times \alpha' \quad (4.4)$$

İzolasyon sisteminin efektif sönümleme katsayısı: Efektif sönümleme, β_{eff} UBC 97’de verilen formül ile hesaplanabilir.

Çizelge 4.1 : Fay tiplerine göre fayın yıllık kayma miktarı.

Fay Tipi	M= Aletsel Büyüklük	Yıllık Kayma Miktarı
A Tipi	$M > 7$	$SR \geq 5mm$
B Tipi	$6.5 < M < 7$	$2 < SR < 5mm$
C Tipi	$M < 6.5$	$SR < 2mm$

Yapı Davranış Katsayısı (R)’ nin Bulunması: Sismik izolasyonlu sistemler için $R=2$ alınması uygun görülmektedir.

4.2.2 Hedeflenen periyot ve malzeme özellikleri

2 saniye ile 3 saniye arasındaki periyot değerleri, izolasyon sisteminin titreşim periyodu için arzu edilen değerlerdir. Elastisite modülü, E, kayma modülü G, ve maksimum kayma deformasyonu, γ_{max} seçilen izolatör tipine göre değişiklik göstermektedir.

4.2.3 Tasarım ve maksimum yer değiştirmenin hesaplanması

İzolasyon sisteminin yatay yöndeki tasarım yer değiştirmesi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_D = \frac{g \times C_{VD} \times T_D}{B_D \times 4\pi^2} \quad (4.5)$$

Burada g yerçekimi ivmesi, C_{VD} sismik katsayı, T_D tasarım periyodu, B_D sönümlenme katsayısıdır. B_D değeri Çizelge A.11 :yardımıyla kritik sönümlenme değeri β_{eff} değeri kullanılarak hesaplanır.

İzolasyon sisteminin yatay yöndeki maksimum yer değiştirmesi hesaplanırken ise C_{VD} yerine C_{VM} , T_D yerine T_M , B_D yerine B_M değerleri kullanılır.

$$d_M = \frac{g \times C_{VM} \times T_M}{B_M \times 4\pi^2} \quad (4.6)$$

4.2.4 Efektif yatay rijitliğin hesaplanması

Ele alınan yönde izolasyon sisteminde tek bir izolatörün yatay rijitliği aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$K_H = K_{eff} = \frac{W}{g} \times \left(\frac{2\pi}{T_D}\right)^2 \quad (4.7)$$

Burada W tek bir izolatöre etkiyen normal kuvvettir ve yapı toplam ağırlığının izolatör sayısına bölünmesiyle hesaplanır.

4.2.5 Her çevrimde sönümlenen enerji miktarının hesaplanması

Her bir çevrim için sismik izolatörün sönümlediği enerji aşağıdaki formül ile hesaplanabilir. Bu değer karakteristik dayanım Q_d 'nin hesaplanmasında kullanılır.

$$w_D = 2\pi \times K_{eff} \times (d_D)^2 \times \beta_{eff} \quad (4.8)$$

4.2.6 Karakteristik dayanımın hesaplanması

Dy akma durumundaki yer değiştirme olmak üzere bu değer d_D tasarım yer değiştirmesine göre çok küçük olduğundan ihmal edilerek tek bir izolatörün karakteristik dayanımı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$w_D = 4 \times Q_d \times (d_D - d_y) \quad (4.9)$$

$$Q_D = \frac{w_D}{4 \times d_D} \quad (4.10)$$

4.2.7 Akma yer değiştirmesinin hesaplanması

Sismik izolatörün yatay rijitliğindeki değişimin meydana geldiği kesme akması durumundaki yer değiştirme aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$d_y = \frac{Q_D}{K_u - K_d} \quad (4.11)$$

$$K_u = 10 \times K_d \quad (4.12)$$

$$d_y = \frac{Q_d}{9 \times K_d} \quad (4.13)$$

$$K_d = K_{eff} - \frac{Q_d}{d_d} \quad (4.14)$$

Burada, K_u akma öncesi rijitlik, K_d ise akma sonrası rijitliktir.

4.2.8 Kurşun çekirdek kesit alanının hesaplanması

Tek bir izolatörde gerekli olan kurşun çekirdek kesit alanı karakteristik dayanımın, kurşunun akma gerilmesine (f_y) bölünmesiyle hesaplanır.

$$A_{pb} = \frac{Q_d}{f_y} \quad (4.15)$$

4.2.9 Kurşun çekirdeğin sağladığı yatay rijitlik

Kurşun çekirdeğin sağladığı yatay rijitlik aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$K_{pb} = \frac{Q_d}{d_D} \quad (4.16)$$

4.2.10 Kauçuk kısmın sağladığı rijitlik

Kauçuk kısmın sağladığı rijitlik, izolatörün toplam yanal rijitliğinden kurşun çekirdeğin sağladığı rijitlik çıkarılarak bulunur.

$$K_{rub} = K_d = K_H - K_{pb} \quad (4.17)$$

4.2.11 Kauçuk kısmın kesit alanının hesaplanması

İzolatör çapı ve gerekli kurşun çekirdek çapı belirlendikten sonra her iki kesit alanı arasındaki fark gerekli kauçuk kesit alanını, A_{rub} verir.

4.2.12 Gerekli toplam kauçuk kalınlığının hesaplanması

G kayma modülü olmak üzere gerekli toplam kauçuk kalınlığı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$t_r = \frac{G \times A_{rub}}{K_{rub}} \quad (4.18)$$

4.2.13 Şekil faktörünün hesaplanması

Tek bir kauçuk katmanının kalınlığı belirlendikten sonra şekil faktörü hesaplanabilir. t değerinin aşağıda belirtilen aralıkta olması gerekmektedir.

$$\Phi \leq 80 \leq \frac{\Phi}{40} \quad (4.19)$$

Burada Φ izolatörün çapıdır. Şekil faktörü ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$S = \text{Yüklenmiş alan/yüklenmemiş alan} = \text{Disk alanı/yanal alan} = (\pi \times \frac{\Phi^2}{4}) / (\pi \times \Phi \times t)$

$$S = \frac{\Phi}{4 \times t} \quad (4.20)$$

4.2.14 İzolatörün düşey rijitliğinin hesaplanması

E_c basınç elastisite modülü olmak üzere düşey rijitlik aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$K_v = \frac{E_c \times A_s}{t_r} = \frac{6 \times G \times S^2}{t_r} \quad (4.21)$$

4.2.15 Akma dayanımının hesaplanması

Akma dayanımı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$F_y = Q_d + K_d \times d_y \quad (4.22)$$

4.2.16 Kayma şekil değiştirmelerinin hesaplanması

Yataydaki ve düşeydeki şekil değiştirmeler aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\gamma_v = 6 \times S \times \varepsilon_z \quad (4.23)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta t}{h_{top}} \quad (4.24)$$

$$\Delta t = \frac{W}{k_v} \quad (4.25)$$

Burada Δt düşey yerdeğiştirme, h_{top} ise izolatör yüksekliğidir.

Yatayda;

$$\gamma_s = \frac{\tau}{G} = \frac{V_D}{A_s \times G} = \frac{K_d \times d_d}{A_s \times G} \quad (4.26)$$

maksimum şekil değıştirme ise;

$$\gamma_{max} = \gamma_v + \gamma_s \quad (4.27)$$

4.2.17 Ortak alan hesaplamaları

Kayma durumundaki ortak alan aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$A' = A_s \left[1 - \frac{2}{\pi} (\theta + \sin\theta \cos\theta) \right] \quad (4.28)$$

$$\sin\theta = \frac{d_D}{D} \quad (4.29)$$

4.2.18 Kritik burkulma yükünün hesaplanması

Tek bir izolatörün burkulma meydana getirmeden taşıyabileceği yük aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$P_{kritik} = \sqrt{\frac{A \times G \times \pi^2 \times E_c \times I}{3t^2}} \quad (4.30)$$

$$I = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{\Phi}{2}\right)^4 \quad (4.31)$$

5. ETABS İLE YAPI TASARIMI VE İZOLATÖRLERİN MODELLENMESİ

5.1 ETABS Programının Genel Özellikleri

ETABS, kullanıcılara değişik ülke yönetmeliklerine göre kesit hesabı (check) ve tasarım (design) yapma imkanı sağlayan bir sonlu eleman programıdır. ETABS'ın betonarme çerçeve eleman boyutlama özelliği akademik çevrelerce de onaylanmıştır [13]. Buna göre ETABS'in boyutlama yönetmeliklerinden olan ACI 318-99 yönetmeliği birtakım düzenlemelerle TS 500 ve DBYBHY, 2007 ile uyumlu hale getirilebilir.

5.2 ACI 318-99 ile DBYBHY, 2007 Uyumluluğu

ACI 318-99 yönetmeliği deprem davranışları bakımından yapıları “sıradan”, “orta” ve “özel” moment karşılayıcı çerçeveler olarak sınıflandırmıştır. DBYBHY, 2007’de yer alan süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı çerçeve tanımı ACI 318-99 yönetmeliğinde yer alan “özel” moment karşılayıcı çerçeve tanımıyla uyushmaktadır. Hangi süneklik düzeyinin boyutlandırma safhasında nasıl ele alınabileceği her ne kadar ETABS'in akademik çevrelerce de desteklenen; ACI 318-99’un TS500 ve DBYBHY 2007’e göre uyarlanması adına yapılan çalışmada net bir şekilde belirtilmemiş olsa da, ACI 318-99’un devamı niteliğinde olan ETABS'in ACI 318-05/IBC 2003 yönetmeliklerine göre boyutlama kılavuzunda incelenen yapının süneklik düzeyi ETABS programının tercihler (preferences) kısmında yer alan sismik tasarım kategorilerinin (seismic design category) seçimine bağlı olarak belirlenebilmektedir. Buna göre A, B, C, D, E ve F harfleriyle simgelenen altı sismik tasarım kategorisi vardır ve bu kategorilerden A ya da B seçiliyken “sıradan”, C seçiliyken “orta”, D, E veya F seçiliyken ise “özel” moment karşılayıcı çerçeve boyutlaması yapılmaktadır [14]. ETABS programının ACI 318-99 yönetmeliğine göre boyutlama seçeneği aktifken tercihler kısmında bu tasarım kategorileri gözükmemektedir. Burada bilinmesi gereken ACI 318-99 ya da ACI 318-05/IBC 2003’a göre tasarım yaparken mevcut (default) durumda tasarımın “özel” moment karşılayıcı çerçeve ya da başka bir deyişle süneklik düzeyi yüksek sistem kabulüyle yapıldığıdır. ACI 318-99 ya da ACI 318-05/IBC 2003 yönetmelikleri süneklik düzeyini eleman bazında

değerlendirmeyi gerekli kılar ya da başka bir deyişle kullanıcıya eleman bazında süneklik düzeyi belirleme imkanını sağlar. Buna göre eleman türü “sway special” ya da “sway intermediate” seçiliyken sünek yapı, “sway ordinary” ya da “non-sway” seçiliyken ise sünek olmayan eleman tasarımı yapılır. Burada dikkat edilmesi gereken husus deprem yönetmeliğimizde süneklik düzeyi yüksek olarak tanımlanan sistemin sadece eleman özellikleri “sway special” ya da “sway intermediate” iken geçerli olduğu ve boyutlama içeriğinden dolayı “sway special” ın seçiminin süneklik düzeyi yüksek sistem tanımı için daha yakın sonuçlar vereceğinin hatırdan çıkarılmaması gerektiğidir.

5.3 ACI 318-99 Yönetmeliği İle Betonarme Tasarım

ETABS ile kiriş ve kolon elemanları için boyuna ve enine donatı hesabı, çerçeve düğüm noktaları için güçlü kolon, kuşatılmış kolon kontrolleri ve perde elemanları için boyuna ve enine donatı hesabı yapılabilmektedir. Donatı hesabı malzeme dayanımı azaltma katsayısı; $\phi = 1$ alınarak, beton karakteristik basınç dayanımı; f_{ck} yerine f_{cd} ve donatı akma dayanımı; f_y yerine f_{yd} hesap dayanımını kullanarak, TS500 ve DBYBHY 2007 ilkelerine uygun olarak yapılır [13]. Çizelge A.6 :’da ETABS programıyla tercihler (preferences) kısmında ACI 318-99 Yönetmeliği seçiliyken betonarme çerçeve boyutlama bilgileri özetlenmiştir. Buna göre ETABS programı çerçeve elemanı tasarım aşamasında, kullanıcı tarafından önceden belirlenen α kadar yükleme kombinasyonu arasından gene bu yükleme kombinasyonlarının en elverişsizini otomatik olarak seçer ve elemanın sıradan moment karşılayıcı çerçeve, orta derecede moment karşılayıcı çerçeve ya da özel moment karşılayıcı çerçeve gruplarından hangisine ait olduğuna bağlı olarak da gerekli boyutlama adımlarını izler. DBYBHY 2007’de belirtilen süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistem tanımı buradaki özel moment karşılayıcı çerçeve tanımıyla örtüşmektedir. Çizelge 5.1’de görüleceği üzere; DBYBHY 2007’de süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı çerçeveler için kontrol edilmesi zorunlu olan kolon kiriş birleşim bölgelerindeki kayma kontrolü, güçlü kolon kontrolü, kiriş ve kolon kayma donatılarının kapasite tasarımı ilkeleri uyarınca arttırılmış yükler ve kesit kapasitesi göz önünde bulundurularak hesaplanması gibi boyutlama safhasındaki birçok hesap kontrolü sadece özel moment karşılayıcı çerçeveler için ve sadece sismik yük birleşimleri altında değerlendirilmektedir.

Çizelge 5.1 :ETABS ile betonarme çerçeve boyutlama bilgileri.

Kontrol/ Boyutlama tipi	Sıradan Moment Karşılıyıcı Çerçeveler (Sismik olmayan)	Orta Derecede Moment Karşılıyıcı (Sismik)	Özel Moment Karşılıyıcı Çerçeveler (Sismik)
Kolon kontrolü (karşılıklı etki)	NLD ^a kombinezon	NLD ^a kombinezon	NLD ^a kombinezon
Kolon boyutlaması (karşılıklı etki)	NLD ^a kombinezon %1 < ρ < %8	NLD ^a kombinezon %1 < ρ < %8	NLD ^a kombinezon α=1.0 %1 < ρ < %6
Kolon kayma hesabı	NLD ^a kombinezon	Değiştirilmiş NLD ^a kombinezon (deprem yükleri iki kat alınır) Kolon Kapasitesi φ=1.0 ve α=1.0	NLD ^a kombinezon ve kolon kayma kapasitesi φ=1.0 ve α=1.25
Kiriş eğilme hesabı	NLD ^a kombinezon	NLD ^a kombinezon	NLD ^a kombinezon ρ ≤ 0.025 ρ ≥ $\frac{0.25}{f_y} \sqrt{f'_c}$ ρ ≥ $\frac{1.4}{f_y}$
Kiriş minimum moment kontrolü	Gerekmiyor	$M^+_{uUÇ} \geq \frac{1}{3} M^-_{uUÇ}$ $M^+_{uAÇIK} \geq \frac{1}{5} \max[M^+_u, M^-_u]$ $M^-_{uAÇIK} \geq \frac{1}{5} \max[M^+_u, M^-_u]$	$M^+_{uUÇ} \geq \frac{1}{2} M^-_{uUÇ}$ $M^+_{uAÇIK} \geq \frac{1}{4} \max[M^+_u, M^-_u]_{UÇ}$ $M^-_{uAÇIK} \geq \frac{1}{4} \max[M^+_u, M^-_u]_{UÇ}$
Kiriş kayma donatısı hesabı	NLD ^a kombinezon	Değiştirilmiş NLD ^a kombinezon (deprem yükü iki kat alınır) α=1.0 ve φ=1.0 ile bulunan kiriş kesme kuvveti kapasitesi (V _p) ve V _{D+L} ile	NLD ^a kombinezon α=1.25 ve φ=1.0 ile bulunan kiriş kesme kuvveti kapasitesi (V _p) ve V _{D+L} ile, V _c =0
Birleşim bölgesi hesabı	Gerekmiyor	Gerekmiyor	Kayma kontrolü hesabı
Kiriş- kolon kapasite oranı	Gerekmiyor	Gerekmiyor	Çıkış dosyasında bildirilir

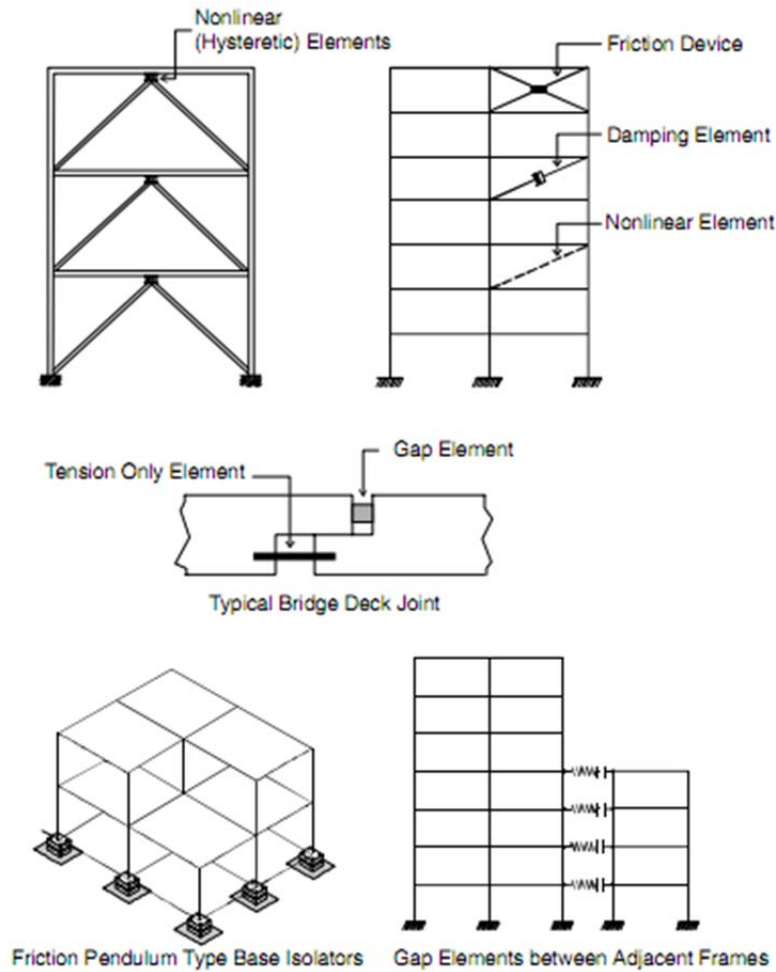
^aÖngörülen yükleme sayısı

5.4 ETABS İle Sismik İzolatörlerin Modellenmesi

ETABS programında “NLlink Element” ve “Nlprop Properties” adı verilen ve yapıların lineer olmayan davranışını modellemede kullanılan seçenekler vardır. Bunların ilki modellemede kullanılacak elemanın seçilebilmesi için kullanılır. Bu elemanlar

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere:

- Linear element (Multilinear elastic)
- Damper (Viscous damper with nonlinear exponent on velocity term)
- “Gap” (sadece basınç) ve “hook” (sadece çekme)
- “Uniaxial plasticity” (tüm altı serbestlik derecesiyle)
- İzolator1 (Base isolator with biaxial plasticity behavior)
- İzolator2 (Base isolator with friction and/or pendulum behavior)



Şekil 5.1 : ETABS ile kullanılan nonlineer eleman örnekleri [14].

İkinci seçenek ise yukarıda belirtilen elemanların yerleştirileceği yeri belirtmek için kullanılır. Link elemanların kütle, ağırlık ve polar atalet momentleri programda ayrıca tanımlanabilir. Link elemanlarına lineer ve lineer olmayan özellikler atanabilir. Bir lineer link elemanının altı serbestlik derecesinin tamamı için belirlenen lineer özellikler için etkin rijitliği oluşturulur. Bu esasında bir yay rijitliğidir. Lineer olmayan olmayan özellikler de gene altı serbestlik derecesi için tanımlanabilir. Lineer olmayan davranış sadece zaman tanım alanında nonlinear analiz (time history analysis) ile incelenebilir. Diğer tüm analizlerde “NLlink element” adı verilen elemanlar lineer davranış gösterirler.

5.4.1 “NLprop” özellikleri

Nlprop, Nllink elemanların davranışının tanımlanması için kullanılan yapısal özellikler setidir. Her Nlprop altı adet dahili deformasyon için lineer olmayan kuvvet- deformasyon ilişkisini belirtir. Bu nonlinear özellikler sadece zaman tanım alanında nonlinear analizlerde kullanılır. Ayrıca efektif rijitlik ve efektif sönümleme de belirtilebilir. Bu özellikler lineer olan analizlerden, statik analiz, P-Δ analiz, modal analiz, hareketli yük analizi, davranış spektrumu analizi, zaman tanım alanında lineer analiz gibi analizlerde kullanılabilir.

Efektif rijitlik, nonlinear özellikleri belirtilmemiş bütün serbestlik dereceleri için zaman tanım alanında nonlinear analizde de kullanılabilir. Efektif sönümleme özelliği zaman tanım alanında nonlinear analizde hiçbir zaman kullanılmaz. Kütle ve ağırlık özellikleri de tipe uygun olarak belirlenebilir.

5.4.2 Dahili nonlinear yaylar

Her Nlprop, altı adet dahili nonlinear yaydan oluşur. Bu yayların kuvvet-deformasyon ilişkisi birleşik veya birbirinden bağımsız olabilir. Yaylar 3 ayrı deformasyon tipi için çalışmaktadır; eksenel, 1-2 düzleminde kesme ve 1-2 düzleminde eğilme. Kayma yayının deformasyonu düğüm noktalarındaki aktarımlar kadar rotasyonlardan da oluşabilir. Bu yaydaki kuvvet boy boyunca lineer olarak değişen bir moment oluşturur. Bu moment kayma yayında sıfır olarak alınır ve davranışı mafsalsı gibidir.

5.4.3 Yay kuvvet - deformasyon ilişkisi

Aşağıdaki kuvvet deformasyon ilişkileri mevcuttur:

- Eksenel: f_{u1} vs d_{u1}
- Kesme: f_{u2} vs d_{u2} , f_{u3} vs d_{u3}
- Burulma: f_{r1} vs. d_{r1}
- Eğilme: f_{r2} vs. d_{r2} , f_{r3} vs d_{r3}

Burada f_{u1} , f_{u2} ve f_{u3} iç-yay kuvvetleri; f_{r1} , f_{r2} ve f_{r3} iç yay momentleridir.

5.4.4 Temel denge denklemleri

Bilgisayar modelinin herhangi bir t zaman aralığındaki en temel denge denklemi aşağıdaki matris denklemiyle açıklanabilir:

$$Mu''(t) + Cu'(t) + Ku(t) + R(t)_{NL} = R(t) \quad (5.1)$$

Burada M, C ve K sırasıyla kütle, sönüm ve rijitlik matrislerini ifade etmektedir. Bu üç kare matrisin büyüklüğü toplam nokta deplasmanı ile yakından ilgilidir. Burada elastik rijitlik matrisi yazılırken nonlinear elemanların rijitlikleri ihmal edilir. Zamana bağlı olarak elde edilen $u''(t)$, $u'(t)$, $u(t)$ ve $R(t)$ fonksiyonları sırasıyla ivme, hız, yerdeğiştirme ve dış yükü ifade eder. $R(t)_{NL}$ ise nonlinear elemanlardan zaman artımı yoluyla elde edilen toplam dış yükü ifade eder.

Eğer bilgisayar modeli nonlinear elemanlar olmadan stabilitesini yitiriyorsa eşitliğin her iki tarafına da “efektif elastik eleman” rijitliği, K_e eklenir. Son halde 5.1 denleminin en genel hali:

$$Mu''(t) + Cu'(t) + (K + K_e)u(t) + R(t)_{NL} = R(t) + K_e u(t) \quad (5.2)$$

Bu nedenle nonlinear bilgisayar modeli için dinamik denge denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$Mu''(t) + Cu'(t) + (\bar{K})u(t) = \bar{R}(t) \quad (5.3)$$

Elastik rijitlik matrisi, $\bar{K}$, $K + K_e$ toplamına eşittir ve değeri bilinir. Efektif dış yük $\bar{R}(t)$, $\bar{R}(t) = R(t)_{NL} + K_e u(t)$ toplamına eşittir ve değerinin iterasyon yoluyla elde edilmesi gerekir.

5.4.5 Nonlinear kuvvetlerin hesaplanması

Herhangi bir t anındaki L nonlinear deformasyonları nonlinear elemanları içermekle birlikte aşağıdaki yerdeğiştirme dönüşüm denklemiyle elde edilebilir:

$$d(t) = bu(t) \quad (5.4)$$

Ayrıca zamanbağılı olarak değişen nonlinear deformasyonlardaki değişim oranı, $d'(t)$ de aşağıdaki gibi belirlenebilir:

$$d'(t) = bu'(t) \quad (5.5)$$

Burada dikkat edilmesi gereken küçük deplasmanlar için, yer değiştirme dönüşüm matrisi b 'nin zamanın bir fonksiyonu olmadığıdır. Eğer zaman bağımlı deformasyonlar ve hızlar bütün nonlinear elemanlar için biliniyorsa nonlinear elemanlardaki nonlinear kuvvetler, $f(t)$ tam bir doğrulukla belirlenebilir. Bu ise her bir zaman aralığındaki iterasyonun gerçekleştirilmesine bağlıdır.

6. YAPININ TANIMI VE KLASİK YÖNTEME GÖRE İNCELENMESİ

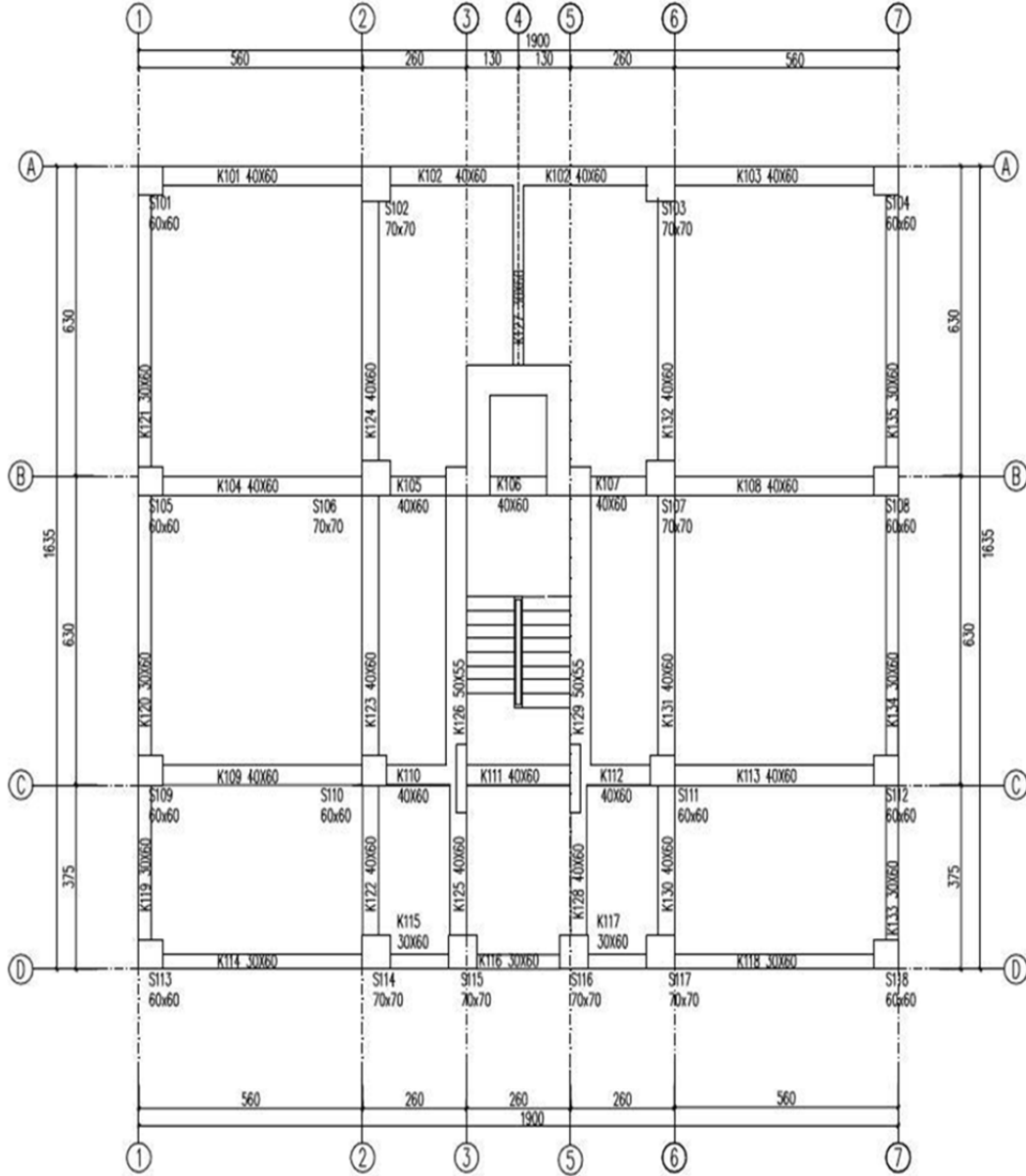
6.1 Yapının Tanımı

Bu çalışmada incelenecek olan yapı bir hastane projesine aittir. Yapı 1 bodrum katı, 6 normal kat ve 1 çatı katı olmak üzere toplamda 8 kattan oluşmakta, X- eksenini doğrultusunda 5 ana ve 2 yardımcı olmak üzere 7 akstan ve Y- eksenini doğrultusunda ise 4 akstan oluşmaktadır. Yapı tipik kat yüksekliği 3 metredir ve tüm katlarda eşittir. Yapısal çözümlerlerde bodrum kattaki toprak tutucu perdelerinin yapı taşıyıcı sisteminden bağımsız olarak 1.5 metre uzaklıkta olduğu kabulü yapılmıştır. Yapı bodrum katının zeminle olan irtibatının engellenmesine karşın kat numaralandırılmalarında bu kat normal kat olarak değil bodrum kat olarak belirtilmiştir. Yapı taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek perdeli ve çerçeveli sistem olarak belirlenmiş, döşeme sistemi ise kirişli plak döşeme olarak seçilmiştir. Yapı öncelikle DBYBHY, 2007 uyarınca yeni yapı olarak tasarlanmış ardından belirlenen kesit ölçüleri baz alınarak sismik izolatör tasarımı yapılmıştır. Tüm yapısal çözümlerlerde ETABS V.9.6.0 programından faydalanılmıştır. Yapının, kapasite tasarım ilkeleri uyarınca, klasik yöntemle göre tasarımı için yapılan statik ve dinamik çözümler sonucunda yapıda DBYBHY, 2007 'de belirtilen planda ya da düşeydeki düzensizlik durumlarından herhangi birine rastlanmamıştır. Yapıda sadece önemli bir boyutta olmayan burulma düzensizliği mevcuttur. Yapı tipik kolon boyutları 60x60 ve 70x70, yapı tipik kiriş boyutları 30x60, 40x60 ve 50x55'tir. Yapıda bir adet U şeklinde asansör perdesi ve 2 adet 20x140 boyutlarında merdiven perdesi bulunmaktadır. Asansör perdesinin kalınlığı ilk 3 katta 60cm ve diğer katlarda ise 40cm olarak belirlenmiştir. Yapı genel bilgileri Çizelge 6.1'de özetlenmektedir. Buna göre yapıdaki tüm iç mekanlarda bulunan koridorlarda, merdivenlerde ve sahanlıklarda hareketli yük olarak 5 kN/m² değeri alınmış, eşdeğer deprem yükü hesabında kullanılan hareketli yük katılım katsayısı ise yapının türünün hastane olmasından dolayı 0.3 olarak alınmıştır. Ayrıca yapı iç hacimlerinde yer alan iç duvarların hesap yükü 1.6 kN/m², yapı dış kenarlarında yer alan dış duvarların hesap yükü ise 2.1 kN/m² olarak belirlenmiştir.

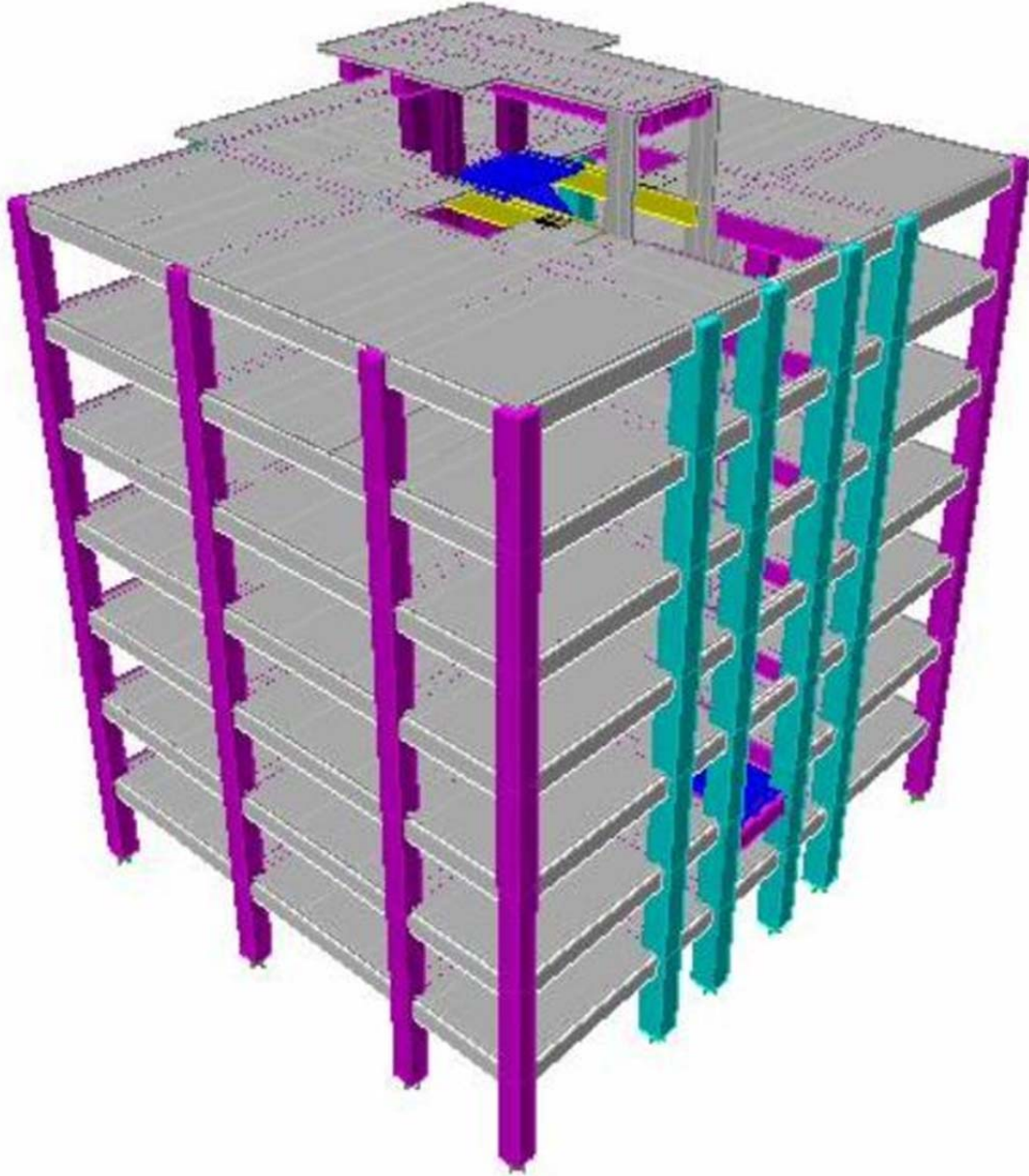
Çizelge 6.1 :Yapı genel bilgileri.

Bina Bilgileri	
Kat Adedi	: 8
Bina Kat Yüksekliği	: 3 m
Toplam Bina Yüksekliği, H	: 24 m
Bina Oturma Alanı	: 310.65 m ²
Bina Kullanım Amacı	: Hastane
Malzeme Bilgileri	
Beton	: C30 ($f_{cm}= 30$ Mpa)
Donatı Çeliği	: S420 ($f_{yk}= 420$ Mpa)
Betonarme Elastisite Modülü, E_c	: 32000 Mpa
Donatı Çeliği Elastisite Modülü, E_s	: 200000 Mpa
Proje Parametreleri	
Deprem Bölgesi	: 1. Derece Deprem Bölgesi
Etkin Yer İvmesi Katsayısı, A_0	: 0.4
Bina Önem Katsayısı, I	: 1.5
Yerel Zemin Sınıfı	: Z3
Spektrum Karakteristik Periyotları	: $T_A = 0.15s$, $T_B = 0.60s$
Hareketli Yük Katılım Katsayısı, n	: 0.3
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, R	: 7
Yükler	
Beton Yoğunluğu	: 25 kN/m ³
Dış Duvar Yükü	: 2.1 kN/m ²
İç Duvar Yükü	: 1.6 kN/m ²
Hareketli Yük (odalarda)	: 5 kN/m ²
Hareketli Yük (koridorlarda ve merdivenlerde)	: 5 kN/m ²

Yapı tipik kat kalıp planı Şekil 6.1’de, yapı 3 boyutlu ETABS modeli ise Şekil 6.2’de görülmektedir. Buna göre sadece bu kalıp planı üzerinden yapı hakkında kısa bir değerlendirme yapmak gerekirse yapının özellikle mimari durumunu korumak adına oluşturulan bu yapı taşıyıcı sisteminde bazı akslarda özellikle çerçeve elemanların süreksizliklerinin olduğu görülmektedir. Buna karşın yapının statik analizi sonucunda yapıdaki bu süreksizliklerin sadece önemli bir boyutta olmayan burulma düzensizliğine sebep olduğu ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.1 : Yapı tipik kat kalıp planı.



Şekil 6.2 : Yapı 3 boyutlu ETABS modeli.

6.2 Tasarım Yükleme Birleşimleri

Yapıların deprem hesapları sırasında, gerekli ek dışmerkezlilikler de göz önüne alınarak, gerekli tüm yükleme birleşimlerinin yapılması ve tasarımda en elverişsiz sonucu veren iç kuvvetlerin kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla yapılması

gereken dört adet temel yükleme Çizelge 6.2’de gösterilmiştir. Çizelge 6.2’de de görüldüğü üzere temel deprem yüklemeleri, deprem yüklerinin her iki deprem doğrultusu için riitlik merkezinin sağına ve soluna %5 kaydırılmasıyla elde edilir.

Çizelge 6.2 : Temel deprem yüklemeleri.

Yükleme adı	Yükleme özelliği
EXP	x yönünde +%5 dışmerkezlilikli
EXN	x yönünde -%5 dışmerkezlilikli
EYP	y yönünde +%5 dışmerkezlilikli
EYN	y yönünde -%5 dışmerkezlilikli

DBYBHY, 2007 uyarınca taşıyıcı sisteme ayrı ayrı etki ettirilen x ve y doğrultularındaki depremlerin ortak etkisi altında, taşıyıcı sistem elemanlarının a ve b asal eksen doğrultularındaki iç kuvvetler, en elverişsiz sonucu verecek şekilde Çizelge 6.2’deki yük birleşim katsayıları kullanılarak hesaplanacaktır. Çizelge 6.3’de x- doğrultusunun $\pm\%5$ dışmerkezlilikli ve y- doğrultusunun %30 katkısı alınarak hazırlanan 32 yük birleşimi görülmektedir. Bu yük birleşimleri bir de y- doğrultusu için tekrarlanırsa toplamda 64 adet yük birleşimi elde edilmiş olur.

Çizelge 6.3 :Yükleme birleşimleri katsayıları.

Birleşim No.	EXP	EXN	EYP	EYN	Birleşim No.	EXP	EXN	EYP	EYN
1	1		0.30		17	0.30		1	
2	1		-0.30		18	-0.30		1	
3	1			0.30	19		0.30	1	
4	1			-0.30	20		-0.30	1	
5	-1		0.30		21	0.30		-1	
6	-1		-0.30		22	-0.30		-1	
7	-1			0.30	23		0.30	-1	
8	-1			-0.30	24		-0.30	-1	
9		1	0.30		25	0.30			1
10		1	-0.30		26	-0.30			1
11		1		0.30	27		0.30		1
12		1		-0.30	28		-0.30		1
13		-1	0.30		29	0.30			-1
14		-1	-0.30		30	-0.30			-1
15		-1		0.30	31		0.30		-1
16		-1		-0.30	32		-0.30		-1

6.3 Yapının Klasik Yönteme Göre Çözümünün İncelenmesi

6.3.1 Deprem yüklerinin belirlenmesi

Yapı 1. derece deprem bölgesinde yapılmakta ve bina toplam yüksekliği ise 24m dir. DBYYHY2007 Çizelge 2.6 uyarınca yapı deprem hesabı eşdeğer deprem yükü yöntemi ile yapılacak, ayrıca eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunan bina toplam taban kesme kuvveti değeri mod birleştirme yöntemiyle kıyaslanacaktır.

Bina toplam ağırlığı ETABS programının “STORY SHEAR” özelliğiyle bulunacaktır.

$$\Sigma W = g + nq$$

$$\Sigma g = g_1 + g_2 = 23500kN + 6197kN = 29697kN$$

$$\Sigma q = 8890kN$$

$$\Sigma W = g + nq = 29697kN + 0.3 \times 8890kN = 32364kN$$

Yapı birinci titreşim periyotları;

$$T_1 = 0.557 \text{ s, Burulma titreşim periyodu}$$

$$T_2 = 0.534 \text{ s, Y- yönü 1. doğal titreşim periyodu}$$

$$T_3 = 0.532 \text{ s, X- yönü 1. doğal titreşim periyodu}$$

Spektrum karakteristik periyotları;

$$\text{X-yönünde } T_A = 0.15 \text{ s} < T_{1x} = 0.532 \text{ s} < T_B = 0.6 \text{ s} \Rightarrow S(T_{1x} = 0.532 \text{ s}) = 2.5$$

$$\text{Y-yönünde } T_A = 0.15 \text{ s} < T_{1y} = 0.534 \text{ s} < T_B = 0.6 \text{ s} \Rightarrow S(T_{1y} = 0.534 \text{ s}) = 2.5$$

Katlara etkiyen eşdeğer deprem yüklerinin belirlenmesi;

$$V_t = \frac{W \times A(T_1)}{R_a(T_1)} = \frac{W \times A_o \times I \times S(T_1)}{R_a(T_1)} = W \times C_i \geq 0.1 \times A_o \times I \times W \text{ olmalıdır.}$$

$$V_t = \Delta F_n + \Sigma F_i, \Delta F_n = 0.0075 \times N \times V_t, F_i = (V_t - \Delta F_n) \times \frac{W_i H_i}{\Sigma W_i H_i}$$

Deprem yükleri ETABS programının eşdeğer deprem yüklerini otomatik olarak tanımlamakla ilgili bölümünden belirlenecektir.

Define → Static Load Cases → Quake Loads → Modify Lateral Load

Buna göre ;

$$\text{Taban kesme kuvveti katsayısı, } C_i = \frac{A_o \times I \times S(T_1)}{R_a(T_1)}$$

$$\text{X-yönünde } C_{ix} = \frac{Ao \times I \times S(T_{ix})}{Ra(T_{ix})} = \frac{0.4 \times 1.5 \times 2.5}{7} \cong 0.214$$

$$\text{Y-yönünde } C_{iy} = \frac{Ao \times I \times S(T_{iy})}{Ra(T_{iy})} = \frac{0.4 \times 1.5 \times 2.5}{7} \cong 0.214$$

$$\Delta Fnx = 0.0075 \times N \times Vtx = 0.0075 \times N \times W \times Cix = 0.0075 \times 8 \times W \times 0.214 = 0.013W$$

$$\Delta Fny = 0.0075 \times N \times Vty = 0.0075 \times N \times W \times Ciy = 0.0075 \times 8 \times W \times 0.214 = 0.013W$$

$$C_x = \frac{(Vtx - \Delta Fnx)}{W} = \frac{0.214W - 0.013W}{W} \cong 0.201$$

$$C_y = \frac{(Vty - \Delta Fny)}{W} = \frac{0.214W - 0.013W}{W} \cong 0.201$$

$$\Delta Fnx = 0.013W = 0.013 \times 32364kN \cong 420.732kN$$

$$\Delta Fny = 0.013W = 0.013 \times 32364kN \cong 420.732kN$$

Şekil 6.3’de X- doğrultusunda uygulanan ve Y- doğrultusunun da +0.05 ek dış merkezlik katkısı uygulanarak elde edilen deprem yüklemesinin ETABS ile tanımlanması görülmektedir. Şekil 6.4’de ise X- doğrultusunda uygulanan ve Y- doğrultusunun -0.05 ek dış merkezlik katkısı uygulanarak elde edilen deprem yüklemesinin ETABS ile tanımlanması görülmektedir. Burada Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’te yer alan K ifadesi için 1 değerinin girilmesi deprem yüklerinin bina yüksekliği boyunca lineer olarak değişeceğini ifade etmektedir.

User Defined Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☐ X Dir ☐ Y Dir
☒ X Dir + Eccen Y ☐ Y Dir + Eccen X
☐ X Dir - Eccen Y ☐ Y Dir - Eccen X

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Şekil 6.3 : EXP, X- doğrultusunda %5 dışmerkezlik için depremtanımlanması.

User Defined Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☐ X Dir ☐ Y Dir
☐ X Dir + Eccen Y ☐ Y Dir + Eccen X
☒ X Dir - Eccen Y ☐ Y Dir - Eccen X

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Şekil 6.4 : EXN, X- doğrultusunda %5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması.

Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’da ise sırasıyla Y- doğrultusunda uygulanan ve X- doğrultusunun ± 0.05 ek dışmerkezlik katkısı uygulanarak elde edilen deprem yüklemesinin ETABS ile tanımlanması gösterilmektedir.

User Defined Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☐ X Dir ☐ Y Dir
☐ X Dir + Eccen Y ☒ Y Dir + Eccen X
☐ X Dir - Eccen Y ☐ Y Dir - Eccen X

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Şekil 6.5 : EYP, Y- doğrultusunda %5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması.

User Defined Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☐ X Dir ☐ Y Dir
☐ X Dir + Eccen Y ☐ Y Dir + Eccen X
☐ X Dir - Eccen Y ☒ Y Dir - Eccen X

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Factors

Base Shear Coefficient, C

Building Height Exp., K

Story Range

Top Story

Bottom Story

Şekil 6.6 : EYN, Y- doğrultusunda -%5 dışmerkezlik için deprem tanımlanması.

Şekil 6.7 ve Şekil 6.8’de ise X- doğrultusunda bina tepesine uygulanan deprem kamçı kuvvetinin sırasıyla ± 0.05 ek dışmerkezlilik katkısı uygulanarak elde edilen deprem yüklemesinin ETABS ile tanımlanması gösterilmektedir.

Kamçı yüklerinin tanımlanması;

Define→Static Load Cases→Quake Loads→ Auto Lateral Loads→User Loads

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ
KAT6	D8	420.732	0.	0.
KAT5	D7	0.	0.	0.
KAT4	D6	0.	0.	0.
KAT3	D5	0.	0.	0.
KAT2	D4	0.	0.	0.
KAT1	D3	0.	0.	0.
ZEMİN	D2	0.	0.	0.
BODRUM	D1	0.	0.	0.

☐ User Specified Application Point
☒ Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.) : 0.05

OK Cancel

Şekil 6.7 : TEPEXP, X-, %5 dışmerkezlilik için depremtanımlanması.

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ
KAT6	D8	420.732	0.	0.
KAT5	D7	0.	0.	0.
KAT4	D6	0.	0.	0.
KAT3	D5	0.	0.	0.
KAT2	D4	0.	0.	0.
KAT1	D3	0.	0.	0.
ZEMİN	D2	0.	0.	0.
BODRUM	D1	0.	0.	0.

☐ User Specified Application Point
☒ Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.) : -0.05

OK Cancel

Şekil 6.8 : TEPEXN, X-, %5 dışmerkezlilik için deprem tanımlanması.

Şekil 6.3 ve Şekil 6.10’da ise Y- doğrultusunda bina tepesine uygulanan deprem kamçı kuvvetinin sırasıyla ± 0.05 ek dışmerkezlilik katkısı uygulanarak elde edilen deprem yüklemesinin ETABS ile tanımlanması gösterilmektedir.

User Seismic Loading

Edit

User Seismic Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	PX	FY	MZ
KAT6	D8	0.	420.732	0.
KAT5	D7	0.	0.	0.
KAT4	D6	0.	0.	0.
KAT3	D5	0.	0.	0.
KAT2	D4	0.	0.	0.
KAT1	D3	0.	0.	0.
ZEMIN	D2	0.	0.	0.
BODRUM	D1	0.	0.	0.

☐ User Specified Application Point
☒ Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)

OK Cancel

Şekil 6.9 : TEPEYP, Y- %5 dışmerkezlilik için deprem tanımlanması.

User Seismic Loading

Edit

User Seismic Loads on Diaphragms

Story	Diaphragm	FX	FY	MZ
KAT6	D8	0.	420.732	0.
KAT5	D7	0.	0.	0.
KAT4	D6	0.	0.	0.
KAT3	D5	0.	0.	0.
KAT2	D4	0.	0.	0.
KAT1	D3	0.	0.	0.
ZEMIN	D2	0.	0.	0.
BODRUM	D1	0.	0.	0.

☐ User Specified Application Point
☒ Apply at Center of Mass

Additional Ecc. Ratio (all Diaph.)

OK Cancel

Şekil 6.10 : TEPEYN, Y-,-%5 dışmerkezliklideprem tanımlanması.

6.3.2 Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre düzensizlik kontrolleri

Tablolarda verilen yük birleşimlerinin açılımları aşağıdaki gibidir:

EXP: Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre X yönünde rijitlik merkezinin +%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme.

EXN: Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre X yönünde rijitlik merkezinin -%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme.

EYP: Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Y yönünde rijitlik merkezinin +%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme.

EYN: Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre Y yönünde rijitlik merkezinin -%5 kaydırılmasıyla yapılan yükleme.

EXTP: EXP + TEPEXP

EXTN: EXN + TEPEXN

EYTP: EYP + TEPEYP

EYTN: EYN + TEPEYN

6.3.2.1 Planda yapı düzensizliklerinin kontrolü

A1-Burulma düzensizliği kontrolü

Burulma düzensizliği birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir katta en büyük görelî kat ötelemesinin o katta aynı doğrultudaki ortalama görelî kat ötelemesine oranını ifade eden burulma düzensizliği katsayısının 1.2’den büyük olması durumudur.

$$\eta_{bi} = \frac{(\Delta i)_{max}}{(\Delta i)_{ort}} > 1.2 \quad (6.1)$$

Çizelge 6.4’de EXTP yüklemesinde X- doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü için bulunan hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre EXTP yüklemesi için 5. kattaki η_{bi} değeri 1.29 olarak belirlendiği için bu katta burulma düzensizliği vardır. Diğer katlardaki burulma düzensizliği katsayısı ise 1.2’den küçük çıkmıştır.

Çizelge 6.4 :EXTP yüklemesinde X- burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
KAT6	EXTP	0.002462	0.005321	0.0038915	0.6326609
KAT5	EXTP	0.004255	0.0023	0.0032775	1.2982456
KAT4	EXTP	0.004642	0.003103	0.0038725	1.1987088
KAT3	EXTP	0.0053	0.003866	0.004583	1.1564477
KAT2	EXTP	0.0054	0.003984	0.004692	1.1508951
KAT1	EXTP	0.004673	0.004172	0.0044225	1.0566422
ZEMİN	EXTP	0.003742	0.003714	0.003728	1.0037554
BODRUM	EXTP	0.001885	0.00218	0.0020325	0.9274293

Çizelge 6.5’de EXTN yüklemesinde X- doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü için bulunan hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre EXTN yüklemesi için bodrum ve zemin katlarında burulma düzensizliği görülmüştür. Diğer katlardaki burulma düzensizliği katsayısı ise 1.2’den küçük çıkmıştır. Çizelge 6.6’da ise EYTP yüklemesinde Y- doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü için bulunan hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre EYTP yüklemesi için sadece bodrum katında burulma düzensizliği görülmüştür. Diğer katlardaki burulma düzensizliği katsayısı ise 1.2’den küçük çıkmıştır.

Çizelge 6.5 :EXTNyüklemesinde X- burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
KAT6	EXTN	0.00306	0.004474	0.003767	0.8123175
KAT5	EXTN	0.0027	0.003588	0.003144	0.8587786
KAT4	EXTN	0.003803	0.00399	0.0038965	0.9760041
KAT3	EXTN	0.004776	0.004188	0.004482	1.0655957
KAT2	EXTN	0.005122	0.004203	0.0046625	1.0985523
KAT1	EXTN	0.00537	0.003601	0.0044855	1.1971909
ZEMİN	EXTN	0.004856	0.00282	0.003838	1.2652423
BODRUM	EXTN	0.002903	0.001354	0.0021285	1.3638713

Çizelge 6.6 :EYTPyüklemesinde Y- burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
KAT6	EYTP	0.000322	0.003261	0.0017915	0.1797377
KAT5	EYTP	0.003669	0.003068	0.0033685	1.0892088
KAT4	EYTP	0.004504	0.003545	0.0040245	1.1191452
KAT3	EYTP	0.005211	0.00399	0.0046005	1.132703
KAT2	EYTP	0.005505	0.004167	0.004836	1.1383375
KAT1	EYTP	0.005243	0.003851	0.004547	1.153068
ZEMİN	EYTP	0.004335	0.003056	0.0036955	1.1730483
BODRUM	EYTP	0.002185	0.001403	0.001794	1.2179487

Çizelge 6.7’de ise EYTN yüklemesinde Y- doğrultusu burulma düzensizliği kontrolü için bulunan hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre EYTP yüklemesi için sadece

bodrum katında burulma düzensizliği katsayısı değeri aşılmaktadır. Diğer katlardaki burulma düzensizliği katsayısı ise 1.2’den küçük çıkmıştır.

Çizelge 6.7 :EYTNyüklemesinde Y- burulma düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	η_{bi}
KAT6	EYTN	0.000312	0.005449	0.0028805	0.1083145
KAT5	EYTN	0.003662	0.003018	0.00334	1.0964072
KAT4	EYTN	0.004506	0.00354	0.004023	1.1200597
KAT3	EYTN	0.005212	0.003988	0.0046	1.1330435
KAT2	EYTN	0.005505	0.004164	0.0048345	1.1386907
KAT1	EYTN	0.00524	0.003855	0.0045475	1.1522815
ZEMİN	EYTN	0.004333	0.003059	0.003696	1.1723485
BODRUM	EYTN	0.002179	0.00141	0.0017945	1.2142658

A1 Düzensizliği Vardır.

Yapıda A1 düzensizliği olduğu için DBYBHY, 2007 2.7.3.3’e göre binanın herhangi bir i’inci katında A1 türü düzensizliğin bulunması durumunda, $1.2 < \eta_{bi} \leq 2.0$ olmak koşulu ile, bu katta uygulanan $\pm\%5$ ek dış merkezlik, her iki deprem doğrultusu için (6.2)’de verilen D_i katsayısı ile çarpılarak büyütülecektir.

$$D_i = \left(\frac{\eta_{bi}}{1.2}\right)^2 \quad (6.2)$$

A2-Döşeme süreksizliklerinin kontrolü

Döşeme süreksizlikleri DBYBHY, 2007’de herhangi bir kattaki döşemede;

1-Merdiven ve asansör boşlukları dahil, boşluk alanları toplamının kat brüt alanının 1/3 ’ünden büyük olması durumu,

2-Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşluklarının bulunması durumu,

3-Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında azalma olması durumu olarak tanımlanmıştır.

Döşeme boşluk alanları toplamı, $A_b = 27.52m^2$

Tipik döşeme kat alanı, $A = 286m^2$

$$\frac{A_b}{A} = 0.096 < \frac{1}{3} = 0.333$$

A2 Düzensizliği Yoktur.

A3- Planda çıkıntılar bulunması durumu

DBYBHY, 2007’de bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20’sinden daha büyük olması durumudur.

X-Doğrultusunda;

$$\frac{0m}{19m} = 0 < 0.2$$

Y-Doğrultusunda;

$$\frac{0m}{16.35m} = 0 < 0.2$$

A3 Düzensizliği Yoktur.

6.3.2.2 Düşeyde yapı düzensizliklerinin kontrolü

B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (zayıf kat)

DBYBHY, 2007’de betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı’nın bir üst kattaki etkili kesme alanı’na oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} ’nin 0.8’den küçük olması durumu olarak belirtilmiştir.

$$\eta_{ci} = \frac{\sum(A_e)_i}{\sum(A_e)_{i+1}} < 0.8 \quad (6.3)$$

Yapı bodrum kattan çatı katına kadar birbiriyle aynı boyutlu ve aynı doğrultuda çalışan yapısal elemanlarla oluşturulmuştur. Bundan dolayı çatı katına kadarki tüm katlarda’dır. Çatı katı ise kendinden bir önceki kata göre planda daralmakta dolayısıyla $\eta_{ci} > 1$ olmaktadır.

B1 Düzensizliği Yoktur.

B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (yumuşak kat)

DBYBHY, 2007’de betonarme binalarda, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi birinde, herhangi bir kattaki etkili kesme alanı’nın bir üst kattaki etkili kesme alanı’na oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısı η_{ci} ’nin 0.8’den küçük olması durumu olarak belirtilmiştir. DBYBHY,2007’de birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i’nci kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranının bir üst kat veya bir alt kattaki ortalama görelî kat ötelemesi oranına bölünmesi ile tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı η_{ki} ’nin 2.0’den büyük olması durumu olarak belirtilmiştir.

$$\eta_{ki} = \left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort} / \left(\frac{\Delta_{i+1}}{h_{i+1}}\right)_{ort} > 2 \quad (6.4)$$

veya

$$\eta_{ki} = \left(\frac{\Delta_i}{h_i}\right)_{ort} / \left(\frac{\Delta_{i-1}}{h_{i-1}}\right)_{ort} > 2 \quad (6.5)$$

Çizelge 6.8’de ve Çizelge 6.9’da sırasıyla EXTP ve EXTN yüklemeleri için bulunan rijitlik düzensizliği kontrolü hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre her iki yükleme için de rijitlik düzensizliği katsayısı 2’den küçük çıkmaktadır.

Çizelge 6.8 :EXTP yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$
KAT6	EXTP	0.0025	0.0053	0.0039	1.1873	
KAT5	EXTP	0.0043	0.0023	0.0033	0.8464	0.8422
KAT4	EXTP	0.0046	0.0031	0.0039	0.8450	1.1815
KAT3	EXTP	0.0053	0.0039	0.0046	0.9768	1.1835
KAT2	EXTP	0.0054	0.0040	0.0047	1.0609	1.0238
KAT1	EXTP	0.0047	0.0042	0.0044	1.1863	0.9426
ZEMİN	EXTP	0.0037	0.0037	0.0037	1.8342	0.8430
BODRUM	EXTP	0.0019	0.0022	0.0020		0.5452

Çizelge 6.9 :EXTN yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$
KAT6	EXTN	0.0031	0.0045	0.0038	1.1982	
KAT5	EXTN	0.0027	0.0036	0.0031	0.8069	0.8346
KAT4	EXTN	0.0038	0.0040	0.0039	0.8694	1.2393
KAT3	EXTN	0.0048	0.0042	0.0045	0.9613	1.1503
KAT2	EXTN	0.0051	0.0042	0.0047	1.0395	1.0403
KAT1	EXTN	0.0054	0.0036	0.0045	1.1687	0.9620
ZEMİN	EXTN	0.0049	0.0028	0.0038	1.8031	0.8556
BODRUM	EXTN	0.0029	0.0014	0.0021		0.5546

Çizelge 6.10 ve Çizelge 6.11’de ise sırasıyla EYTP ve EYTN yüklemeleri için bulunan rijitlik düzensizliği kontrolü hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre her iki yükleme için de rijitlik düzensizliği katsayısı 2’den küçük çıkmaktadır.

Çizelge 6.10 :EYTP yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$
KAT6	EYTP	0.0003	0.0033	0.0018	0.5318	
KAT5	EYTP	0.0037	0.0031	0.0034	0.8370	1.8803
KAT4	EYTP	0.0045	0.0035	0.0040	0.8748	1.1947
KAT3	EYTP	0.0052	0.0040	0.0046	0.9513	1.1431
KAT2	EYTP	0.0055	0.0042	0.0048	1.0636	1.0512
KAT1	EYTP	0.0052	0.0039	0.0045	1.2304	0.9402
ZEMİN	EYTP	0.0043	0.0031	0.0037	2.0599	0.8127
BODRUM	EYTP	0.0022	0.0014	0.0018		0.4855

Çizelge 6.11 :EYTN yüklemesinde rijitlik düzensizliği kontrolü.

KAT	YÜKLEME	Δ_{max}	Δ_{min}	Δ_{ort}	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i-1}/h_{i-1})_{ort}$	$(\eta_{ki})(\Delta_i/h_i)_{ort}/(\Delta_{i+1}/h_{i+1})_{ort}$
KAT6	EYTN	0.0003	0.0054	0.0029	0.8624	
KAT5	EYTN	0.0037	0.0030	0.0033	0.8302	1.1595
KAT4	EYTN	0.0045	0.0035	0.0040	0.8746	1.2045
KAT3	EYTN	0.0052	0.0040	0.0046	0.9515	1.1434
KAT2	EYTN	0.0055	0.0042	0.0048	1.0631	1.0510
KAT1	EYTN	0.0052	0.0039	0.0045	1.2304	0.9406
ZEMİN	EYTN	0.0043	0.0031	0.0037	2.0596	0.8128
BODRUM	EYTN	0.0022	0.0014	0.0018		0.4855

B2 Düzensizliği Yoktur.

B3- Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği

Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerinin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu.

B3 Düzensizliği Yoktur.

6.3.2.3 Göreli kat ötelemelerinin sınırlandırılması

Herhangi bir kolon ve perde için, ardışık iki kat arasındaki yerdeğiştirme farkını ifade eden azaltılmış göreli kat ötelemesi, Δ_i , aşağıdaki gibi belirlenecektir:

$$\Delta_i = d_i - d_{i-1}$$

d_i ve d_{i-1} , her bir deprem doğrultusu için binanın i'inci ve i-1'inci katlarında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yer değiştirmeleri göstermektedir.

δ_i , her bir deprem doğrultusu için, binanın herhangi bir katındaki kolon veya perdeler için etkin göreli kat ötelemesini ifade etmektedir.

$$\delta_i = R \times \Delta_i \quad (6.6)$$

$$\frac{(\delta_i)_{max}}{h_i} \leq \frac{0.02}{R} = \frac{0.02}{7} = 0.00285$$

Çizelge 6.12'de EXTP yüklemesi için X- ve Y- doğrultuları için bulunan göreli kat ötelemeleri kontrolünün hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre göreli kat ötelemeleri kontrolü EXTP yüklemesi için her iki doğrultu için de sağlanmaktadır.

Çizelge 6.12 :EXTP'de X- ve Y- yönünde göreli kat ötelemelerinin kontrolü.

KAT	h_i (metre)	YÜKLEME	NOKTA	X(metre)	Y(metre)	Z(metre)	δ_{imax} / h_i (X-)	δ_{imax} / h_i (Y-)
KAT6	3	EXTP	164	12.33	12.9	24	0.001283	
	3	EXTP	164	12.33	12.9	24		0.000004
KAT5	3	EXTP	197	13.4	17.7	21	0.001472	
	3	EXTP	178	0	16.35	21		0.00038
KAT4	3	EXTP	197	13.4	17.7	18	0.001669	
	3	EXTP	167	0	15	18		0.000342
KAT3	3	EXTP	197	13.4	17.7	15	0.001775	
	3	EXTP	126	0	10.05	15		0.000273
KAT2	3	EXTP	197	13.4	17.7	12	0.001798	
	3	EXTP	156	0	12.9	12		0.000243
KAT1	3	EXTP	197	13.4	17.7	9	0.001564	
	3	EXTP	188	19	16.35	9		0.000094
ZEMİN	3	EXTP	197	13.4	17.7	6	0.001248	
	3	EXTP	130-1	7.95	10.05	6		0.000033
BODRUM	3	EXTP	11	19	0	3	0.000727	
	3	EXTP	29	0	3.75	3		0.000059

Çizelge 6.13, Çizelge 6.14 ve Çizelge 6.15’de sırasıyla EXTN, EYTP ve EYTN yüklemeleri için X- ve Y- doğrultularında bulunan görelî kat ötelemeleri kontrolünün hesap sonuçları sunulmuştur. Buna göre görelî kat ötelemeleri kontrolü EXTN, EYTP ve EYTN yüklemelerinin her biri için her iki doğrultu için de sağlanmaktadır.

Çizelge 6.13 :EXTN’de X- ve Y- yönünde görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

KAT	hi(metre)	YÜKLEME	NOKTA	X(metre)	Y(metre)	Z(metre)	$\delta_{\text{imax}} / h_i$ (X-)	$\delta_{\text{imax}} / h_i$ (Y-)
KAT6	3	EXTN	36	11.05	3.75	24	0.001462	
	3	EXTN	164	12.33	12.9	24		0.000118
KAT5	3	EXTN	197	13.4	17.7	21	0.001221	
	3	EXTN	178	0	16.35	21		0.000175
KAT4	3	EXTN	15	7.95	3.05	16.4	0.00143	
	3	EXTN	12	0	3.05	18		0.000039
KAT3	3	EXTN	15	7.95	3.05	13.4	0.001618	
	3	EXTN	188	19	16.35	15		0.000116
KAT2	3	EXTN	11	19	0	12	0.001707	
	3	EXTN	82	19	5.5	12		0.000179
KAT1	3	EXTN	11	19	0	9	0.00179	
	3	EXTN	69	0	5.5	9		0.000343
ZEMİN	3	EXTN	11	19	0	6	0.001619	
	3	EXTN	178	0	16.35	6		0.000396
BODRUM	3	EXTN	11	19	0	3	0.000968	
	3	EXTN	1	0	0	3		0.000301

Çizelge 6.14 :EYTP’de X- ve Y- yönünde görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

KAT	hi(metre)	YÜKLEME	NOKTA	X(metre)	Y(metre)	Z(metre)	$\delta_{\text{imax}} / h_i$ (X-)	$\delta_{\text{imax}} / h_i$ (Y-)
KAT6	3	EYTP	164	12.33	12.9	24	0.000098	
	3	EYTP	164	12.33	12.9	24		0.001
KAT5	3	EYTP	197	13.4	17.7	21	0.000136	
	3	EYTP	77	11.05	5.5	19.4		0.001262
KAT4	3	EYTP	197	13.4	17.7	18	0.000178	
	3	EYTP	188	19	16.35	18		0.001501
KAT3	3	EYTP	197	13.4	17.7	15	0.00021	
	3	EYTP	188	19	16.35	15		0.001737
KAT2	3	EYTP	197	13.4	17.7	12	0.000224	
	3	EYTP	188	19	16.35	12		0.001835
KAT1	3	EYTP	197	13.4	17.7	9	0.000218	
	3	EYTP	188	19	16.35	9		0.001748
ZEMİN	3	EYTP	11	19	0	6	0.000204	
	3	EYTP	188	19	16.35	6		0.001445
BODRUM	3	EYTP	11	19	0	3	0.00013	
	3	EYTP	188	19	16.35	3		0.000728

Çizelge 6.15 :EYTN’de X- ve Y- yönünde görelî kat ötelemelerinin kontrolü.

KAT	hi(metre)	YÜKLEME	NOKTA	X(metre)	Y(metre)	Z(metre)	δ _{imax} / hi (X-)	δ _{imax} / hi (Y-)
KAT6	3	EYTN	164	12.33	12.9	24	0.000085	
	3	EYTN	158	6.675	12.9	24		0.000994
KAT5	3	EYTN	197	13.4	17.7	21	0.000127	
	3	EYTN	15	7.95	3.05	19.4		0.001258
KAT4	3	EYTN	197	13.4	17.7	18	0.000173	
	3	EYTN	178	0	16.35	18		0.001502
KAT3	3	EYTN	197	13.4	17.7	15	0.000208	
	3	EYTN	178	0	16.35	15		0.001737
KAT2	3	EYTN	197	13.4	17.7	12	0.000224	
	3	EYTN	178	0	16.35	12		0.001835
KAT1	3	EYTN	197	13.4	17.7	9	0.00022	
	3	EYTN	178	0	16.35	9		0.001747
ZEMİN	3	EYTN	11	19	0	6	0.000201	
	3	EYTN	178	0	16.35	6		0.001444
BODRUM	3	EYTN	11	19	0	3	0.000126	
	3	EYTN	178	0	16.35	3		0.000726

6.3.2.4 İkinci mertebe etkilerinin kontrolü

Taşıyıcı sistem elemanlarının doğrusal elastik olmayan davranışını esas alan daha kesin bir hesap yapılmadıkça, ikinci mertebe etkileri aşağıda belirtildiği gibi gözönüne alınabilir. Göz önüne alınan deprem doğrultusunda her bir katta, ikinci mertebe gösterge değeri,

$$\theta_i = \frac{(\Delta_i)_{ort} \times \sum_{j=1}^N w_j}{V_i \times h_i} \leq 0.12 \quad (6.7)$$

belirtilen koşulu sağlaması durumunda, ikinci mertebe etkileri yürürlükteki betonarme ve çelik yapı yönetmeliklerine göre değerlendirilecektir.

Çizelge 6.16, Çizelge 6.17, Çizelge 6.18 ve Çizelge 6.19’da sırasıyla EXTP, EXTN, EYTP ve EYTN yüklemeleri için bulunan ikinci mertebe etkilerinin kontrolüne ilişkin hesap sonuçları özetlenmektedir. Buna göre yapı EXTP, EXTN, EYTP ve EYTN yüklemeleri için hesaplanan ikinci mertebe etkileri katsayısı 0.12’den küçük çıkmaktadır.

Çizelge 6.16 :EXTPyüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.

KAT	hi(metre)	YÜKLEME	W(kN)	Δ_{ORT}	Kat Kuvvetleri (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri (kN)	θ_1
KAT6	3	EXTP	587.6	0.0039	224.4	224.4	0.003397
KAT5	3	EXTP	5044.2	0.0033	1546.7	1771.1	0.003112
KAT4	3	EXTP	9327.3	0.0039	1344.7	3115.8	0.003864
KAT3	3	EXTP	13660.9	0.0046	1131	4246.8	0.004914
KAT2	3	EXTP	18051.8	0.0047	912	5158.8	0.005473
KAT1	3	EXTP	22551.3	0.0044	701.5	5860.3	0.005673
ZEMİN	3	EXTP	27165	0.0037	479.7	6340	0.005324
BODRUM	3	EXTP	31739.8	0.0020	240.1	6580.1	0.003268

Çizelge 6.17 :EXTNyüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.

KAT	hi(metre)	YÜKLEME	W(kN)	Δ_{ORT}	Kat Kuvvetleri (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri (kN)	θ_1
KAT6	3	EXTN	587.6	0.0038	224.4	224.4	0.003288
KAT5	3	EXTN	5044.2	0.0031	1546.7	1771.1	0.0029848
KAT4	3	EXTN	9327.3	0.0039	1344.7	3115.8	0.0038881
KAT3	3	EXTN	13660.9	0.0045	1131	4246.8	0.0048058
KAT2	3	EXTN	18051.8	0.0047	912	5158.8	0.0054384
KAT1	3	EXTN	22551.3	0.0045	701.5	5860.3	0.0057536
ZEMİN	3	EXTN	27165	0.0038	479.7	6340	0.0054816
BODRUM	3	EXTN	31739.8	0.0021	240.1	6580.1	0.0034223

Çizelge 6.18 :EYTPyüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.

KAT	hi(metre)	YÜKLEME	W(kN)	Δ_{ORT}	Kat Kuvvetleri (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri (kN)	θ_i
KAT6	3	EYTP	587.6	0.0018	224.4	224.4	0.001564
KAT5	3	EYTP	5044.2	0.0034	1546.7	1771.1	0.003198
KAT4	3	EYTP	9327.3	0.0040	1344.7	3115.8	0.004016
KAT3	3	EYTP	13660.9	0.0046	1131	4246.8	0.004933
KAT2	3	EYTP	18051.8	0.0048	912	5158.8	0.005641
KAT1	3	EYTP	22551.3	0.0045	701.5	5860.3	0.005833
ZEMİN	3	EYTP	27165	0.0037	479.7	6340	0.005278
BODRUM	3	EYTP	31739.8	0.0018	240.1	6580.1	0.002885

Çizelge 6.19 :EYTNyüklemesinde ikinci mertebe etkilerinin kontrolü.

KAT	hi(metre)	YÜKLEME	W(kN)	Δ_{ORT}	Kat Kuvvetleri (kN)	Kat Kesme Kuvvetleri (kN)	θ_i
KAT6	3	EYTN	587.6	0.0029	224.4	224.4	0.002514
KAT5	3	EYTN	5044.2	0.0033	1546.7	1771.1	0.003171
KAT4	3	EYTN	9327.3	0.0040	1344.7	3115.8	0.004014
KAT3	3	EYTN	13660.9	0.0046	1131	4246.8	0.004932
KAT2	3	EYTN	18051.8	0.0048	912	5158.8	0.005639
KAT1	3	EYTN	22551.3	0.0045	701.5	5860.3	0.005833
ZEMİN	3	EYTN	27165	0.0037	479.7	6340	0.005279
BODRUM	3	EYTN	31739.8	0.0018	240.1	6580.1	0.002885

6.3.3 Deprem yükü alt sınırının belirlenmesi

DBYBHY, 2007 2.8.5'e göre Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre hesaplanan deprem yükü V_{tB} 'nin, Eşdeğer Deprem Yükü V_t 'ye oranının β değerinden küçük olması durumunda; Mod Birleştirme Yöntemi'ne göre bulunan tüm iç kuvvet ve yer değiştirme büyüklükleri **(6.8)**'e göre büyütülecektir. Burada β değeri A1, B2 veya B3 türü düzensizliklerden en az birinin binada bulunması durumunda **(6.8)**'de $\beta=0.90$, bu düzensizliklerden hiçbirinin bulunmaması durumunda ise $\beta=0.80$ alınacaktır. Binada A1 burulma düzensizliği bulunduğu için $\beta=0.90$ alınacaktır.

$$B_D = \frac{\beta \times V_t}{V_{tB}} \times B_B \quad (6.8)$$

0'de DBYBHY, 2007 uyarınca belirlenen deprem yükü alt sınır değerinin belirlenmesi ile ilgili hesaplar özetlenmektedir.

Çizelge 6.20 :Deprem yükü alt sınırının belirlenmesi.

	Kat	X YÖNÜ			Deprem Yükü (kN)	Y YÖNÜ			Deprem Yükü (kN)
		Modal Analiz(kN)	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (kN)	Deprem Yükü Artırım Katsayısı		Modal Analiz(kN)	Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi	Deprem Yükü Artırım Katsayısı (kN)	
KAT KESME KUVVETİ	6	207.4	210.3	0	207.4	222.5	210.3	0	222.5
	5	1200.4	1464	1.09763	1317.6	1262	1464	1.04406	1317.6
	4	1028.4	1287.9	1.1271	1159.11	1072.7	1287.9	1.08055	1159.11
	3	845.5	1081.4	1.15111	973.26	862.3	1081.4	1.12868	973.26
	2	664	865	1.17244	778.5	673.9	865	1.15522	778.5
	1	486.3	660.3	1.22202	594.27	498.6	660.3	1.19188	594.27
	ZEMİN	305.9	451.1	1.3272	405.99	304.2	451.1	1.33462	405.99
	BODRUM	116.7	225.7	1.74062	203.13	105.3	225.7	1.92906	203.13
	TOPLAM	4854.6	6245.7		5639.26	5001.5	6245.7		5654.36

DBYBHY, 2007 2.1.1 denklem 2.4'e göre deprem yükü alt sınırı kontrol edilmelidir.

$$V_{tx} = \frac{W \times A(t)}{Ra(t)} > 0.1 \times A_0 \times I \times W$$

$$V_{tx} = 5639.26kN > 0.1 \times 0.4 \times 1.5 \times 32364 = 1941.84$$

$$V_{ty} = \frac{W \times A(t)}{Ra(t)} > 0.1 \times A_0 \times I \times W$$

$$V_{ty} = 5654.36kN > 0.1 \times 0.4 \times 1.5 \times 32364 = 1941.84$$

6.3.4 Betonarme hesaplar

Betonarme hesapları ETABS programının ACI 318-99 yönetmeliği için malzeme dayanımı azaltma katsayısı; $\phi = 1$ alınarak, beton karakteristik basınç dayanımı; f_{ck} yerine f_{cd} ve donatı akma dayanımı; f_y yerine f_{yd} hesap dayanımını kullanarak, TS500 ve DBYBHY 2007 ilkelerine uygun olarak yapılmıştır [15]. Öte yandan ETABS'ın bulduğu sonuçların doğruluk derecesini saptamak adına ETABS ın bulduğu sonuçlar bir kez de elle kontrol edilerek sonuçlar EK B 'de çizelgeler halinde özetlenmiştir.

7. İZOLATÖR TASARIMI

7.1 Analiz Metodunun Seçimi

Sismik izolasyon tasarımı UBC 1997 Yönetmeliği'ne göre yapılacaktır. Yapı yüksekliği 20 m'den fazla olduğu için ve yapı kat sayısı 4'ten fazla olduğu için izolasyon sisteminin tasarımında zaman tanım alanında çözüm metodu (time history analysis) uygulanacaktır.

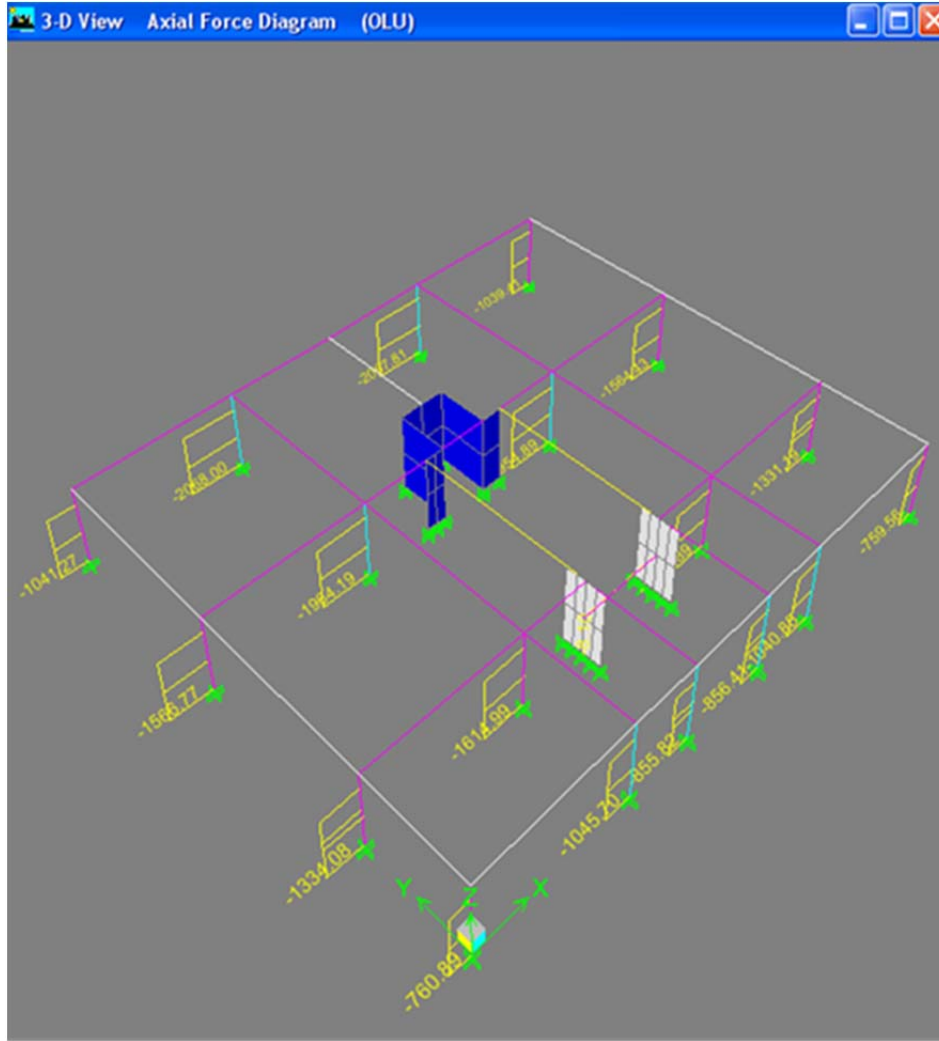
7.2 İzolatör Özelliklerinin Belirlenmesi

Çizelge 7.1'de UBC Yönetmeliği'ne göre izolatör tasarımında kullanılacak olan parametreler UBC Yönetmeliği'nden referans verilerek özetlenmektedir.

Çizelge 7.1 :UBC 97 Yönetmeliği'ne göre izolatör parametrelerinin belirlenmesi.

Sismik Kaynak Türü:	A	(UBC 97 Tablo 16-U)
Bilinen Kaynak Faya Uzaklık (km)	>10 km	(UBC 97 Tablo 16-I)
Sismik Bölge Katsayısı, Z:	0.4	(UBC 97 Tablo 16-I)
Zemin Profil Türü:	S _E	(UBC 97 Tablo 16-J)
Yakın Fay Katsayısı, N _A :	1	(UBC 97 Tablo 16-S)
Yakın Fay Katsayısı, N _V :	1.2	(UBC 97 Tablo 16-T)
Sismik Katsayı, C _A	0.4	(UBC 97 Tablo 16-Q)
Sismik Katsayı, C _V	0.48	(UBC 97 Tablo 16-R)
MCE Davranış Katsayısı, M _M	1.25	(UBC 97 Tablo A-16-D)
MCE Sarsma Şiddeti, M _M ZN _A	0.5	
MCE Sarsma Şiddeti, M _M ZN _V	0.6	
Yanal Yük Katsayısı, R _L	2	(UBC 97 Tablo A-16-E)
Ankastre Yapı Yanal Yük Katsayısı, R	7	(UBC 97 Tablo 16-N)
Bina Önem Katsayısı, I	1	(UBC 97 Tablo 16-K)
Sismik Katsayı, C _{AM}	0.4	(UBC 97 Tablo A-16-F)
Sismik Katsayı, C _{VM}	0.48	(UBC 97 Tablo A-16-G)
Efektif Sönüm Oranı, β_{eff}	0.15	

Şekil 7.1’de ETABS programı ile belirlenen ve izolatör tasarımında kullanılacak olan N_d eksenel yük değerleri gösterilmektedir.



Şekil 7.1 : İzolatör tasarımında kullanılacak olan N_d eksenel yük değerleri.

7.2.1 Hedeflenen periyot ve malzeme özellikleri

Kolonlara etkiyen normal kuvvetler:

70x70 kolonlar için; 2068 kN

60x60 kolonlar için; 1615 kN

Perdeye etkiyen normal kuvvet:

$h=60$ cm için; 5370.1 kN /4= 1342.5 kN (Perde tabanında dört adet aynı özelliklere sahip izolatör kullanılacaktır.)

$h=20$ cm için; 1131 kN

Yapı birinci titreşim periyotları;

$T_1 = 0.558$ s, Burulma titreşim periyodu

$T_2 = 0.533 \text{ s}$, Y- yönü 1. doğal titreşim periyodu

$T_3 = 0.524 \text{ s}$, X- yönü 1. doğal titreşim periyodu

$T_D \geq 3 T_{ANKASTRE} = 3 \times 0.533 = 1.594 \text{ s}$

$T_D = 2$ saniye seçildi.

$T_M = 2.5$ saniye seçildi.

7.2.2 70x70 Kolonlar için izolatör tasarımı (A tipi izolatör)

7.2.2.1 Tasarım ve maksimum yer değiştirmelerinin hesaplanması

$$d_D = \frac{g \times C_{VD} \times T_D}{B_D \times 4\pi^2} = \frac{9.81 \times 0.48 \times 2}{1.35 \times 4\pi^2} \cong 0.177 \text{ m}$$

$$d_M = \frac{g \times C_{VM} \times T_M}{B_M \times 4\pi^2} = \frac{9.81 \times 0.6 \times 2.5}{1.35 \times 4\pi^2} \cong 0.276 \text{ m}$$

7.2.2.2 Efektif yatay rijitliğin hesaplanması

$$K_H = K_{eff} = \frac{W}{g} \times \left(\frac{2\pi}{T_D}\right)^2 = \frac{2068}{9.81} \times \left(\frac{2\pi}{2}\right)^2 = 2080.56 \text{ kN / m}$$

7.2.2.3 Her çevrimde sönmölen enerji miktarının hesaplanması

$$w_D = 2\pi \times K_{eff} \times d_D^2 \times \beta_{eff} = 2\pi \times 2080.56 \times (0.176)^2 \times 0.15 = 59.272 \text{ kNm}$$

7.2.2.4 Karakteristik dayanımın hesaplanması

$$w_D = 4 \times Q_d \times (d_D - d_Y)$$

$$Q_d = \frac{w_D}{4 \times d_D} = \frac{59.272}{4 \times 0.177} = 83.72 \text{ kN}$$

7.2.2.5 Akma yerdeğiştirmesinin hesaplanması

$$d_y = \frac{Q_d}{K_u - K_d}$$

$$K_u = 10 K_d$$

$$K_d = 2080.56 - \frac{83.72}{0.177} = 1607.57 \text{ kN}$$

$$d_y = \frac{Q_d}{9 \times K_d} = \frac{83.72}{9 \times 1607.57} = 0.0058 \text{ m}$$

Burada, K_u akma öncesi rijitlik, K_d ise akma sonrası rijitliktir.

7.2.2.6 Kurşun çekirdek kesit alanının hesaplanması

$$A_{pb} = \frac{Q_d}{f_y} = \frac{83.72}{11} = 7620 \text{ mm}^2$$

Kurşun çekirdek çapı 100 mm seçilirse kurşun çekirdek kesit alanı 7854 mm² olur. (7854 > 7620)

Bu durumda 7854 mm² kesit alanı için Q_d değeri yeniden hesaplanır.

$$Q_d = 7854 \times 11 = 86394 \text{ N} = 86.394 \text{ kN}$$

7.2.2.7 Kurşun çekirdeğin sağladığı rijitliğin hesaplanması

$$K_{pb} = \frac{Q_d}{d_p} = \frac{86.394}{0.177} = 488.1 \text{ kN / m}$$

7.2.2.8 Kauçuk kısmın sağladığı rijitliğin hesaplanması

$$K_{rub} = K_d = K_H - K_{pb} = 2080.56 - 488.1 = 1592.46 \text{ kN / m}$$

7.2.2.9 Kauçuk kısmın kesit alanının hesaplanması

İzolatör çapı 60 cm seçilirse;

$$A_{rub} = \frac{\pi \times 600^2}{4} - 7854 = 274889 \text{ mm}^2$$

7.2.2.10 Gerekli toplam kauçuk kalınlığının hesaplanması

$$t_r = \frac{G \times A_{rub}}{K_{rub}} = \frac{0.5 \times 274889}{1592.46} = 86.3 \text{ mm}$$

7.2.2.11 Şekil faktörünün hesabı

Tek bir kauçuk katmanının kalınlığı 5mm seçilirse;

$$S = \frac{\Phi}{4 \times t} = \frac{0.6}{4 \times 0.005} = 30$$

7.2.2.12 İzolatörün düşey rijitliğinin hesaplanması

$$K_v = \frac{E_c \times A_s}{t_r} = \frac{6 \times 0.5 \times 30^2 \times 290597}{86.3} = 9091679 \text{ N / mm} = 9091679 \text{ kN / m}$$

7.2.2.13 İzolatörün akma dayanımının hesaplanması

$$F_y = Q_d + K_d \times d_y = 86.394 + 1592.46 \times 0.006 = 95.95 \text{ kN}$$

7.2.2.14 Toplam izolatör yüksekliğinin belirlenmesi

Gerekli toplam kauçuk kalınlığı 86.3 mm olarak hesaplanmıştı. Tek bir kauçuk katman kalınlığı ise 5mm olarak seçilmişti. Toplam 18 adet kauçuk katman ile gerekli kauçuk katman kalınlığı sağlanabilir. Bu 18 katman arasında ise 17 adet 3mm kalınlığında çelik levha bulunacaktır. Üst ve alt çelik levha kalınlığı ise 30 mm seçilerek toplam izolatör yüksekliği aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$h_{top} = 18 \times 5 + 17 \times 3 + 2 \times 30 = 201mm$$

7.2.2.15 Kayma şekil değiştirmelerinin hesaplanması

Düşeyde;

$$\gamma_v = 6 \times S \times \varepsilon_z \quad (7.1)$$

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta t}{h_{top}} \quad (7.2)$$

$$\Delta t = \frac{W}{k_v} = \frac{2068}{9091679} = 0.000227 = 0.227mm$$

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta t}{h_{top}} = \frac{0.227}{217} = 0.00105$$

$$\gamma_v = 6 \times S \times \varepsilon_z = 6 \times 30 \times 0.00105 = 0.189$$

Burada Δt düşey yer değiştirme, h_{top} ise izolatör yüksekliğidir.

Yatayda;

$$\gamma_s = \frac{\tau}{G} = \frac{V_D}{A \times G} = \frac{K_d \times d_D}{A \times G} \quad (7.3)$$

maksimum şekil değiştirme ise;

$$\gamma_{max} = \gamma_v + \gamma_s$$

$$\gamma_{max} = 0.189 + 1.99 = 2.179$$

7.2.2.16 Ortak alan hesaplamaları

$$A' = A_s \left[1 - \frac{2}{\pi} (\theta + \sin \theta \cos \theta) \right] \quad (7.4)$$

$$\sin \theta = \frac{d_D}{D}$$

$$\sin \theta = \frac{0.177}{0.6} = 0.295$$

$$\theta = 17.158^\circ = 0.299 \text{ radian}$$

$$\cos \theta = 0.955$$

$$A' = 0.283 \times \left[1 - \frac{2}{\pi} (0.299 + 0.295 \times 0.955) \right] = 0.059 m^2$$

7.2.2.17 Kritik burkulma yükünün hesaplanması

Tek bir izolatörün burkulma meydana getirmeden taşıyabileceği yük aşağıdaki formül ile hesaplanır.

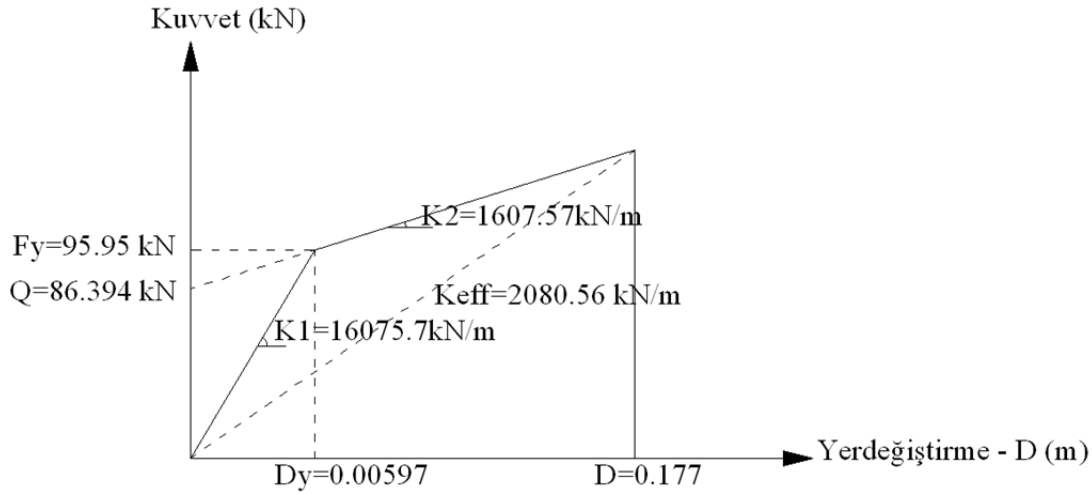
$$P_{kritik} = \sqrt{\frac{A \times G \times \pi^2 \times E_C \times I}{3t^2}} \quad (7.5)$$

$$I = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{\phi}{2} \right)^4$$

$$P_{kritik} = \sqrt{\frac{0.283 \times 0.5 \times 10^3 \times \pi^2 \times 1200 \times 10^3 \times 0.3^4 \times 0.25}{3 \times 0.201^2}} = 5291.5 kN$$

5291.5 kN > 2068 kN olduğundan burkulma riski yoktur.

Şekil 7.2’de A tipi izolatöre ait kuvvet-yerdeğiştirme diyagramı görünmektedir.



Şekil 7.2 : A tipi izolatörün histeretik diyagramı.

7.2.3 60x60 Kolonlar için izolatör tasarımı (B tipi izolatör)

7.2.3.1 Tasarım ve maksimum yer değiştirmelerinin hesaplanması

$$d_D = \frac{g \times C_{VD} \times T_D}{B_D \times 4\pi^2} = \frac{9.81 \times 0.48 \times 2}{1.35 \times 4\pi^2} \cong 0.177 m$$

$$d_M = \frac{g \times C_{VM} \times T_M}{B_M \times 4\pi^2} = \frac{9.81 \times 0.6 \times 2.5}{1.35 \times 4\pi^2} \cong 0.276 m$$

7.2.3.2 Efektif yatay rijitliğin hesaplanması

$$K_H = K_{eff} = \frac{W}{g} \times \left(\frac{2\pi}{T_D}\right)^2 = \frac{1615}{9.81} \times \left(\frac{2\pi}{2}\right)^2 = 1625 kN / m$$

7.2.3.3 Her çevrimde sönümlenen enerji miktarının hesaplanması

$$w_D = 2\pi \times K_{eff} \times d_D^2 \times \beta_{eff} = 2\pi \times 1615 \times (0.176)^2 \times 0.15 = 47.15 kNm$$

7.2.3.4 Karakteristik dayanımın hesaplanması

$$w_D = 4 \times Q_d \times (d_D - d_Y)$$

$$Q_d = \frac{w_D}{4 \times d_D} = \frac{47.15}{4 \times 0.177} = 66.6 kN$$

7.2.3.5 Akma yerdeğiştirmesinin hesaplanması

$$d_y = \frac{Q_D}{K_u - K_d}$$

$$K_u = 10 K_d$$

$$K_d = 1625 - \frac{66.6}{0.177} = 1248.72 kN$$

$$dy = \frac{Q_d}{9 \times K_d} = \frac{66.6}{9 \times 1248.72} = 0.0059 m$$

Burada, K_u akma öncesi rijitlik, K_d ise akma sonrası rijitliktir.

7.2.3.6 Kurşun çekirdek kesit alanının hesaplanması

$$A_{pb} = \frac{Q_d}{f_y} = \frac{66.6}{11} = 6054 mm^2$$

Kurşun çekirdek çapı 90 mm seçilirse kurşun çekirdek kesit alanı $6361 mm^2$ olur. ($6362 > 6054$)

Bu durumda $6362 mm^2$ kesit alanı için Q_d değeri yeniden hesaplanır.

$$Q_d = 6362 \times 11 = 69982 N = 69.982 kN$$

7.2.3.7 Kurşun çekirdeğin sağladığı rijitliğin hesaplanması

$$K_{pb} = \frac{Q_d}{d_D} = \frac{69.982}{0.177} = 395.4 kN / m$$

7.2.3.8 Kauçuk kısmın sağladığı rijitliğin hesaplanması

$$K_{rub} = K_d = K_H - K_{pb} = 1625 - 395.4 = 1229.6 kN / m$$

7.2.3.9 Kauçuk kısmın kesit alanının hesaplanması

İzolatör çapı 50 cm seçilirse

$$A_{rub} = \frac{\pi \times 500^2}{4} - 6361 = 189989 mm^2$$

7.2.3.10 Gerekli toplam kauçuk kalınlığının hesaplanması

$$t_r = \frac{G \times A_{rub}}{K_{rub}} = \frac{0.5 \times 189989}{1229.6} = 72.26 mm$$

7.2.3.11 Şekil faktörünün hesabı

Tek bir kauçuk katmanının kalınlığı 5mm seçilirse;

$$S = \frac{\Phi}{4 \times t} = \frac{0.5}{4 \times 0.005} = 25$$

7.2.3.12 İzolatörün düşey rijitliğinin hesaplanması

$$K_v = \frac{E_c \times A_s}{t_r} = \frac{6 \times 0.5 \times 25^2 \times 196350}{72.26} = 5094883 N / mm = 5094883 kN / m$$

7.2.3.13 İzolatörün akma dayanımının hesaplanması

$$F_y = Q_d + K_d \times d_y = 69.982 + 1592.46 \times 0.006 = 79.54 kN$$

7.2.3.14 Toplam izolatör yüksekliğinin belirlenmesi

Gerekli toplam kauçuk kalınlığı 72.26 mm olarak hesaplanmıştı. Tek bir kauçuk katman kalınlığı ise 5mm olarak seçilmişti. Toplam 17 adet kauçuk katman ile gerekli kauçuk katman kalınlığı sağlanabilir. Bu 17 katman arasında ise 16 adet 3mm kalınlığında çelik levha bulunacaktır. Üst ve alt çelik levha kalınlığı ise 30 mm seçilerek toplam izolatör yüksekliği aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$h_{top} = 17 \times 5 + 16 \times 3 + 2 \times 30 = 193 mm$$

7.2.3.15 Kayma şekil değiştirmelerinin hesaplanması

Düşeyde;

$$\gamma_v = 6 \times S \times \varepsilon_z$$

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta t}{h_{top}}$$

$$\Delta t = \frac{W}{k_v} = \frac{1615}{5094883} = 0.000366 = 0.317mm$$

$$\varepsilon_z = \frac{\Delta t}{h_{top}} = \frac{0.317}{193} = 0.00164$$

$$\gamma_v = 6 \times S \times \varepsilon_z = 6 \times 25 \times 0.00164 = 0.246$$

Burada Δt düşey yer değıştirme, h_{top} ise izolatör yüksekliğidir.

Yatayda;

$$\gamma_s = \frac{\tau}{G} = \frac{V_D}{A \times G} = \frac{K_d \times d_D}{A \times G}$$

$$A = \frac{\pi \times 0.5^2}{4} = 0.196m^2$$

$$\gamma_s = \frac{K_d \times d_D}{A \times G} = \frac{1229600 \times 0.177}{0.196 \times 0.5 \times 10^6} = 2.22$$

maksimum şekil değıştirme ise;

$$\gamma_{max} = \gamma_v + \gamma_s$$

$$\gamma_{max} = 0.246 + 2.22 = 2.466$$

7.2.3.16 Ortak alan hesaplamaları

$$A' = A_s \left[1 - \frac{2}{\pi} (\theta + \sin \theta \cos \theta) \right]$$

$$\sin \theta = \frac{d_D}{D}$$

$$\sin \theta = \frac{0.177}{0.5} = 0.354$$

$$\theta = 20.73^\circ = 0.36 \text{radian}$$

$$\cos \theta = 0.935$$

$$A' = 0.196 \times \left[1 - \frac{2}{\pi} (0.36 + 0.354 \times 0.935) \right] = 0.109m^2$$

7.2.3.17 Kritik burkulma yükünün hesaplanması

Tek bir izolatörün burkulma meydana getirmeden taşıyabileceği yük aşağıdaki formül ile hesaplanır.

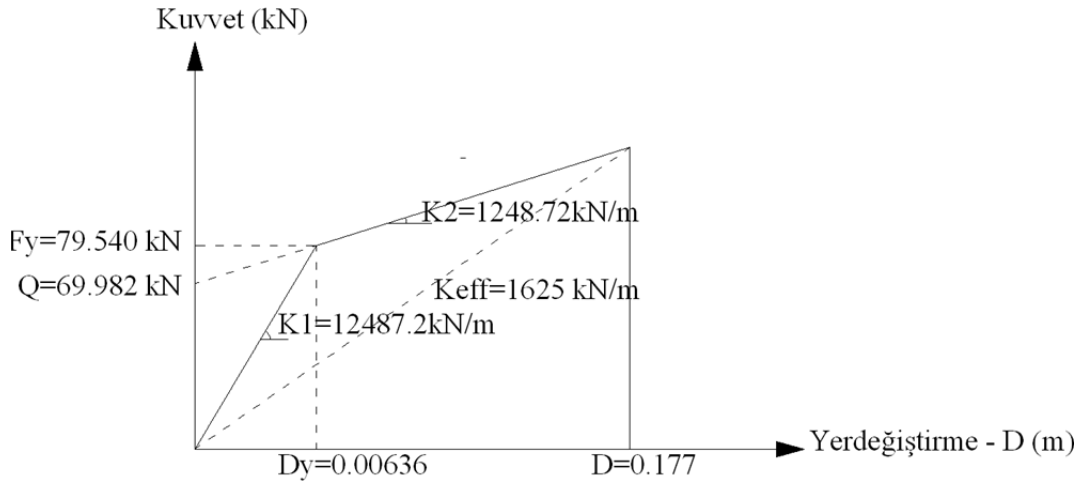
$$P_{kritik} = \sqrt{\frac{A \times G \times \pi^2 \times Ec \times I}{3t^2}}$$

$$I = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{\phi}{2}\right)^4$$

$$P_{kritik} = \sqrt{\frac{0.196 \times 0.5 \times 10^3 \times \pi^2 \times 1200 \times 10^3 \times 0.25^4 \times 0.25}{3 \times 0.193^2}} = 3184.8kN$$

3184.8kN > 1615kN olduğundan burkulma riski yoktur.

Şekil 7.3’de B tipi izolatöre ait kuvvet-yerdeğiştirme diyagramı görünmektedir.



Şekil 7.3 : B tipi izolatörün histeretik diyagramı.

7.2.4 Perde h=60cm ve perde h=20cm için izolatör tasarımı

Perdeye etkiyen normal kuvvet:

h=60 cm için; 5370.1 kN /4= 1342.5 kN (Perde tabanında dört adet aynı özelliklere sahip izolatör kullanılacaktır.)

h=20 cm için; 1131 kN /2= 565.5 kN (Perde tabanında iki adet aynı özelliklere sahip izolatör kullanılacaktır.)

Perdeler için burada yeniden izolatör tasarımı yapmak yerine; belirlenmiş olan aksenal yük düzeyini karşılayan B Tipi izolatör kullanılacaktır.

8. İZOLATÖRLÜ MODEL VE SONUÇLARIN KARŞILAŞTIRILMASI

8.1 Sistemin İzolatörlü Olarak Modellenmesi

Önceki bölümlerde tasarımı detaylı bir şekilde gerçekleştirilen A ve B tipi izolatörlerin dinamik özellikleri Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2’de özetlenmiştir. Yapıda 8 tane A Tipi ve 18 tane de B Tipi olmak üzere toplamda 26 tane kurşun çekirdekli kauçuklu isolator kullanılmıştır. Ayrıca yüklerin üst yapıdan izolatörlere homejen bir şekilde aktarımını sağlamak ve yatayda da izolatörlerin birbirlerine göre olan bağımsız yer değiştirmelerini sınırlamak bakımından izolatörlerle yapı arasında 15 cm kalınlığında rijit bir döşeme tabakası oluşturulmuştur.

Çizelge 8.1 : A Tipi izolatör özellikleri.

PARAMETRE	
U1(düşey) yönünde nonlinear rijitlik [kN/m]= K_v	9091679
U2(yatay) yönünde nonlinear rijitlik [kN/m]= K_h	2080.56
U2(yatay) yönünde akma dayanımı [kN]= F_y	95.95
U2 yönünde akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı = K_d/K_u	0.1
U3(yatay) yönünde nonlinear rijitlik [kN/m]= K_H	2080.56
U3(yatay) yönünde akma dayanımı [kN]= F_y	95.95
U3(yatay) yönünde akma sonrası rijitliğin akma öncesi oranı = K_d/K_u	0.1

Çizelge 8.2 : B Tipi izolatör özellikleri.

PARAMETRE	
U1(düşey) yönünde nonlinear rijitlik [kN/m]= K_v	5094883
U2(yatay) yönünde nonlinear rijitlik [kN/m]= K_h	1625
U2(yatay) yönünde akma dayanımı [kN]= F_y	79.54
U2 yönünde akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı = K_d/K_u	0.1
U3(yatay) yönünde nonlinear rijitlik [kN/m]= K_H	1625
U3(yatay) yönünde akma dayanımı [kN]= F_y	79.54
U3(yatay) yönünde akma sonrası rijitliğin akma öncesi rijitliğe oranı =	0.1

İzolatörlerin ETABS programıyla nasıl tanımlanacağına dair detaylar ise Şekil 8.1 ve Şekil 8.2’de özetlenmiştir:

Define ➡ Link Properties ➡ Modify – Show property... adımlarını aşağıdaki şekillerdeki adımlar takip eder.

The figure consists of four screenshots of ETABS software dialog boxes, arranged in a 2x2 grid, showing the steps to define an isolator property.

- Top Left: NLLink Property Data**
 - Property Name: A
 - Type: Isolator1
 - Total Mass and Weight: Mass: 0, Weight: 0, Rotational Inertia 1: 0, Rotational Inertia 2: 0, Rotational Inertia 3: 0
 - Directional Properties: U1, U2, U3 are checked; R1, R2, R3 are unchecked.
 - Buttons: OK, Cancel
- Top Right: NLLink Directional Properties**
 - Identification: Property Name: A, Direction: U1, Type: Isolator1, NonLinear: No
 - Linear Properties: Effective Stiffness: 927093.23, Effective Damping: 0.0153
 - Buttons: OK, Cancel
- Bottom Left: NLLink Directional Properties**
 - Identification: Property Name: A, Direction: U2, Type: Isolator1, NonLinear: Yes
 - Linear Properties: Effective Stiffness: 212.1581, Effective Damping: 0.0153
 - Shear Deformation Location: Distance from End-J: 0
 - Nonlinear Properties: Stiffness: 1639.2652, Yield Strength: 9.7842, Post Yield Stiffness Ratio: 0.1
 - Buttons: OK, Cancel
- Bottom Right: NLLink Directional Properties**
 - Identification: Property Name: A, Direction: U3, Type: Isolator1, NonLinear: Yes
 - Linear Properties: Effective Stiffness: 212.1581, Effective Damping: 0.0153
 - Shear Deformation Location: Distance from End-J: 0
 - Nonlinear Properties: Stiffness: 1639.2652, Yield Strength: 9.7842, Post Yield Stiffness Ratio: 0.1
 - Buttons: OK, Cancel

Şekil 8.1 : ETABS ile A tipi izolatör özelliklerinin tanımlanması.

NLLink Property Data

Property Name: B Type: Isolator1

Total Mass and Weight

Mass: 0.0 Rotational Inertia 1: 0.0

Weight: 0.0 Rotational Inertia 2: 0.0

Rotational Inertia 3: 0.0

Directional Properties

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

P-Delta Parameters: Advanced...

OK Cancel

NLLink Directional Properties

Identification

Property Name: B

Direction: U1

Type: Isolator1

NonLinear: No

Linear Properties

Effective Stiffness: 519533.47

Effective Damping: 0.0153

OK Cancel

NLLink Directional Properties

Identification

Property Name: B

Direction: U2

Type: Isolator1

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 165.7039

Effective Damping: 0.0153

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0.0

Nonlinear Properties

Stiffness: 1273.34

Yield Strength: 8.1108

Post Yield Stiffness Ratio: 0.1

OK Cancel

NLLink Directional Properties

Identification

Property Name: B

Direction: U3

Type: Isolator1

NonLinear: Yes

Linear Properties

Effective Stiffness: 165.7039

Effective Damping: 0.0153

Shear Deformation Location

Distance from End-J: 0.0

Nonlinear Properties

Stiffness: 1273.34

Yield Strength: 8.1108

Post Yield Stiffness Ratio: 0.1

OK Cancel

Şekil 8.2 : ETABS ile B tipi izolatör özelliklerinin tanımlanması.

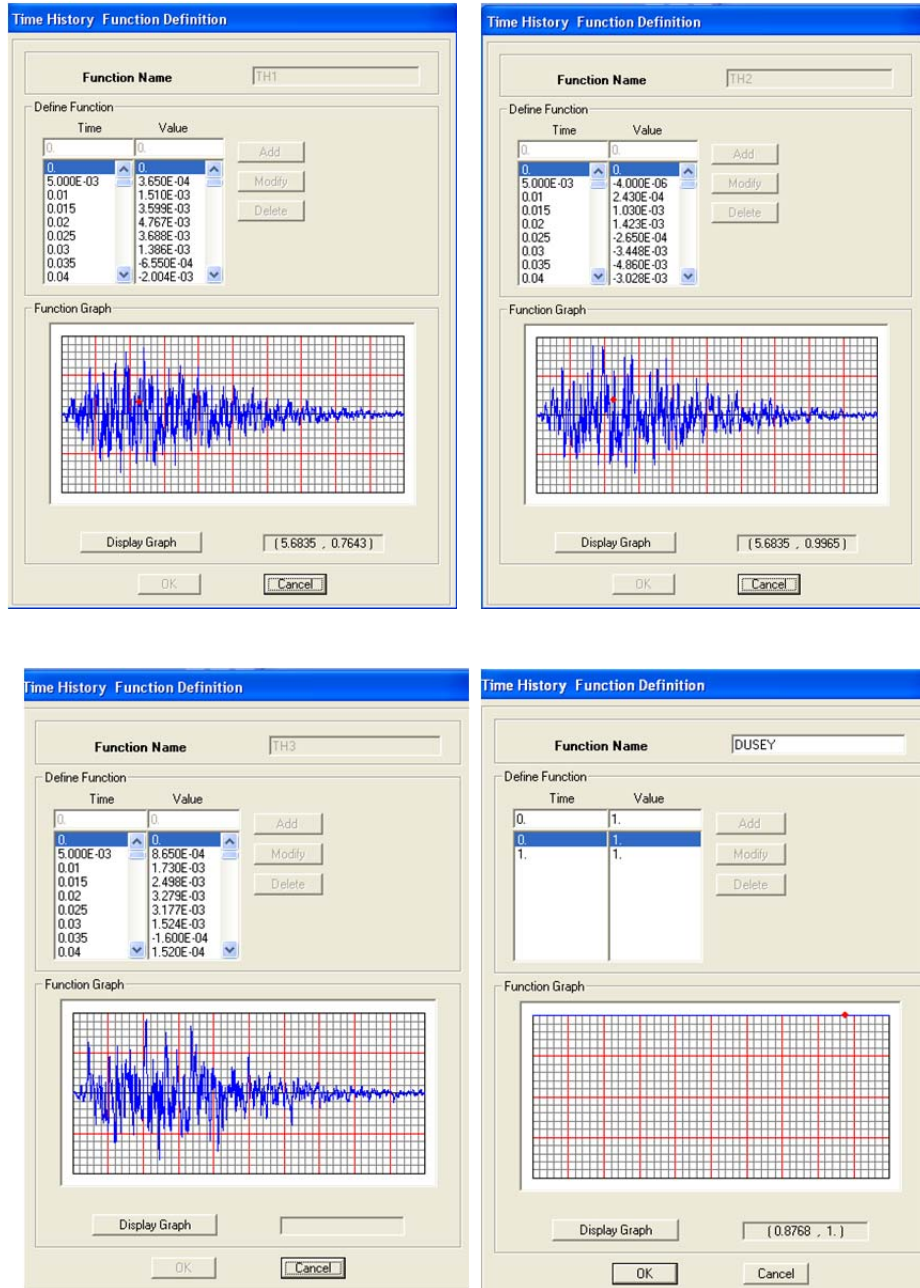
8.2 Zaman Tanım Alanında Çözüm İle Analiz

Yapı yüksekliği 20 m'den fazla olduğu için ve yapı kat sayısı 4'ten fazla olduğu için izolasyon sisteminin tasarımında zaman tanım alanında çözüm metodu (time history analysis) uygulanacaktır. Bu çalışmada 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi seviyesinin özelliklerini karşılayan ve en büyük ivme değerleri sırasıyla 0.437g, 0.459g ve 0.467g olan 25 saniye süreli 3 adet benzeştirilmiş ivme

kaydından faydalanılmıştır. Bu ivme kayıtlarına ilave olarak sisteme bir de düşey yük ivme fonksiyonu tanımlatılacaktır. Zaman tanım alanında çözüm için tanımlanan ivme fonksiyonları Şekil 8.3'te, bu fonksiyonların sisteme yük olarak tanıtılması ise Şekil 8.4'te özetlenmektedir.

Bu ivme kayıtları 0.005 saniyelik zaman artımları şeklinde yapıya etkitilecektir.

Define ➡ Time history functions ➡ Add new function from file seçeneği ile önceden tanımlanmış olan ivme kaydı text dosyası seçilir.



Şekil 8.3 : ETABSile kullanılan benzeştirilmiş deprem ivme fonksiyonları.

Time History Case Data

History Case Name: TH1U1

Options:

- Analysis Type: Nonlinear
- Modal Damping: Modify/Show...
- Number of Output Time Steps: 5000
- Output Time Step Size: 0.005
- Start from Previous History: DUSEY

Load Assignments:

Load	Function	Scale Factor	Arrival Time	Angle
acc dir 1	TH1	1.	0.	0.
acc dir 1	TH1	1	0.	0.

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Time History Case Data

History Case Name: TH1U2

Options:

- Analysis Type: Nonlinear
- Modal Damping: Modify/Show...
- Number of Output Time Steps: 5000
- Output Time Step Size: 0.005
- Start from Previous History: DUSEY

Load Assignments:

Load	Function	Scale Factor	Arrival Time	Angle
acc dir 2	TH1	1.	0.	0.
acc dir 2	TH1	1	0.	0.

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Time History Case Data

History Case Name: DUSEY

Options:

- Analysis Type: Nonlinear
- Modal Damping: Modify/Show...
- Number of Output Time Steps: 100
- Output Time Step Size: 0.1
- Start from Previous History:

Load Assignments:

Load	Function	Scale Factor	Arrival Time	Angle
G1	DUSEY	1.	0.	
G1	DUSEY	1.	0.	
G2	DUSEY	1.	0.	
Q	DUSEY	0.3	0.	

Buttons: Add, Modify, Delete, OK, Cancel

Şekil 8.4 : ETABS ile kullanılan ivme fonksiyonlarının yük olarak tanıtılması.

Burada “acc. dir. 1” ifadesi X- doğrultusunda yapılan deprem ivme yüklemesini, “acc. dir. 2” ifadesi ise Y- doğrultusunda yapılan deprem ivme yüklemesini tanımlamaktadır. Deprem yüklemesi 0.005 saniyelik zaman artırımlarının 5000 kez iterasyonu ile toplamda 25 saniyelik bir deprem süresini oluşturacak şekilde tanımlanmıştır. TH1U1, bir numaralı deprem ivme fonksiyonu kullanılarak X- doğrultusunda yapılan deprem ivme yülemesini, TH1U2 ise bir numaralı deprem ivme fonksiyonu kullanılarak Y- doğrultusunda yapılan deprem ivme yülemesini ifade etmektedir. Şekil 8.4 üzerinde yinelemeye yer vermemekle birlikte ikinci ve üçüncü ivme fonksiyonları için de TH2U1, TH2U2 ve TH3U1, TH3U2 yüklemeleri de modelde tanımlanmıştır.

Burada unutulmaması gereken husus; sistemin izolatörlü olarak tasarlanması aşamasında zaman tanım alanında tanımlanan tüm deprem yük birleşimlerinin I/R

katsayısı oranında büyütülmesi gerektiğidir. Burada I, bina önem katsayısı hastane yapısı için 1.5, R süneklik düzeyi katsayısı ise 2 alınırsa yük artırım katsayısı (scale factor) 0.75 olur. Burada yük artırım katsayısının 1 alınmasının sebebi yalıtımlı model ile yalıtımsız model arasındaki dinamik karşılaştırılmaların yapılmasını kolaylaştırmak içindir.

8.3 Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

8.3.1 Yapının birinci, ikinci ve üçüncü mod doğal titreşim periyotları

Yapının klasik yöntemle göre ve sismik izolatörlerle modellenmiş sistemlerin analizi sonucunda elde edilen birinci ve ikinci mod doğal titreşim periyotları Çizelge 8.3'te verilmiştir. Buna göre yapı sismik izolatörlü olarak tasarlandığında yapının doğal titreşim periyodu klasik yöntemle tasarıma kıyasla 3.5 kat mertebesinde artmaktadır.

Çizelge 8.3 : Yapı birinci,ikinci ve üçüncü mod doğal titreşim periyotları.

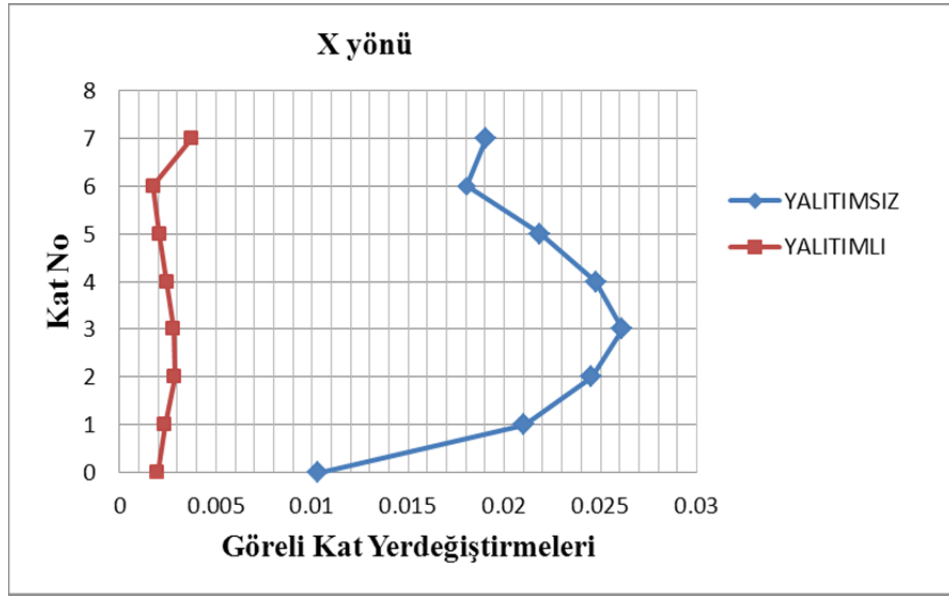
Klasik Yöntem Uygulanmış Durum			Sismik İzolatör Uygulanmış Durum		
Modlar	Periyot (saniye)	Doğrultu	Modlar	Periyot (saniye)	Doğrultu
1	0.555	Burulma	1	1.964	Burulma
2	0.534	Y	2	1.812	Y
3	0.532	X	3	1.69	X

8.3.2 Göreli kat yer değiştirmeleri

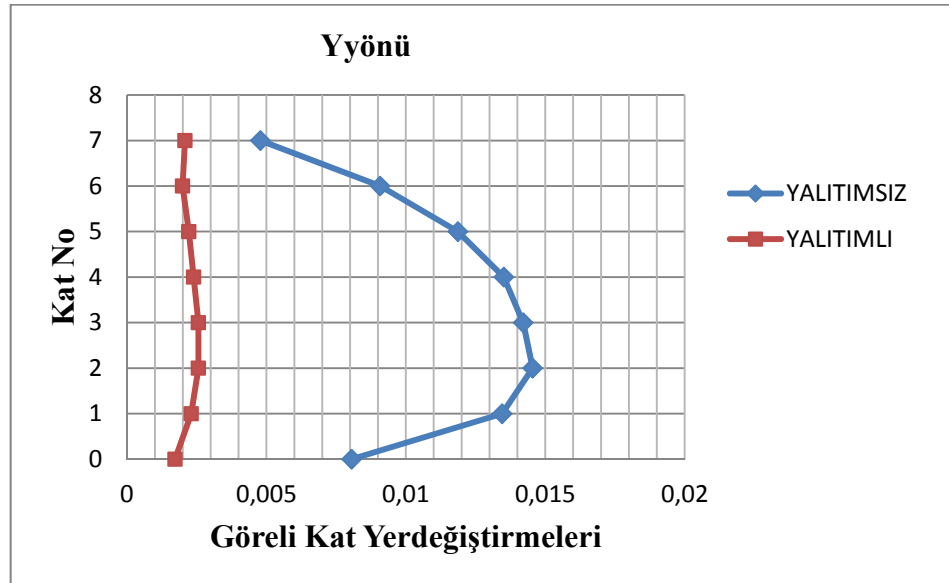
Yalıtımlı model ve yalıtımsız model için R=1 alınarak 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi seviyesindeki üç adet benzeştirilmiş ivme kaydı kullanılarak zaman tanım alanında lineer olmayan çözüm yapılmış ve bu ivme fonksiyonlarının yapı için en elverişsiz olanı ETABS programının zarf (envelope) yük birleştirmesi özelliği kullanılarak bulunmuştur. Zarf (envelope) yük birleştirmesi ile göreli kat yer değiştirmeleri kontrolü ETABS tarafından otomatik olarak

yapılabilmektedir. Bunun için zarf (envelope) yük birleştirmesinde seçilen herhangi bir nokta (point) üzerine gelinerek sağ tıklanır ve story drift sütunu okunur. Görelî kat yerdeğiştirmeleri ETABS'ın yapı analiz sonuç tabloları bölümünden de okunabilir.

şekil 8.5 ve şekil 8.6'dan da görüleceği üzere; sismik yalıtım uygulanan modellerde yapı her iki doğruğu için de hemen hemen bir rijit cisim gibi davranmış ve görelî kat ötelemeleri oranı birbirine çok yakın ve düşük seviyelerde çıkmıştır.



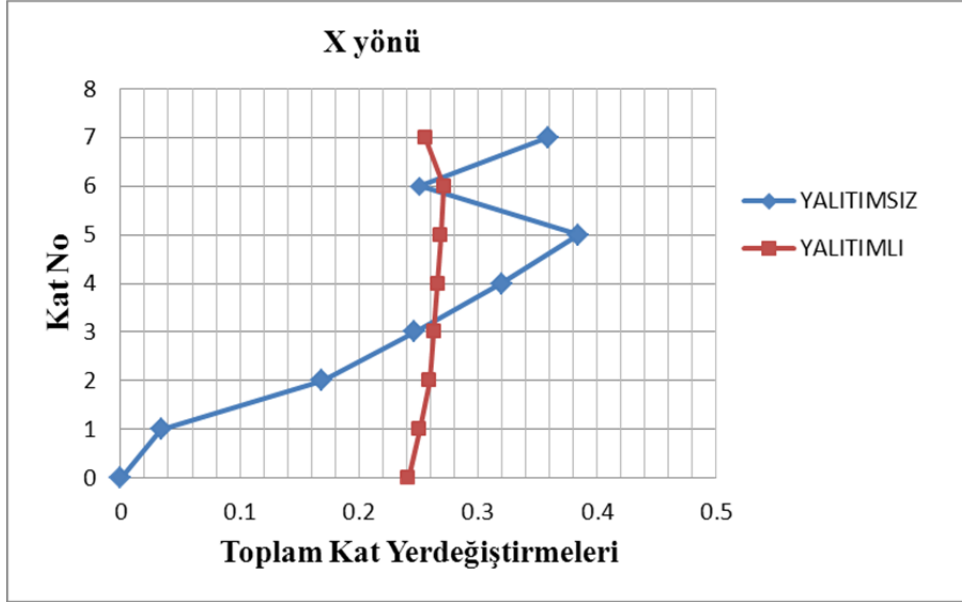
şekil 8.5 : Yalıtımlı ve yalıtımsız model X- görelî kat yerdeğiştirmeleri oranı.



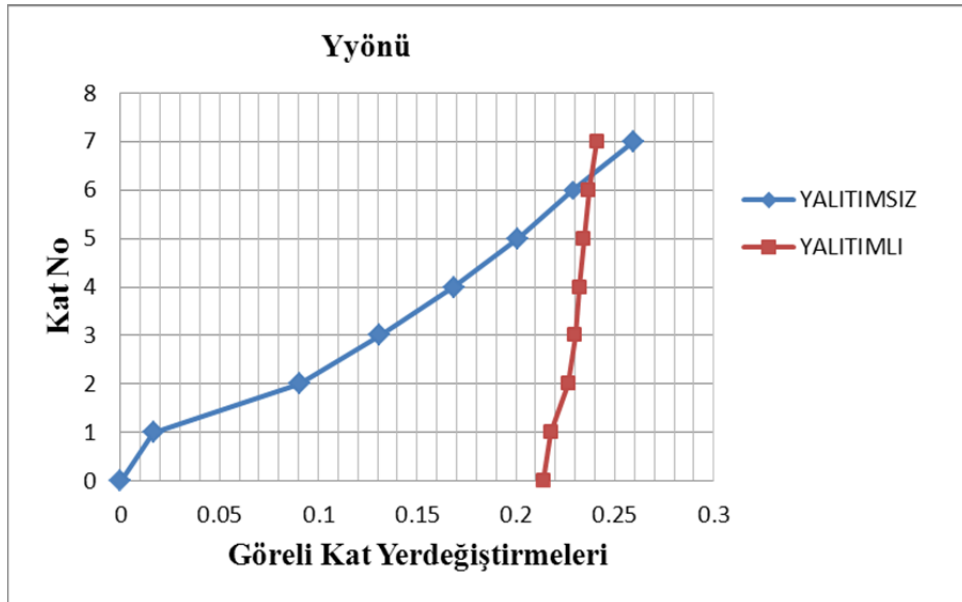
şekil 8.6 : Yalıtımlı ve yalıtımsız model Y- görelî kat yerdeğiştirmeleri oranı.

8.3.3 Toplam kat yer değiştirmeleri

şekil 8.7 ve şekil 8.8'den de görüleceği üzere yalıtımsız modele göre yalıtımlı modeldeki toplam kat yerdeğiştirmelerinin zemin kattan en st kata kadar homojen bir şekilde yayılarak ciddi bir şekilde arttığı görülmektedir.



şekil 8.7 : X- yalıtımlı ve yalıtımsız model toplam kat yerdeğiştirmeleri.

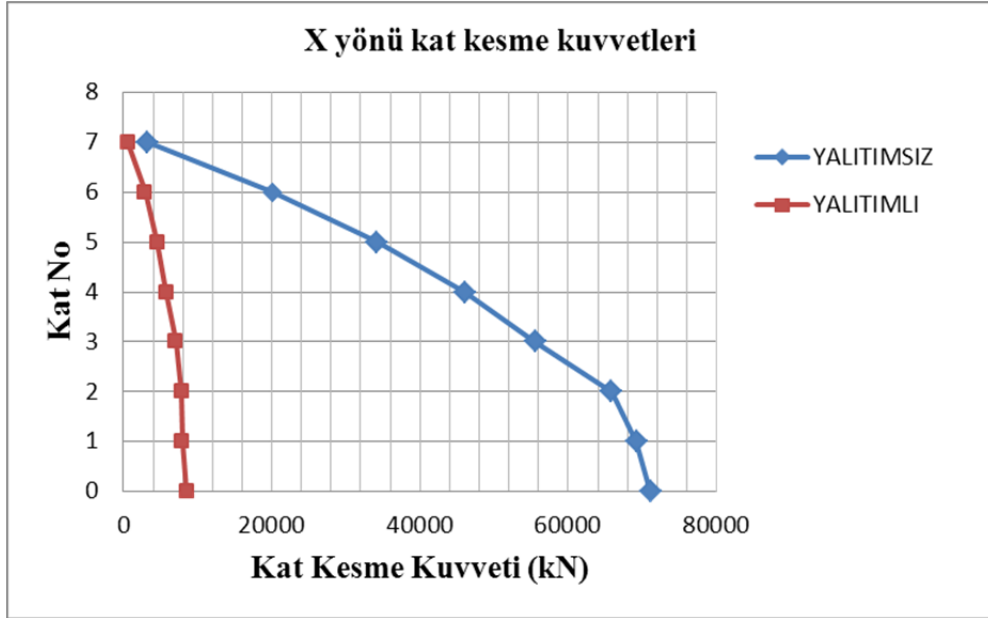


şekil 8.8 : Y- yalıtımlı ve yalıtımsız model toplam kat yerdeğiştirmeleri.

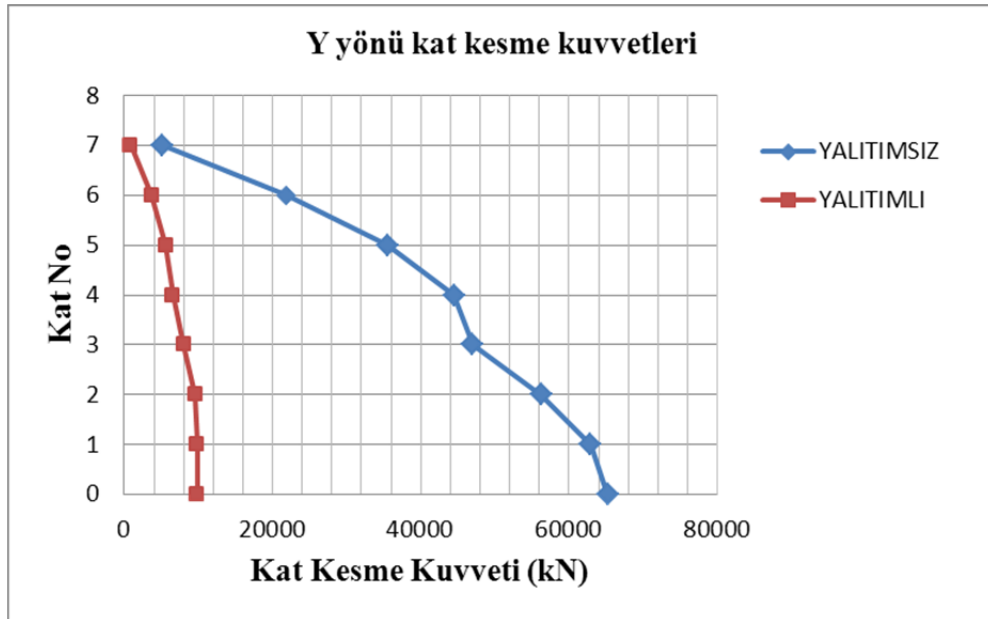
8.3.4 Deprem taban kesme kuvvetleri

şekil 8.9 ve şekil 8.10'dan görüleceği üzere yalıtımlı modeldeki taban kesme kuvveti değerlerinin yalıtımsız modeldeki taban kesme kuvveti değerlerinin 1/7'si mertebelerinde olduğu görülmektedir. Tasarım aşamasındaki en önemli

parametrelerden biri olan taban kesme kuvvetinin değerindeki bu azalım sismik izolatör uygulamanın avantajını çok belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır.



Şekil 8.9 : X- doğrultusu yalıtımlı ve yalıtımsız model kat kesme kuvvetleri.



Şekil 8.10 : Y- doğrultusu yalıtımlı ve yalıtımsız model kat kesme kuvvetleri.

Bunların dışında ayrıca EK C’de yalıtımlı ve yalıtımsız modelle ilgili olarak aşağıda belirtilen grafikler sunulmuştur.

- Yalıtımsız yapı 3 boyutlu ETABS modeli.

- Yalıtımlı yapı 3 boyutlu ETABS modeli.
- Yalıtımsız model ilk üç mod deformasyon şekilleri.
- Yalıtımlı model ilk üç mod deformasyon şekilleri.
- Yalıtımsız model TH1U1, TH2U1 ve TH3U1 yüklemeleri için X- doğrultusu taban kesme kuvveti.
- Yalıtımlı model TH1U2, TH2U2 ve TH3U2 yüklemeleri için Y- doğrultusu taban kesme kuvveti.
- TH1U1 yüklemesi için; yalıtımsız model, kat5, 1 nolu düğüm noktası (point1) ile zemin kat, 1 nolu düğüm noktası (point 1-1) X- doğrultusu yerdeğiştirmeleri.
- TH1U1 yüklemesi için; yalıtımlı model, kat5, 1 nolu düğüm noktası (point1) ile zemin kat, 1 nolu düğüm noktası (point 1-1) X- doğrultusu yerdeğiştirmeleri.

9. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, perdeli ve çerçeveli bir yapı taşıyıcı sistemine sahip 8 katlı bir betonarme hastane yapısının öncelikle klasik yöntemle (kapasite tasarımı ilkesi) göre tasarımı yapılmış; ardından ise klasik yöntemle göre tasarımı tamamlanmış olan yapının kesit ölçüleri baz alınmak kaydıyla mevcut yapı bir kez de kurşun çekirdekli kauçuklu izolatörler kullanılarak tasarlanmıştır. Böylelikle hem sismik yalıtım uygulanarak hem de sismik yalıtım uygulanmadan tasarlanan yapının zaman tanım alanında lineer olmayan analizleri baz alınarak dinamik karakteristiklerinin karşılaştırılmasının yapılması ve sismik yalıtıcıların karakteristik özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. Zaman tanım alanında lineer analizde kullanılmak üzere 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depremi seviyesindeki 25 saniye süreli 3 adet benzeştirilmiş ivme kaydından faydalanılmıştır. Ayrıca zaman tanım alanında lineer olmayan analiz yapılırken izolatör tasarımı için $R=2$, taban ankastreli çözüm için $R=7$ alındığında taban izolasyonlu çözüm için bulunan iç kuvvetler taban izolasyonsuz çözüm için bulunan iç kuvvetlerden daha büyük çıkmaktadır. Bunun sebebi R deprem yükü azaltma katsayısının taban izolasyonlu çözüm için taban izolasyonsuz çözüme göre çok daha küçük olmasıdır. Bu nedenle deprem yükü azaltma katsayısı $R=1$ alınarak karşılaştırılmanın kolaylaştırılması amaçlanmıştır.

- Sismik izolasyon uygulanmış modelde yapı periyodu ciddi bir oranda büyüyerek hem deprem taban kesme kuvvetinde ciddi bir azalma olmuş hem de zemin periyodundan uzaklaşarak rezonans riski çok büyük bir oranda engellenmiştir. Taban ankastreli çözüm için yapı periyodu 0.534 saniye iken taban izolasyonlu durum için yapı periyodu 1.812 saniyedir.
- Sismik izolasyon uygulanmış modelde katların rölatif ötelemeleri birbirlerine göre çok yakınken toplam kat yerdeğiştirmelerinde yalıtımsız yapıya oranla belirgin bir artış olmuştur.
- Sismik izolasyon uygulanmış modelde katların rölatif ivmelerinde azalma olduğu görülmüştür.

- Sismik izolatör tasarımı için $R=2$, taban ankastreli çözüm için ise $R=7$ alındığında izolasyonlu çözüm için bulunan iç kuvvetlerde izolasyonsuz çözüme kıyasla belirgin bir artış olmuştur.

KAYNAKÇA

- [1]**Tezcan, S. ve Cimilli, S., 2002.** Seismic Base Isolation. Yüksek Öğrenim ve Araştırma Vakfı, İstanbul
- [2]**Hoşbaş, A.B., 2006.** Çok katlı betonarme yapının sismik izolatörlerle modellenmesi ve yapının perdelerle güçlendirilmiş durumu ile karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3]**Güneş, N., 2011,** .Binaların Sismik Taban Yalıtımı, İnşaat Mühendisleri Odası Meslek İçi Eğitim Seminerleri.
- [4]**Erdik, M.,**Binalarda Deprem Yalıtımı ve Ülkemizdeki Uygulamalar
- [5]**Kelly, T., 2001.** Base Isolation Design Of Structures; Design Guidelines, Wellington, New Zealand.
- [6]**Milli Eğitim Bakanlığı, 2006,** Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, Ankara.
- [7]**Aldemir, Ü. ve Aydın, E., 2005.**Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yeni Yaklaşımlar, Türkiye Mühendislik Haberleri, sayı 435-2005/1.
- [8]**Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2004.** Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta, İstanbul.
- [9]**Yücesoy, A., 2005.** sismik izolatörler ile depreme dayanıklı yapı tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya
- [10]**Naeim, F. and Kelly, J.M., 1999.** Design of Sismic Izolated Structures. Director of Research and Development, Los Angeles, California.
- [11]**Avcı, Y., 2007.** Çerçevelerden oluşan bir okul binasının taban izolatörleri kullanılarak güçlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12]**Doğan, Ö., 2007.** Sismik taban izolasyon sistemleri ve uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, MKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Antakya.
- [13]**Celep, Z. ve Kumbasar, N., 2000.**ETABS Betonarme Çerçeve Boyutlama Klavuzu, CSI, Berkeley.

[14]t.y., ETABS Betonarme Çerçeve Boyutlama Klavuzu ACI 318-05/ IBC 2006, CSI, Berkeley.

EKLER

EK A: UBC 97’de yer alan isolator tasarımıyla ilgili çizelgeler.

EK B: Yalıtımsız model betonarme sonuçları.

EK C: Yalıtımlı ve yalıtımsız model analiz sonuçları.

Çizelge A.1 : Sismik Bölge Faktörü.

Bölge	1	2A	2B	3	4
Z	0,075	0,15	0,20	0,30	0,40

Çizelge A.2 : Zemin Profili Tipi.

Zemin Profili Tipi	Zemin Profili Tanımı	Zemin yüzeyinden 30,5 m içindeki tabakanın ortalama zemin özellikleri		
		Kayma Dalgası Hızı, $\bar{v}_s$ (m/s)	Standart Penetrasyon Test, N (Darbe/30cm)	Drenajsız Kesme Direnci, $\bar{s}_u$ (kPa)
S _A	Sert Kaya	>1500	-	-
S _B	Kaya	760–1500	-	-
S _C	Sıkı Toprak ve Yumuşak Kaya	360–760	>50	>100
S _D	Sert Toprak	180–360	15–50	50–100
S _E	Yumuşak Toprak	<180	<15	<50
S _F	Yerel zemin sınıfına bağlı değerlendirme gerektirir. Sıvılaşma tehlikesi bulunan zayıf zeminleri temsil eder.			

Çizelge A.3 : Sismik Kaynak Tipleri.

Sismik Kaynak Tipi	Sismik Kaynak Özellikleri	Sismik Kaynak Tanımı	
		Maksimum Moment Büyüklüğü (M)	Kayma Hızı, SR (mm/yıl)
A	Büyük depremler oluşturabilecek yüksek oranda sismik aktiviteye sahip fay hatları	$M \geq 7,0$	$SR \geq 5$
B	Tip A ve C'nin ışındaki tüm fay hatları	$M \geq 7,0$	$SR < 5$
		$M < 7,0$	$SR > 2$
		$M \geq 6,5$	$SR < 2$
C	Büyük depremler oluşturamayacak ve düşük oranda sismik aktiviteye sahip fay hatları	$M < 6,5$	$SR \leq 2$

Çizelge A.4 : Sismik Katsayı, C_a

Zemin Profili Tipi	Sismik Bölge Faktörü				
	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
S _F	S _F zemin profiline sahip bölgelerde C _a sismik katsayısı bölgenin geoteknik incelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir.				

Çizelge A.5 : Sismik Katsayı, C_v

Zemin Profili Tipi	Sismik Bölge Faktörü				
	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
S _F	S _F zemin profiline sahip bölgelerde C _v sismik katsayısı bölgenin geoteknik incelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir				

Çizelge A.6 : Beklenen maksimum depremde davranış katsayısı, M_M

Tasarım Deprem Sarsıntı Şiddeti Z N _v	M _M
0,075	2,67
0,15	2,0
0,20	1,75
0,30	1,50
0,40	1,25
≥0,50	1,20

Çizelge A.7 : Kaynak yakınlık faktörü, N_a .

Sismik Kaynak Tipi	Sismik kaynağa en yakın mesafe		
	≤ 2 km	5 km	> 10 km
A	1,5	1,2	1,0
B	1,3	1,0	1,0
C	1,0	1,0	1,0

Çizelge A.8 : Kaynak yakınlık faktörü, N_v .

Sismik Kaynak Tipi	Sismik kaynağa en yakın mesafe			
	≤ 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 A.9 : Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayı, C_{AM} .

Zemin Profil Tipi	Olabilecek Maksimum Deprem Sarsıntı Şiddeti $M_M Z N_a$				
	0,075	0,15	0,2	0,3	$\geq 0,4$
S_A	0,06	0,12	0,16	0,24	$0,8 M_M Z N_a$
S_B	0,08	0,15	0,20	0,30	$1,0 M_M Z N_a$
S_C	0,09	0,18	0,24	0,33	$1,0 M_M Z N_a$
S_D	0,12	0,22	0,28	0,36	$1,1 M_M Z N_a$
S_E	0,19	0,30	0,34	0,36	$0,9 M_M Z N_a$
S_F	S_F zemin profiline sahip bölgelerde C_{AM} katsayısı bölgenin geoteknik incelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir				

Çizelge A.10 : Sarsıntı şiddetine bağlı sismik katsayı, C_{VM} .

Zemin Profil Tipi	Olabilecek Maksimum Deprem Sarsıntı Şiddeti $M_M Z N_v$				
	0,075	0,15	0,2	0,3	$\geq 0,4$
S_A	0,06	0,12	0,16	0,24	$0,8 M_M Z N_v$
S_B	0,08	0,15	0,20	0,30	$1,0 M_M Z N_v$
S_C	0,13	0,25	0,32	0,45	$1,4 M_M Z N_v$
S_D	0,18	0,32	0,40	0,54	$1,6 M_M Z N_v$
S_E	0,26	0,50	0,64	0,84	$2,4 M_M Z N_v$
S_F	S_F zemin profiline sahip bölgelerde C_{VM} katsayısı bölgenin geoteknik incelenmesi ve dinamik tepki analizinin yapılması sonucu elde edilir				

Çizelge A.11 : Sönüm katsayıları, B_D , B_M .

Efektif Sönüm Oranı (β_D , β_M)	Sönüm Katsayıları (B_D , B_M)
≤ 2	0,8
5	1,0
10	1,2
20	1,5
30	1,7
40	1,9
≥ 50	2,0

Çizelge A.12 : Taşıyıcı sistem davranış katsayıları, R_t , R .

Taşıyıcı Sistem	R_t	R
Moment Aktaran Çerçeve	2	8,5
Perde Duvar	2	5,5
Merkezi Çaprazlı Çerçeve	1,6	5,6
Dışmerkez Çaprazlı Çerçeve	2	7

Çizelge B.1 : Yalıtımsız model birinci kat kiriş boyuna donatıları.

	Mesnet	Konum	M(kNm)	d(m)	bw(m)	K(10 ⁻⁶)	ks	kx	X(cm)	As(cm ²)	ETABS(cm ²)	Gereken(cm ²)	Seçilen
	i	Üst	-197.559	0.57	0.3	49.3372	2.94	0.18	10.26	10.19	10.371	10.371	3Ø18(7.64)+2Ø16(4.02)
K101 K103	Açıklık	Alt	128.427	0.57	0.3	75.8953	2.88	0.138	7.866	6.489	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
		Üst	-53.425	0.57	0.3	182.443	2.82	0.083	4.731	2.644	3.6	3.6	2Ø16(4.02)
		Alt	88.664	0.57	0.3	109.932	2.85	0.107	6.099	4.434	6.028	6.028	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-213.7	0.57	0.3	45.6107	2.95	0.187	10.66	11.06	11.27	11.27	3Ø20(9.425)+2Ø16(4.02)
		Alt	115.603	0.57	0.3	84.3144	2.88	0.13	7.41	5.841	7.915	7.915	3Ø20(9.425)
K102	i	Üst	-70.142	0.57	0.3	138.961	2.84	0.099	5.643	3.495	4.747	4.865	3Ø20(9.425)
		Alt	125.973	0.57	0.3	77.3737	2.88	0.138	7.866	6.365	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
		Üst	-103.757	0.57	0.3	93.9407	2.86	0.115	6.555	5.207	7.982	7.982	3Ø20(9.425)
	Açıklık	Alt	111.434	0.57	0.3	87.4688	2.86	0.115	6.555	5.592	7.621	7.621	3Ø20(9.425)
		Üst	-280.568	0.57	0.3	34.7403	3.05	0.23	13.11	15.013	15.088	15.088	3Ø20(9.425)+3Ø16(6.03)
		Alt	125.81	0.57	0.3	77.474	2.88	0.138	7.866	6.357	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
K104 K108	i	Üst	-231.956	0.57	0.4	56.0279	2.94	0.18	10.26	11.965	12.297	12.297	3Ø20(9.425)+2Ø16(4.02)
		Alt	121.887	0.57	0.4	106.623	2.85	0.107	6.099	6.095	8.354	8.354	3Ø20(9.425)
		Üst	-57.989	0.57	0.4	224.111	2.81	0.074	4.218	2.859	3.912	3.912	2Ø16(4.02)
	Açıklık	Alt	120.647	0.57	0.4	107.719	2.85	0.107	6.099	6.033	8.271	8.271	3Ø20(9.425)
		Üst	-219.449	0.57	0.4	59.2211	2.94	0.18	10.26	11.319	11.592	11.592	3Ø20(9.425)+2Ø16(4.02)
		Alt	109.725	0.57	0.4	118.442	2.85	0.107	6.099	5.487	7.501	7.501	3Ø20(9.425)
K105 K107	i	Üst	-271.105	0.57	0.4	47.9372	2.95	0.187	10.66	14.031	14.538	14.538	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
		Alt	290.927	0.57	0.4	44.671	2.95	0.187	10.66	15.057	15.694	15.694	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
		Üst	-131.48	0.57	0.4	98.8439	2.86	0.115	6.555	6.598	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
	Açıklık	Alt	143.338	0.57	0.4	90.6668	2.86	0.115	6.555	7.193	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
		Üst	-72.732	0.57	0.4	178.683	2.82	0.083	4.731	3.599	4.925	6.244	3Ø20(9.425)
		Alt	72.732	0.57	0.4	178.683	2.82	0.083	4.731	3.599	4.925	4.925	3Ø20(9.425)
K106	i	Üst	0	0.57	0.4	0	0	0	0	0	0	6.244	3Ø20(9.425)
		Alt	0	0.57	0.4	0	0	0	0	0	0	3.122	3Ø20(9.425)
		Üst	-0.757	0.57	0.4	17167.8	2.75	0.01	0.57	0.037	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
	Açıklık	Alt	13.557	0.57	0.4	958.62	2.78	0.038	2.166	0.662	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
		Üst	0	0.57	0.4	0	0	0	0	0	4.925	6.244	3Ø20(9.425)
		Alt	0	0.57	0.4	0	0	0	0	0	4.925	4.925	3Ø20(9.425)
K109 K113	i	Üst	-269.318	0.57	0.4	48.256	2.95	0.187	10.66	13.939	14.434	14.434	3Ø20(9.425)+2Ø18(5.09)
		Alt	126.03	0.57	0.4	103.119	2.85	0.107	6.099	6.302	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
		Üst	-67.329	0.57	0.4	193.023	2.82	0.083	4.731	3.332	4.553	4.553	2Ø18(5.09)
	Açıklık	Alt	123.621	0.57	0.4	105.128	2.78	0.038	2.166	6.03	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
		Üst	-246.942	0.57	0.4	52.628	2.94	0.18	10.26	12.738	4.925	6.244	2Ø18(5.09)+1Ø18(2.55)
		Alt	135.624	0.57	0.4	95.824	2.86	0.115	6.555	6.805	4.925	4.925	3Ø20(9.425)
K110 K112	i	Üst	-204.893	0.57	0.4	63.429	2.9	0.153	8.721	10.425	10.779	10.779	3Ø18(7.64)+2Ø16(2.011)
		Alt	176.53	0.57	0.4	73.62	2.88	0.138	7.866	8.92	9.214	9.214	3Ø18(7.64)+1Ø16(2.011)
		Üst	-88.87	0.57	0.4	146.237	2.84	0.099	5.643	4.428	5.995	5.995	3Ø18(7.64)
	Açıklık	Alt	89.175	0.57	0.4	145.736	2.84	0.099	5.643	4.444	6.106	6.244	3Ø18(7.64)
		Üst	-51.223	0.57	0.4	253.715	2.81	0.074	4.218	2.526	3.45	6.244	3Ø18(7.64)
		Alt	51.223	0.57	0.4	253.715	2.81	0.074	4.218	2.526	3.45	3.45	3Ø18(7.64)
K111	i	Üst	-40.888	0.57	0.4	317.844	2.8	0.065	3.705	2.009	2.747	6.244	2Ø18(5.09)+1Ø18(2.55)
		Alt	38.492	0.57	0.4	337.629	2.8	0.065	3.705	1.891	2.584	2.584	2Ø18(5.09)
		Üst	-10.994	0.57	0.4	1182.1	2.77	0.029	1.653	0.535	0.733	0.733	2Ø18(5.09)
	Açıklık	Alt	29.927	0.57	0.4	434.257	2.79	0.057	3.249	1.465	2.005	6.244	3Ø18(7.64)
		Üst	-43.976	0.57	0.4	295.525	2.8	0.065	3.705	2.161	2.957	6.244	2Ø18(5.09)+1Ø18(2.55)
		Alt	40.809	0.57	0.4	318.46	2.8	0.065	3.705	2.005	2.742	2.742	3Ø18(7.64)
K114 K118	i	Üst	-225.359	0.57	0.3	43.251	2.95	0.187	10.66	11.664	12.193	12.193	3Ø18(7.64)+2Ø18(5.09)
		Alt	166.834	0.57	0.3	58.424	2.9	0.153	8.721	8.489	8.82	8.82	3Ø20(9.425)
		Üst	-58.255	0.57	0.3	167.317	2.84	0.099	5.643	2.903	3.95	3.95	2Ø18(5.09)
	Açıklık	Alt	96.541	0.57	0.3	100.963	2.85	0.107	6.099	4.828	6.472	6.472	3Ø20(9.425)
		Üst	-218.505	0.57	0.3	44.608	2.95	0.187	10.66	11.309	11.789	11.789	3Ø18(7.64)+2Ø18(5.09)
		Alt	158.151	0.57	0.3	61.631	2.9	0.153	8.721	8.047	8.334	8.334	3Ø20(9.425)

Çizelge B.2 : Yalıtımsız model birinci kat kiriş boyuna donatıları devam.

	Mesnet	Konum	M(kNm)	d(m)	bw(m)	K(10 ⁻⁶)	ks	kx	X(cm)	As(cm ²)	ETABS(cm ²)	Gereken(cm ²)	Seçilen
K115 K117	i	Üst	-262.604	0.57	0.3	37.117	3.05	0.23	13.11	14.052	14.432	14.432	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
		Alt	258.296	0.57	0.3	37.736	3.05	0.23	13.11	13.822	14.169	14.169	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
	Açıklık	Üst	-124.409	0.57	0.3	78.347	2.88	0.138	7.866	6.286	6.474	6.474	3Ø20(9.425)
		Alt	125.125	0.57	0.3	77.899	2.88	0.138	7.866	6.323	6.513	6.513	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-263.015	0.57	0.3	37.059	3.05	0.23	13.11	14.074	14.457	14.457	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
		Alt	254.416	0.57	0.3	38.312	3.05	0.23	13.11	13.614	13.933	13.933	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
K116	i	Üst	-272.149	0.57	0.3	35.815	3.05	0.23	13.11	14.563	15.018	15.018	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
		Alt	265.342	0.57	0.3	36.734	3.05	0.23	13.11	14.199	14.599	14.599	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
	Açıklık	Üst	-92.034	0.57	0.3	105.907	2.85	0.107	6.099	4.602	6.313	6.313	3Ø20(9.425)
		Alt	95.133	0.57	0.3	102.457	2.85	0.107	6.099	4.757	6.472	6.472	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-271.033	0.57	0.3	35.963	3.05	0.23	13.11	14.503	14.949	14.949	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
		Alt	266.243	0.57	0.3	36.61	3.05	0.23	13.11	14.247	14.655	14.655	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
K119 K133	i	Üst	-200.173	0.57	0.3	48.693	2.95	0.187	10.66	10.36	10.721	10.721	3Ø18(7.64)+2Ø14(3.08)
		Alt	179.801	0.57	0.3	54.21	2.9	0.153	8.721	9.148	9.553	9.553	3Ø18(7.64)+1Ø14(1.54)
	Açıklık	Üst	-84.797	0.57	0.3	114.946	2.85	0.107	6.099	4.24	5.802	5.802	3Ø18(7.64)
		Alt	94.931	0.57	0.3	102.675	2.85	0.107	6.099	4.747	6.472	6.472	3Ø18(7.64)
	j	Üst	-193.183	0.57	0.3	50.455	2.95	0.187	10.66	9.999	10.318	10.318	3Ø18(7.64)+2Ø14(3.08)
		Alt	163.447	0.57	0.3	59.635	2.95	0.187	10.66	8.46	8.63	8.63	3Ø18(7.64)+1Ø14(1.54)
K120 K134	i	Üst	-183.86	0.57	0.3	53.014	2.9	0.153	8.721	9.355	9.784	9.784	3Ø20(9.425)+1Ø16(2.011)
		Alt	97.861	0.57	0.3	99.601	2.85	0.107	6.099	4.894	6.472	6.472	3Ø20(9.425)
	Açıklık	Üst	-57.032	0.57	0.3	170.905	2.84	0.099	5.643	2.842	3.865	3.865	2Ø18(5.09)
		Alt	83.209	0.57	0.3	117.139	2.85	0.107	6.099	4.161	5.69	5.69	3Ø18(7.64)
	j	Üst	-197.444	0.57	0.3	49.366	2.95	0.187	10.66	10.219	10.563	10.563	3Ø18(7.64)+2Ø14(3.08)
		Alt	94.567	0.57	0.3	103.07	2.85	0.107	6.099	4.729	6.472	6.472	3Ø20(9.425)
K121 K135	i	Üst	-142.839	0.57	0.3	68.238	2.9	0.153	8.721	7.268	10.346	10.346	3Ø18(7.64)+1Ø16(2.011)
		Alt	69.852	0.57	0.3	139.538	2.85	0.107	6.099	3.493	6.472	6.472	3Ø18(7.64)
	Açıklık	Üst	-36.059	0.57	0.3	270.307	2.84	0.099	5.643	1.797	3.304	3.304	2Ø18(5.09)
		Alt	63.633	0.57	0.3	153.176	2.85	0.107	6.099	3.182	5.909	5.909	3Ø18(7.64)
	j	Üst	-144.236	0.57	0.3	67.577	2.95	0.187	10.66	7.465	10.454	10.454	3Ø18(7.64)+1Ø16(2.011)
		Alt	77.704	0.57	0.3	125.438	2.85	0.107	6.099	3.886	6.472	6.472	3Ø18(7.64)
K122 K130	i	Üst	-233.809	0.57	0.4	55.584	2.9	0.153	8.721	11.896	12.401	12.401	3Ø20(9.425)+2Ø16(4.02)
		Alt	196.801	0.57	0.4	66.037	2.95	0.187	10.66	10.186	10.329	10.329	3Ø20(9.425)+1Ø16(2.011)
	Açıklık	Üst	-102.77	0.57	0.4	126.458	2.85	0.107	6.099	5.139	7.013	7.013	3Ø20(9.425)
		Alt	113.362	0.57	0.4	114.642	2.85	0.107	6.099	5.669	7.757	7.757	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-211.194	0.57	0.4	61.536	2.95	0.187	10.66	10.931	11.13	11.13	3Ø20(9.425)+1Ø16(2.011)
		Alt	174.74	0.57	0.4	74.374	2.88	0.138	7.866	8.829	9.116	9.116	3Ø20(9.425)
K123 K131	i	Üst	-212.321	0.57	0.4	61.21	2.95	0.187	10.66	10.989	11.193	11.193	3Ø18(7.64)+2Ø18(5.09)
		Alt	106.16	0.57	0.4	122.419	2.85	0.107	6.099	5.308	7.251	7.251	3Ø20(9.425)
	Açıklık	Üst	-64.861	0.57	0.4	200.367	2.82	0.083	4.731	3.209	4.383	4.383	2Ø18(5.09)
		Alt	124.858	0.57	0.4	104.087	2.85	0.107	6.099	6.243	8.569	8.569	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-259.442	0.57	0.4	50.093	2.9	0.153	8.721	13.2	13.864	13.864	3Ø20(9.425)+2Ø18(5.09)
		Alt	129.721	0.57	0.4	100.185	2.85	0.107	6.099	6.487	8.629	8.629	3Ø20(9.425)

Çizelge B.3 : Yalıtımsız model birinci kat kiriş boyuna donatıları devam.

	Mesnet	Konum	M(kNm)	d(m)	bw(m)	K(10 ⁻⁶)	ks	kx	X(cm)	As(cm ²)	ETABS(cm ²)	Gereken(cm ²)	Seçilen
K124 K132	i	Üst	-234.288	0.57	0.4	55.471	2.9	0.153	8.721	11.92	12.429	12.429	3Ø20(9.425)+2Ø18(5.09)
		Alt	117.144	0.57	0.4	110.941	2.85	0.107	6.099	5.858	8.024	8.024	3Ø20(9.425)
	Açıklık	Üst	-62.243	0.57	0.4	208.795	2.82	0.083	4.731	3.08	4.204	4.204	2Ø18(5.09)
		Alt	118.93	0.57	0.4	109.275	2.85	0.107	6.099	5.947	8.15	8.15	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-248.974	0.57	0.4	52.199	2.9	0.153	8.721	12.668	13.264	13.264	3Ø20(9.425)+2Ø18(5.09)
		Alt	124.487	0.57	0.4	104.397	2.85	0.107	6.099	6.225	8.543	8.543	3Ø20(9.425)
	Mesnet	Konum	M(kNm)	d(m)	bw(m)	K(10 ⁻⁶)	ks	kx	X(cm)	As(cm ²)	ETABS(cm ²)	Gereken(cm ²)	Seçilen
K125 K128	i	Üst	-333.821	0.57	0.4	38.932	3.05	0.23	13.11	17.863	18.25	18.25	3Ø20(9.425)+3Ø20(9.425)
		Alt	331.627	0.57	0.4	39.189	3.05	0.23	13.11	17.745	18.117	18.117	3Ø20(9.425)+3Ø20(9.425)
	Açıklık	Üst	-143.663	0.57	0.4	90.462	2.86	0.115	6.555	7.209	8.629	8.629	3Ø20(9.425)
		Alt	171.284	0.57	0.4	75.874	2.88	0.138	7.866	8.655	8.927	8.927	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-278.237	0.57	0.4	46.709	2.95	0.187	10.66	14.4	14.952	14.952	3Ø20(9.425)+2Ø20(6.284)
		Alt	242.169	0.57	0.4	53.666	2.9	0.153	8.721	12.321	12.876	12.876	3Ø20(9.425)+2Ø16(4.02)
	Mesnet	Konum	M(kNm)	d(m)	bw(m)	K(10 ⁻⁶)	ks	kx	X(cm)	As(cm ²)	ETABS(cm ²)	Gereken(cm ²)	Seçilen
K126 K129	i	Üst	-225.936	0.52	0.5	59.84	2.95	0.187	10.66	11.694	13.099	13.099	3Ø20(9.425)+2Ø18(5.09)
		Alt	112.968	0.52	0.5	119.68	2.85	0.107	6.099	5.649	8.478	8.478	3Ø20(9.425)
	Açıklık	Üst	-56.484	0.52	0.5	239.36	2.81	0.074	4.218	2.785	4.181	4.181	2Ø18(5.09)
		Alt	83.455	0.52	0.5	162.004	2.84	0.099	5.643	4.159	6.216	6.216	3Ø20(9.425)
	j	Üst	-138.073	0.52	0.5	97.92	2.85	0.107	6.099	6.904	9.824	9.824	2Ø18(5.09)+2Ø18(5.09)
		Alt	61.758	0.52	0.5	218.92	2.82	0.083	4.731	3.056	4.517	4.912	3Ø20(9.425)
	Mesnet	Konum	M(kNm)	d(m)	bw(m)	K(10 ⁻⁶)	ks	kx	X(cm)	As(cm ²)	ETABS(cm ²)	Gereken(cm ²)	Seçilen
K127	i	Üst	-245.477	0.57	0.4	52.942	2.9	0.153	8.721	12.49	13.393	13.393	3Ø18(7.64)+2Ø20(6.284)
		Alt	101.058	0.57	0.4	128.6	2.85	0.107	6.099	5.053	6.472	6.6965	3Ø18(7.64)
	Açıklık	Üst	-90.464	0.57	0.4	143.66	2.85	0.107	6.099	4.524	6.202	6.202	3Ø18(7.64)
		Alt	61.369	0.57	0.4	211.769	2.82	0.083	4.731	3.037	4.165	6.244	3Ø18(7.64)
	j	Üst	-61.369	0.57	0.4	211.769	2.82	0.083	4.731	3.037	4.165	6.244	3Ø18(7.64)
		Alt	61.369	0.57	0.4	211.769	2.82	0.083	4.731	3.037	4.165	4.165	3Ø18(7.64)

Çizelge B.4 : Yalıtımsız model birinci kat kiriş kayma donatıları.

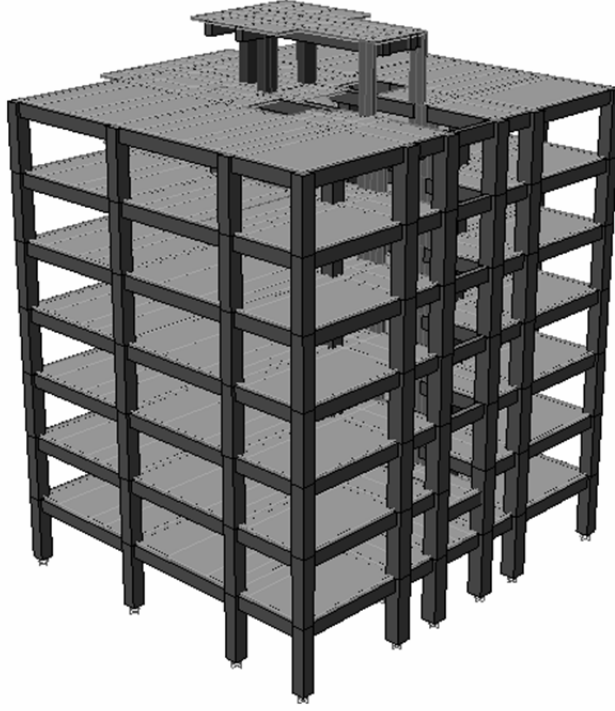
Kiriş	Kesit	V _{dy} (kN)	M _{pi alt} (kNm) ve M _{pj alt} (kNm)	M _{pi üst} (kNm) ve M _{pj üst} (kNm)	l _n (m)	(M _{pi alt} +M _{pj üst})/ l _n	V _e (kN)	V _d ^E (kN)	V _c (kN)	A _{sw/s} sarılma bölgesi (mm ² /mm)	A _{sw/s} orta bölge (mm ² /mm)	A _{sw/s} sarılma bölgesi ETABS (mm ² /mm)	A _{sw/s} orta bölge ETABS (mm ² /mm)	Sarılma Bölgesi Seçilen Donatı	Orta Bölge Seçilen Donatı
K101,K103	MESNET i	63	260.074	321.664	5.05	113.9879208	176.99	129	0	0.851		0.775		Φ10/150	
	AÇIKLIK				5.05		102.2		111.2		0.309		0.666		Φ10/200
	MESNET j	67	260.074	315.565	5.05	115.1956436	182.2	134	0	0.876		0.796		Φ10/150	
K102	MESNET i	138	241.89	260.074	3.130	213.5498403	351.55	194	0	1.69		0.89		Φ12/100	
	AÇIKLIK				3.130		136.5		111.2		0.309		0.739		Φ10/200
	MESNET j	16	241.89	426.521	3.130	160.371885	176.37	20	0	0.848		0.594		Φ10/150	
K104,K108	MESNET i	102	260.074	371.057	5	116.3476	218.35	171	0	1.05		0.781		Φ10/100	
	AÇIKLIK				5		126.2		148.2		0.411		0.642		Φ10/200
	MESNET j	97	260.074	321.664	5	126.2262	223.23	169	0	1.073		0.77		Φ10/100	
K105,K107	MESNET i	17	433.475	433.475	1.45	478.3096552	495.31	199	0	148.2		0.963		Φ12/90	
	AÇIKLIK				1.45		168.6		148.2		0.411		0.934		Φ10/150
	MESNET j	20	260.074	260.074	1.45	478.3096552	498.31	172	0	2.396		0.976		Φ12/90	
K106	MESNET i	13	260.074	260.074	1.4	371.5342857	384.53	18	0	1.849		0.025		Φ12/100	
	AÇIKLIK				1.4		16.3		148.2		0.411		0.025		Φ10/200
	MESNET j	13	260.074	260.074	1.4	371.5342857	384.53	19	0	1.849		0.025		Φ12/100	
K109,K113	MESNET i	93	260.074	400.527	5	94.151	187.15	180	0	0.9		0.989		Φ10/150	
	AÇIKLIK				5		137.9		148.2		0.411		0.793		Φ10/200
	MESNET j	87	260.074	210.681	5	132.1202	219.12	171	0	1.054		0.962		Φ10/100	
K110,K112	MESNET i	32	266.172	321.664	1.75	272.4874286	304.49	161	0	1.464		0.9		Φ10/100	
	AÇIKLIK				1.75		124.9		148.2		0.411		0.829		Φ10/200
	MESNET j	12	210.681	210.681	1.75	304.1971429	316.2	114	0	1.52		0.801		Φ10/100	
K111	MESNET i	19	140.454	210.681	2.6	135.0519231	154.05	46	0	0.741		0.31		Φ10/200	
	AÇIKLIK				2.6		43		148.2		0.411		0.258		Φ10/200
	MESNET j	19	210.681	210.681	2.6	162.0623077	181.06	46	0	0.871		0.311		Φ10/150	
K114,K118	MESNET i	47	260.074	351.134	5	122.2416	169.24	128	0	0.814		0.721		Φ10/150	
	AÇIKLIK				5		107.4		111.2		0.309		0.61		Φ10/200
	MESNET j	49	260.074	351.134	5	122.2416	171.24	132	0	0.824		0.719		Φ10/150	
K115,K117	MESNET i	12	216.738	433.475	1.4	464.4378571	476.44	326	0	2.291		2.068		Φ12/90	
	AÇIKLIK				1.4		309.5		111.2		0.309		2.061		Φ10/100
	MESNET j	16	216.738	433.475	1.4	464.4378571	480.44	336	0	2.31		2.084		Φ12/90	

Çizelge B.5 : Yalıtımsız model birinci kat giriş kayma donatıları.

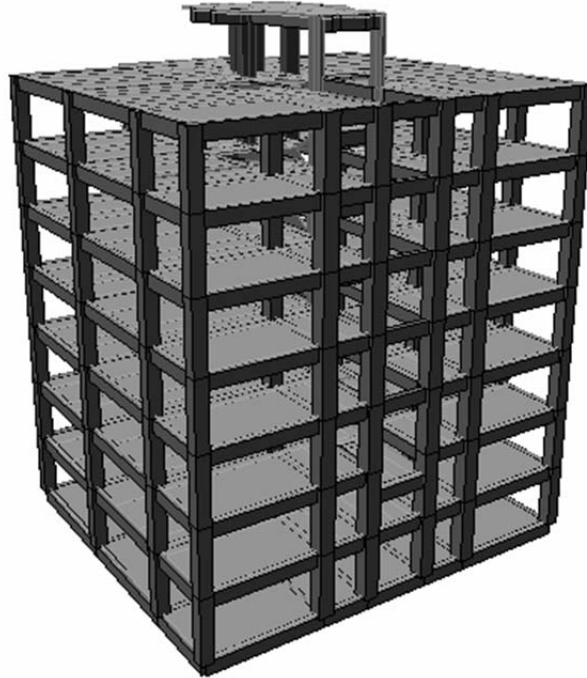
KİRİŞ	Kesit	V _{dy} (kN)	M _{pi alt} (kNm) ve M _{pi alt} (kNm)	M _{pi üst} (kNm) ve M _{pi üst} (kNm)	I _n (m)	(M _{pi alt} +M _{pi üst})/ I _n	V _c (kN)	V _d ^E (kN)	V _c (kN)	A _{sw} /s bölgesi (mm ² /mm)	A _{sw} /s orta bölge (mm ² /mm)	A _{sw} /s sarımla bölgesi ETABS (mm ² /mm)	A _{sw} /s orta bölge ETABS (mm ² /mm)	Sarımla Bölgesi Seçilen Donatı	Orta Bölge Seçilen Donatı
K116	MESNET i	11	433.475	433.475	2.1	412.8333333	423.83	244	0	2.038		1.499		Φ12/100	
	AÇIKLIK				2.1		231.6		111.2		0.309		1.467		Φ10/100
K119,K133	MESNET j	10	433.475	433.475	2.1	412.8333333	422.83	244	0	2.033		1.493		Φ12/100	
	MESNET i	30	253.175	295.643	3.15	174.2279365	204.23	148	0	0.982		0.874		Φ10/150	
K120,K134	AÇIKLIK				3.15		127.4		111.2		0.309		0.802		Φ10/200
	MESNET j	31	253.175	295.643	3.15	174.2279365	205.23	149	0	0.987		0.879		Φ10/150	
K121,K135	MESNET i	60	302.569	315.565	5.3	112.8701887	172.87	111	0	0.831		0.639		Φ10/150	
	AÇIKLIK				5.3		93.9		111.2		0.309		0.536		Φ10/200
K122,K130	MESNET j	61	260.074	295.643	5.3	108.6111321	169.61	112	0	0.816		0.648		Φ10/150	
	MESNET i	62	253.175	266.172	5.55	93.57603604	155.58	114	0	0.748		0.647		Φ10/200	
K123,K131	AÇIKLIK				5.55		96.8		111.2		0.309		0.543		Φ10/200
	MESNET j	63	210.681	266.172	5.55	85.91945946	148.92	113	0	0.716		0.649		Φ10/200	
K124,K132	MESNET i	48	315.565	371.057	3.05	206.9278689	254.93	179	0	1.226		1.044		Φ10/100	
	AÇIKLIK				3.05		153		148		0.411		0.937		Φ10/200
K125,K128	MESNET j	44	260.074	315.565	3.05	206.9281967	250.93	172	0	1.207		1.026		Φ10/100	
	MESNET i	92	260.074	351.134	5.3	124.6416981	216.64	140	0	1.042		0.709		Φ10/150	
K126,K129	AÇIKLIK				5.3		116.8		148		0.411		0.591		Φ10/200
	MESNET j	99	260.074	400.527	5.3	115.3222642	214.32	164	0	1.031		0.731		Φ10/150	
K127	MESNET i	92	260.074	351.134	5.4	122.3335185	214.33	149	0	1.031		0.723		Φ10/150	
	AÇIKLIK				5.4		119.4		148		0.411		0.619		Φ10/200
K128,K132	MESNET j	99	260.074	400.527	5.4	113.1866667	212.19	170	0	1.02		0.743		Φ10/150	
	MESNET i	22	520.147	520.147	2.43	392.437037	414.44	255	0	1.993		0.887		Φ12/100	
K129,K133	AÇIKLIK				2.43		216.8		148		0.411		0.799		Φ10/150
	MESNET j	42	371.057	433.475	2.43	366.7506173	408.75	257	0	1.965		0.792		Φ12/100	
K130,K134	MESNET i	79	235.993	363.442	5	96.63208661	175.63	167	0	0.845				Φ10/150	
	AÇIKLIK				5		130.4		148		0.411				Φ10/200
K131,K135	MESNET j	67	235.993	254.898	5	117.9990157	185	108	0	0.89				Φ10/150	
	MESNET i	77	210.681	384.081	3.65	115.4416438	192.44	122	0	0.925		0.792		Φ10/150	
K132,K136	AÇIKLIK				3.65		104.7		148		0.411		0.695		Φ10/200
	MESNET j	24	210.681	210.681	3.65	162.9484932	186.95	47	0	0.899		0.532		Φ10/150	

Çizelge B.6 : Yalıtımsız model birinci kat kolon boyuna donatıları.

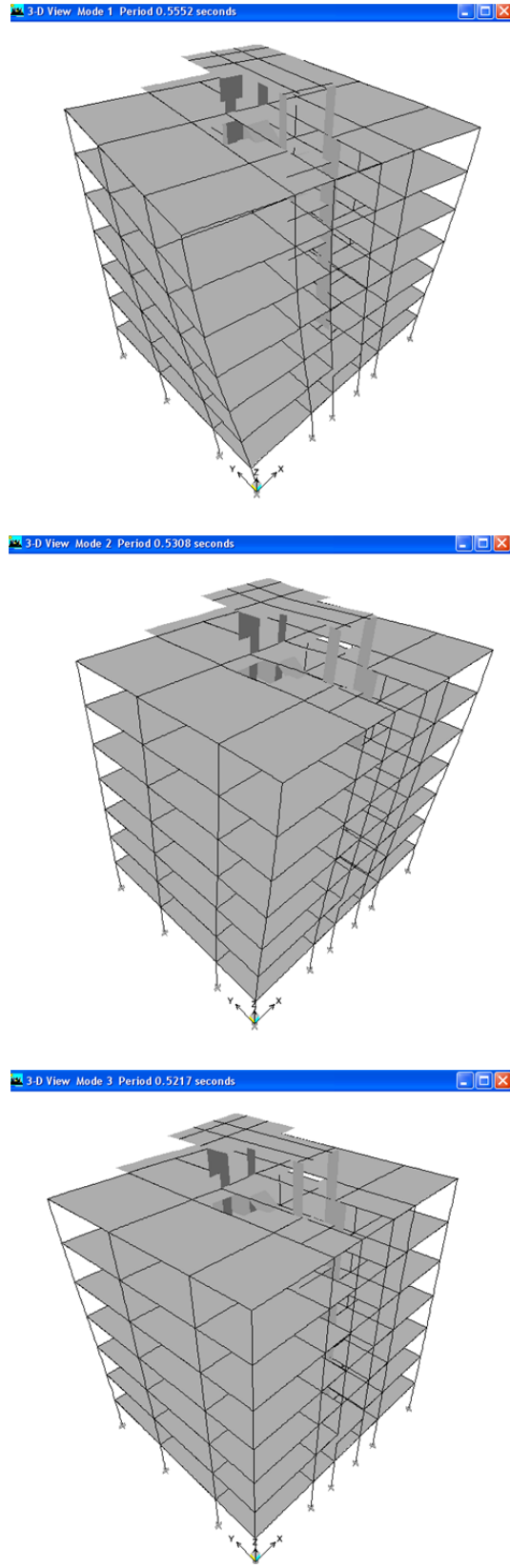
Kolon No	b(m)	h(m)	f_{ck} (kN/m ²)	f_{cd} (kN/m ²)	A_c (m ²)	$0.1 \times A_c \times f_{ck}$ (kN)	N(kN)	M_x (kNm)	M_y (kNm)	Eleman Davranışı	Kombinasyon	n	m_x	m_y	w	A_s (cm ²)	Etabs A_s (cm ²)	A_{smin} (cm ²)	Seçilen(cm ²)
S101	0.55	0.55	30000	20000	0.3025	-907.5	-651.30	-65.45	-130.37	Kiriş Davranışı	Combo65	0.1077	0.039	6E-05	-	30.25	30.25	30.25	8Ø22(30.42)
S102	0.65	0.65	30000	20000	0.4225	-1267.5	-862.34	-112.02	-243.91	Kiriş Davranışı	Combo65	0.1021	0.044	3E-05	-	42.25	42.25	42.25	12Ø22(45.62)
S103	0.65	0.65	30000	20000	0.4225	-1267.5	-985.671	-104.31	-233.69	Kiriş Davranışı	Combo65	0.1166	0.043	4E-05	-	42.25	42.25	42.25	12Ø22(45.62)
S104	0.55	0.55	30000	20000	0.3025	-907.5	-306.78	-47.773	-115.14	Kiriş Davranışı	Combo65	0.0507	0.035	3E-05	-	30.25	30.25	30.25	8Ø22(30.42)
S105	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	-1497.16	-84.23	-213.05	Kolon Davranışı	Combo65	0.2079	0.049	9E-05	okunamıyor	36	36	36	8Ø24(36.2)
S106	0.65	0.65	30000	20000	0.4225	-1267.5	-2156.23	-105.39	-278.63	Kolon Davranışı	Combo65	0.2552	0.051	8E-05	okunamıyor	42.25	42.25	42.25	12Ø22(45.62)
S107	0.65	0.65	30000	20000	0.4225	-1267.5	-1437.65	-113.36	-267.37	Kolon Davranışı	Combo65	0.1701	0.049	5E-05	okunamıyor	42.25	42.25	42.25	12Ø22(45.62)
S108	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	-1106.05	-53.60	-189.26	Kolon Davranışı	Combo65	0.1536	0.044	6E-05	okunamıyor	36	36	36	8Ø24(36.2)
S109	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	-827.43	-74.39	-228.89	Kiriş Davranışı	Combo65	0.1149	0.053	5E-05	-	36	36	36	8Ø24(36.2)
S110	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	-889.52	-59.96	-234.77	Kiriş Davranışı	Combo65	0.1235	0.054	5E-05	-	36	36	36	8Ø24(36.2)
S111	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	-639.73	-81.62	-222.54	Kiriş Davranışı	Combo65	0.0889	0.052	4E-05	-	36	36	36	8Ø24(36.2)
S112	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	-605.25	-204.02	-48.26	Kiriş Davranışı	Combo65	0.0841	0.047	4E-05	-	36	36	36	8Ø24(36.2)
S113	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	25.62	333.15	-69.63	Kiriş Davranışı	Combo42	0.0036	0.077	1E-05	-	37,789	42.876	36	12Ø22(45.62)
S114	0.7	0.7	30000	20000	0.49	-1470	651.69	665.19	23.62	Kiriş Davranışı	Combo42	0.0665	0.097	2E-05	-	82.64	85.603	49	16Ø26(84.95)
S115	0.75	0.75	30000	20000	0.5625	-1687.5	23.28	-834.59	188.19	Kiriş Davranışı	Combo48	0.0021	0.099	1E-05	-	80,405	85.3875	56.25	16Ø26(84.95)
S116	0.75	0.75	30000	20000	0.5625	-1687.5	24.57	835.78	186.32	Kiriş Davranışı	Combo42	0.0022	0.099	1E-05	-	80,405	85.44375	56.25	16Ø26(84.95)
S117	0.7	0.7	30000	20000	0.49	-1470	653.18	-665.24	23.67	Kiriş Davranışı	Combo48	0.0667	0.097	2E-05	-	82.64	85.652	49	16Ø26(84.95)
S118	0.6	0.6	30000	20000	0.36	-1080	26.20	-333.15	-68.31	Kiriş Davranışı	Combo48	0.0036	0.077	1E-05	-	37,789	43.272	36	12Ø22(45.62)



Şekil C.1 : Yalıtımsız yapı 3 boyutlu ETABS modeli.

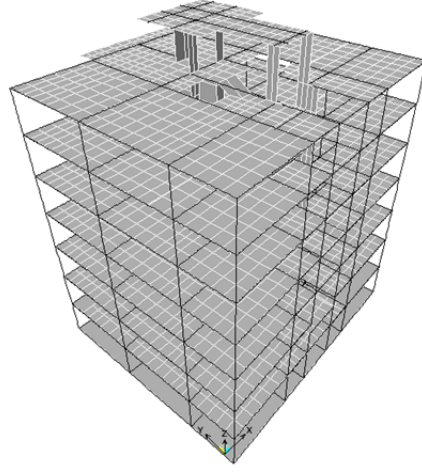


Şekil C.2 : Yalıtımlı yapı 3 boyutlu ETABS modeli.

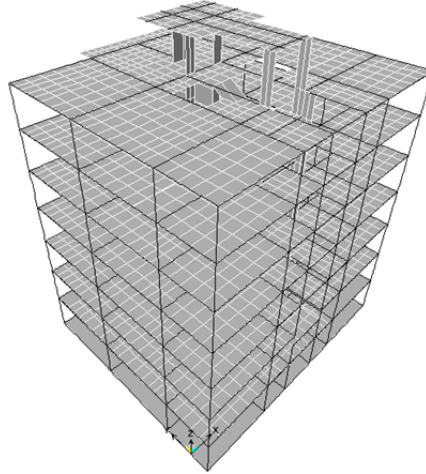


Şekil C.3 : Yalıtımsız yapı ilk üç mod doğal titreşim periyotları.

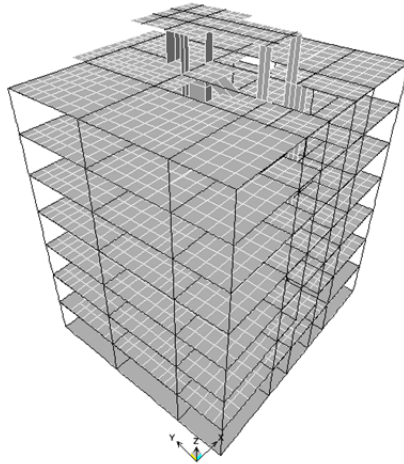
3-D View Mode 1 Period 1.9640 seconds



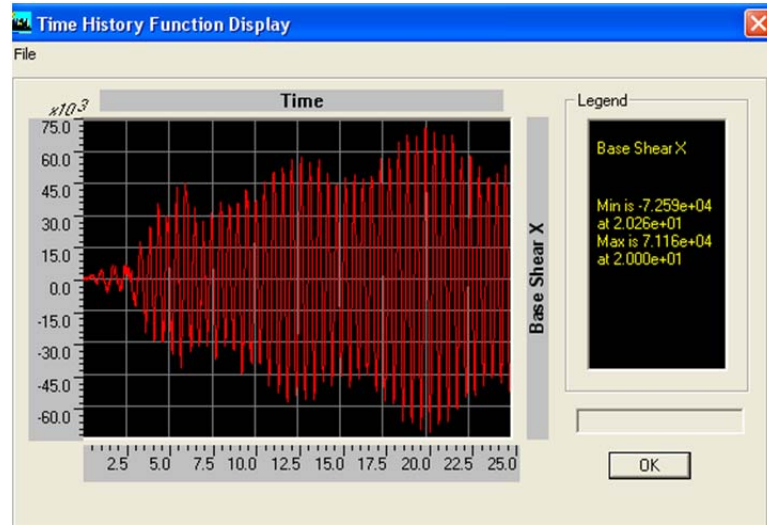
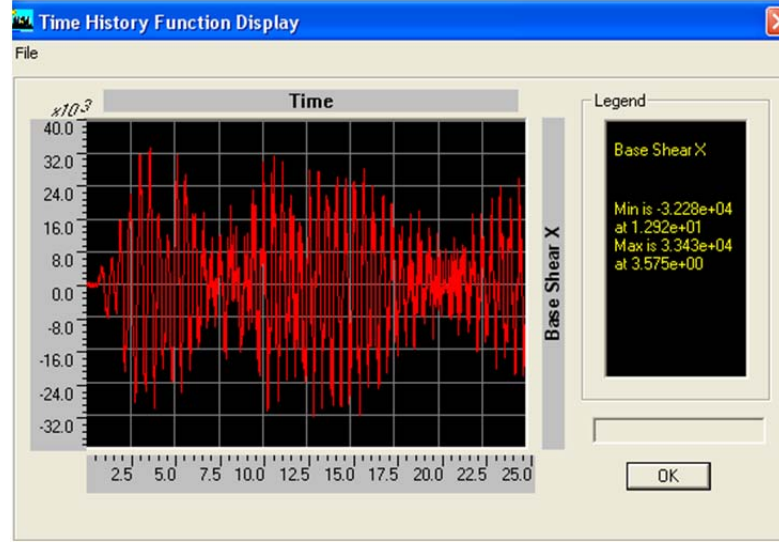
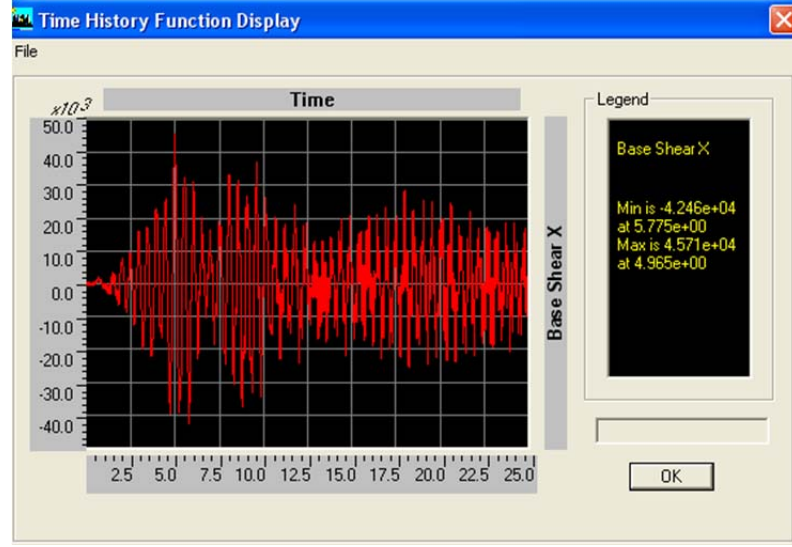
3-D View Mode 2 Period 1.8120 seconds



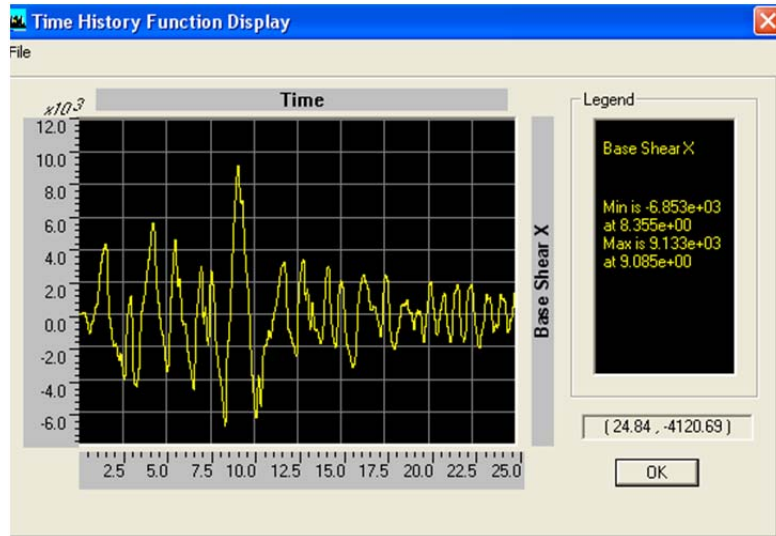
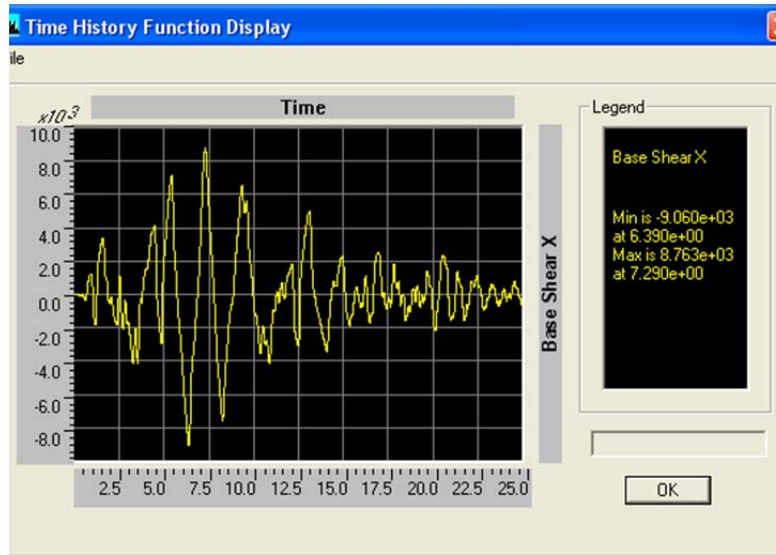
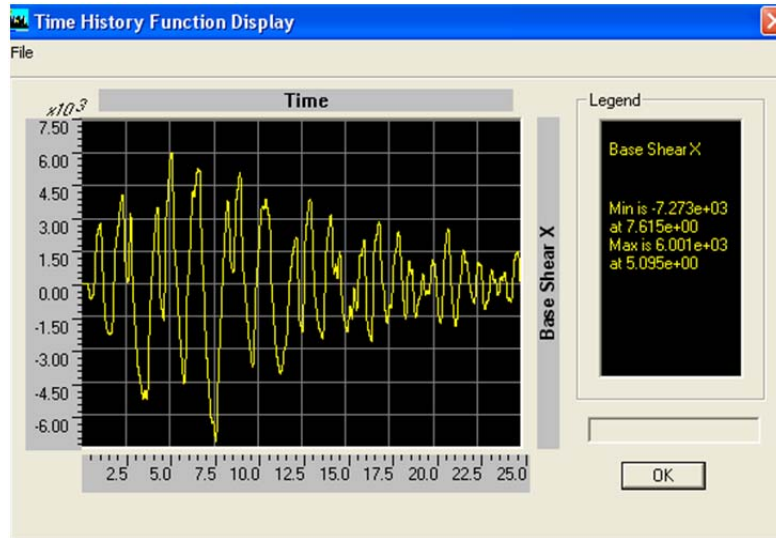
3-D View Mode 3 Period 1.6893 seconds



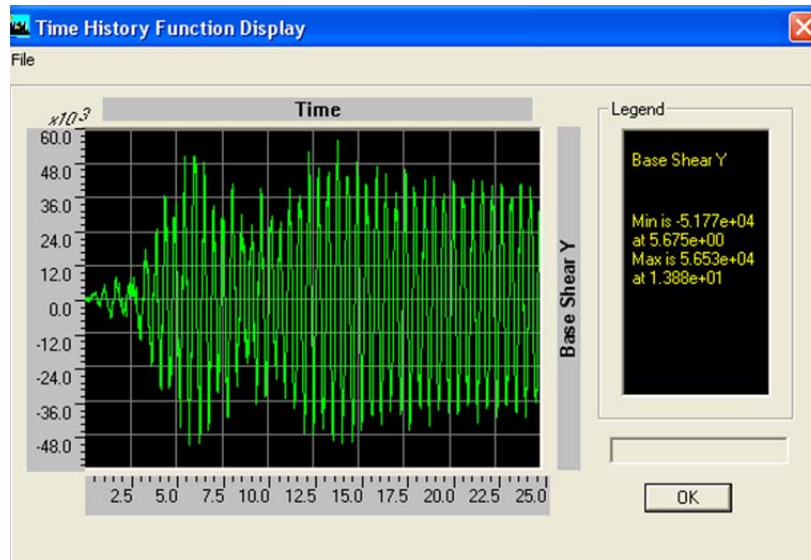
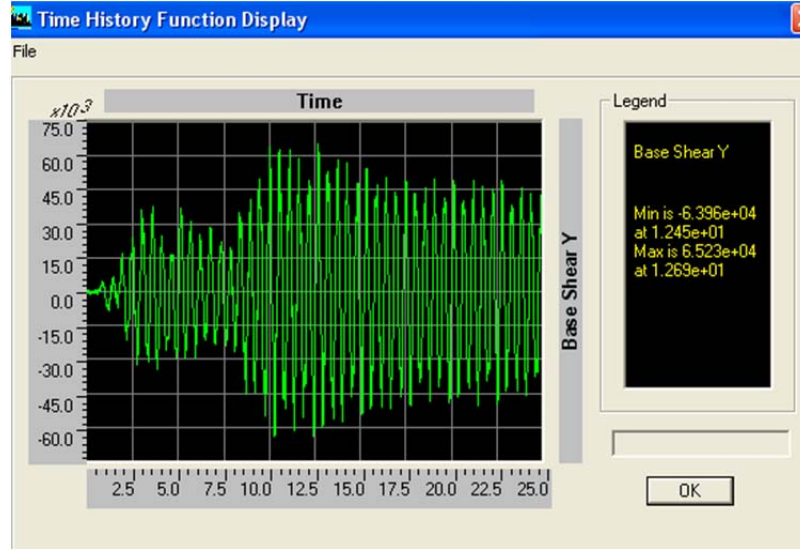
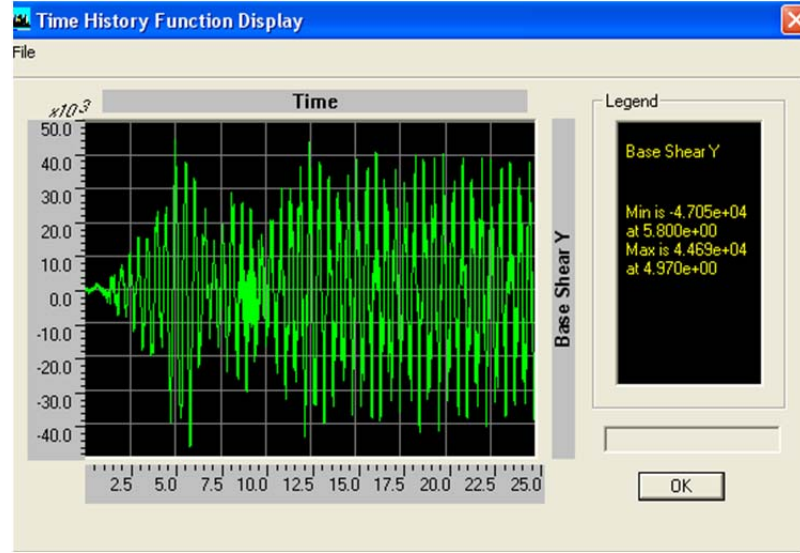
Şekil C.4 : Yalıtımlı yapı ilk üç mod doğal titreşim periyotları.



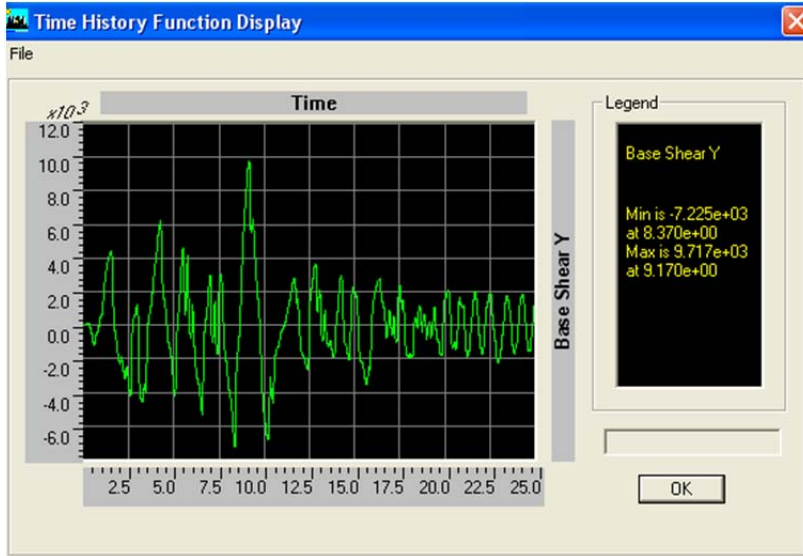
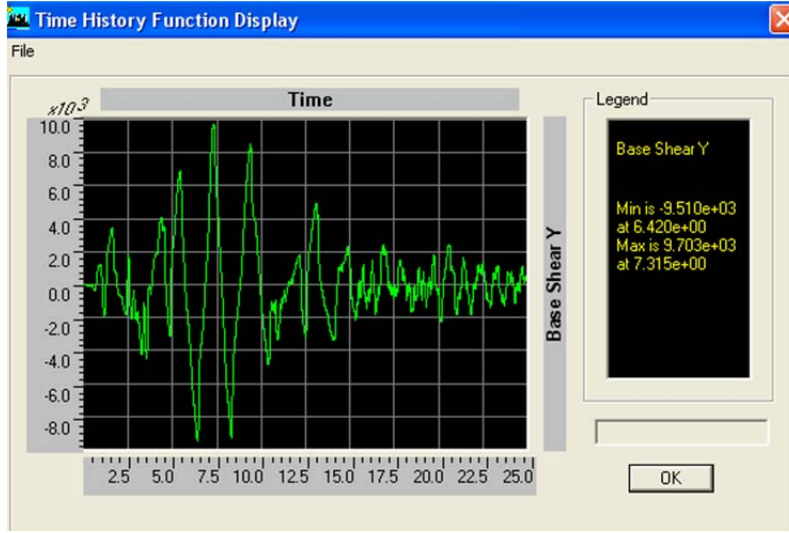
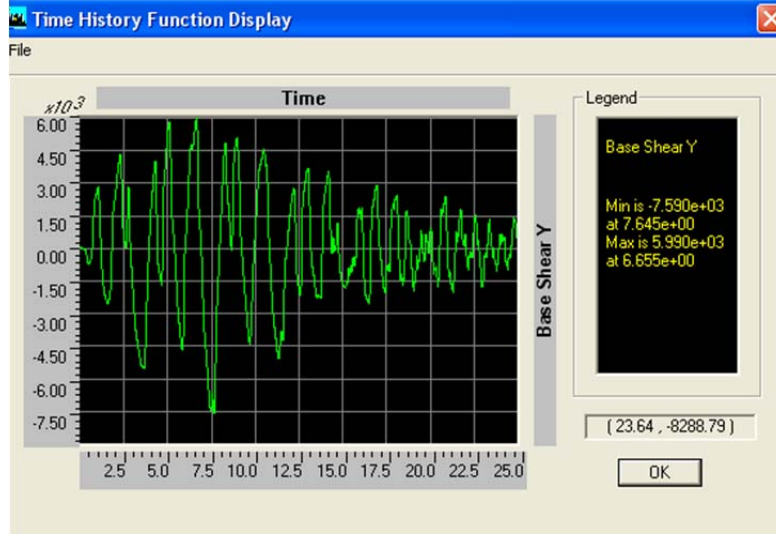
Şekil C.5 : Yalıtımsız model X- deprem taban kesme kuvvetinin değişimi.



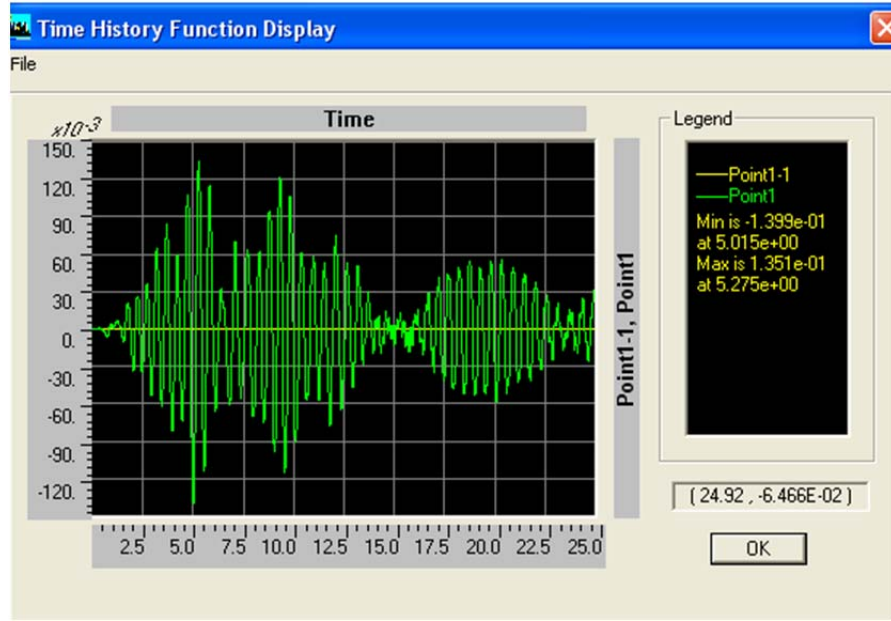
Şekil C.6 : Yalıtımlı model X- deprem taban kesme kuvvetinin değişimi.



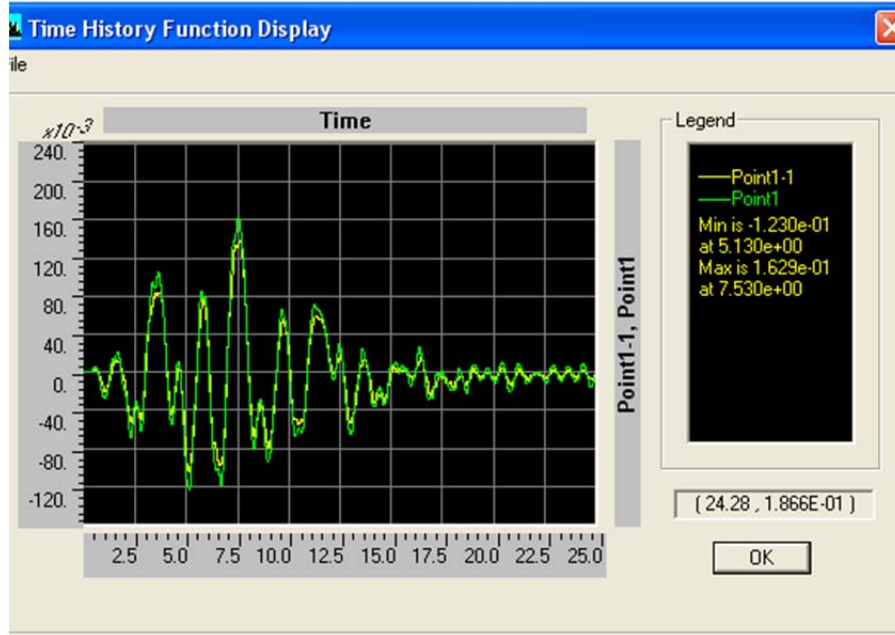
Şekil C.7 : Yalıtımsız model Y- deprem taban kesme kuvvetinin değişimi.



Şekil C.8 : Yalıtımlı model Y- deprem taban kesme kuvvetinin değişimi.



Şekil C.9 : Yalıtımsız model Point1, Point 1-1 X- yerdeğiştirme



Şekil C.10 : Yalıtımlı model Point1, Point 1-1 X- yerdeğiştirme.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Güven GÜNER

Adres: Çekmeköy / İSTANBUL

E-Posta: gunerg@itu.edu.tr

Lisans: İTÜ İnşaat Mühendisliği, 2009

Yüksek Lisans: İTÜ Deprem Mühendisliği, 2012