

T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



SAĞLIK YAPILARINDA SİSMİK YALITIM  
UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Abdullah ÖZMEN

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Mayıs 2019



T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



SAĞLIK YAPILARINDA SİSMİK YALITIM  
UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Abdullah ÖZMEN  
(Y1713.090020)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

İnşaat Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

Mayıs 2019





T.C.  
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

**Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi**

Enstitümüz İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1713.090020** numaralı öğrencisi **Abdullah ÖZMEN**' in "SAĞLIK YAPILARINDA SİSMİK YALITIM UYGULAMALARININ İNCELENMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 17.05.2019 tarih ve 2019/09 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

**Öğretim Üyesi Adı Soyadı**

**İmzası**

**Tez Savunma Tarihi : 27/05/2019**

**1) Tez Danışmanı:** Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN

**2) Jüri Üyesi :** Doç. Dr. Orhan CANPOLAT

**3) Jüri Üyesi :** Dr. Öğr. Üyesi Reşit ERÇETİN

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Sağlık Yapılarında Sismik Yalıtım Uygulamalarının İncelenmesi” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (27/05/2019)

**Abdullah ÖZMEN**  
/ İmza





## ÖNSÖZ

Tez çalışmam sırasında kıymetli bilgi, birikim ve tecrübeleri ile bana yol gösterici ve destek olan değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN'a, sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca, çalışmalarım boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme de minnettarım.

**Mayıs 2019**

**Abdullah ÖZMEN**  
**İnşaat Mühendisi**





## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>v</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Sismik İzolasyonun Kısa Bir Tarihi .....	4
1.2 Sismik İzolasyon Sistemlerinin Değerlendirilmesi .....	6
<b>2. BURSA ALİ SONMEZ DEVLET HASTANESİ UYGULAMA PROJESİ ...</b>	<b>11</b>
2.1 Yönetmelik ve Referanslar .....	12
2.2 Kullanılan Programlar .....	13
2.3 Geoteknik Bilgiler .....	13
2.4 Bölge Depremselliği .....	14
2.5 İzolatörlerin Yerleşimi .....	23
2.6 Proje Beton ve Donatı Sınıfları .....	25
2.7 Yükler.....	25
2.7.1 Düşey Yükler .....	25
2.7.2 Rüzgar Yükleri.....	26
2.7.3 Toprak Yükleri.....	26
2.7.4 Etkitilen Yükler .....	27
2.7.5 Yük Kombinasyonları.....	28
2.8 Servis ve Durabilite Kriterleri .....	29
2.8.1 Sehim Limitleri .....	29
2.8.2 Paspayı.....	29
2.8.3 Çatlak Genişlik Limitleri .....	29
2.9 İzolatörlerin Tahkiki .....	30
<b>3. PROJENİN TEMEL TASARIMI</b> .....	<b>53</b>
<b>4. ÜST YAPI TASARIMI</b> .....	<b>67</b>
4.1 Kat ve Yük Planları .....	77
4.2 İzolatör Üstü Döşeme Eğilme Tasarımı .....	78
4.3 İzolatör Üstü Döşeme Kesme Tasarımı .....	79
4.4 Kat Döşemeleri Eğilme Tasarımı .....	80
4.5 Kat Döşemeleri Sehim Kontrolleri .....	81
4.6 Kat Döşemeleri Zımbalama Kontrolleri .....	82
4.7 Kiriş Tasarımı .....	83
4.8 Kolon Tasarımı .....	86
4.9 Perde Tasarımı .....	87
4.8 Kolon Tasarımı .....	86
4.10 Dinamik Yanal Tepki Prosedürü .....	89
4.11 Modelleme Gereksinimleri .....	90

4.12 Tepki Spektrumu Analizi .....	92
4.13 Çift İçbükey Sürtünmeli Sarkaç Mekanizması .....	93
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>97</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>103</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>105</b>



## **KISALTMALAR**

<b>CTSI</b>	: Kolon Üstü Sismik İzolasyon Sistemi
<b>DCFP</b>	: Çift İçbükey Sürtünmeli Sarkaç
<b>ELF</b>	: Eşdeğer Yanal Kuvvet analizi
<b>FPS</b>	: Sürtünme Sarkaçlı Mesnet
<b>HDNR</b>	: Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet
<b>HDRB</b>	: Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet
<b>LRB</b>	: Kurşun Kauçuk Mesnet
<b>NRB</b>	: Düşük Sönümlü Kauçuk Mesnetler
<b>RB</b>	: Kauçuk Mesnet
<b>RSA</b>	: Tepki Spektrumu Analizi
<b>PFSI</b>	: Kısmen Yüzer Sismik İzolasyon
<b>PTFE</b>	: Politetrafloretillen
<b>SLR</b>	: Çelik Lamine Kauçuk Mesnet



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> : Hesaplanan Parametreler .....	14
<b>Çizelge 2.2</b> : Probabilistik Spektral İvme Değerleri (zaman-bağımlı model, NEHRP-BC Sınırı Zemin Tipi) .....	15
<b>Çizelge 2.3</b> : Probabilistik Spektral İvme Değerleri (Share model,NEHRP B-C Sınırı Zemin Tipi, $V_{s30} = 800$ m/s) .....	15
<b>Çizelge 2.4</b> : Probabilistik Spektral İvme Değerleri (Emme model,NEHRP B-C Sınırı Zemin Tipi, $V_{s30} = 8000$ m/s) .....	16
<b>Çizelge 2.5</b> : Probabilistik Spektral İvme Değerleri (UDAP-Ç-13-36,NEHRP B-C Sınırı Zemin Tipi, $V_{s30} = 760$ m/s) .....	16
<b>Çizelge 2.6</b> : Bursa Hastanesi civarındaki diri faylar (MTA 1:250000 Diri Fay Haritası-Bursa Paftası) . .....	16
<b>Çizelge 2.7</b> : Tasarım Bazlı Deprem Spektrumu Parametreleri(En büyük doğrultu-NEHRP C zemin sınıfı) .....	17
<b>Çizelge 2.8</b> : DD1 deprem seviyesi için seçilen kayıtlar .....	20
<b>Çizelge 2.9</b> : DD2 deprem seviyesi için seçilen kayıtlar .....	20
<b>Çizelge 2.10</b> : Proje Beton Sınıfları .....	25
<b>Çizelge 2.11</b> : Proje Donatı Sınıfları .....	25
<b>Çizelge 2.12</b> : Yük çizelgesi (kPa) .....	25
<b>Çizelge 2.13</b> : Rüzgar Hız ve Basınçları .....	26
<b>Çizelge 2.14</b> : Sehim limitleri .....	29
<b>Çizelge 2.15</b> : Paspayı asgari değerleri .....	29
<b>Çizelge 2.16</b> : Çatlak genişlik azami değerleri .....	29
<b>Çizelge 2.17</b> : İzolatorlerin aksenal yükleri ve bu yüklerde beklenen nominal sürtünme katsayıları .....	30
<b>Çizelge 2.18</b> : İzolasyon sisteminin nominal, alt sınır ve üst sınır eşdeğer sürtünme katsayısı değerleri .....	30
<b>Çizelge 2.19</b> : İzolator teknik verileri ve geometrik özellikleri .....	31
<b>Çizelge 2.20</b> : Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-1) .....	33
<b>Çizelge 2.21</b> : Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-2) .....	34
<b>Çizelge 2.22</b> : Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-3) .....	35
<b>Çizelge 2.23</b> : Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-4) .....	36
<b>Çizelge 2.24</b> : Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-5) .....	37
<b>Çizelge 2.25</b> : Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-1) .....	38
<b>Çizelge 2.26</b> : Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-2) .....	39
<b>Çizelge 2.27</b> : Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-3) .....	40
<b>Çizelge 2.28</b> : Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-4) .....	41
<b>Çizelge 2.29</b> : Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-5) .....	42
<b>Çizelge 2.30</b> : Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-1) .....	43
<b>Çizelge 2.31</b> : Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-2) .....	44
<b>Çizelge 2.32</b> : Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-3) .....	45

Çizelge 2.33 : Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-4) .....	46
Çizelge 2.34 : Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-5) .....	47
Çizelge 2.35 : Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-1) .....	48
Çizelge 2.36 : Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-2) .....	49
Çizelge 2.37 : Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-3) .....	50
Çizelge 2.38 : Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-4) .....	51
Çizelge 2.39 : Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-5) .....	52
Çizelge 3.1 : Kullanılan Donatı Kapasiteleri-Özet .....	53
Çizelge 3.2 : Kullanılan Donatı Kapasiteleri .....	54
Çizelge 3.3 : Zımbalama Etki/Kapasite Oranları .....	66
Çizelge 4.1 : Tasarımda Kullanılan Kat Kütleleri .....	69
Çizelge 4.2 : Tasarımda Kullanılan Kat Kesme Kuvvetleri .....	69
Çizelge 4.3 : DD1 Seviyesi Yapı Periyotları .....	70
Çizelge 4.4 : DD2 Seviyesi Yapı Periyotları .....	71
Çizelge 4.5 : Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD1-FN).....	72
Çizelge 4.6 : Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD1-FP) .....	72
Çizelge 4.7 : Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde elde edilen ortalama deplasman değerleri.....	74
Çizelge 4.8 : A3-A4 blok arasında derz boşluğu kontrolü-X doğrultusu .....	76
Çizelge 4.9 : A3-A4 blok arasında derz boşluğu kontrolü-Y doğrultusu .....	76
Çizelge 4.10 : Döşeme Kapasiteleri.....	80
Çizelge 4.11 : +0.00 Kotu zımbalama kontrolü çizelgesinin bir kısmı .....	82
Çizelge 4.12 : Tasarım iç kuvvetleri ve seçilen donatılar .....	84
Çizelge 4.13 : Kirişler için eğilme çizelgesi .....	85
Çizelge 4.14 : Kirişler için kesme çizelgesi .....	85
Çizelge 4.15 : Kolonlar için eğilme çizelgesi .....	87
Çizelge 4.16 : Kolonlar için kesme çizelgesi .....	87
Çizelge 4.17 : Perde Eğilme Talep/Kapasite Oranları .....	88
Çizelge 4.18 : Dinamik Analiz İçin Minimum Tasarım Kriterleri Özeti.....	90
Çizelge 4.19 : Çift içbükey sürtünmeli sarkaç taşıyıcı davranış özeti. ....	94



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1 : 1999 İzmit depremi .....	2
Şekil 1.2 : Süneklik.....	4
Şekil 1.3 : Tepki spektrumu.....	6
Şekil 1.4 : İzole olmayan ve izole bir yapının deplasman ve deformasyonları .....	7
Şekil 1.5 : İzolatörler tarafından dikey yük iletimi.....	8
Şekil 1.6 : Yatay yer değiştirmeler ve yapının orta konuma ortalanması.....	8
Şekil 1.7 : Yatay yer değiştirmeler sırasında izolasyon / sönümlenme cihazlarında önemli enerji dağılımı .....	8
Şekil 1.8 : Önemli bazı sismik mesnetler .....	10
Şekil 2.1 : Proje Blok Yerleşimi .....	11
Şekil 2.2 : Proje Konumu .....	12
Şekil 2.3 : TDY 2007 Bursa Deprem Haritası.....	14
Şekil 2.4 : Marmara Bölgesi Kaynak Bölgelemesi(Erdik ve diğ.,2004) .....	15
Şekil 2.5 : Deterministik Deprem Senaryosu medyan +1 standart sapma %5 sönüm oranlı yatay spektrum ( $M_w6.4, R=2 \text{ km}, V_{s30}=760 \text{ m/s}$ ) .....	17
Şekil 2.6 : 475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü “Geomean” tasarım spektrumu .....	18
Şekil 2.7 : 2475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü “Geomean” tasarım spektrumu .....	18
Şekil 2.8 : 475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü “En Büyük Doğrultu” tasarım spektrumu .....	19
Şekil 2.9 : 2475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü “En Büyük Doğrultu” tasarım spektrumu .....	19
Şekil 2.10 : DD1 Spektrum Karşılaştırması .....	21
Şekil 2.11 : DD2 Spektrum Karşılaştırması .....	21
Şekil 2.12 : Ölçeklendirilmemiş deprem ivme-zaman kayıtları .....	22
Şekil 2.13 : 3D Analiz Modeli .....	23
Şekil 2.14 : A1 Blok Model Görüntüsü .....	23
Şekil 2.15 : A2 Blok Model Görüntüsü .....	23
Şekil 2.16 : A3 Blok Model Görüntüsü .....	24
Şekil 2.17 : A4 Blok Model Görüntüsü .....	24
Şekil 2.18 : İzolatörlerin Kolonlara ve Perdelere Göre Yerleşimi.....	25
Şekil 2.19 : Toprak İtkisi – Derinlik İlişkisi .....	27
Şekil 2.20 : İzolatörlerin Ort. $G+0.3Q$ aksenal yükleri altında davranış modelleri... ..	32
Şekil 3.1 : Temel Kalınlıkları .....	53
Şekil 3.2 : X doğrultusu en küçük iç kuvvetler (kNm).....	59
Şekil 3.3 : X doğrultusu en büyük iç kuvvetler (kNm) .....	59
Şekil 3.4 : Y doğrultusu en küçük iç kuvvetler (kNm).....	60
Şekil 3.5 : Y doğrultusu en büyük iç kuvvetler (kNm) .....	60
Şekil 3.6 : İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-1) .....	61
Şekil 3.7 : İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-2) .....	62

Şekil 3.8 : İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-3) .....	63
Şekil 3.9 : İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-4) .....	64
Şekil 3.10 : Temel Gerilmeleri-Düşey Yükler (kPa) .....	65
Şekil 3.11 : Temel Gerilmeleri-Deprem Yükleme (kPa) .....	65
Şekil 4.1 : Taban Kesme Zaman Grafikleri-(DD1-4FN- $V_x, V_y$ ) .....	72
Şekil 4.2 : Taban Kesme Zaman Grafikleri-(DD2-3FN- $V_x, V_y$ ) .....	73
Şekil 4.3 : Deplasman Zaman Grafikleri-(DD1-2FN-2FP) .....	73
Şekil 4.4 : Deplasman Zaman Grafikleri-(DD2-3FN-3FP) .....	73
Şekil 4.5 : (+0.00) Kotu PSA Spektrumu .....	74
Şekil 4.6 : (-5.30) Kotu PSA Spektrumu .....	74
Şekil 4.7 : Kat İvmeleri.....	75
Şekil 4.8 : A1 Blok Göreli Kat Ötelemesi-DD1 .....	75
Şekil 4.9 : A3 Blok Göreli Kat Ötelemesi-DD2 .....	75
Şekil 4.10 : A1 Blok +0.00 kotu eleman markaları .....	77
Şekil 4.11 : A3 Blok +0.00 kotu eleman markaları .....	77
Şekil 4.12 : -5.30 Kotu-Sdl ( $kN/m^2$ ) .....	78
Şekil 4.13 : +15.90 Kotu-Mech ( $kN/m^2$ ) .....	78
Şekil 4.14 : -5.30 Kotu-M11( $kNm/m$ )-En Küçük Gerilmeler .....	79
Şekil 4.15 : -5.30 Kotu-M22( $kNm/m$ )-En Büyük Gerilmeler .....	79
Şekil 4.16 : -5.30 Kotu-S13(MPa)-En Büyük Gerilmeler .....	80
Şekil 4.17 : -5.30 Kotu-S13(MPa)-En Küçük Gerilmeler .....	80
Şekil 4.18 : +5.30 Kotu-M22 ( $kNm/m$ ) .....	81
Şekil 4.19 : +24.30 Kotu-M11( $kNm/m$ ) .....	81
Şekil 4.20 : 0.00 Kotu Şehim Grafiği .....	81
Şekil 4.21 : +15.90 Kotu Şehim Grafiği .....	82
Şekil 4.22 : DBYBHY 2007 Genel Kiriş Tasarım Kuralları .....	83
Şekil 4.23 : Kiriş Açıklığı İçin Serbest Cisim Diyagramı (ETABS Manuel).....	83
Şekil 4.24 : DBYBHY 2007 Kolon detaylandırma kriterleri .....	86
Şekil 4.25 : Perde Plan Yerleşimi .....	88
Şekil 4.26 : Perde İsimlendirmesi .....	89
Şekil 4.27 : Yatay kesme ve P-delta etkileri nedeniyle momentler .....	92
Şekil 4.28 : Tipik bir çift içbükey sürtünme sarkaç .....	94
Şekil 4.29 : Çift içbükey sürtünme sarkaçının genel kuvvet-deplasman ilişkisi .....	95
Şekil 5.1 : P- $\delta$ Etkisi .....	98
Şekil 5.2 : 100X100 Pedestal P-M diyagramı.....	99
Şekil 5.3 : 120X120 Pedestal P-M diyagramı.....	99
Şekil 5.4 : 130X130 Pedestal P-M diyagramı.....	99
Şekil 5.5 : 150X150 Pedestal P-M diyagramı.....	100
Şekil 5.6 : 170X170 Pedestal P-M diyagramı.....	100

# SAĞLIK YAPILARINDA SİSMİK YALITIM UYGULAMALARININ İNCELENMESİ

## ÖZET

Ani depremler sırasında, aşırı zemin uyarımı, çok katlı binalarda ciddi yapısal hasara neden olabilecek büyük bir zemin ivmesi yaratır. Böyle bir yapısal hasarı önlemek için, binaların mukavemet kapasitelerinin artırılması gerekmektedir. Bununla birlikte, bir binanın gücünü hem belirsiz hem de geleneksel anlamda arttırmak, çeşitli lojistik ve ekonomik zorluklar doğurur. Yüksek sismik aktiviteye sahip bölgeler, yerçekimi ivmesinin iki katını aşabilecek hızlanma kuvvetleri yaşarlar.

Geleneksel sabit temelli binaların bu tür kuvvetlere dayanacak şekilde izolatör kullanılarak tasarlanması, inşaat maliyetlerinin aşırı derecede düşmesine yol açacaktır. Deprem kendisi kontrol edilememesine rağmen, yapı üzerindeki etkisi, temel izolasyonu kullanılarak en aza indirilebilir.

İzolasyon sistemi, temel ile üst yapı arasına yerleştirilerek ek esneklik ve enerji dağıtma kabiliyeti sağlanır. Bu tezde, Türkiye'de olan asimetric bir yapı bölgesinin depremsellik ve geoteknik bilgileri ışığında tasarlanmış ve farklı sismik izolatörlerin bir arada kullanımını ayrıntılı olarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Asimetric Yapı, Temel İzolasyonu, Sismik İzolasyon Sistemi, Sismik Tepki*



# INVESTIGATION OF SEISMIC INSULATION APPLICATIONS IN HEALTH STRUCTURES

## ABSTRACT

During sudden earthquakes, excessive ground stimulation creates a large ground acceleration that can cause serious structural damage to multi-storey buildings. In order to prevent such structural damage, the strength capacities of the buildings must be increased. However, increasing both the uncertainty and the traditional sense of the power of a building has various logistical and economic difficulties. Areas with high seismic activity experience acceleration forces that can exceed twice the gravitational acceleration.

The design of conventional stationary-based buildings using isolators to withstand such forces will lead to an excessive reduction in construction costs. Although the earthquake itself cannot be controlled, its effect on the structure can be minimized by using basic isolation.

The insulation system is placed between the foundation and the superstructure to provide additional flexibility and energy dissipation. In this thesis, the region's seismicity in Turkey with an asymmetric structure and designed in light and geotechnical data were analyzed in detail the use of a combination of different seismic isolators.

**Keywords:** *Asymmetric Structure, Basic Isolation, Seismic Isolation System, Seismic Response*



## 1. GİRİŞ

Temel izolasyonunun orijinal terminolojisi, günümüzde daha yaygın olarak sismik izolasyon ile değiştirilir, bazı durumlarda ayrılmanın yapı temelinin üzerinde bir yerde olduğunu gösterir - örneğin bir köprüde, üst yapının alt yapı kolonlarından ayrılabilceğini gösterir. Başka bir anlamda, sismik izolasyon terimi, yapının sismik veya deprem etkilerinden ayrılmasından dolayı daha doğrudur.

Sezgisel olarak, deprem hasarını önlemek için yapıyı zeminden ayırma kavramı kavramak oldukça basittir. Ne de olsa, bir depremde zemin hareket eder ve yapıların zarar görmesine neden olan bu zemin hareketidir. Bir deprem üzerinde uçan bir uçak etkilenmez. Yani, prensip basittir. Yapıyı yerden ayırın. Zemin hareket edecek ancak bina hareket etmeyecek. Pek çok şeyde olduğu gibi şeytan ayrıntıda gizlidir. Bir yapının yerçekimi altında desteklenmesinin tek yolu zeminde durmaktır. İzolasyon, bu temel yapısal mühendislik gereksinimi ile çelişir.

İdeal ayrılık nasıl olacaktır? Belki bir hava boşluğu, sürtünmesiz makaralar, iyi yağlanmış bir kayma yüzeyi, gökyüzü kancaları, manyetik kaldırma. Bunların hepsinin pratik kısıtlamaları var. Bir hava boşluğu dikey destek sağlamaz; bir gökyüzü kancasının bir şeyden sarkması gerekir; sürtünmesiz makaralar, kaydırıcılar veya manyetik kaldırma binanın sert bir rüzgâr altındaki bloklar için hareket etmesini sağlar.

Şimdiye kadar hiç kimse ideal izolasyon sistemleriyle ilgili problemleri çözmedi ve yakın gelecekte çözülmesi pek olası değil. Bu arada, depremler iyi tasarlanmış binalar için bile yapılara ve içeriklerine zarar veriyor. Bu nedenle, bu notlar ideallerle ilgilenmez, bunun yerine pratik izolasyon sistemleriyle, yerçekimine dayanmak için toprağa bağlanma ile depremlere direnmek için topraktan ayrılma arasında bir uzlaşma sağlayan sistemler ile ilgilidir.

Yeni bir kavram tanımladığımızda, bilinen kavramlarla karşılaştırmak genellikle yararlıdır. Sismik izolasyon, yapıdaki sismik talebi azaltmanın bir yoludur:

Örneğin otomobil süspansiyon sistemi olmayan bir araç, yoldaki her çarpma ve çukurdan gelen şokları doğrudan yolculara iletir. Süspansiyon sistemi kuvvetleri değiştiren yaylar ve damperler içerir, böylece tekerlekler düz olmayan bir yüzey üzerinde hareket ederken yolcuların hareketi çok az hissedilir. Daha sonra göreceğimiz gibi, yaylar ve damperler herhangi bir pratik yalıtım sisteminin temel bileşenleri olduğundan bu iyi bir benzetmedir. Muhtemelen tamamen yüklü bir masadaki masa örtüsünün çok hızlı bir şekilde yana doğru çekildiği parti numarasını gördünüz. Doğru yapıldığında, masadaki her şey yerinde kalacaktır ve dolu bardak gibi dengesiz nesnelere bile devrilmeyecektir. Kumaş, kumaşın hareketi yukarıdaki nesnelere aktarılmayacak şekilde kayan bir izolasyon sistemi oluşturur.



**Şekil 1.1:** 1999 İzmit depremi



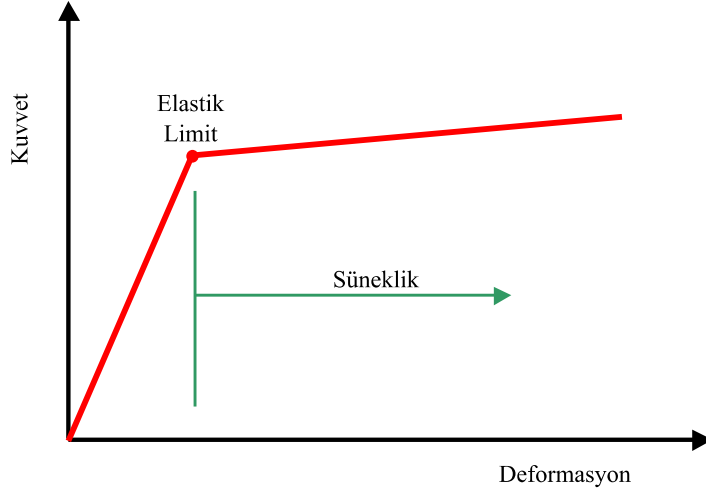
Temel Yalıtımı, Yapı İçi Sönümlemeyi de içeren genel Pasif Enerji Tüketimi kategorisine girer. Yapı içi sönümleme, enerjiyi dağıtmak için yapı içerisindeki sönümleme aygıtları ekler, ancak taban hareketine izin vermez. Deprem talebini azaltmak için bu teknik ayrı HCG Tasarım Kılavuzunda ele alınmıştır. Diğer deprem talep azaltma kategorisine, izolasyon ve / veya enerji dağıtım cihazlarının optimum performans sağlaması için güç verildiği Aktif Kontrol adı verilir. Bu kategori aktif araştırma konusudur, ancak yaygın olarak kullanılan pratik sistemler yoktur ve şirketimizin bu stratejiyi kısa vadede uygulama planları yoktur.

Dünyanın büyük bir kısmı depremlere maruz kalıyor ve toplum yapısal mühendislerin binalarımızı bu depremlerin etkilerinden kurtulabilecekleri şekilde tasarlayacaklarını umuyor. Yerçekimi ve rüzgar gibi tasarım sürecinde karşılaştığımız tüm yük durumlarına gelince, tek bir temel denklemi karşılamaya çalışıyoruz. Depremlerin gerçekleştiğini ve kontrol edilemez olduklarını biliyoruz. Dolayısıyla, bu anlamda, talebi kabul etmeli ve kapasitenin onu aştığından emin olmalıyız. Deprem, bina kütlelerinin çarpımı ve deprem yer ivmesi ile orantılı atalet kuvvetlerine neden olmaktadır. Zemin ivmeleri arttıkça, yapısal hasarı önlemek için binanın gücü, kapasitesi artırılmalıdır. Binanın gücünü süresiz olarak artırmaya devam etmek pratik değildir.

Yüksek sismik bölgelerde, binada kuvvetlere neden olan ivmeler yerçekimi nedeniyle ivmenin bir veya iki katını aşabilir. Bu güç seviyesi için tasarım yapmak kolay ve ucuz değildir. Bu nedenle çoğu yönetmelik mühendislerin kapasiteyi elde etmek için sünekliği kullanmalarına izin verir. Süneklik, yapısal elemanların elastik sınırlarının ötesinde kontrollü bir şekilde deforme olmalarına izin veren bir kavramdır. Bu sınırın ötesinde, yapısal elemanlar yumuşar ve istenmeyen yer değiştirmeler oluşur.

Elastik sınır, yüklerin etkilerinin kalıcı olmadığı yük noktasıdır; yani, yük kaldırıldığında, malzeme ilk durumuna geri döner. Bu elastik limit aşıldığında değişiklikler meydana gelir. Bu değişiklikler, yük kaldırıldığında kalıcı ve geri dönüşüzdür. Bu değişiklikler dramatik olabilir - beton gerginlikte elastik sınırını aştığında bir çatlak oluşturur - veya ince çelik kirişin flanşının akması gibi.

Çoğu yapısal malzeme için, süneklik, yapısal hasara eşittir, çünkü her ikisinin de etkisi, nesnenin faydasını bozan ile aynı olması anlamına gelir [1].



**Şekil 1.2: Süneklik**

Süneklik genellikle gözle görülür hasara neden olur. Bir yapının yüklere dayanmaya devam etme kapasitesi zarar görecektir. Kapasite odaklı bir tasarım felsefesi iki kötü seçime yol açar:

1. Elastik gücü arttırmaya devam etmek pahalıdır ve binalar için daha yüksek zemin ivmelerine yol açar. Yapısal hasarın daha da güçlenerek hafifletilmesi, daha az dayanımlı bir binada meydana gelenden daha fazla hasara neden olabilir.
2. Esneklik ve sünekliğin sınırlanması yaklaşımı, tamir edilemeyebilecek şekilde yapısal bileşenlere hasar verir.

Temel izolasyonu tam tersi bir yaklaşımı benimsiyor, kapasiteyi arttırmak yerine talebi azaltmaya çalışıyor. Depremin kendisini kontrol edemiyoruz, ancak hareketlerin temelden yukarıdaki yapıya aktarılmasını engelleyerek yapıya yaptığı talebi değiştirebiliyoruz. Bu nedenle, izolasyonu kullanmanın birincil nedeni, deprem etkilerini azaltmaktır. Doğal olarak, izolasyonla ilgili bir maliyet vardır ve bu nedenle, yalnızca faydalar bu maliyeti aştığında kullanımı mantıklıdır. Ve elbette, maliyet fayda oranı, depreme dayanıklılığı sağlamak için alternatif önlemlerden elde edilenden daha çekici olmalıdır [2].

### **1.1. Sismik İzolasyonun Kısa Bir Tarihi**

Temel izolasyon için ilk patentler 1800'lerde olmasına rağmen, temel izolasyon örnekleri 1900'lerin başlarında (örneğin Tokyo Imperial Hotel) talep edildi, ancak 1970'lerin temel izolasyonun yapısal mühendisliğin ana akımına taşınmasından önce

1970'lerde yapıldı. İzolasyon 1970'lerin başındaki köprüler ve 1970'lerin sonundaki binalarda kullanılmıştır. Köprüler, binalara göre izolasyon için daha doğal bir adaydır, çünkü genellikle üst yapıyı alt yapıdan ayıran rulmanlarla inşa edilirler.

İlk köprü uygulamaları, zaten orada bulunan esnekliğe enerji dağıtımını ekledi. 1970'lerde kurşun kauçuk yatak (LRB) icat edildi ve bu esnekliğin ve sönümlenmenin tek bir üniteye yer almasını sağladı. Aynı zamanda, izolasyon için lastik yataklar kullanan ilk uygulamalar yapıldı. Bununla birlikte, bunlar çok az doğal sönümleme sakıncasına sahipti ve rüzgar gibi servis yüklerine dayanacak kadar sert değildi.

1980'lerin başlarında, kauçuk teknolojisindeki gelişmeler “yüksek sönümlü kauçuk” (HDR) olarak adlandırılan yeni kauçuk bileşiklerine yol açmaktadır. Bu bileşikler, düşük makaslama suşlarında yüksek sertliğe sahip, fakat daha yüksek güçlenme seviyelerinde düşük sertliğe sahip yataklar üretmiştir. Boşaltma sırasında, bu rulmanlar önemli miktarda sönümleme olan bir histerezis döngüsü oluşturdu. ABD’de 1980’lerin başlarında ilk bina ve köprü uygulamaları ya LRB’leri ya da HDR rulmanlarını kullandı.

Bazı ilk projeler, genellikle merdivenler gibi hafif bileşenleri desteklemek için LRB'lere veya HDR yataklarına paralel olarak kaymalı rulmanlar kullanmıştır. Kayar yataklar izolasyon sistemi olarak tek başına kullanılmamıştır, çünkü yüksek sönüm seviyelerine sahip olmalarına rağmen geri yükleme kuvveti yoktur. Kaymalı yataklar üzerindeki bir yapı, muhtemelen bir depremden sonra farklı bir yerde sona erecek ve artçı şokların altında yerinden çıkmaya devam edecektir.

Sürtünmeli sarkaç sisteminin (FPS) geliştirilmesi, kayar yatağı küresel bir yüzeye dönüştürerek kayar yatakların bu büyük dezavantajını aşmıştır. Yatak yanal olarak hareket ettiğinde dikey olarak kaldırılmıştır. Bu bir geri yükleme gücü sağladı.

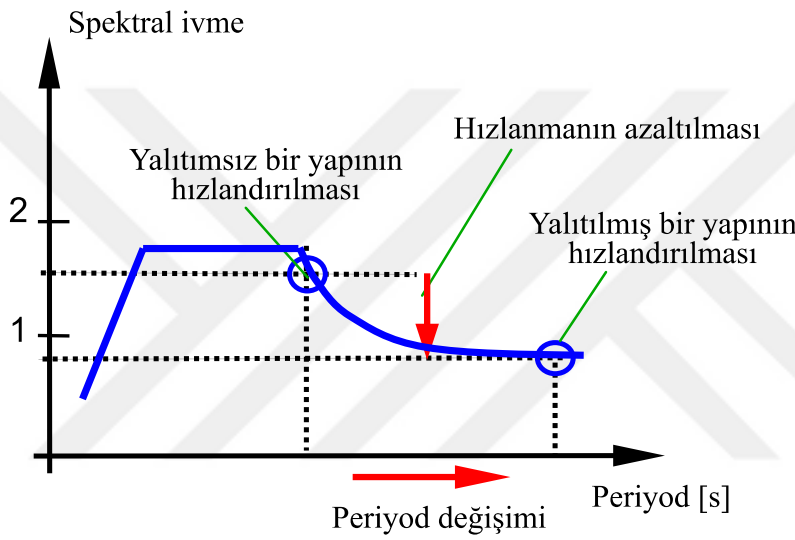
Diğer birçok sistem, makaralara, kablolar vb. Dayalı olarak tanıtılsa da, taban izolasyon pazarı şimdi esas olarak LRB'ler, HDR yatakları, yassı kaymalı yataklar ve FPS varyasyonları arasında dağıtılmaktadır.

Arz açısından, LRB şimdi patentsiz kalmıştır ve bu nedenle dünyanın birçok yerinde rakip tedarikçiler bulunmaktadır. Spesifik HDR bileşiklerinin korunmasına rağmen, birçok üretici aynı genel performans seviyesini sağlayan özel bileşiklere sahiptir. FPS sistemi patentlidir ancak dünyanın birçok yerinde lisans vardır.

## 1.2. Sismik İzolasyon Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Yapıları depremlere karşı koruma seçeneklerinden biri, deprem hasar potansiyelini azaltmak için yapısal tasarım yaklaşımı olan Sismik İzolasyondur. Buradaki düşünce, kendisine karşı olan direncini arttırmak yerine sismik girdilerin yapıya indirgenmesidir.

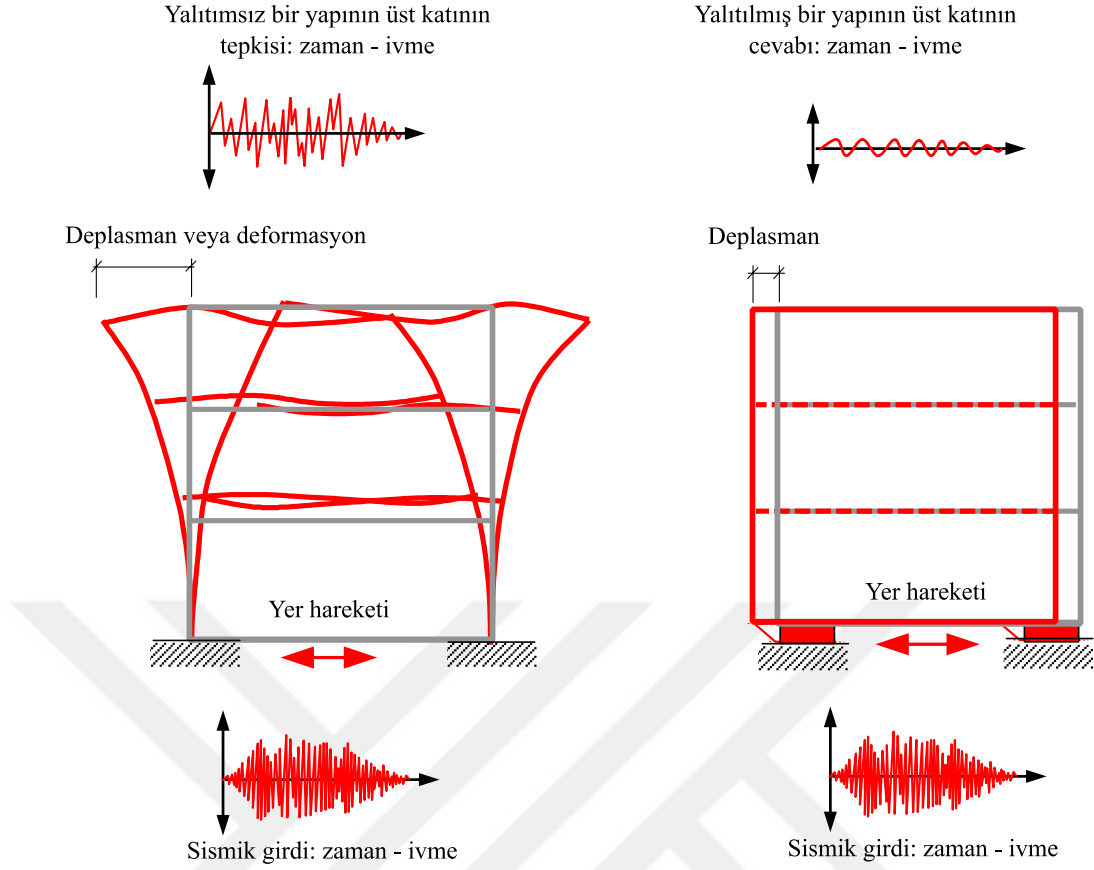
Uygulamada, Sismik İzolasyon Prensipli, bir binanın temel periyodunu (= frekansın karşılıklı değeri), temel ile bina arasında düşük yatay sertliğe sahip cihazların yerleştirilmesiyle (Şekil 1.3) değiştirmektedir (Şekil 1.4).



Şekil 1.3: Tepki spektrumu

Aşağıdaki Şekil 1.4, sismik bir atağın izole edilmemiş ve izole edilmiş bir yapı üzerindeki etkilerini göstermektedir. Yalıtımsız binaların çoğu, 0,2 - 0,5 sn'lik temel periyodlara sahiptir, yani aynı yüksek spektral ivmelenme aralığına girer (yani, yanıt spektrumunun maksimum enerji içeriğinin yoğunlaştığı). Bu nedenle, izole edilmeyen binalar, katlar arası büyük yer değiştirmelerin yanı sıra, yapı içindeki yer ivmelerinin dramatik bir şekilde yükselmesiyle sonuçlanan rezonansa girerler.

Yalıtılmış bir bina durumunda, temel periyot, düşük spektral ivmelenme olan bir alana kaydırılır. Rezonans etkilerinden kaçınılabılır ve bina kayda değer yapısal deformasyonlar göstermeden sorunsuz bir şekilde hareket eder.



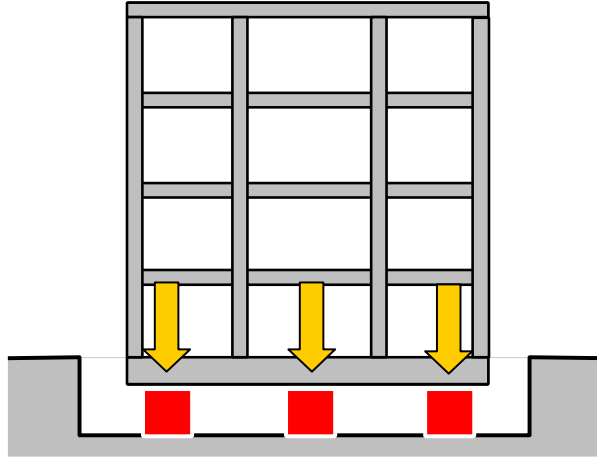
**Şekil 1.4:** İzole olmayan ve izole bir yapının deplasman ve deformasyonları

Sismik izolasyon sisteminin dört temel işlevi şunlardır:

1. Dikey yüklerin iletimi (Şekil 1.5).
2. Yatay düzlemde yer değiştirmelerin izni (Şekil 1.6).
3. Önemli miktarda enerjinin dağılması (Şekil 1.7).
4. Kendi kendine merkezleme güvencesi (Şekil 1.6).

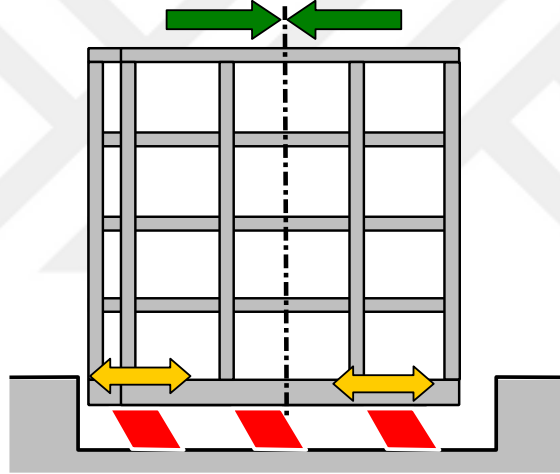
Bu işlevler, izolatörler ve damperler olarak gerçekleştirilebilir. İlk işlev, izolasyon sisteminin geleneksel bir yatak sistemi olarak hareket ettiği, yani amaçlanan konumda dikey yükleri üst yapıdan alt yapıya aktardığı anlamına gelir (Şekil 1.5).

İkinci işlev, temel ile üst yapı arasında ayrılmayı sağlar ve böylece iletilen kuvvetleri veya temel olarak aynı olan mekanik enerji miktarını azaltır. Ayrılma, yapının yatay esnekliğini sağlar (Şekil 1.6) [3].

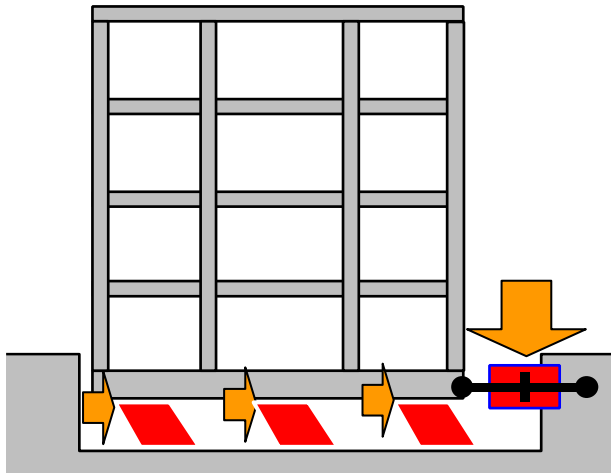


Şekil 1.5: İzolatörler tarafından dikey yük iletimi

Enerjinin dağılması, izole edilmiş yapısal kütlelerin göreceli yer değiştirmesini sınırlar ve yapı için daha büyük güvenlik ile daha iyi yapısal kontrol sağlar (Şekil 1.7).



Şekil 1.6: Yatay yer değiştirmeler ve yapının orta konuma ortalanması



Şekil 1.7: Yatay yer değiştirmeler sırasında izolasyon / sönümlenme cihazlarında önemli enerji dağılımı

Kendini orta konuma ortalama yeteneğinin gereksiniminin amacı

- yapının eski nötr orta konuma getirilmesi (Şekil 1.6)
- sismik bir atağın sonunda kalan yer değiştirmeleri sınırlamak için çok değil, sismik olay sırasında birikimli yer değiştirmeleri önleyin.

Kendini orta konuma ortalama, yüksek asimetric ivmeölçerler ile karakterize edilen depremlerin beklendiği bir fayın yakınına yerleştirilen yapılarda özel bir öneme sahiptir (Yakın Alan veya Fling etkisi).

Enerji dağıtımı ve kendini orta konuma ortalama kabiliyetinin (bazen geri yükleme kuvveti olarak adlandırılır) iki antitetik fonksiyon olduğu ve göreceli önemlerinin öncelikle inceleme altındaki duruma bağlı olduğuna dikkat edilmelidir. Temel izolasyonlu yapıların değerlendirilmesi genellikle ya cevap spektrumu ya da zaman geçmişi olarak dinamik bir analiz gerektirir. Genellikle ikisini de yaparız. Binalar için ETABS programı, doğrusal bir elastik yapının uygun olması koşuluyla her iki analiz türü için de kullanılabilir. Yapı ETABS'a uygun değilse ancak doğrusal olmayan izolasyon sistemi ile sınırlıysa, SAP2000 ETABS ile benzer özelliklere sahiptir ve genel amaçlı sonlu eleman modellemesi için daha uygundur [4].

Yapısal sistemin doğrusal olmama durumunun modellenmesi gerekiyorsa, ANSR-L programını kullanın. Bu genel amaçlıdır ve hem binalar hem de diğer yapı tipleri için uygundur. Bu program ayrıca, örneğin izolasyon sistemi parametreleri için çok sayıda seçeneği incelemek için çoklu analizler için de uygundur. 3D-BASIS ise, temel izolasyonlu binaların analizi için özel bir programdır [5].

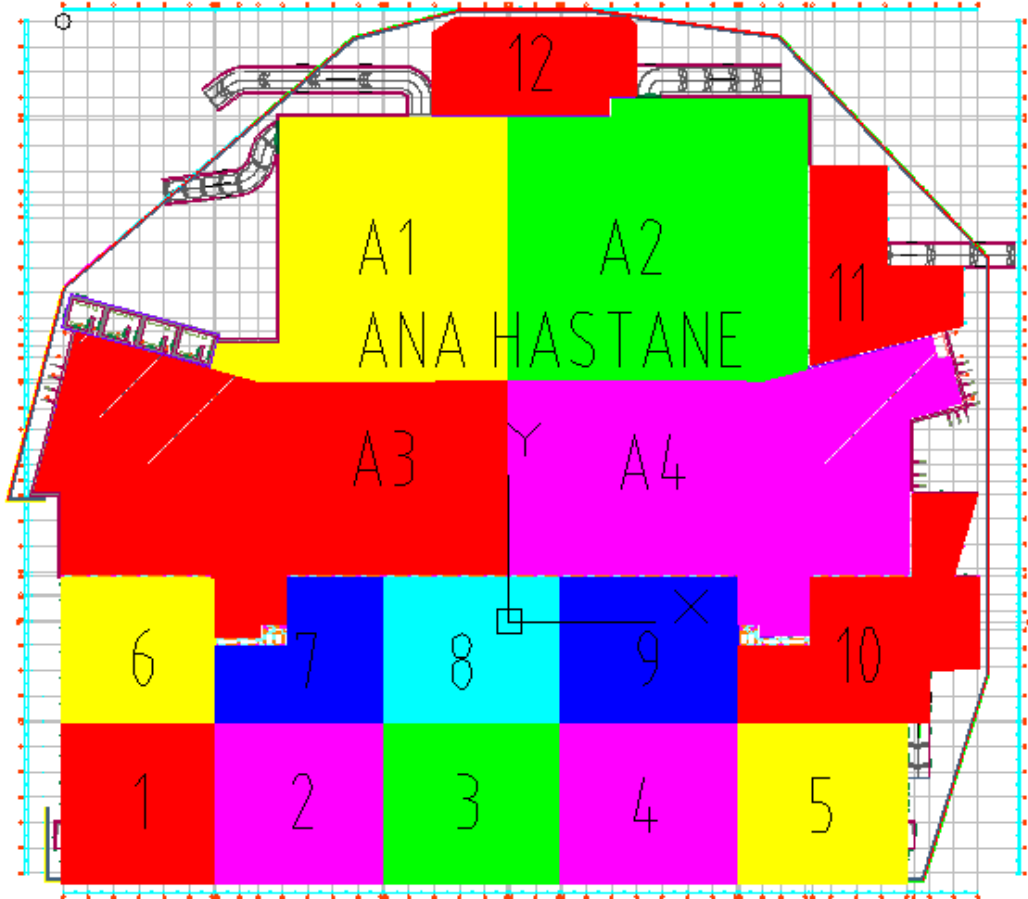
	Özellikler	Kesit görünümü
<p><b>HDR</b> Yüksek Sönümlmeli Kauçuk Mesnet</p>	<p>Yüksek sönümleme kauçuğu hem yay hem de sönümleme özellikleri içerir. Genel olarak, ayrı bir amortisör gerekli değildir, bu da alan kısıtlaması olan alanlar için mükemmel bir seçimdir. Onun histerezis eğrileri nispeten pürüzsüz olduğundan, sismik izolasyon binanın içindeki teçhizata da genişletilebilir. Hafif kolon yüklerinden yüksek binalara kadar uygulanabilmektedir.</p>	
<p><b>LRB</b> Kurşun Kauçuk Mesnet</p>	<p>Bu mesnet, doğal kauçuk bir yapının ortasına gömülü bir kurşun çekirdek içerir, burada kauçuk esneme kabiliyetini içerir ve kurşun çekirdek sönümleme kabiliyeti sağlar. Genel olarak, ayrı bir amortisör gerekli değildir, bu da alan kısıtlaması olan alanlar için iyi bir seçimdir. Onun histerezisi elastoplastik maddelere benzer. Sönümleme, çekirdek ucu çapını değiştirerek ayarlanabilir.</p>	
<p><b>NRB</b> Doğal Kauçuk Mesnet</p>	<p>Bu mesnet düşük bir sönümleme oranına (yaklaşık % 2 ~ 3 eşdeğer sönümleme oranına), mükemmel doğrusallığa ve kararlı bir geri yükleme kuvvetine sahip olan doğal kauçuk kullanır. Ayrı bir damper gereklidir, ancak genel izolasyon tasarımı çok daha fazla esnekliğe sahiptir. Çok çeşitli kolon yüklerini destekleyebilir.</p>	
<p><b>Elastik Kayar Mesnet</b></p>	<p>Bu mesnet 2 parçadan oluşur: 1) PTFE (Teflon) malzeme ile bağlanmış doğal kauçuk bir yatak ve; 2) bir paslanmaz çelik kızak plakası. Küçük yer değiştirmeler kauçuğun kendisi tarafından emilirken, büyük yer değiştirmeler lastik yatağın plaka üzerinde kaymasına neden olur. Geri yükleme kuvveti olmadığından, kayar yatak normalde NRB, LRB veya HDR ile birlikte kullanılır. Sönümleme gereksinimlerini karşılamak için iki farklı sürtünme katsayısı mevcuttur.</p>	
<p><b>U biçimli çelik dampere sahip NRB</b></p>	<p>Tasarımın bir sonucu olarak, sönümleyici malzeme, herhangi bir 360 derecelik yönde gelebilecek olan bir depremin yatay deformasyon kuvveti altında plastikleştirilir ve elde edilen gerilme, lokal konsantrasyon olmadan bir sönümleme elemanının üzerine dağıtılır. Tasarım aynı zamanda yatay kuvvet altında bir damper elemanının sertlik, akma kesme kuvveti ve yorulma özelliklerinin yönsel bağımlılığını en aza indirir.</p>	

Şekil 1.8: Önemli bazı sismik mesnetler



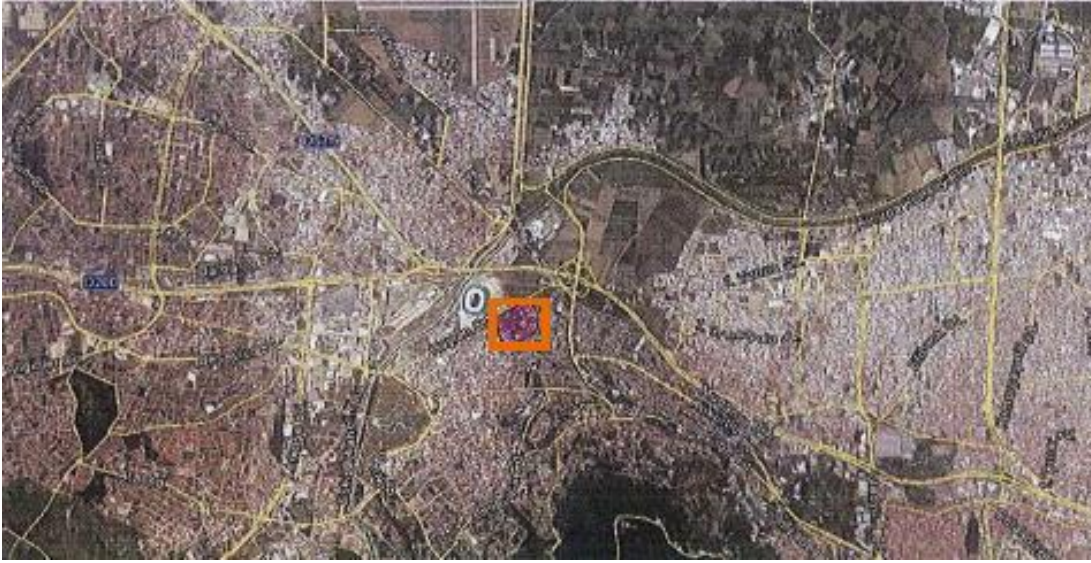
## 2. BURSA ALİ SONMEZ DEVLET HASTANESİ UYGULAMA PROJESİ

750 yataklı Bursa Ali Sönmez Devlet Hastanesi Uygulama Projesi kapsamında yapılan bina yaklaşık 260758 m<sup>2</sup> kapalı alana sahiptir. Ana hastane izolatörlü olarak, otopark ve teknik merkez binaları ise izolatörsüz olarak tasarlanmıştır. Bu raporda ana hastanenin hesapları verilmiştir. Blokların yerleşimi aşağıda görülebilir. Buna göre A1 ve A2 blok 6 kat,A3 ve A4 bloklar 13 katlıdır. Kat yükseklikleri ilk katta 4 metre, sonraki 4 katta 5.3 metre diğer katlarda ise 4.2 metredir.



Şekil 2.1: Proje Blok Yerleşimi

Bursa Ali Sönmez Devlet Hastanesi Osmangazi ilçesi, Hüdavendigar Mahallesi, 4548 ada 32 nolu parsel içerisinde bulunmaktadır. Proje konumu aşağıdaki şekilde gösterilmiştir:



Şekil 2.2: Proje Konumu

## 2.1. Yönetmelik ve Referanslar

Projede esas olarak kullanılacak olan şartname ve yönetmelikler aşağıdaki gibidir:

- TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları
- TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
- DBYBHK 2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
- TS 708, Beton Çelik Çubukları

- TS-EN 206, Beton - Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk

Yukarıda belirtilenlere ek olarak aşağıdaki uluslararası yönetmeliklerden faydalanılacaktır:

- TASI 2009, Seismic Isolation Design Code for Buildings
- IBC 2012, International Building Code
- ASCE 7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
- ACI 318-14, Building Code Requirements for Structural Concrete
- ACI MCP 2012, Manual of Concrete Practice
- EN 15129:2009, Anti Seismic Devices
- EN 1337-2:2005, Sliding Bearings

## **2.2. Kullanılan Programlar**

Proje kapsamında kullanılan yazılımlar aşağıda listelenmiştir.

- CSI ETABS V2016: Lineer ve nonlineer yapısal analizler,
- SAFE 2016: Temel ve döşeme tasarımı,
- CSI Section Designer: Betonarme elemanların kesit analizi,
- Autocad ve Gstar Cad: Kalıp planları ve imalat çizimlerinin oluşturulması,
- MS Office Excel ve Word

## **2.3. Geoteknik Bilgiler**

Aralık 2016 tarihli “Bursa İli, Osmangazi İlçesi Hüdavendigar Mahallesi 4548 Ada 32 No’lu Parselin Zemin Etüt Raporu” başlıklı rapordan elde edilen bilgilere göre temelin oturacağı zeminde 20 adet 20 metre derinliğinde zemin araştırma sondajı ve laboratuvar deneyleri gerçekleştirilmiştir. İncelenen alanda, hakim formasyonunun kuvaterner yaşlı alüvyon seriler olduğu raporda belirtilmiştir. Raporda sıvılaşma riski olmadığı belirtilmiştir.

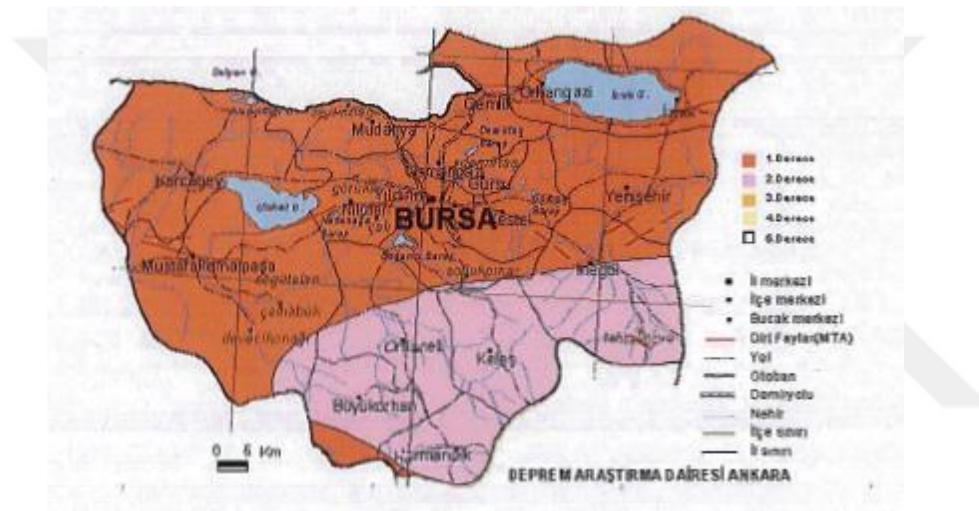
Geoteknik rapor verilerine göre, zemin parametreleri aşağıdaki gibidir:

## Çizelge 2.1: Hesaplanan Parametreler

Parametre	Değer
Zemin Grubu	C
Zemin Sınıfı	Z3
Ta-Tb	0.15-0.60
A0 (g)	0.40
$\sigma_{em}$	260 kPa
K	17370 kN/m <sup>3</sup>
Vs30	239 m/s

## 2.4. Bölge Depremselliği

Bursa şehrinin deprem haritası aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.(DBYBHY-2007)



Şekil 2.3: TDY 2007 Bursa Deprem Haritası

Yönetmeliklere ilaveten bölgeye özel deprem tehlikesi belirleme çalışması Prof. Dr. Mustafa Erdik yönetiminde tamamlanmış ve Ocak 2016 tarihli “Bursa Ali Sönmez Hastanesi Deprem Tehlikesi Belirlenmesi Raporu” hazırlanmıştır. Buna göre 40 °210N ve 29 °014E konumunda bulunan hastane binası için hem probabilistik hem de deterministik tehlike belirleme çalışmaları yapılmıştır [6].

Probabilistik çalışmalarda kullanılan kaynak bölgelemesi aşağıda gösterilmiştir. Geliştirilmiş fay segmentasyon modeli kapsamında Bursa Hastanesini etkileyecek büyüklükte depremlerin kaynaklanabileceği faylar ve fay segmentleri şunlardır;

- 1- Kuzey Anadolu Fay hattının güney kolunu oluşturan Geyve-İznik Fayı, Gemlik Fayı (S25 segmenti) ve Gemlik Körfezindeki faylar (S41 Segmenti)
- 2- Bursa-Gönen Grabeni (S15-S40 Segmentleri, Bursa’ya 0-5 km uzaklıkta)



**Şekil 2.4:** Marmara Bölgesi Kaynak Bölgelemesi(Erdik ve diğ,2004)

Hesaplarda azalım ilişkisi olarak Abrahamson ve Silva (2008),Boore ve Atkinson (2008),Campbell ve Bozorgnia (2008) ve Chiou ve Youngs (2008) NGA azalım ilişkileri kullanılmıştır. Zaman bağımlı model kullanılarak B/C sınır zemin koşulları için probabilistik spektral ivme değerleri aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 2.2:** Probabilistik Spektral İvme Değerleri (zaman-bağımlı model, NEHRP B-C Sınırı Zemin Tipi)

TASARIM DEPREMİ	ORTALAMA YİNELENME SÜRESİ Aşılma Olasılığı	SPEKTRAL İVME	
		S <sub>s</sub> (0.2s)	S <sub>1</sub> (1.0s)
Tasarım Depremi	475 Yıl - 50 yılda % 10	0.65g	0.27g
En büyük Deprem	2475 Yıl - 50 yılda % 2	1.07g	0.46g

Share modeli kullanılarak B/C sınır zemin koşulları için elde edilen probabilistik spektral ivme değerleri aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 2.3:** Probabilistik Spektral İvme Değerleri (Share model,NEHRP B-C Sınırı Zemin Tipi,  $V_{s30} = 800$  m/s)

TASARIM DEPREMİ	ORTALAMA YİNELENME SÜRESİ Aşılma Olasılığı	SPEKTRAL İVME	
		S <sub>s</sub> (0.2s)	S <sub>1</sub> (1.0s)
D2 - Depremi	475 Yıl - 50 yılda % 10	1.00	0.26
D3 - Depremi	2475 Yıl - 50 yılda % 2	1.90	0.52

Emme modeli kullanılarak B/C sınır zemin koşulları için elde edilen probabilistik spektral ivme değerleri aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 2.4:** Probabilistik Spektral İvme Değerleri (Emme model,NEHRP B-C Sınırı Zemin Tipi,  $V_{s30} = 8000$  m/s)

TASARIM DEPREMİ	ORTALAMA YİNELENME SÜRESİ Aşılma Olasılığı	SPEKTRAL İVME	
		Ss (0.2s)	S1 (1.0s)
D2 - Depremi	475 Yıl - 50 yılda % 10	1.00	0.23
D3 - Depremi	2475 Yıl - 50 yılda % 2	1.80	0.44

UDAP-Ç-13-36 modeli kullanılarak B/C sınır zemin koşulları için elde edilen probabilistik spektral ivme değerleri aşağıda verilmiştir. Bu değerlerin elde edilmesinde referans zemin olarak üst 30 m'de ortalama kayma dalgası yayılma hızı  $V_{s30} = 760$  m/s olan zemin kullanılmıştır.

**Çizelge 2.5:** Probabilistik Spektral İvme Değerleri (UDAP-Ç-13-36,NEHRP B-C Sınırı Zemin Tipi,  $V_{s30} = 760$  m/s)

TASARIM DEPREMİ	ORTALAMA YİNELENME SÜRESİ Aşılma Olasılığı	SPEKTRAL İVME	
		Ss (0.2s)	S1 (1.0s)
D2 - Depremi	475 Yıl - 50 yılda % 10	0.90	0.23
D3 - Depremi	2475 Yıl - 50 yılda % 2	1.74	0.44

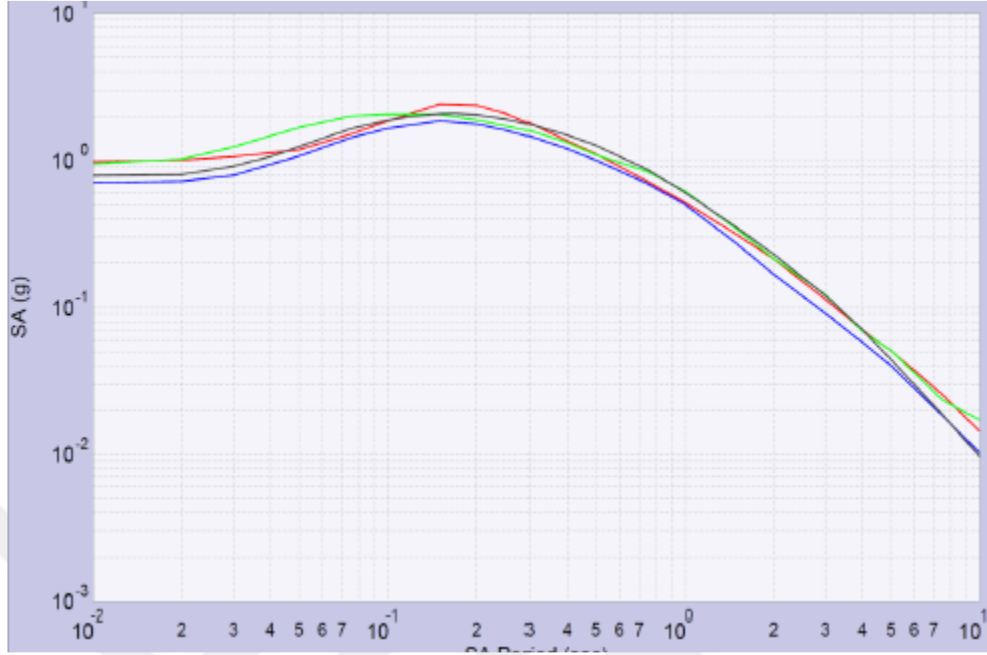
Bursa Hastanesi'ne en yakın diri faylar ve ilgili parametreler aşağıdaki çizelgede sunulmuştur. Buna göre Bursa Hastanesi'ne 2 km mesafede, oluşacak Mw6.4 büyüklüğünde bir deprem deterministik senaryo deprem olarak seçilmiştir.

**Çizelge 2.6:** Bursa Hastanesi civarındaki diri faylar (MTA 1:250000 Diri Fay Haritası-Bursa Paftası)

Fay Adı	Fay Uzunluğu	Bursa Hastanesine Mesafe	Faylanma Mekanizması	Fay Düzlemi	Deprem Potansiyeli, Mw
Zeytinbağı	36 km	25 km	Doğru atımlı	Düşey	6,5
Gençali	24 km	17 km	Doğru atımlı	Düşey	6,2
Bursa	35 km	2 km	Normal	60 - 70°KD	6,4
Ulubat	44 km	8 km	Doğru atımlı + Ters	Düşey	6,8

Bölgeye özel deprem tehlikesi belirleme çalışması esnasında yapılan deterministik analizlerde medyan+1 standart sapma dikkate alınarak, probabilistik hesaplarda

kullanılan NGA azalım ilişkileri ile aşağıdaki %5 sönümlü yatay spektrum elde edilmiştir.



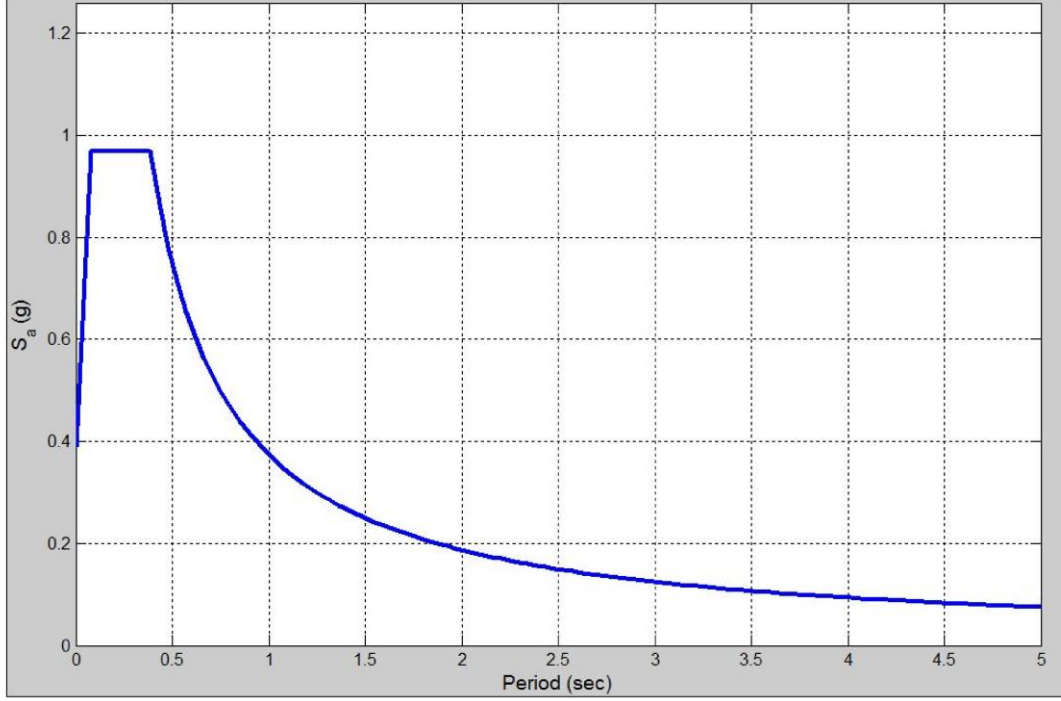
**Şekil 2.5:** Deterministik Deprem Senaryosu medyan +1 standart sapma %5 sönüm oranlı yatay spektrum (Mw6.4,R=2 km,  $V_{s30}=760$  m/s)

Deterministik çalışmalarda kullanılan deagregasyon değerleri için Prof. Erdik tarafından hazırlanan çalışmalar kullanılmıştır. Sonuç olarak tasarıma esas spektral ivme değerleri bölge zemini dikkate alınarak aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

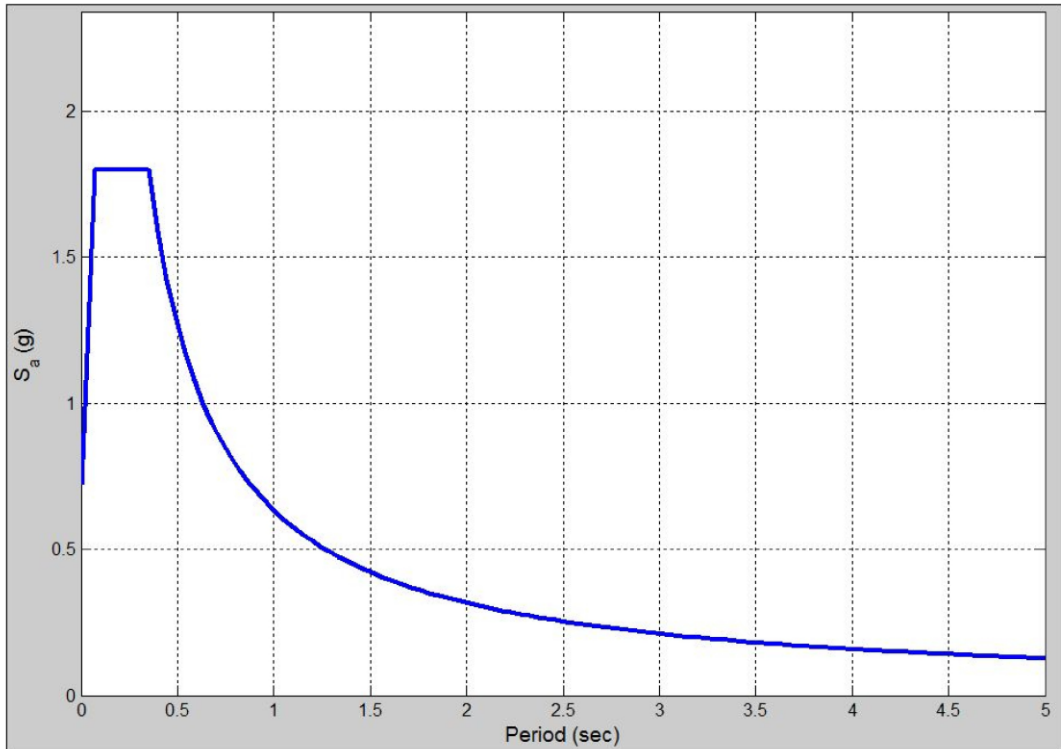
**Çizelge 2.7:** Tasarım Bazlı Deprem Spektrumu Parametreleri(En büyük doğrultu-NEHRP C zemin sınıfı)

ORTALAMA YİNELENME SÜRESİ Aşılma Olasılığı	SPEKTRAL İVME	
	Ss(0.2s)	S1(1.0s)
475 Yıl - 50 yılda % 10	1.15 g	0.48 g
2475 Yıl - 50 yılda % 2	2.16 g	0.82 g

ASCE 7-10 (2010) ve resmiyet kazanması beklenen güncellenmiş Türkiye Deprem Şartnameleri spektrum şekillerine uyularak belirlenmiş tasarım bazlı deprem spektrumları 475 ve 2475 yıllık deprem yinelenme periyodları ve “Geomean” ve “En büyük Doğrultu” yer hareketleri için aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

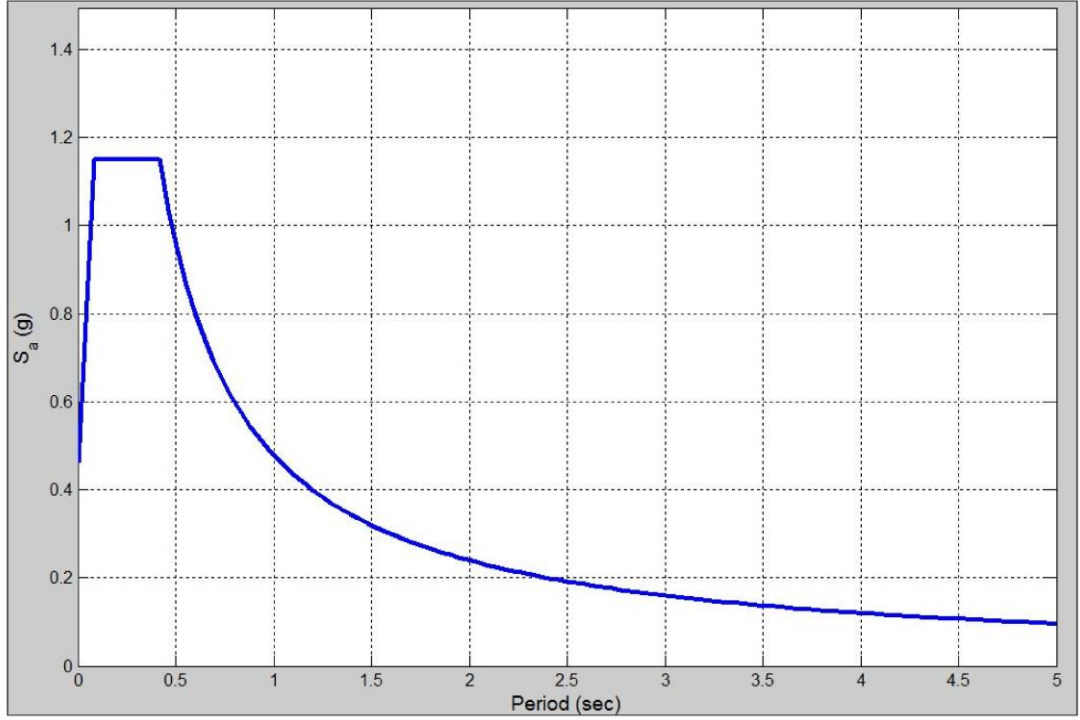


Şekil 2.6: 475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü "Geomean" tasarım spektrumu

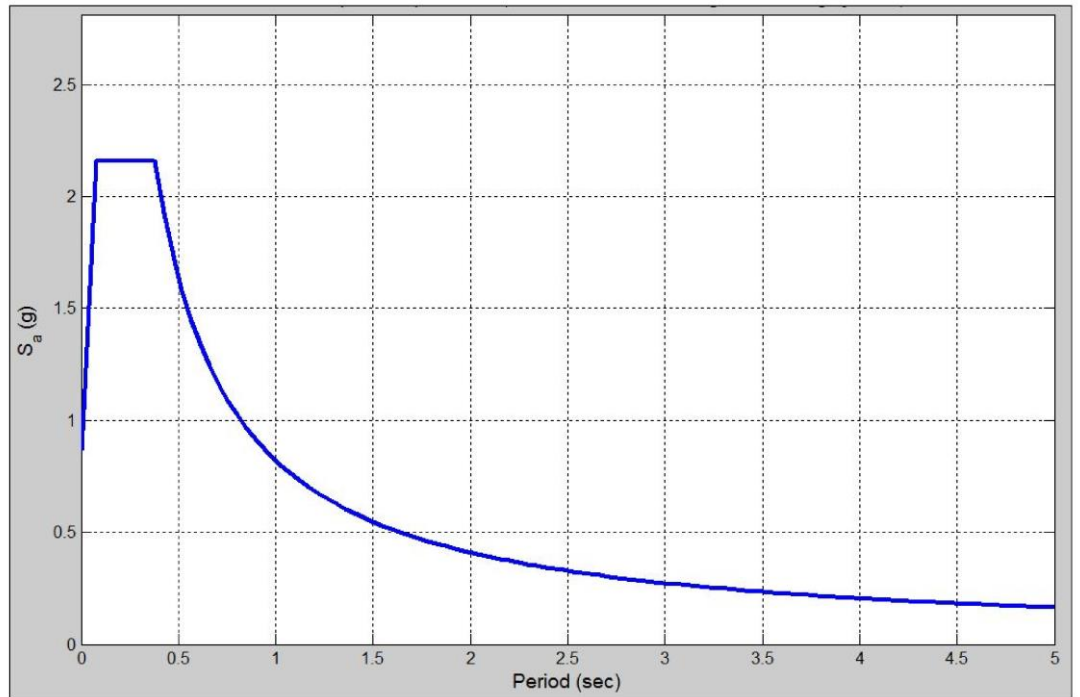


Şekil 2.7: 2475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü "Geomean" tasarım spektrumu





**Şekil 2.8:** 475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü “En Büyük Doğrultu” tasarım spektrumu



**Şekil 2.9:** 2475 yıllık ortalama yinelenme süresi için yere özgü “En Büyük Doğrultu” tasarım spektrumu

Bu proje kapsamında, özellikler izolatör yüklerinin daha önceden spektrum analizleri ile belirlenen aksel yüklerinin teyiti için, zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemleri de kullanılmıştır. Bu nedenle sismik tehlike çalışması ile bu analizlerde kullanılacak deprem kayıtları da belirlenmiştir. Bu kayıtların belirlenmesinde 2017 taslak yönetmelikte belirtilen  $0.5T_D$  ile  $1.25 T_M$  periyot aralığı kullanılmıştır. Kayıtların seçiminde “PEER Ground Motion Selection and Modification Group” tarafından üretilen yazılım kullanılmıştır. Kullanılan kayıtlar ve ölçekleme değerleri aşağıda gösterilmiştir [6].

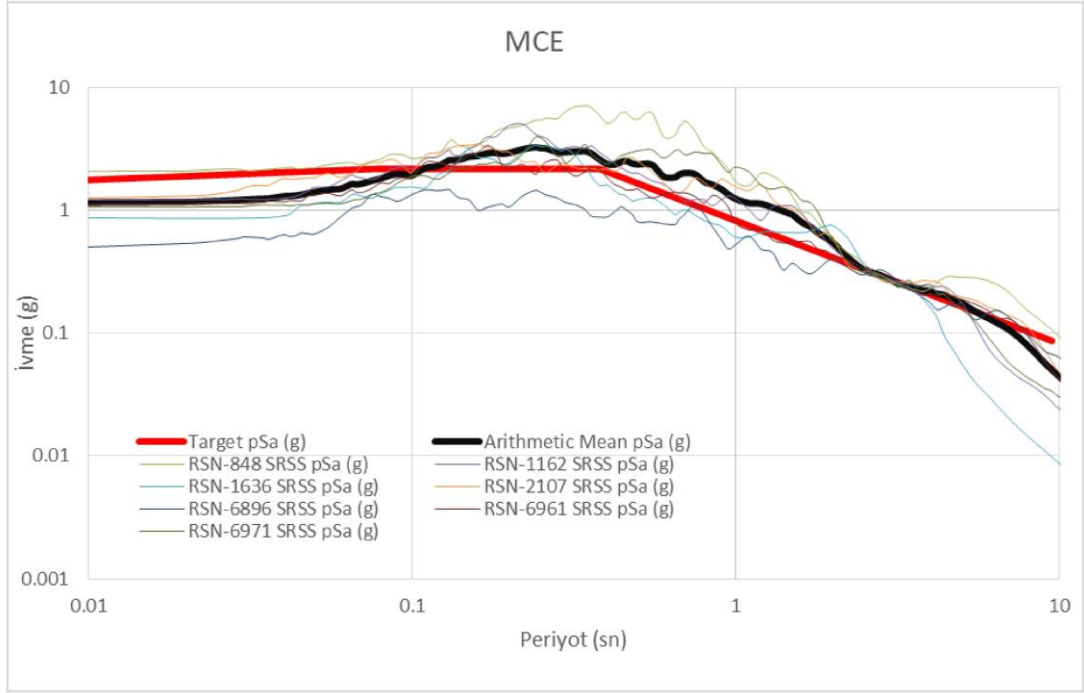
**Çizelge 2.8:** DD1 deprem seviyesi için seçilen kayıtlar

Ölçek Katsayısı	Deprem	Yıl	İstasyon	M	Rjb (Km)	Rrup (Km)	Kullanılabilir en küçük frekans (Hz)
4.089	"Landers"	1992	Coolwater	7.28	19.74	19.74	0.1
6.621	Kocaeli_						
	Turkey	1999	Goynuk	7.51	31.74	31.74	0.1875
3.773	Manjil_						
	Iran	1990	Qazvin	7.37	49.97	49.97	0.25
9.7135	Denali_						
	Alaska	2002	Carlo (temp)	7.9	49.94	50.94	0.078
4.189	Darfield_						
	N.Zealand	2010	DORC	7	29.96	32.91	0.125
4.3716	Darfield_						
	N. Zealand	2010	RKAC	7	13.37	16.47	0.15
4.661	Darfield_						
	N.Zealand	2010	SPFS	7	29.86	29.86	0.0375

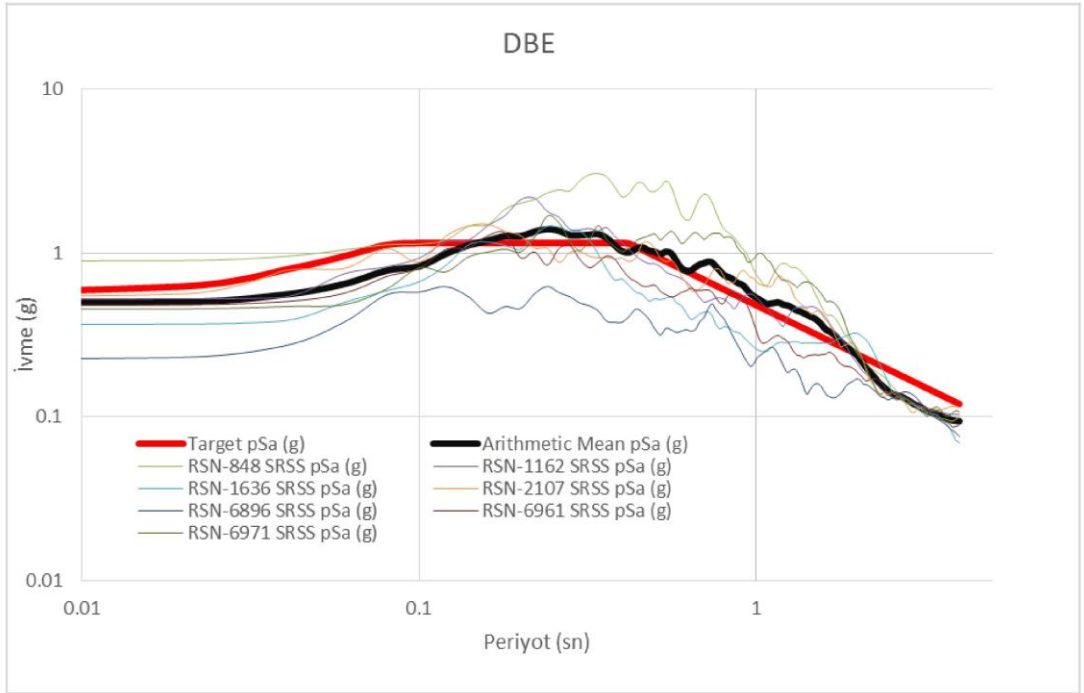
**Çizelge 2.9:** DD2 deprem seviyesi için seçilen kayıtlar

Ölçek Katsayısı	Deprem	Yıl	İstasyon	M	Rjb (Km)	Rrup (Km)	Kullanılabilir en küçük frekans (Hz)
1.77	"Landers"	1992	Coolwater	7.28	19.74	19.74	0.1
2.86	Kocaeli_						
	Turkey	1999	Goynuk	7.51	31.74	31.74	0.1875
1.63	Manjil_						
	Iran	1990	Qazvin	7.37	49.97	49.97	0.25
4.21	Denali_						
	Alaska	2002	Carlo (temp)	7.9	49.94	50.94	0.078
1.81	Darfield_						
	N.Zealand	2010	DORC	7	29.96	32.91	0.125
1.89	Darfield_						
	N. Zealand	2010	RKAC	7	13.37	16.47	0.15
2.01	Darfield_						
	N.Zealand	2010	SPFS	7	29.86	29.86	0.0375

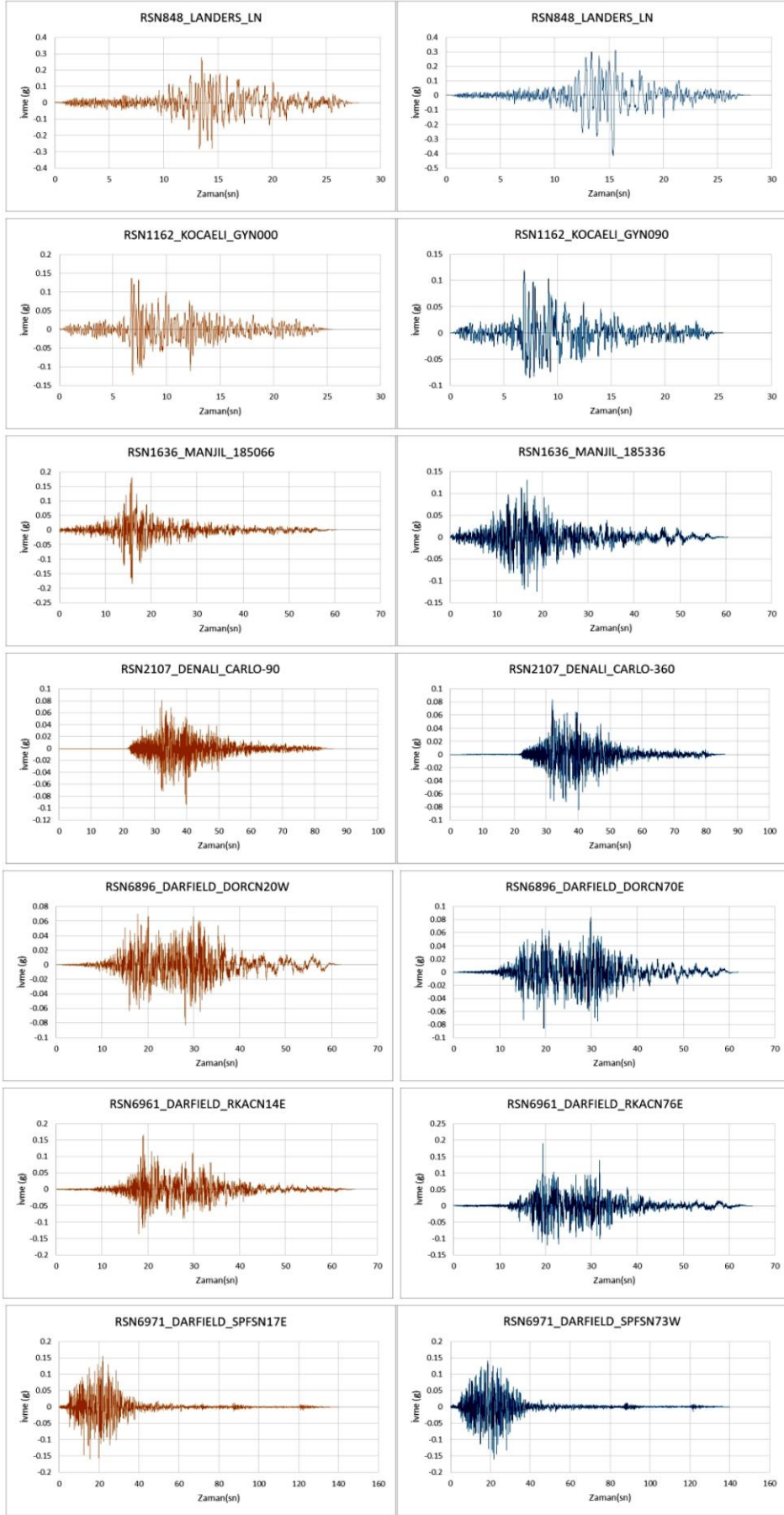
Aşağıdaki grafiklerde hedeflenen ve ölçeklenen ivme spektrumları ile seçilen ivme kayıtları gösterilmiştir.



Şekil 2.10: DD1 Spektrum Karşılaştırması

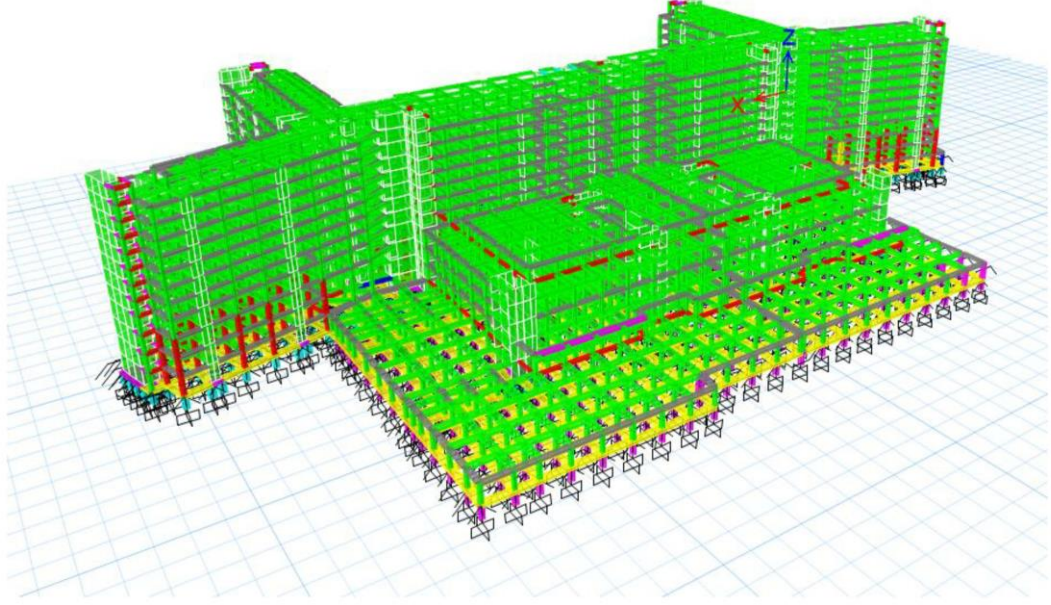


Şekil 2.11: DD2 Spektrum Karşılaştırması

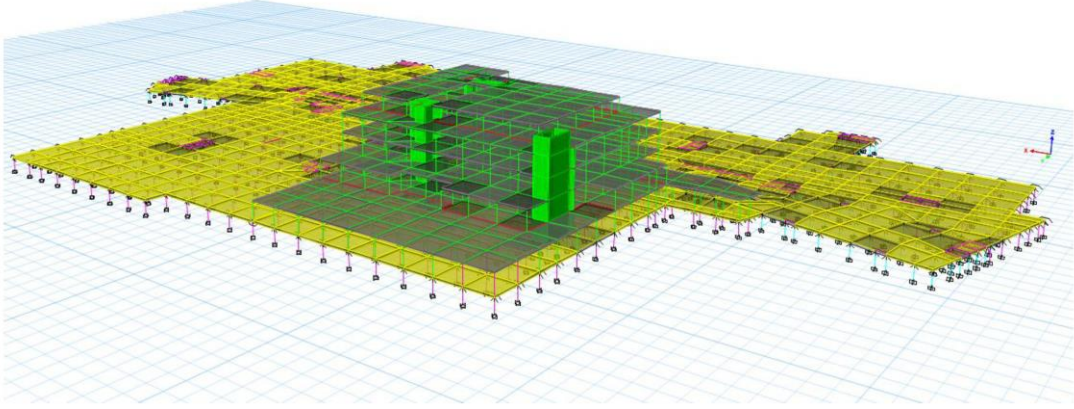


Şekil 2.12: Ölçeklendirilmemiş deprem ivme-zaman kayıtları

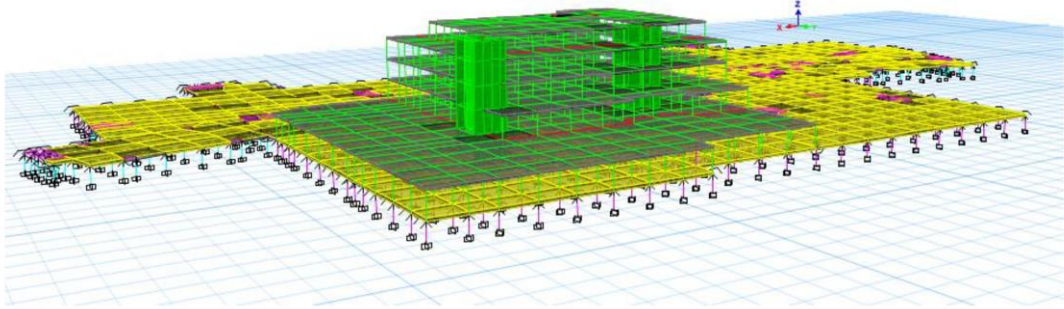
## 2.5. İzolatörlerin Yerleşimi



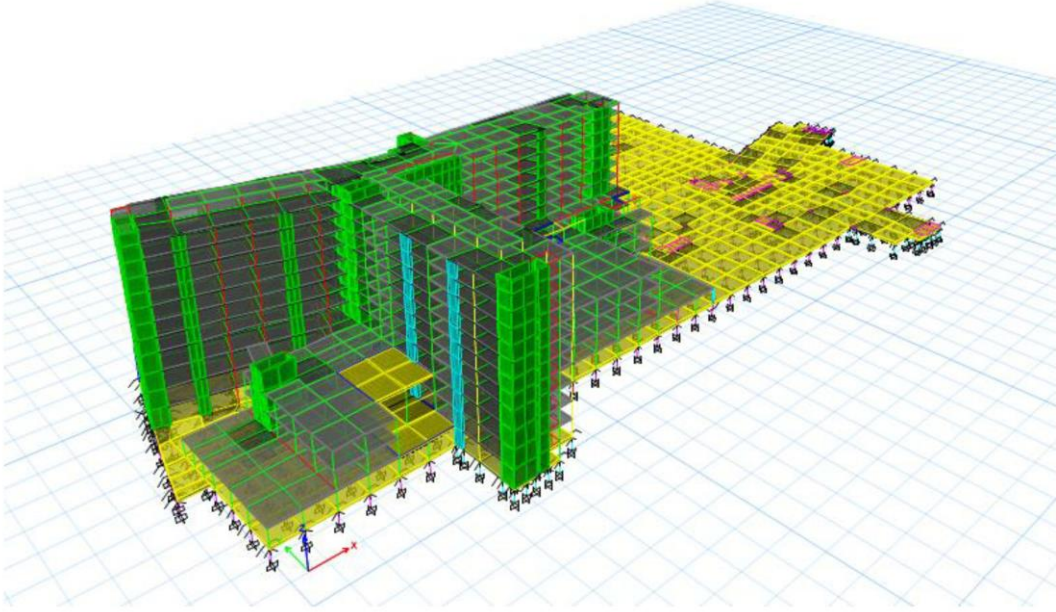
Şekil 2.13: 3D Analiz Modeli



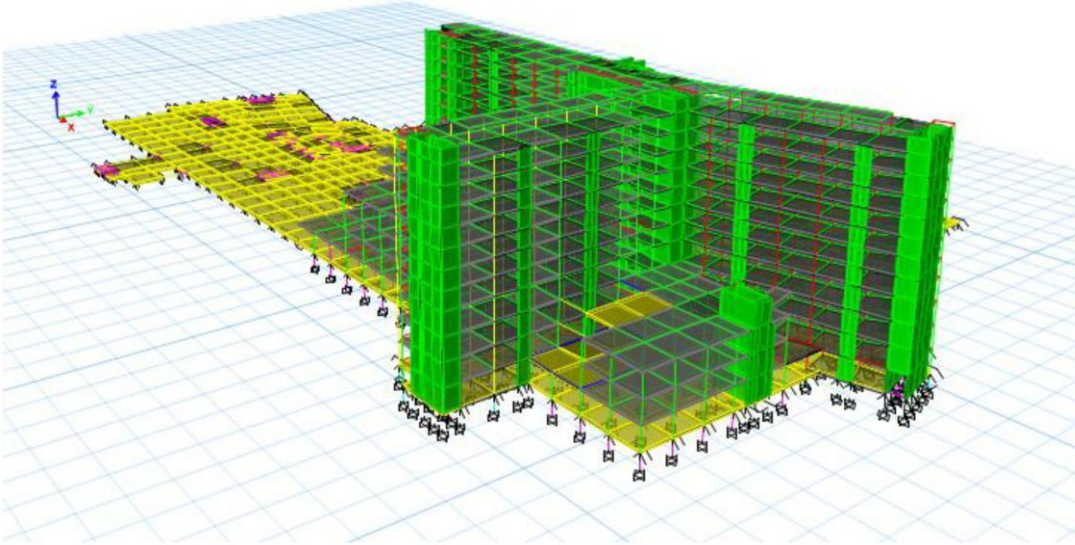
Şekil 2.14: A1 Blok Model Görüntüsü



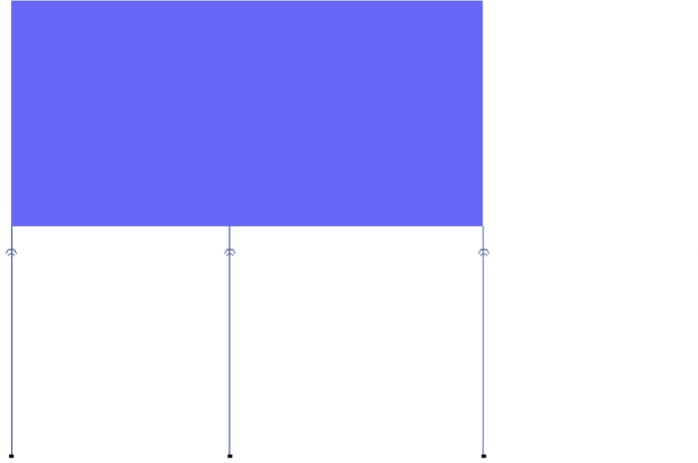
Şekil 2.15: A2 Blok Model Görüntüsü



**Şekil 2.16:** A3 Blok Model Görüntüsü



**Şekil 2.17:** A4 Blok Model Görüntüsü



Şekil 2.18: İzolatörlerin Kolonlara ve Perdelere Göre Yerleşimi

## 2.6. Proje Beton ve Donatı Sınıfları

İzolatörsüz kısımlarında kullanılan malzeme sınıfları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 2.10: Proje Beton Sınıfları

Konum	Sınıf	$f_{ck}$	$f_{tk}$	E
Yapısal Sistem	C40	40	1.45	34000
Temel(teknik merkez)	C40	40	1.45	34000

Tasarımda kullanılacak olan donatı sınıfları ise aşağıdaki gibidir:

Çizelge 2.11: Proje Donatı Sınıfları

Tip	Sınıf	$f_{yk}$	$f_{uk}$ (maks)	E
Donatı	B420C	420	567	210000
Hasır	B500B	500	—	210000

## 2.7. Yükler

### 2.7.1. Düşey Yükler

Hesaplarda kullanılacak olan yük değerleri aşağıdaki çizelgede özetlenmektedir:

Çizelge 2.12: Yük çizelgesi (kPa)

Konum	Servis Yükü	İlave Ölü Yük	Duvar Yükü	Mekanik Yük	Hareketli Yük
Otopark	0.5	2.2	-	-	5.0
Koridor	0.5	2.2	-	-	5.0
Hastane Genel	0.5	2.0	1.5	-	5.0
Hastane Ekipman Alanı	0.5	2.2	1.5	10	3.5
Ofis	0.5	2.5	0.0	-	2
Mekanik Kat	1.0 (tavan)	2.2	-	7.5	2
Çatı Katı	0.5	3.5	-	-	1.5
Ameliyathane	0.5	2.2	1.5	5	5
Trafik	0.5	2.2	-	-	15

Bahçe ve teraslarda toprak yükü alınmıyorsa Hareketli Yük değeri 2.0 kPa olarak alınacaktır.

### 2.7.2. Rüzgar Yükleri

Rüzgâr yükleri TS498'e göre belirlenecektir. Rüzgar hızı, yapı yüksekliği de dikkate alınarak aşağıdaki çizelgeye göre seçilmiş ve rüzgar yükü aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

**Çizelge 2.13:** Rüzgar Hız ve Basınçları

Yükseklik (m)	Rüzgar Hızı (m/s)	Hız Basıncı (kPa)
0-8	28	0.50
9-20	36	0.80
<b>21-100</b>	42	1.10
>100	46	1.30

$$w = c_p q$$

$$q = \frac{V^2}{1600}$$

Burada q, hız basıncını, w ise rüzgar kuvvetini (birim alana etkiyen) göstermektedir.  $c_p$  katsayısı rüzgarın etki ettiği yüz için 0.8, ters yüz için ise 0.4 alınmıştır.

### 2.7.3. Toprak Yükleri

Bina çevre duvarına etki eden tatay itkiler, geoteknik rapor doğrultusunda aşağıdaki gibi hesaba dahil edilmiştir.

$$\phi = 30^\circ, c = 0 \text{ kPa}$$

YASS = 0 m (yeraltı suyunun drenaj ile uzaklaştırılacağı düşünülmektedir.)

Toprak ve zemin suyu etkileri, geoteknik danışmanın önereceği parametrelere göre aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

$$K_{at} = \frac{(1 \pm C_v) \cos^2(\varphi - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda \cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \lambda - i)}{\cos(\delta + \alpha + \lambda) \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2}$$

$$K_{as} = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\delta + \alpha)} \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - i)}{\cos(\delta + \alpha) \cos(i - \alpha)}} \right]^{-2}$$

$$K_{ad} = K_{at} - K_{as}$$



Kurudaki zeminlerde;  $\lambda = \arctan \left[ \frac{C_h}{(1 \pm C_v)} \right]$  ,  $\delta$  yerine  $\delta$

Su seviyesinin altındaki zeminlerde;  $\lambda = \arctan \left[ \frac{\gamma_s}{\gamma_b} \cdot \frac{C_h}{(1 \pm C_v)} \right]$  ,  $\delta$  yerine  $\frac{\delta}{2}$

Düşeyde serbest konsol ise;  $C_h = 0.2 (I + 1) A_0$  ,  $C_v = \frac{2C_h}{3}$

Yatay doğrultuda tutuluyor ise;  $C_h = 0.3 (I + 1) A_0$  ,  $C_v = 0$

$\gamma_s$  = Zeminin suya doymun birim hacim ağırlığı

$\lambda$  = Toplam aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında eşdeğer deprem katsayılarına bağlı olarak hesaplanan açı

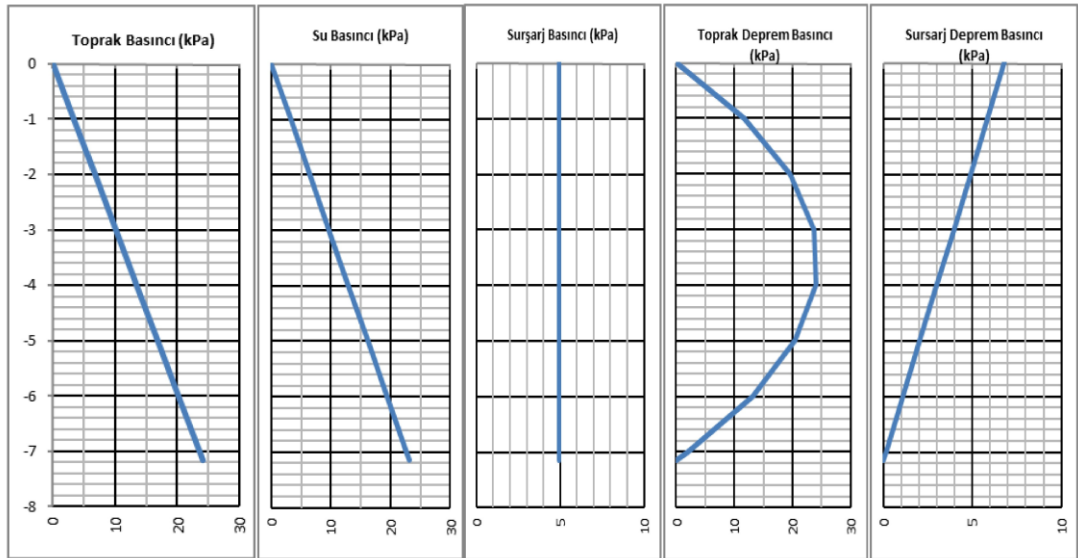
$$p_{ad}(z) = 3K_{ad} \left( 1 - \frac{z}{H} \right) p_v(z) \quad , p_v(z) = \gamma z$$

$$p_{pd}(z) = 3K_{pd} \left( 1 - \frac{z}{H} \right) p_v(z) \quad , p_v(z) = \gamma z$$

$p_{ad}(z)$  = Zemin kütlelerinden oluşan dinamik aktif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu

$p_{pd}(z)$  = Zemin kütlelerinden oluşan dinamik pasif basıncın derinliğe göre değişim fonksiyonu

Depremsiz durumda da aktif itki katsayısı dikkate alınacaktır.



Şekil 2.19: Toprak İtkisi – Derinlik İlişkisi

#### 2.7.4. Etkitilen Yükler

Yapıya dolaylı olarak etkitilen yük olarak ısı ve beton rötre etkileri aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır:

Sıcaklık değişimi :  $\pm 20^0$  C

Beton Rötre: 600 microstrain

Rötre etkilerinin hesaplanması için ACI 209 yönetmeliği esas alınmıştır.

Lamine lastik mesnetlerin mekanizmasının araştırılması son yirmi yılda analitik ve deneysel olarak yapılmıştır. Lamine lastik mesnetin mekanik davranışını tanımlamak için geğerli denklemlerin türetilmesi basitlik için göz ardı edilmiştir. Pratik tasarım prosedürleri için gerekli denklemler aşağıda verilmiştir. Lamine lastik mesnetlerin fiziksel parametreleri burada sunulmuştur.

### 2.7.5. Yük Kombinasyonları

Tasarım hesaplarında TS 500 ve ASCE-7-10 'da verilen yük kombinasyonları kullanılmıştır. Bunlar aşağıdaki gibidir:

İzolatör altı ve izolatör seviyesi tasarım kombinasyonları:

- 1)  $1.2 G + 1.6 L$
- 2)  $(1.2 + 0.2 S_{ds})G + 1.0 L + E_{dbe}$
- 3)  $(0.9 - 0.2 S_{ds})G + E_{dbe}$
- 4)  $(1.2 + 0.2 S_{ms})G + 1.0 L + E_{mce}$
- 5)  $(0.9 - 0.2 S_{ms})G + E_{mce}$
- 6)  $1.4 G$
- 7)  $1.2 G + 1.6 L + 1.6 H$
- 8)  $1.2 G + 1.2 T + 1.0 L$
- 9)  $0.9 G + 1.6 H$

İzolatör üstü tasarım kombinasyonları;

- 1)  $1.4 G + 1.6 L$
- 2)  $(1.2 + 0.2 S_{ds})G + 1.0 L + E_{dbe}$
- 3)  $(0.9 - 0.2 S_{ds})G + E_{dbe}$
- 4)  $(1.2 + 0.2 S_{ms})G + 1.0 L + E_{mce}$
- 5)  $(0.9 - 0.2 S_{ms})G + E_{mce}$
- 6)  $1.4 G$
- 7)  $1.2 G + 1.6 L + 1.6 H$
- 8)  $1.2 G + 1.2 T + 1.0 L$
- 9)  $0.9 G + 1.6 H$

Kombinasyonlarda kullanılan kısaltmaların açılımları aşağıda verildiği gibidir.

- G: toplam ölü yük

- L: Hareketli Yük
- T: Sıcaklık Yüğü
- W: Rüzgar Yüğü
- E: Deprem Yüğü
- H: Toprak Basınç Yüğü

## 2.8. Servis ve Durabilite Kriterleri

### 2.8.1. Sehim Limitleri

Aşağıdaki sehim limitleri hesaplarda sınır koşulu olarak dikkate alınmıştır:

**Çizelge 2.14:** Sehim limitleri

Durum	Konum/Durum	Sınır
Döşeme, Kiriş (düşey)	Açıklık	L/240
Döşeme, Kiriş (düşey)	Konsol	L/120
Döşeme, Kiriş (düşey @ kiritik)	Açıklık	L/480
Döşeme, Kiriş (düşey @ kiritik)	Konsol	L/240
Görelî Kat ötelemesi	Rüzgar	H/350
Görelî Kat ötelemesi	Deprem (DBE)	H/200
Zemin Oturması	Servis	L/1000

### 2.8.2. Paspayı

Donatı paspayları aşağıdaki sınırları sağlamaktadır:

**Çizelge 2.15:** Paspayı asgari değerleri

Konum	Değer
Toprağa Değen Elemanlar	$Cc \geq 50$ mm
Kolon ve Kirişler	$Cc \geq 40$ mm
Döşemeler	$Cc \geq 25$ mm
Perdeler	$Cc \geq 40$ mm
Kazık	$Cc \geq 75$ mm

### 2.8.3. Çatlak Genişlik Limitleri

Çatlak genişlikleri aşağıdaki sınırları sağlamaktadır:

**Çizelge 2.16:** Çatlak genişlik azami değerleri

Konum	Değer
Yapı içi	$w_{max} \leq 0.4$ mm
Yapı dışı	$w_{max} \leq 0.2$ mm
Yapı içi (nemli)	$w_{max} \leq 0.2$ mm

## 2.9. İzolatörlerin Tahkiki

Eksenel yük seviyelerine göre 4 farklı izolatör kullanılmıştır. Bu izolatörlerin eksenel yük kapasitelerini ve bunlara bağlı olarak beklenen nominal sürtünme katsayılarını aşağıda gösterilmiştir.

**Çizelge 2.17:** İzolatörlerin eksenel yükleri ve bu yüklerde beklenen nominal sürtünme katsayıları

	Maks. G+0.3Q (kN)	Ortalama G+0.3Q (kN)	Ortalama 1.63G+Q+E <sub>MCE</sub> (kN)	$\mu_{dyn}$ (Maks. G+0.3Q) (%)	$\mu_{dyn}$ (Ort. G+0.3Q) (%)	$\mu_{dyn}$ (Ortalama 1.63G+Q+E <sub>MCE</sub> ) (%)
<b>Tip 1</b>						
TDP 4800/410/5	3058	1949	3551	6.34	8.33	5.80
<b>Tip 2</b>						
TDP 9200/410/5	5461	3693	7441	6.68	8.46	5.54
<b>Tip 3</b>						
TDP 13100/410/5	8837	4709	11913	6.19	9.06	5.17
<b>Tip 4</b>						
TDP 17200/410/5	12245	5071	19087	5.99	10.21	4.58

Eşdeğer sürtünme katsayısı değerine uygulanan, sismik yalıtım sisteminin alt ve üst sınır koşullarında davranışını tahmin etmek amacıyla kullanılan katsayılar ve sürtünme değerleri aşağıda verilmiştir [6].

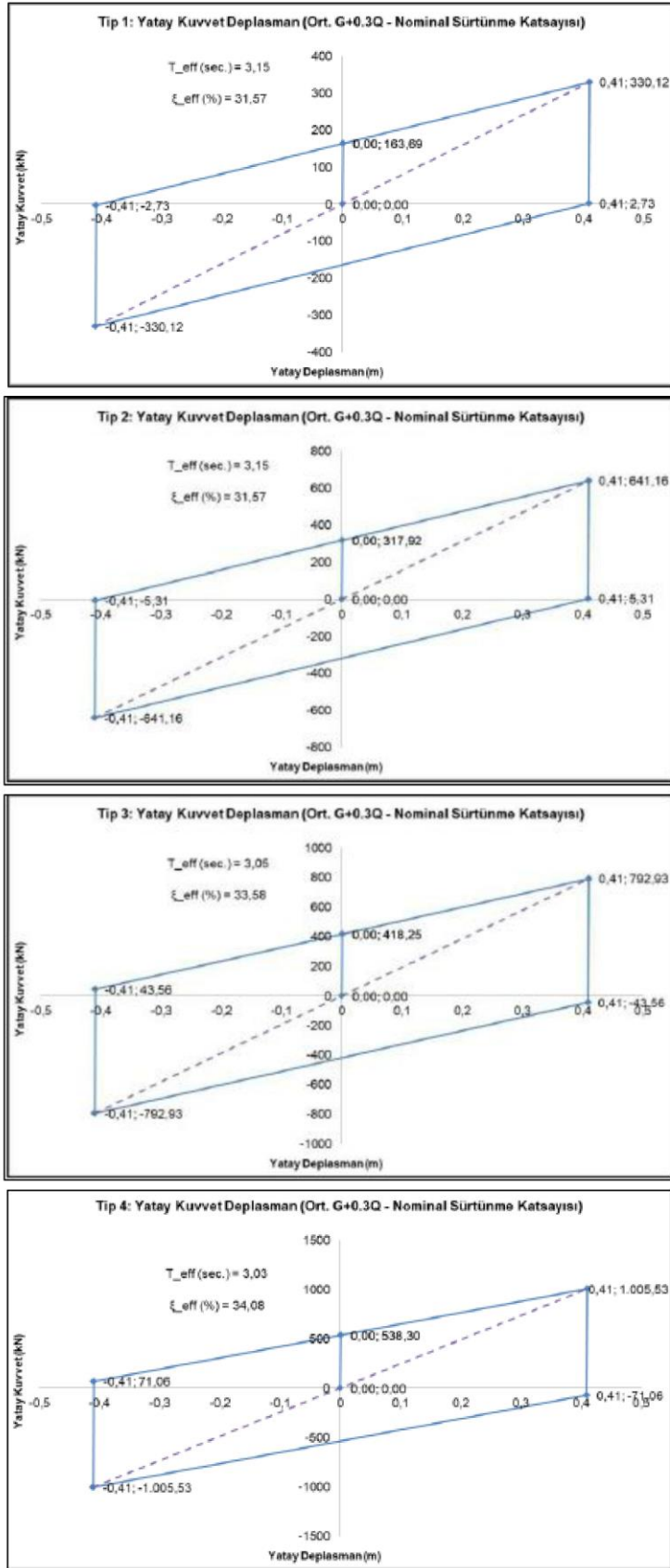
**Çizelge 2.18:** İzolasyon sisteminin nominal, alt sınır ve üst sınır eşdeğer sürtünme katsayısı değerleri

	Katsayı	Eşdeğer sürtünme katsayısı, $\mu_{eq}$ (%)
Alt Sınır	0.75	6.46
Nominal	1.00	8.62
Üst Sınır	1.50	12.92

Proje kapsamında kullanılacak olan 923 adet izolatör, ön görülen eksenel yüklere göre belirlenen 4 farklı tip içerisinde gruplandırılmıştır. Daha sonra gruplandırılan izolatör parametrelerine göre zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilerek her iki deprem seviyesi altında tüm izolatörler için etkiyen eksenel kuvvetler ekte verilmiştir.

**Çizelge 2.19:** İzolator teknik verileri ve geometrik özellikleri

TEKNİK VERİLER				
Tip No	1	2	3	4
Cihaz Kodu	TDP 4800/410/5	TDP 9200/410/5	TDP 13100/410/5	TDP 17200/410/5
Toplam adet	206	276	243	198
Maks. eksenel yük, $N_{ULS} (1.2G+1.6Q)$	4727 kN	7828 kN	14346 kN	16701 kN
Ort. eksenel yük, $N_{st}$ (1.2G+1.6Q)	2775 kN	5340 kN	6282 kN	6999 kN
Maks. eksenel yük, $N_{ULS} (1.2G+Q\pm E_{MCE})$	5291 kN	12215 kN	17788 kN	29458 kN
Ort. eksenel yük, $N_D$ (1.2G+Q $\pm E_{MCE}$ )	3410 kN	7326 kN	12954 kN	19871 kN
Maks. eksenel yük, $N_{SM} (G+0.3Q)$	3058 kN	6423 kN	8837 kN	12245 kN
Ort. eksenel yük, $N_{SO}$ (G+0.3Q)	1859 kN	3804 kN	4621 kN	5151 kN
Nominal dinamik sürtünme katsayısı, $\mu$	%5.0	%5.0	%5.0	%5.0
Deplasman kapasitesi	$\pm 410$ mm	$\pm 410$ mm	$\pm 410$ mm	$\pm 410$ mm
Eşdeğer eğrilik yarıçapı, $R_{eq}$	4900 mm	4900 mm	4900 mm	4900 mm
GEOMETRİK ÖZELLİKLER				
Destek plakası dış çapı	810 mm	940 mm	1030 mm	1110 mm
İzolatorün en büyük genişliği	1010 mm	1180 mm	1330 mm	1410 mm
İzolator yüksekliği	135 mm	157 mm	175 mm	192 mm
Ankraj cıvatası özellikleri	12xM22 (Cl. 10.9)	12xM30 (Cl. 10.9)	12xM42 (Cl. 10.9)	16xM42 (Cl. 10.9)
Grout özellikleri	$t \geq 50$ mm. $f_c \geq 60$ MPa	$t \geq 50$ mm. $f_c \geq 60$ MPa	$t \geq 50$ mm. $f_c \geq 60$ MPa	$t \geq 50$ mm. $f_c \geq 70$ MPa
İzolator tabanında önerilen kolon (veya pedestal) özellikleri	130x130 cm $f_c \geq 40$ MPa	160x160 cm $f_c \geq 40$ MPa	210x210 cm $f_c \geq 40$ MPa	210x210 cm $f_c \geq 40$ MPa
TEST MIKTARLARI				
Prototip testleri	2	2	2	2
Fabrika üretim kontrol testleri (%30)	62	83	73	60



**Şekil 2.20:** İzolatörlerin Ort. G+0.3Q aksenal yükleri altında davranış modelleri  
 İzolatör tasarım hesapları farklı tipler için takip eden sayfalarda verilmiştir;

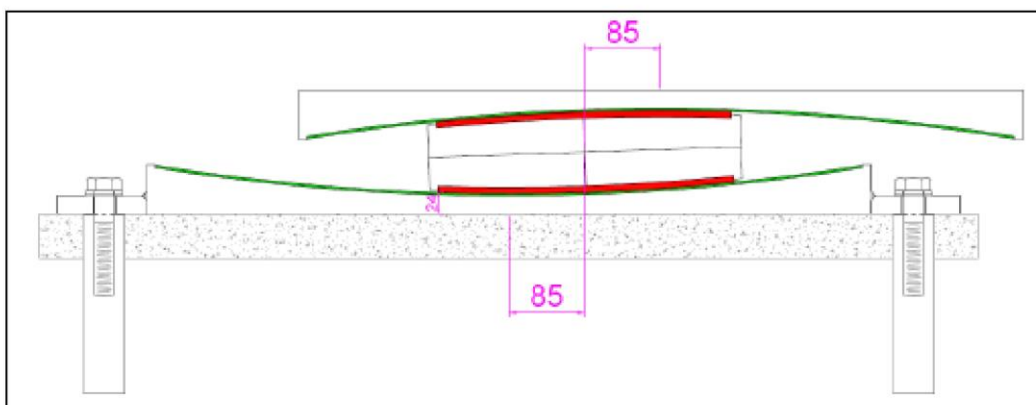
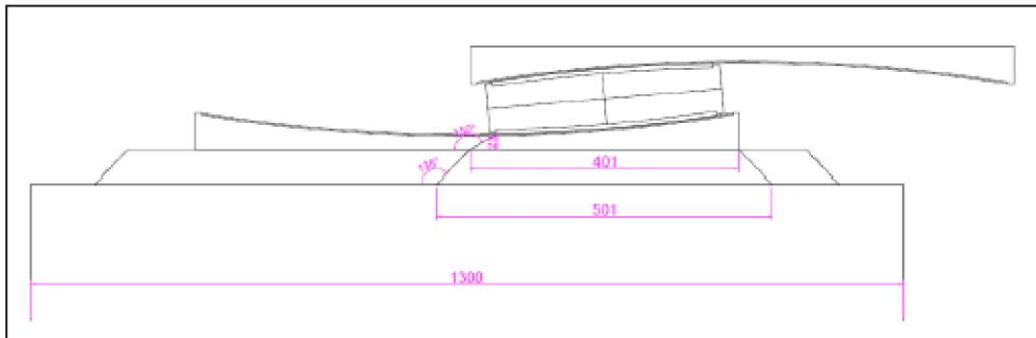
**Çizelge 2.20: Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-1)**

**Tip 1: TDP 4800/410/5:**

GEOMETRICAL CHARACTERISTICS			
R	2500 mm		radius of curvature
R <sub>eq</sub>	4900 mm		equivalent radius of curvature
d	410 mm		displacement capacity
β	4,704 °		maximum rotation angle
h <sub>0</sub>	16,502 mm		total vertical displacement of device @d
T	4,44 sec		period
K <sub>eff</sub>	1518 N/mm		effective stiffness
T <sub>eff</sub>	3,75 sec		effective period
ξ	0,183 -		equivalent viscous damping
CONCRETE MATERIAL CHARACTERISTICS			
f <sub>ck,conc</sub>	40 MPa		characteristic compressive strength of concrete
f <sub>cd,conc</sub>	22,67 MPa		design compressive strength of concrete
E	35220 MPa		elastic modulus of concrete
STEEL MATERIAL CHARACTERISTICS			
f <sub>y</sub>	355 MPa		yield strength of steel
f <sub>t</sub>	510 MPa		ultimate strength of steel
E	210000 MPa		Young modulus
LOADS			
N <sub>0</sub>	5300 kN		maximum seismic vertical force - ULS (1.2G+Q+E)
	4700 kN		maximum static vertical force - ULS (1.2G+1.6Q)
	3100 kN		maximum service vertical force - SLS (G+0.3Q)
V <sub>0</sub>	178,875 kN		lateral or shear force (due to friction)
	443 kN		lateral or shear force (due to displacement)
	622 kN		total shear force
ECCENTRICITIES (ANNEX A 1337-7)			
EN 1337-7 - A.2.1	e <sub>1</sub>	3,38 mm	eccentricity due to the frictional resistance
EN 1337-7 - A.3	e <sub>3</sub>	1,00 mm	eccentricity due to accidental rotation
EN 1337-7 - A.4	e <sub>4</sub>	8,37 mm	eccentricity due to lateral forces
	e <sub>tot,rest</sub>	4,38 mm	total eccentricity at rest
	e <sub>tot,displ</sub>	12,74 mm	total eccentricity at maximum displacement
SEPARATION OF SLIDING SURFACES			
	L/8	41,25 mm	condition for σ <sub>x</sub> ≠0 at SLS
		OK	CHECK
DEFORMATION OF BACKING PLATES			
EN 1337-2 Annex C	d <sub>b</sub>	810 mm	diameter of backing plate
	a <sub>b</sub>	717 mm	side of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	40,5 mm	minimum thickness of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	32,4 mm	minimum equivalent thickness of backing plate
	t <sub>b</sub>	20 mm	minimum thickness of backing plate
	t <sub>b,max</sub>	55 mm	maximum thickness of backing plate
	t <sub>b,eq</sub>	41,00 mm	equivalent constant thickness
		OK	
	N <sub>0,d</sub>	1418 kN	design axial force due to variable actions - no factor
	N <sub>0,d</sub>	2709 kN	design axial force due to permanent actions - no factor
	E <sub>cd</sub>	35220 MPa	secant modulus of elasticity of concrete
	E <sub>cd</sub>	11740 MPa	design reduced modulus of elasticity of concrete - divided by 3 according to EN
	k <sub>c</sub>	1,100 -	
	Q <sub>c</sub>	271,01 mm <sup>2</sup>	
	k <sub>b</sub>	1,650 -	
	Q <sub>b</sub>	0,669 -	
	Δw <sub>i</sub>	0,549 mm	
	Δw <sub>max</sub>	0,778 mm	condition of maximum deformation
		OK	CHECK

**Çizelge 2.21: Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-2)**

CONTACT STRESS ON CONCRETE			
AT REST POSITION			
$t_{e,PTFE}$	27,94 mm		thickness of plate at the edge of PTFE
$\alpha_s$	60 °		diffusion angle in steel
$L_{s,gr}$	426,79 mm		diffusion diameter between plate and grout
$\sigma_1$	32,85 MPa		stress between plate and grout - ULS verification
$f_{ck,gr}$	60,00 MPa		characteristic compressive resistance
	OK	1,83	CHECK - verification with characteristic resistance of grout
$\alpha_{gr}$	45 °		diffusion angle in grout
$t_{gr}$	50 mm		thickness of the grout layer
$L_{gr,conc}$	526,79 mm		diffusion diameter between grout and concrete
$\sigma_2$	21,56 MPa		stress between plate and grout - with ULS vertical force
$(A_{c1}/A_{c2})^{0.5}$	2,00		diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa		concrete compressive resistance
	OK	2,10	CHECK
AT MAXIMUM DISPLACEMENT			
$L_{s,gr}$	401,00 mm		diffusion diameter between plate and grout - value at maximum displacement
$\sigma_1$	41,97 MPa		stress between plate and grout - with seismic ULS force
$f_{ck,gr}$	60,00 MPa		grout compressive resistance
	OK		CHECK - grout verification for lower plate
$L_{gr,conc}$	501,00 mm		diffusion diameter between grout and concrete
$A_2$	197036 mm <sup>2</sup>		diffusion area between grout and concrete
$W$	12345625 mm <sup>3</sup>		
$\sigma_2$	26,90 MPa		stress between plate and grout - with seismic ULS force
$(A_{c1}/A_{c2})^{0.5}$	2,00		diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa		concrete compressive resistance
	OK	1,69	CHECK





**Çizelge 2.22: Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-3)**

DESIGN OF END PLATES (Section 8 of Constantinou, Kalpakidias, Filiatrault, Ecker Lay) - ELASTIC METHOD (no load-moment procedure)		
<b>LOADS</b>		
Service	3100 kN	Maximum for Combination G+0,3Q
DBE	4700 kN	Maximum for Combination 1.43G+Q+E(DBE)
MCE	5300 kN	Maximum for Combination 1.63G+Q+E(MCE)
<b>Service Condition</b>		
$\varphi_c$	0,65 -	
$\varphi_b$	0,9 -	
$f_c'$	40,0 MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0 MPa	steel material strength
$f_b$	44,2 MPa	concrete design bearing strength
b	330,0 mm	diameter of Technosilide
$b_1$	296,8 mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	1,104305 -	$b/b_1$
r	0,0 mm	loading arm
$M_{u,exact}$	0,0 kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	0,0 mm	required plate thickness
<b>DBE Condition</b>		
$\Delta_{DBE}$	85 mm	according to DBE displacement at minimum friction
$\varphi_c$	1 -	
$\varphi_b$	1 -	
$f_c'$	40,0 MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0 MPa	steel material strength
$f_b$	66,0 MPa	concrete design bearing strength
b	330,0 mm	diameter of Technosilide
$b_1$	296,7 mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	1,112409 -	$b/b_1$
r	0,0 mm	loading arm
$M_{u,exact}$	0,0 kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	0,0 mm	required plate thickness
<b>MCE Condition</b>		
$\Delta_{MCE}$	205 mm	according to maximum displacement
$\varphi_c$	1 -	
$\varphi_b$	1 -	
$f_c'$	40,0 MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0 MPa	steel material strength
$f_b$	66,0 MPa	concrete design bearing strength
b	330,0 mm	diameter of Technosilide
$b_1$	315,0 mm	diameter of the area of concrete carrying load
$a_1$	400,0 mm	depending on displacement capacity and MCE displacement
$b_{1,rev}$	315,0 mm	according to $a_1$
$b/b_1$	1,047552 -	$b/b_{1,rev}$
r	0,0 mm	loading arm
$M_{u,exact}$	0,0 kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	0,0 mm	required plate thickness at displaced configuration
$t_{min,chosen}$	20 mm	final minimum thickness for the backing plate

**Çizelge 2.23: Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-4)**

BOLT GEOMETRICAL CHARACTERISTICS		
n	6 -	number of bolts
d	22 mm	bolt diameter
d <sub>h</sub>	23,5 mm	bolt hole diameter
	OK	CHECK
A	303 mm <sup>2</sup>	resistant area of bolt
t <sub>act</sub>	20 mm	plate thickness
	OK	CHECK

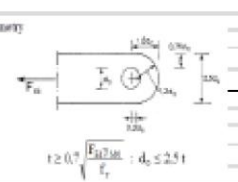
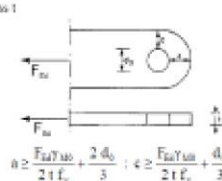
BOLT MATERIAL CHARACTERISTICS		
EN 1993-1-8		
10.9	Bolt class (4.6 - 5.6 - 6.8 - 8.8 - 10.9)	
f <sub>y</sub>	900 MPa	yield strength
f <sub>u</sub>	1000 MPa	ultimate tensile strength
E	210000 MPa	Young modulus
γ <sub>bol</sub>	1 -	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol</sub>	1,25 -	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol</sub>	1,25 -	slip resistance (SLS)
γ <sub>bol,ser</sub>	1,10 -	slip resistance (SLS)
γ <sub>bol,ser</sub>	1,00 -	resistance of pins at SLS
γ <sub>bol</sub>	1,10 -	preload of high strength bolts
F <sub>v,Rd</sub>	121,2 kN	shear resistance of pin
F <sub>b,Rd</sub>	234,3 kN	bearing resistance of pin
	121,2 kN	
F <sub>v,Rd</sub>	114,1 kN	design shear
	OK 94%	CHECK

Anchorage (Shear Lug)		
H	200 mm	height
D	45 mm	diameter
D <sub>act</sub>	21,5 mm	
σ <sub>c</sub>	12,68 MPa	stress on concrete
f <sub>cd</sub>	22,67 MPa	compressive strength of concrete
	OK 56%	CHECK
A <sub>v</sub>	1156,70 mm <sup>2</sup>	shear area
V <sub>Rd</sub>	237,08 kN	shear resistance
	OK 48%	CHECK

ANCHOR CALCULATIONS / DESIGN CHECKS (ACI318 APPENDIX D)		
ACI318-11 D.6.1 (Steel Strength of Anchor in Shear)		
φ	0,65 -	reduction factor
	0,8 -	0,8 if grout pad is present. 1 otherwise
f <sub>ex</sub>	125000 psi	
f <sub>ex,100k</sub>	125000 psi	ultimate strength of bolt
A <sub>se,v</sub>	0,443045 in <sup>2</sup>	
n <sub>t</sub>	8,466667 -	number of threads per inch
V <sub>ex</sub>	44304,40 pound	
φV <sub>ex</sub>	28797,02 pound	
	OK	81% CHECK



**Çizelge 2.24: Tip1-TDP 4800/410/5 Tasarım Hesapları(5-5)**

ACI318-11 D.6.2 (Concrete Breakout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75 -	reduction factor, 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$A_{Vc}$	459,045 in <sup>2</sup>	projected area of the failure surface on the side of the concrete member at its edge
$A_{Vco}$	459,045 in <sup>2</sup>	projected area for a single anchor in a deep member with a distance from edges equal or greater than $1,5C_{dr}$ in the direction perpendicular to the shear force
$C_{dr}$	10,1 in.	Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (in the direction of the applied shear)
$C_{dr}$	15,15 in.	Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (perpendicular to $C_{dr}$ )
$e'_v$	0 in.	
$\psi_{ec,v}$	1 -	Modification factor for anchor groups loaded eccentrically in shear
$\psi_{e,v}$	1 -	Modification factor for edge effect
$\psi_{s,v}$	1,550826 -	Modification factor for anchors located in a concrete member (greater than 1)
$l_e$	5,511815	embedded length of anchor ( $l_e < 8d_a$ )
$k$	1	1 for normal weight concrete
$V_b$ (a)	26353,18 pound	
$V_b$ (b)	20286,4 pound	
$V_b$	20286,4 pound	basic concrete breakout strength
$V_{ub}$	31460,67 pound	
$\phi V_{ub}$	23595,5 pound	
	OK	99% CHECK
ACI318-11 D.6.3 (Concrete Pryout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75 -	reduction factor, 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$k_c$	24 -	24 for cast-in, 17 for post installed anchors
$k_a$	1 -	1 for normal weight concrete
$h_{ef}$	5,511815 in.	effective embedment depth of anchor
$A_{Nco}$	273,4209 in <sup>2</sup>	projected concrete failure area with an edge distance equal to or greater than $1,5h_{ef}$
$A_{Ne}$	273,4209 in <sup>2</sup>	projected concrete failure area
$e'_N$	0 in.	
$\psi_{ec,N}$	1,00 -	Modification factor for edge effect
$\psi_{e,N}$	1,25 -	Modification factor (1,25 if no cracking under service loads, 1 if cracking under service load)
$\psi_{sp,N}$	1,00 -	Modification factor (1 for cast-in anchors)
$N_b$	21808,80 pound	
$N_{ub}$ or $N_{sp}$	27261,11 pound	
$k_{sp}$	2 -	1 if $h_{ef} < 2,5h_c$ , 2 if $h_{ef} > 2,5h_c$ .
$V_{sp}$	54522,22 pound	
$\phi V_{sp}$	40891,67 pound	
	OK	57% CHECK

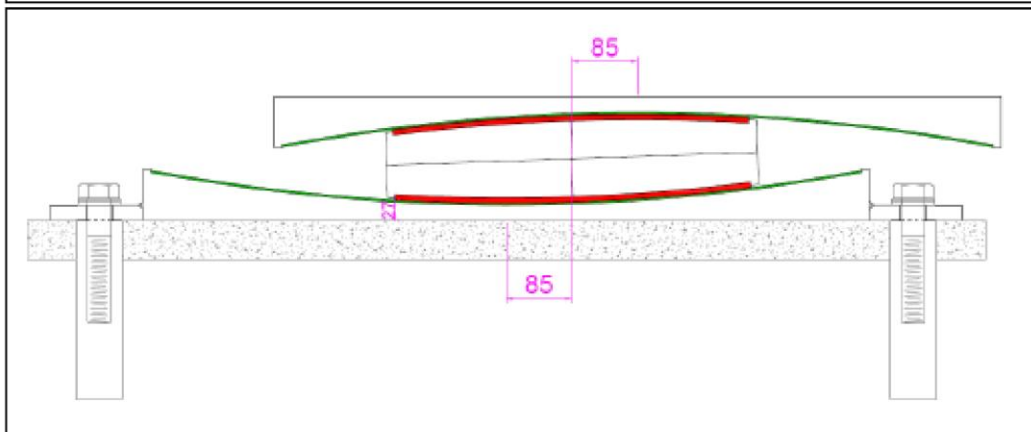
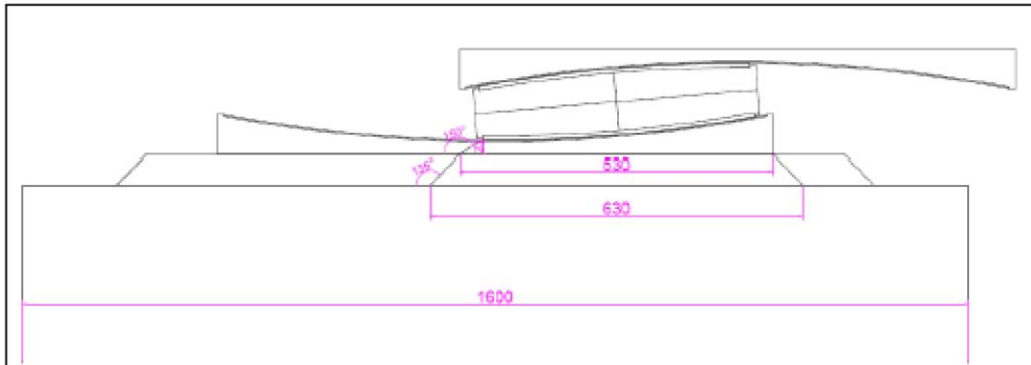
## Çizelge 2.25: Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-1)

### Tip 2: TDP 9200/410/5:

GEOMETRICAL CHARACTERISTICS			
R	2500 mm	radius of curvature	
R <sub>eq</sub>	4900 mm	equivalent radius of curvature	
d	410 mm	displacement capacity	
β	4,704 °	maximum rotation angle	
h <sub>0</sub>	16,502 mm	total vertical displacement of device @d	
T	4,44 sec	period	
K <sub>eff</sub>	2936 N/mm	effective stiffness	
T <sub>eff</sub>	4,09 sec	effective period	
ξ	0,097 -	equivalent viscous damping	
CONCRETE MATERIAL CHARACTERISTICS			
f <sub>ck,conc</sub>	40 MPa	characteristic compressive strength of concrete	
f <sub>cd,conc</sub>	22,67 MPa	design compressive strength of concrete	
E	35220 MPa	elastic modulus of concrete	
STEEL MATERIAL CHARACTERISTICS			
f <sub>y</sub>	355 MPa	yield strength of steel	
f <sub>u</sub>	510 MPa	ultimate strength of steel	
E	210000 MPa	Young modulus	
LOADS			
N <sub>0</sub>	12200 kN	maximum seismic vertical force - ULS (1.2G+Q+E)	
	7800 kN	maximum static vertical force - ULS (1.2G+1.6Q)	
	6500 kN	maximum service vertical force - SLS (G+0.3Q)	
V <sub>0</sub>	183 kN	lateral or shear force (due to friction)	
	1021 kN	lateral or shear force (due to displacement)	
	1204 kN	total shear force	
ECCENTRICITIES (ANNEX A 1337-7)			
EN 1337-7 - A.2.1	e <sub>1</sub>	1,50 mm	eccentricity due to the frictional resistance
EN 1337-7 - A.3	e <sub>2</sub>	1,00 mm	eccentricity due to accidental rotation
EN 1337-7 - A.4	e <sub>4</sub>	8,37 mm	eccentricity due to lateral forces
	e <sub>tot,rest</sub>	2,50 mm	total eccentricity at rest
	e <sub>tot,depl</sub>	10,87 mm	total eccentricity at maximum displacement
SEPARATION OF SLIDING SURFACES			
L/S	57,5 mm	condition for α <sub>p</sub> ≥0 at SLS	
	OK	CHECK	
DEFORMATION OF BACKING PLATES			
EN 1337-2 Annex C	d <sub>b</sub>	940 mm	diameter of backing plate
	a <sub>b</sub>	832 mm	side of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	47,1 mm	minimum thickness of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	37,6 mm	minimum equivalent thickness of backing plate
	t <sub>b</sub>	20 mm	minimum thickness of backing plate
	t <sub>b,max</sub>	66 mm	maximum thickness of backing plate
	t <sub>b,eq</sub>	47,60 mm	equivalent constant thickness
		OK	
	N <sub>0,d</sub>	1675 kN	design axial force due to variable actions - no factor
	N <sub>0,d</sub>	5948 kN	design axial force due to permanent actions - no factor
	E <sub>c,d</sub>	35220 MPa	secant modulus of elasticity of concrete
	E <sub>c,d</sub>	11740 MPa	design reduced modulus of elasticity of concrete - divided by 3 according to EN
	k <sub>c</sub>	1,100 -	
	α <sub>c</sub>	554,19 mm <sup>2</sup>	
	k <sub>b</sub>	1,424 -	
	α <sub>b</sub>	0,675 -	
	Δw <sub>i</sub>	0,700 mm	
	Δw <sub>max</sub>	0,865 mm	condition of maximum deformation
		OK	CHECK

**Çizelge 2.26:** Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-2)

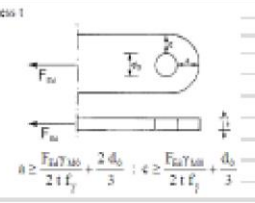
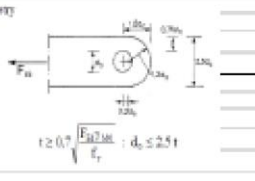
CONTACT STRESS ON CONCRETE		
AT REST POSITION		
$t_{b,PTFE}$	33,06 mm	thickness of plate at the edge of PTFE
$\alpha_b$	60 °	diffusion angle in steel
$L_{b,gr}$	574,53 mm	diffusion diameter between plate and grout
$\sigma_1$	30,09 MPa	stress between plate and grout - ULS verification
$f_{sk,gr}$	60,00 MPa	characteristic compressive resistance
	OK	1,99 CHECK - verification with characteristic resistance of grout
$\alpha_{gr}$	45 °	diffusion angle in grout
$t_{gr}$	50 mm	thickness of the grout layer
$L_{gr,conc}$	674,53 mm	diffusion diameter between grout and concrete
$\sigma_2$	21,83 MPa	stress between plate and grout - with ULS vertical force
$(A_{c1}/A_{c2})^{0,5}$	2,00 -	diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa	concrete compressive resistance
	OK	2,08 CHECK
AT MAXIMUM DISPLACEMENT		
$L_{b,gr}$	530,00 mm	diffusion diameter between plate and grout - value at maximum displacement
$\sigma_1$	55,30 MPa	stress between plate and grout - with seismic ULS force
$f_{sk,gr}$	60,00 MPa	grout compressive resistance
	OK	CHECK - grout verification for lower plate
$L_{gr,conc}$	630,00 mm	diffusion diameter between grout and concrete
A2	311567 mm <sup>2</sup>	diffusion area between grout and concrete
W	24548307 mm <sup>3</sup>	
$\sigma_2$	39,16 MPa	stress between plate and grout - with seismic ULS force
$(A_{c1}/A_{c2})^{0,5}$	2,00 -	diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa	concrete compressive resistance
	OK	1,16 CHECK



**Çizelge 2.27:** Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-3)

DESIGN OF END PLATES (Section 8 of Constantinou, Kalpakidis, Filiatraut, Ecker Lay) - ELASTIC METHOD (no load-moment procedure)		
<b>LOADS</b>		
Service	6500 kN	Maximum for Combination G+0,3Q
DBE	10800 kN	Maximum for Combination 1.43G+Q+E(DBE)
MCE	12200 kN	Maximum for Combination 1.63G+Q+E(MCE)
<b>Service Condition</b>		
$\varphi_c$	0,65 -	
$\varphi_b$	0,9 -	
$f_c'$	40,0 MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0 MPa	steel material strength
$f_b$	44,2 MPa	concrete design bearing strength
$b$	450,0 mm	diameter of Technosilide
$b_1$	432,7 mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	1,063059 -	$b/b_1$
$r$	0,0 mm	loading arm
$M_{U,exact}$	0,0 kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	0,0 mm	required plate thickness
<b>DBE Condition</b>		
$\Delta_{DBE}$	85 mm	according to DBE displacement at minimum friction
$\varphi_c$	1 -	
$\varphi_b$	1 -	
$f_c'$	40,0 MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0 MPa	steel material strength
$f_b$	68,0 MPa	concrete design bearing strength
$b$	450,0 mm	diameter of Technosilide
$b_1$	449,7 mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	1,022929 -	$b/b_1$
$r$	0,0 mm	loading arm
$M_{U,exact}$	0,0 kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	0,0 mm	required plate thickness
<b>MCE Condition</b>		
$\Delta_{MCE}$	205 mm	according to maximum displacement
$\varphi_c$	1 -	
$\varphi_b$	1 -	
$f_c'$	40,0 MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0 MPa	steel material strength
$f_b$	68,0 MPa	concrete design bearing strength
$b$	450,0 mm	diameter of Technosilide
$b_1$	477,9 mm	diameter of the area of concrete carrying load
$a_1$	530,0 mm	depending on displacement capacity and MCE displacement
$b_{1,rev}$	477,9 mm	according to $a_1$
$b/b_1$	0,962448 -	$b/b_{1,rev}$
$r$	9,0 mm	loading arm
$M_{U,exact}$	2,2 kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	5,6 mm	required plate thickness at displaced configuration
$t_{min,chosen}$	20 mm	final minimum thickness for the backing plate

**Çizelge 2.28: Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-4)**

BOLT GEOMETRICAL CHARACTERISTICS		
n	6	number of bolts
d	30 mm	bolt diameter
d <sub>0</sub>	31,5 mm	bolt hole diameter
A	OK	CHECK
A	581 mm <sup>2</sup>	resistant area of bolt
t <sub>max</sub>	20 mm	plate thickness
	OK	CHECK
BOLT MATERIAL CHARACTERISTICS		
EN 1993-1-8		
10.9	Bolt class (4.6 - 5.6 - 6.8 - 8.8 - 10.9)	
f <sub>y</sub>	900 MPa	yield strength
f <sub>u</sub>	1000 MPa	ultimate tensile strength
E	210000 MPa	Young modulus
γ <sub>bol</sub>	1	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol</sub>	1,25	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol,SLS</sub>	1,25	slip resistance (ULS)
γ <sub>bol,SLS</sub>	1,10	slip resistance (SLS)
γ <sub>bol,SLS</sub>	1,00	resistance of pins at SLS
γ <sub>bol</sub>	1,10	preload of high strength bolts
F <sub>v,Rd</sub>	234,7 kN	shear resistance of pin
F <sub>b,Rd</sub>	319,5 kN	bearing resistance of pin
	234,7 kN	
F <sub>v,Rd</sub>	220,7 kN	design shear
	OK 94%	CHECK
Given thickness t		
		
Given geometry		
		
Given geometry: check		
t <sub>min</sub>	17,45 mm	minimum thickness of the plate
d <sub>0</sub>	50 mm	maximum hole of the bolt
Given thickness: check		
t <sub>min</sub>	36,54 mm	
t <sub>max</sub>	26,04 mm	
Anchorage (Shear Lug)		
H	230 mm	height
D	60 mm	diameter
D <sub>max</sub>	28,5 mm	
σ <sub>c</sub>	15,99 MPa	stress on concrete
f <sub>cd</sub>	22,67 MPa	compressive strength of concrete
	OK 71%	CHECK
A <sub>v</sub>	2048,12 mm <sup>2</sup>	shear area
V <sub>Rd</sub>	419,78 kN	shear resistance
	OK 53%	CHECK
ANCHOR CALCULATIONS / DESIGN CHECKS (ACI318 APPENDIX D)		
ACI318-11 D.6.1 (Steel Strength of Anchor in Shear)		
φ	0,65	reduction factor
	0,8	0,8 if grout pad is present. 1 otherwise
f <sub>ts</sub>	125000 psi	
f <sub>ts,1000</sub>	125000 psi	ultimate strength of bolt
A <sub>se,v</sub>	0,802530 in <sup>2</sup>	
n <sub>t</sub>	8,466667	number of threads per inch
V <sub>sa</sub>	80253,91 pound	
φV <sub>sa</sub>	58015,04 pound	
	OK	78% CHECK

**Çizelge 2.29: Tip2-TDP 9200/410/5 Tasarım Hesapları(5-5)**

ACI318-11 D.6.2 (Concrete Breakout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75 -	reduction factor: 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$A_{Fu}$	985,68 in <sup>2</sup>	projected area of the failure surface on the side of the concrete member at its edge
$A_{Fuc}$	985,68 in <sup>2</sup>	projected area for a single anchor in a deep member with a distance from edges equal or greater than $1,5C_{dr}$ in the direction perpendicular to the shear force
$C_{dr}$	14,8 in.	Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (in the direction of the applied shear)
$C_{du}$	22,2 in.	Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (perpendicular to $C_{dr}$ )
$e'_e$	0 in.	
$\psi_{ec,v}$	1 -	Modification factor for anchor groups loaded eccentrically in shear
$\psi_{e,v}$	1 -	Modification factor for edge effect
$\psi_{s,v}$	1,789933 -	Modification factor for anchors located in a concrete member (greater than 1)
$l_e$	8,299217	embedded length of anchor ( $l_e \geq 8d_u$ )
$k$	1	1 for normal weight concrete
$V_b$ (a)	52338,78 pound	
$V_b$ (b)	35984,5 pound	
$V_b$	35984,5 pound	basic concrete breakout strength
$V_{db}$	63690,17 pound	
$\phi V_{db}$	47767,63 pound	
	OK	94% CHECK
ACI318-11 D.6.3 (Concrete Pryout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75 -	reduction factor: 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$k_c$	24 -	24 for cast-in, 17 for post installed anchors
$k_a$	1 -	1 for normal weight concrete
$h_{ef}$	8,299217 in.	effective embedment depth of anchor
$A_{Fuc}$	357,1212 in <sup>2</sup>	projected concrete failure area with an edge distance equal to or greater than $1,5h_{ef}$
$A_{Fu}$	357,1212 in <sup>2</sup>	projected concrete failure area
$e'_e$	0 in.	
$\psi_{ec,H}$	1,00 -	Modification factor for edge effect
$\psi_{c,H}$	1,25 -	Modification factor (1,25 if no cracking under service loads, 1 if cracking under service load)
$\psi_{sp,H}$	1,00 -	Modification factor (1 for cast-in anchors)
$N_b$	26645,35 pound	
$N_{sp}$ or $N_{cp}$	33306,69 pound	
$k_{cp}$	2 -	1 if $h_{ef} < 2,5in$ , 2 if $h_{ef} > 2,5in$ .
$V_{sp}$	66613,38 pound	
$\phi V_{sp}$	49960,04 pound	
	OK	90% CHECK



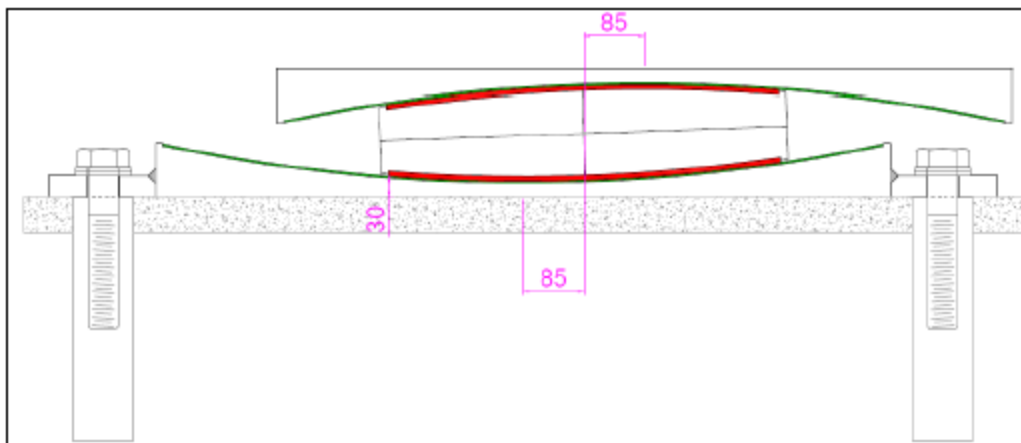
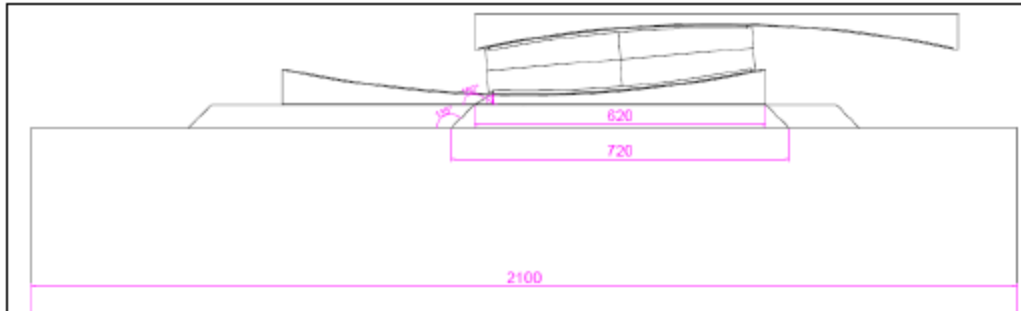
**Çizelge 2.30:** Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-1)

**Tip 3: TDP 13100/410/5:**

GEOMETRICAL CHARACTERISTICS			
R	2500 mm		radius of curvature
R <sub>eq</sub>	4900 mm		equivalent radius of curvature
d	410 mm		displacement capacity
β	4,704 °		maximum rotation angle
h <sub>0</sub>	16,502 mm		total vertical displacement of device @d
T	4,44 sec		period
K <sub>eff</sub>	5005 N/mm		effective stiffness
T <sub>eff</sub>	3,77 sec		effective period
ξ	0,177 -		equivalent viscous damping
CONCRETE MATERIAL CHARACTERISTICS			
f <sub>ck,conc</sub>	40 MPa		characteristic compressive strength of concrete
f <sub>td,conc</sub>	22,67 MPa		design compressive strength of concrete
E	35220 MPa		elastic modulus of concrete
STEEL MATERIAL CHARACTERISTICS			
f <sub>y</sub>	355 MPa		yield strength of steel
f <sub>u</sub>	510 MPa		ultimate strength of steel
E	210000 MPa		Young modulus
LOADS			
N <sub>0</sub>	17700 kN		maximum seismic vertical force - ULS (1.2G+Q+E)
	14300 kN		maximum static vertical force - ULS (1.2G+1.6Q)
	8900 kN		maximum service vertical force - SLS (G+0.3Q)
V <sub>D</sub>	570,825 kN		lateral or shear force (due to friction)
	1481 kN		lateral or shear force (due to displacement)
	2052 kN		total shear force
ECCENTRICITIES (ANNEX A 1337-7)			
EN 1337-7 - A.2.1	e <sub>1</sub>	3,23 mm	eccentricity due to the frictional resistance
EN 1337-7 - A.3	e <sub>3</sub>	1,00 mm	eccentricity due to accidental rotation
EN 1337-7 - A.4	e <sub>4</sub>	8,37 mm	eccentricity due to lateral forces
	e <sub>tot,rest</sub>	4,23 mm	total eccentricity at rest
	e <sub>tot,displ</sub>	12,59 mm	total eccentricity at maximum displacement
SEPARATION OF SLIDING SURFACES			
	L/8	68,75 mm	condition for σ <sub>y</sub> ≠0 at SLS
		OK	CHECK
DEFORMATION OF BACKING PLATES			
EN 1337-2 Annex C	d <sub>b</sub>	1030 mm	diameter of backing plate
	a <sub>b</sub>	912 mm	side of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	51,6 mm	minimum thickness of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	41,2 mm	minimum equivalent thickness of backing plate
	t <sub>b</sub>	20 mm	minimum thickness of backing plate
	t <sub>b,max</sub>	75 mm	maximum thickness of backing plate
	t <sub>b,eq</sub>	53,00 mm	equivalent constant thickness
		OK	
	N <sub>0,d</sub>	2294 kN	design axial force due to variable actions - no factor
	N <sub>0,d</sub>	8212 kN	design axial force due to permanent actions - no factor
	E <sub>cd</sub>	35220 MPa	secant modulus of elasticity of concrete
	E <sub>cd</sub>	11740 MPa	design reduced modulus of elasticity of concrete - divided by 3 according to EN
	k <sub>c</sub>	1,100 -	
	α <sub>c</sub>	764,61 mm <sup>2</sup>	
	k <sub>b</sub>	1,330 -	
	α <sub>b</sub>	0,666 -	
	Δw <sub>i</sub>	0,745 mm	
	Δw <sub>max</sub>	0,907 mm	condition of maximum deformation
		OK	CHECK

Çizelge 2.31: Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-2)

CONTACT STRESS ON CONCRETE		
<b>AT REST POSITION</b>		
$t_{e,PTFE}$	37,59 mm	thickness of plate at the edge of PTFE
$\alpha_s$	60 °	diffusion angle in steel
$L_{b,gr}$	680,20 mm	diffusion diameter between plate and grout
$\sigma_1$	39,35 MPa	stress between plate and grout - ULS verification
$f_{ck,gr}$	60,00 MPa	characteristic compressive resistance
	OK	1,52 CHECK - verification with characteristic resistance of grout
$\alpha_{gr}$	45 °	diffusion angle in grout
$t_{gr}$	50 mm	thickness of the grout layer
$L_{gr,conc}$	780,20 mm	diffusion diameter between grout and concrete
$\sigma_2$	29,91 MPa	stress between plate and grout - with ULS vertical force
$(A_{C1}/A_{C0})^{0.5}$	2,00 -	diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa	concrete compressive resistance
	OK	1,52 CHECK
<b>AT MAXIMUM DISPLACEMENT</b>		
$L_{b,gr}$	620,00 mm	diffusion diameter between plate and grout - value at maximum displacement
$\sigma_1$	58,63 MPa	stress between plate and grout - with seismic ULS force
$f_{ck,gr}$	60,00 MPa	grout compressive resistance
	OK	CHECK - grout verification for lower plate
$L_{gr,conc}$	720,00 mm	diffusion diameter between grout and concrete
$A_2$	406944 mm <sup>2</sup>	diffusion area between grout and concrete
$W$	36643537 mm <sup>3</sup>	
$\sigma_2$	43,49 MPa	stress between plate and grout - with seismic ULS force
$(A_{C1}/A_{C0})^{0.5}$	2,00 -	diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa	concrete compressive resistance
	OK	1,04 CHECK



**Çizelge 2.32:** Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-3)

DESIGN OF END PLATES (Section 8 of Constantinou, Kalpakidis, Filiatraut, Ecker Lay) - ELASTIC METHOD (no load-moment procedure)			
<b>LOADS</b>			
Service	8900 kN		Maximum for Combination G+0,3Q
DBE	18900 kN		Maximum for Combination 1.43G+Q+E(DBE)
MCE	17700 kN		Maximum for Combination 1.63G+Q+E(MCE)
<b>Service Condition</b>			
$\psi_c$	0,65	-	
$\psi_b$	0,9	-	
$f_c'$	40,0	MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0	MPa	steel material strength
$f_b$	44,2	MPa	concrete design bearing strength
b	550,0	mm	diameter of Technosilide
$b_1$	506,3	mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	1,086235	-	$b/b_1$
r	0,0	mm	loading arm
$M_{u,exact}$	0,0	kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	0,0	mm	required plate thickness
<b>DBE Condition</b>			
$\Delta_{DBE}$	65	mm	according to DBE displacement at minimum friction
$\psi_c$	1	-	
$\psi_b$	1	-	
$f_c'$	40,0	MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0	MPa	steel material strength
$f_b$	68,0	MPa	concrete design bearing strength
b	550,0	mm	diameter of Technosilide
$b_1$	594,9	mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	0,924552	-	$b/b_1$
r	22,4	mm	loading arm
$M_{u,exact}$	14,1	kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	14,3	mm	required plate thickness
<b>MCE Condition</b>			
$\Delta_{MCE}$	205	mm	according to maximum displacement
$\psi_c$	1	-	
$\psi_b$	1	-	
$f_c'$	40,0	MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0	MPa	steel material strength
$f_b$	68,0	MPa	concrete design bearing strength
b	550,0	mm	diameter of Technosilide
$b_1$	575,7	mm	diameter of the area of concrete carrying load
$a_1$	620,0	mm	depending on displacement capacity and MCE displacement
$b_{1,rev}$	575,7	mm	according to $a_1$
$b/b_1$	0,955378	-	$b/b_{1,rev}$
r	12,8	mm	loading arm
$M_{u,exact}$	4,5	kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	8,1	mm	required plate thickness at displaced configuration
$t_{min,chosen}$	20	mm	final minimum thickness for the backing plate

**Çizelge 2.33: Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-4)**

BOLT GEOMETRICAL CHARACTERISTICS		
n	6	number of bolts
d	42 mm	bolt diameter
d <sub>0</sub>	43,5 mm	bolt hole diameter
A	OK	CHECK
A	1120 mm <sup>2</sup>	resistant area of bolt
t <sub>act</sub>	30 mm	plate thickness
	OK	CHECK

BOLT MATERIAL CHARACTERISTICS		
EN 1993-1-8		
10.9	Bolt class (4.6 - 5.6 - 6.8 - 8.8 - 10.9)	
f <sub>y</sub>	900 MPa	yield strength
f <sub>t</sub>	1000 MPa	ultimate tensile strength
E	210000 MPa	Young modulus
γ <sub>bol</sub>	1	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol</sub>	1,25	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol</sub>	1,25	slip resistance (SLS)
γ <sub>bol,slr</sub>	1,10	slip resistance (SLS)
γ <sub>bol,slr</sub>	1,00	resistance of pins at SLS
γ <sub>bol</sub>	1,10	preload of high strength bolts
F <sub>v,Rd</sub>	448,0 kN	shear resistance of pin
F <sub>b,Rd</sub>	671,0 kN	bearing resistance of pin
	448,0 kN	
F <sub>v,Rd</sub>	376,2 kN	design shear
	OK 84%	CHECK

Given geometry: check		
t <sub>act</sub>	22,79 mm	minimum thickness of the plate
d <sub>0</sub>	75 mm	maximum hole of the bolt

Given thickness: check		
t <sub>act</sub>	46,66 mm	
t <sub>act</sub>	32,16 mm	

Anchorage (Shear Lug)		
H	340 mm	height
D	85 mm	diameter
D <sub>act</sub>	41,5 mm	
σ <sub>c</sub>	13,02 MPa	stress on concrete
f <sub>cd</sub>	22,67 MPa	compressive strength of concrete
	OK 57%	CHECK
A <sub>v</sub>	4188,33 mm <sup>2</sup>	shear area
V <sub>Rd</sub>	858,44 kN	shear resistance
	OK 44%	CHECK

ANCHOR CALCULATIONS / DESIGN CHECKS (ACI318 APPENDIX D)		
ACI318-11 D.6.1 (Steel Strength of Anchor in Shear)		
φ	0,65	reduction factor
	0,8	0,8 if grout pad is present. 1 otherwise
f <sub>sa</sub>	125000 psi	
f <sub>sa,ult</sub>	125000 psi	ultimate strength of bolt
A <sub>sa,v</sub>	1,85895 in <sup>2</sup>	
n	8,466667	number of threads per inch
V <sub>sa</sub>	185895 pound	
φV <sub>sa</sub>	120831,7 pound	
	OK	64% CHECK

**Çizelge 2.34: Tip3-TDP 13100/410/5 Tasarım Hesapları(5-5)**

ACI318-11 D.6.2 (Concrete Breakout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75 -	reduction factor, 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$A_{vc}$	1854,406 in <sup>2</sup>	projected area of the failure surface on the side of the concrete member at its edge
$A_{Nc}$	1854,406 in <sup>2</sup>	projected area for a single anchor in a deep member with a distance from edges equal or greater than $1,5c_{ax}$ in the direction perpendicular to the shear force
$C_{vt}$	20,3 in.	Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (in the direction of the applied shear)
$C_{vd}$	30,45 in.	Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (perpendicular to $C_{vt}$ )
$e'_v$	0 in.	
$\psi_{ec,v}$	1 -	Modification factor for anchor groups loaded eccentrically in shear
$\psi_{e,v}$	1 -	Modification factor for edge effect
$\psi_{t,v}$	1,662001 -	Modification factor for anchors located in a concrete member (greater than 1)
$l_e$	9,842526	embedded length of anchor ( $l_e < 8d_n$ )
$k$	1	1 for normal weight concrete
$V_b$ (a)	102051,5 pound	
$V_b$ (b)	57805,2 pound	
$V_b$	57805,2 pound	basic concrete breakout strength
$V_{tb}$	96072,32 pound	
$\phi V_{tb}$	72054,24 pound	
	ERROR	107% CHECK
ACI318-11 D.6.3 (Concrete Pryout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75 -	reduction factor, 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$k_c$	24 -	24 for cast-in, 17 for post installed anchors
$k_a$	1 -	1 for normal weight concrete
$h_{ef}$	9,842526 in.	effective embedment depth of anchor
$A_{Nc}$	871,8779 in <sup>2</sup>	projected concrete failure area with an edge distance equal to or greater than $1,5h_{ef}$
$A_{Nt}$	871,8779 in <sup>2</sup>	projected concrete failure area
$e'_N$	0 in.	
$\psi_{ec,N}$	1,00 -	Modification factor for edge effect
$\psi_{t,N}$	1,25 -	Modification factor (1,25 if no cracking under service loads, 1 if cracking under service load)
$\psi_{sp,N}$	1,00 -	Modification factor (1 for cast-in anchors)
$N_b$	52041,7 pound	
$N_{tb}$ or $N_{sp}$	65052,13 pound	
$k_{sp}$	2 -	1 if $h_{ef} < 2,5h_n$ , 2 if $h_{ef} > 2,5h_n$
$V_{sp}$	130104,3 pound	
$\phi V_{sp}$	97578,19 pound	
	OK	79% CHECK

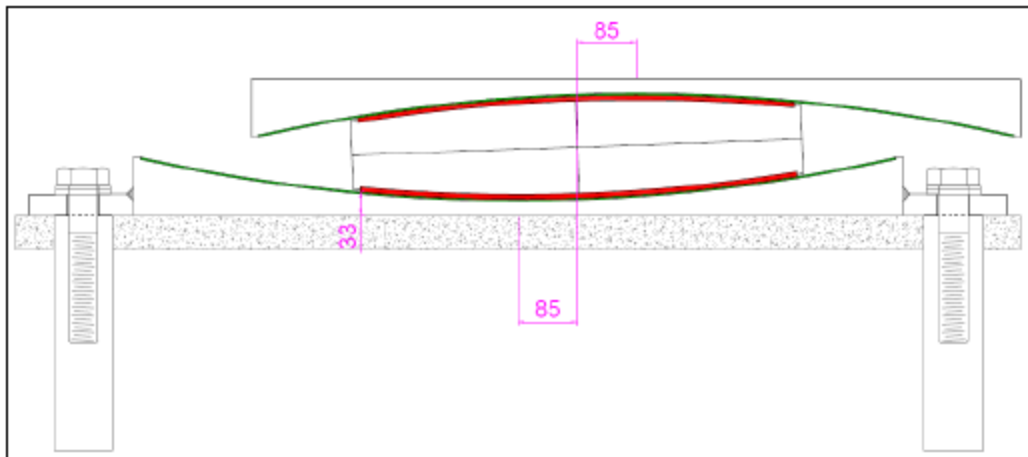
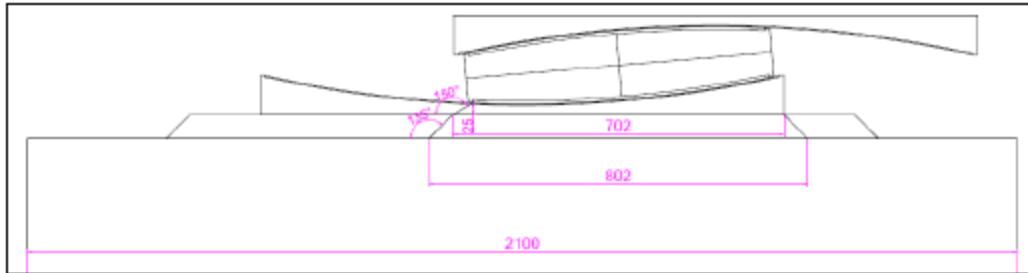
**Çizelge 2.35: Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-1)**

**Tip 4: TDP 17200/410/5:**

<b>GEOMETRICAL CHARACTERISTICS</b>			
R	2500 mm	radius of curvature	
R <sub>eq</sub>	4900 mm	equivalent radius of curvature	
d	410 mm	displacement capacity	
β	4,704 °	maximum rotation angle	
h <sub>0</sub>	16,502 mm	total vertical displacement of device @d	
T	4,44 sec	period	
K <sub>eff</sub>	7516 N/mm	effective stiffness	
T <sub>eff</sub>	3,93 sec	effective period	
ξ	0,139 -	equivalent viscous damping	
<b>CONCRETE MATERIAL CHARACTERISTICS</b>			
f <sub>ok,conc</sub>	40 MPa	characteristic compressive strength of concrete	
f <sub>cd,conc</sub>	22,67 MPa	design compressive strength of concrete	
E	35220 MPa	elastic modulus of concrete	
<b>STEEL MATERIAL CHARACTERISTICS</b>			
f <sub>y</sub>	355 MPa	yield strength of steel	
f <sub>t</sub>	510 MPa	ultimate strength of steel	
E	210000 MPa	Young modulus	
<b>LOADS</b>			
N <sub>0</sub>	26800 kN	maximum seismic vertical force - ULS (1.2G+Q+E)	
	16700 kN	maximum static vertical force - ULS (1.2G+1.6Q)	
	12200 kN	maximum service vertical force - SLS (G+0.3Q)	
V <sub>0</sub>	671,76 kN	lateral or shear force (due to friction)	
	2410 kN	lateral or shear force (due to displacement)	
	3082 kN	total shear force	
<b>ECCENTRICITIES (ANNEX A 1337-7)</b>			
EN 1337-7 - A.2.1	e <sub>1</sub>	2,33 mm	eccentricity due to the frictional resistance
EN 1337-7 - A.3	e <sub>2</sub>	1,00 mm	eccentricity due to accidental rotation
EN 1337-7 - A.4	e <sub>3</sub>	8,37 mm	eccentricity due to lateral forces
	e <sub>tot,rest</sub>	3,33 mm	total eccentricity at rest
	e <sub>tot,displ</sub>	11,70 mm	total eccentricity at maximum displacement
<b>SEPARATION OF SLIDING SURFACES</b>			
L/8	78,75 mm	condition for σ <sub>p</sub> ≥0 at SLS	
	OK	CHECK	
<b>DEFORMATION OF BACKING PLATES</b>			
EN 1337-2 Annex C	d <sub>b</sub>	1110 mm	diameter of backing plate
	a <sub>b</sub>	982 mm	side of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	55,6 mm	minimum thickness of an equivalent square plate
	t <sub>b,min,eq</sub>	44,4 mm	minimum equivalent thickness of backing plate
	t <sub>b</sub>	20 mm	minimum thickness of backing plate
	t <sub>b,max</sub>	84 mm	maximum thickness of backing plate
	t <sub>b,eq</sub>	58,40 mm	equivalent constant thickness
		OK	
	N <sub>0,d</sub>	3004 kN	design axial force due to variable actions - no factor
	N <sub>0,d</sub>	11461 kN	design axial force due to permanent actions - no factor
	E <sub>cd</sub>	35220 MPa	secant modulus of elasticity of concrete
	E <sub>cd</sub>	11740 MPa	design reduced modulus of elasticity of concrete - divided by 3 according to EN
	k <sub>c</sub>	1,100 -	
	α <sub>c</sub>	1061,51 mm <sup>2</sup>	
	k <sub>b</sub>	1,269 -	
	α <sub>b</sub>	0,654 -	
	Δw <sub>1</sub>	0,847 mm	
	Δw <sub>max</sub>	0,936 mm	condition of maximum deformation
		OK	CHECK

**Çizelge 2.36:** Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-2)

CONTACT STRESS ON CONCRETE			
AT REST POSITION			
$t_{b,PTFE}$	42,28 mm		thickness of plate at the edge of PTFE
$\alpha_b$	60 °		diffusion angle in steel
$L_{b,gr}$	776,46 mm		diffusion diameter between plate and grout
$\sigma_1$	35,27 MPa		stress between plate and grout - ULS verification
$f_{ck,gr}$	60,00 MPa		characteristic compressive resistance
	OK	1,70	CHECK - verification with characteristic resistance of grout
$\alpha_{gr}$	45 °		diffusion angle in grout
$t_{gr}$	50 mm		thickness of the grout layer
$L_{gr,conc}$	876,46 mm		diffusion diameter between grout and concrete
$\sigma_2$	27,68 MPa		stress between plate and grout - with ULS vertical force
$(A_{c1}/A_{c2})^{0.5}$	2,00		diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa		concrete compressive resistance
	OK	1,64	CHECK
AT MAXIMUM DISPLACEMENT			
$L_{b,gr}$	702,00 mm		diffusion diameter between plate and grout - value at maximum displacement
$\sigma_1$	55,81 MPa		stress between plate and grout - with seismic ULS force
$f_{ck,gr}$	60,00 MPa		grout compressive resistance
	OK		CHECK - grout verification for lower plate
$L_{gr,conc}$	802,00 mm		diffusion diameter between grout and concrete
$A_2$	504915 mm <sup>2</sup>		diffusion area between grout and concrete
$W$	50643417 mm <sup>3</sup>		
$\sigma_2$	42,78 MPa		stress between plate and grout - with seismic ULS force
$(A_{c1}/A_{c2})^{0.5}$	2,00		diffusion coefficient - not greater than 2
$f_{cd,conc}$	45,33 MPa		concrete compressive resistance
	OK	1,06	CHECK



Çizelge 2.37: Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-3)

DESIGN OF END PLATES (Section 8 of Constantinou, Kalpakidis, Filiatrault, Ecker Lay) - ELASTIC METHOD (no load-moment procedure)			
<b>LOADS</b>			
Service	12200 kN		Maximum for Combination G+0,3Q
DBE	26200 kN		Maximum for Combination 1.43G+Q+E(DBE)
MCE	28800 kN		Maximum for Combination 1.63G+Q+E(MCE)
<b>Service Condition</b>			
$\varphi_c$	0,65	-	
$\varphi_b$	0,9	-	
$f_c'$	40,0	MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0	MPa	steel material strength
$f_c$	44,2	MPa	concrete design bearing strength
b	630,0	mm	diameter of Technoslide
$b_1$	592,8	mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	1,062715	-	$b/b_1$
r	0,0	mm	loading arm
$M_{u,exact}$	0,0	kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	0,0	mm	required plate thickness
<b>DBE Condition</b>			
$\Delta_{DBE}$	65	mm	according to DBE displacement at minimum friction
$\varphi_c$	1	-	
$\varphi_b$	1	-	
$f_c'$	40,0	MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0	MPa	steel material strength
$f_c$	68,0	MPa	concrete design bearing strength
b	630,0	mm	diameter of Technoslide
$b_1$	700,4	mm	diameter of the area of concrete carrying load
$b/b_1$	0,899475	-	$b/b_1$
r	35,2	mm	loading arm
$M_{u,exact}$	35,4	kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	22,6	mm	required plate thickness
<b>MCE Condition</b>			
$\Delta_{MCE}$	205	mm	according to maximum displacement
$\varphi_c$	1	-	
$\varphi_b$	1	-	
$f_c'$	40,0	MPa	concrete material strength
$f_y$	355,0	MPa	steel material strength
$f_c$	68,0	MPa	concrete design bearing strength
b	630,0	mm	diameter of Technoslide
$b_1$	734,3	mm	diameter of the area of concrete carrying load
$a_1$	700,0	mm	depending on displacement capacity and MCE displacement
$b_{1,rev}$	770,4	mm	according to $a_1$
$b/b_1$	0,817796	-	$b/b_{1,rev}$
r	70,2	mm	loading arm
$M_{u,exact}$	53,2	kN.m/m	required plate bending strength for unit plate length - exact
$t_{min}$	24,5	mm	required plate thickness at displaced configuration
$t_{min,chosen}$	20	mm	final minimum thickness for the backing plate



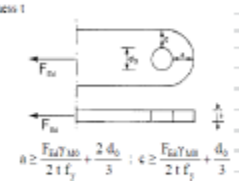
Çizelge 2.38: Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-4)

BOLT GEOMETRICAL CHARACTERISTICS		
n	8	number of bolts
d	42 mm	bolt diameter
d <sub>0</sub>	43,5 mm	bolt hole diameter
A	OK	CHECK
A	1120 mm <sup>2</sup>	resistant area of bolt
t <sub>act</sub>	30 mm	plate thickness
	OK	CHECK

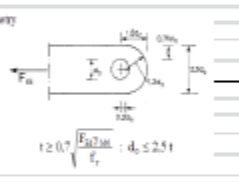
  

BOLT MATERIAL CHARACTERISTICS		
EN 1993-1-8		
10.9	Bolt class (4.6 - 5.6 - 6.8 - 8.8 - 10.9)	
f <sub>y</sub>	900 MPa	yield strength
f <sub>u</sub>	1000 MPa	ultimate tensile strength
E	210000 MPa	Young modulus
γ <sub>bol</sub>	1	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol</sub>	1,25	resistance of bolts, rivets, pins, welds, bearing
γ <sub>bol</sub>	1,25	slip resistance (ULS)
γ <sub>bol,sl</sub>	1,10	slip resistance (SLS)
γ <sub>bol,sl</sub>	1,00	resistance of pins at SLS
γ <sub>bol</sub>	1,10	preload of high strength bolts
F <sub>v,Rd</sub>	448,0 kN	shear resistance of pin
F <sub>b,Rd</sub>	671,0 kN	bearing resistance of pin
	448,0 kN	
F <sub>v,Rd</sub>	423,7 kN	design shear
	OK 95%	CHECK

Given thickness t



Given geometry



Given geometry: check		
t <sub>act</sub>	34,18 mm	minimum thickness of he plate
d <sub>0</sub>	75 mm	maximum hole of the bolt

Given thickness: check		
R <sub>act</sub>	48,89 mm	
C <sub>act</sub>	34,39 mm	

Anchorage (Shear Lug)		
H	340 mm	height
D	85 mm	diameter
D <sub>act</sub>	41,5 mm	
σ <sub>c</sub>	14,66 MPa	stress on concrete
f <sub>cd</sub>	22,67 MPa	compressive strength of concrete
	OK 65%	CHECK
A <sub>v</sub>	4188,33 mm <sup>2</sup>	shear area
V <sub>Rd</sub>	858,44 kN	shear resistance
	OK 49%	CHECK

ANCHOR CALCULATIONS / DESIGN CHECKS (ACI318 APPENDIX D)		
ACI318-11 D.6.1 (Steel Strength of Anchor in Shear)		
φ	0,65 - 0,8	reduction factor 0,8 if grout pad is present; 1 otherwise
f <sub>sa</sub>	125000 psi	
f <sub>su,11a</sub>	125000 psi	ultimate strength of bolt
A <sub>sa,v</sub>	1,85895 in <sup>2</sup>	
n <sub>t</sub>	8,466667	number of threads per inch
V <sub>sa</sub>	185895 pound	
φV <sub>sa</sub>	120831,7 pound	
	OK	72% CHECK

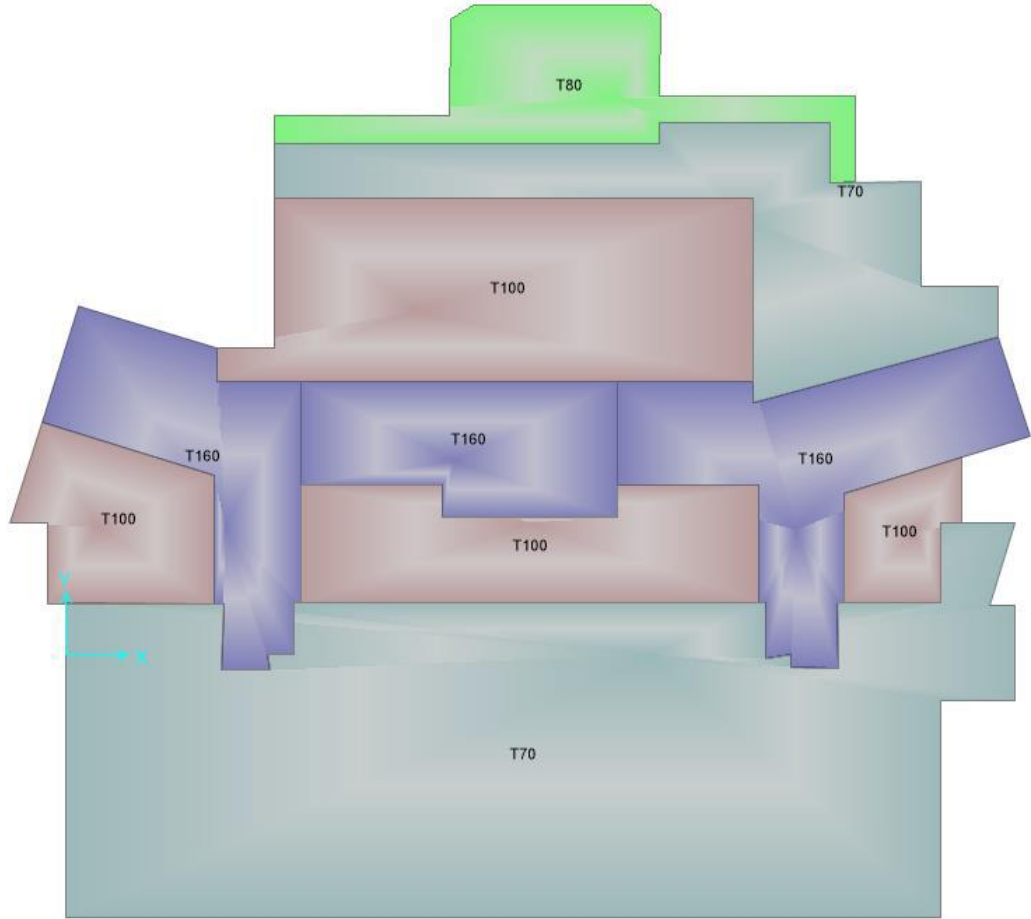
Çizelge 2.39: Tip4-TDP 17200/410/5 Tasarım Hesapları(5-5)

ACI318-11 D.6.2 (Concrete Breakout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75	- reduction factor: 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$A_{Vc}$	2918,805	in <sup>2</sup> projected area of the failure surface on the side of the concrete member at its edge
$A_{Vco}$	2918,805	in <sup>2</sup> projected area for a single anchor in a deep member with a distance from edges equal or greater than $1,5c_{ax}$ in the direction perpendicular to the shear force
$C_{ax}$	22,7	in. Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (in the direction of the applied shear)
$C_{ay}$	34,05	in. Distance from the center of the anchor to the edge of concrete (perpendicular to $C_{ax}$ )
$e'_s$	0	in.
$\psi_{ec,v}$	1	- Modification factor for anchor groups loaded eccentrically in shear
$\psi_{e,v}$	1	- Modification factor for edge effect
$\psi_{sv}$	1,757504	- Modification factor for anchors located in a concrete member (greater than 1)
$l_e$	9,842526	in. embedded length of anchor ( $l_e < 8d_n$ )
$\lambda$	1	- 1 for normal weight concrete
$V_s$ (a)	120674,1	pound
$V_s$ (b)	68353,64	pound
$V_s$	68353,64	pound basic concrete breakout strength
$V_{ub}$	120131,8	pound
$\phi V_{ub}$	90098,84	pound
	OK	96% CHECK
ACI318-11 D.6.3 (Concrete Pryout Strength of Anchor in Shear)		
$\phi$	0,75	- reduction factor: 0,75 for Condition A, 0,70 for Condition B
$k_c$	24	- 24 for cast-in, 17 for post installed anchors
$\lambda_a$	1	- 1 for normal weight concrete
$h_{ef}$	9,842526	in. effective embedment depth of anchor
$A_{Nc,s}$	871,8779	in <sup>2</sup> projected concrete failure area with an edge distance equal to or greater than $1,5h_{ef}$
$A_{Nc}$	871,8779	in <sup>2</sup> projected concrete failure area
$e'_N$	0	in.
$\psi_{ec,N}$	1,00	- Modification factor for edge effect
$\psi_{c,N}$	1,25	- Modification factor (1,25 if no cracking under service loads, 1 if cracking under service load)
$\psi_{sp,N}$	1,00	- Modification factor (1 for cast-in anchors)
$N_b$	52041,7	pound
$N_{sb}$ or $N_{sp}$	65052,13	pound
$k_{cp}$	2	- 1 if $h_{ef} < 2,5$ in, 2 if $h_{ef} > 2,5$ in.
$V_{sp}$	130104,3	pound
$\phi V_{sp}$	97578,19	pound
	OK	80% CHECK



### 3. PROJENİN TEMEL TASARIMI

Temel kalınlıkları, kullanılan ana donatılar ve iç kuvvet grafikleri aşağıda verilmiştir. Perde ve kolon altlarında ilave donatılar konulmuştur.



Şekil 3.1: Temel Kalınlıkları

Çizelge 3.1: Kullanılan Donatı Kapasiteleri-Özet

$h_d, \text{mm}$	M <sub>kap</sub> kNm/m						
	$\phi 20/200$	$\phi 22/200$	$\phi 28/200$	$\phi 28/150$	$\phi 22/200+\phi 28/150$	$\phi 20/200+\phi 25/150$	$\phi 28/200+\phi 28/150$
700	360	433	-	-	1258	1036	-
800	417	502	800	-	1477	1213	-
1000	-	641	1024	1354	1916	1567	2262
1600	-	-	1699	2253	3232	2628	3836

Kullanılan donatıların kapasiteleri takip eden çizelgelerde verilmiştir.

**Çizelge 3.2: Kullanılan Donatı Kapasiteleri**

FLEXURAL REINFORCEMENT				FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420 Mpa			fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa			fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa			fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa			fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm			b	1000 mm		
h	700 mm			h	800 mm		
cover	50 mm			cover	50 mm		
outside link	0 mm			outside link	0 mm		
Md	0 kNm			Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa			fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa			fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00200			$\rho_{min}$	0.00200		
$\rho_{max}$	0.02787			$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup>	minimum		As,required	mm <sup>2</sup>	minimum	
Rebar	no	dia.	As	Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T20	1571	As 1.Row	5.0	T20	1571
As 2.Row	0.0	T00	0	As 2.Row	0.0	T00	0
spacer	0 mm			spacer	0 mm		
d	640 mm			d	740 mm		
dc	60.0 mm			dc	60.0 mm		
As,total	1571 mm <sup>2</sup>	OK		As,total	1571 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00245	OK		$\rho$	0.00212	OK	
Mn	360 kNm			Mn	417 kNm		
FLEXURAL REINFORCEMENT				FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420 Mpa			fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa			fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa			fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa			fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm			b	1000 mm		
h	700 mm			h	800 mm		
cover	50 mm			cover	50 mm		
outside link	0 mm			outside link	0 mm		
Md	0 kNm			Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa			fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa			fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175			$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787			$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup>	minimum		As,required	mm <sup>2</sup>	minimum	
Rebar	no	dia.	As	Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T22	1901	As 1.Row	5.0	T22	1901
As 2.Row	0.0	T00	0	As 2.Row	0.0	T00	0
spacer	0 mm			spacer	0 mm		
d	639 mm			d	739 mm		
dc	61.0 mm			dc	61.0 mm		
As,total	1901 mm <sup>2</sup>	OK		As,total	1901 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00297	OK		$\rho$	0.00257	OK	
Mn	433 kNm			Mn	502 kNm		

FLEXURAL REINFORCEMENT		FLEXURAL REINFORCEMENT	
fyk	420 Mpa	fyk	420 Mpa
fck	40 Mpa	fck	40 Mpa
fyd	365.2 Mpa	fyd	365.2 Mpa
fcd	26.7 Mpa	fcd	26.7 Mpa
b	1000 mm	b	1000 mm
h	1000 mm	h	800 mm
cover	50 mm	cover	50 mm
outside link	0 mm	outside link	0 mm
Md	0 kNm	Md	0 kNm
fctk	2.21 Mpa	fctk	2.21 Mpa
fctd	1.48 Mpa	fctd	1.48 Mpa
$\rho_{min}$	0.00175	$\rho_{min}$	0.00175
$\rho_{max}$	0.02787	$\rho_{max}$	0.02787
As,required	mm <sup>2</sup> minimum	As,required	mm <sup>2</sup> minimum
Rebar	no dia. As	Rebar	no dia. As
As 1.Row	5.0 T22 1901	As 1.Row	5.0 T28 3079
As 2.Row	0.0 T00 0	As 2.Row	0.0 T00 0
spacer	0 mm	spacer	0 mm
d	939 mm	d	736 mm
dc	61.0 mm	dc	64.0 mm
As,total	1901 mm <sup>2</sup> OK	As,total	3079 mm <sup>2</sup> OK
$\rho$	0.00202 OK	$\rho$	0.00418 OK
Mn	641 kNm	Mn	800 kNm
FLEXURAL REINFORCEMENT		FLEXURAL REINFORCEMENT	
fyk	420 Mpa	fyk	420 Mpa
fck	40 Mpa	fck	40 Mpa
fyd	365.2 Mpa	fyd	365.2 Mpa
fcd	26.7 Mpa	fcd	26.7 Mpa
b	1000 mm	b	1000 mm
h	1000 mm	h	1600 mm
cover	50 mm	cover	50 mm
outside link	0 mm	outside link	0 mm
Md	0 kNm	Md	0 kNm
fctk	2.21 Mpa	fctk	2.21 Mpa
fctd	1.48 Mpa	fctd	1.48 Mpa
$\rho_{min}$	0.00175	$\rho_{min}$	0.00175
$\rho_{max}$	0.02787	$\rho_{max}$	0.02787
As,required	mm <sup>2</sup> minimum	As,required	mm <sup>2</sup> minimum
Rebar	no dia. As	Rebar	no dia. As
As 1.Row	5.0 T28 3079	As 1.Row	5.0 T28 3079
As 2.Row	0.0 T00 0	As 2.Row	0.0 T00 0
spacer	0 mm	spacer	0 mm
d	936 mm	d	1536 mm
dc	64.0 mm	dc	64.0 mm
As,total	3079 mm <sup>2</sup> OK	As,total	3079 mm <sup>2</sup> OK
$\rho$	0.00329 OK	$\rho$	0.00200 OK
Mn	1024 kNm	Mn	1699 kNm

FLEXURAL REINFORCEMENT				FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420	Mpa		fyk	420	Mpa	
fck	40	Mpa		fck	40	Mpa	
fyd	365.2	Mpa		fyd	365.2	Mpa	
fcd	26.7	Mpa		fcd	26.7	Mpa	
b	1000	mm		b	1000	mm	
h	1000	mm		h	1600	mm	
cover	50	mm		cover	50	mm	
outside link	0	mm		outside link	0	mm	
Md	0	kNm		Md	0	kNm	
fctk	2.21	Mpa		fctk	2.21	Mpa	
fctd	1.48	Mpa		fctd	1.48	Mpa	
$\rho_{min}$	0.00175			$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787			$\rho_{max}$	0.02787		
As,required		mm <sup>2</sup>	minimum	As,required		mm <sup>2</sup>	minimum
Rebar	no	dia.	As	Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	6.7	T28	4105	As 1.Row	6.7	T28	4105
As 2.Row	0.0	T00	0	As 2.Row	0.0	T00	0
spacer	0	mm		spacer	0	mm	
d	936	mm		d	1536	mm	
dc	64.0	mm		dc	64.0	mm	
As,total	4105	mm <sup>2</sup>	OK	As,total	4105	mm <sup>2</sup>	OK
$\rho$	0.00439		OK	$\rho$	0.00267		OK
Mn	1354	kNm		Mn	2253	kNm	
FLEXURAL REINFORCEMENT				FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420	Mpa		fyk	420	Mpa	
fck	40	Mpa		fck	40	Mpa	
fyd	365.2	Mpa		fyd	365.2	Mpa	
fcd	26.7	Mpa		fcd	26.7	Mpa	
b	1000	mm		b	1000	mm	
h	700	mm		h	800	mm	
cover	50	mm		cover	50	mm	
outside link	0	mm		outside link	0	mm	
Md	0	kNm		Md	0	kNm	
fctk	2.21	Mpa		fctk	2.21	Mpa	
fctd	1.48	Mpa		fctd	1.48	Mpa	
$\rho_{min}$	0.00175			$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787			$\rho_{max}$	0.02787		
As,required		mm <sup>2</sup>	minimum	As,required		mm <sup>2</sup>	minimum
Rebar	no	dia.	As	Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T22	1901	As 1.Row	5.0	T22	1901
As 2.Row	6.7	T28	4105	As 2.Row	6.7	T28	4105
spacer	0	mm		spacer	0	mm	
d	622	mm		d	722	mm	
dc	78.1	mm		dc	78.1	mm	
As,total	6006	mm <sup>2</sup>	OK	As,total	6006	mm <sup>2</sup>	OK
$\rho$	0.00966		OK	$\rho$	0.00832		OK
Mn	1258	kNm		Mn	1477	kNm	

FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	1000 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup>	minimum	
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T22	1901
As 2.Row	6.7	T28	4105
spacer	0 mm		
d	922 mm		
dc	78.1 mm		
As,total	6006 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00651	OK	
Mn	1916 kNm		

FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	1600 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup>	minimum	
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T22	1901
As 2.Row	6.7	T28	4105
spacer	0 mm		
d	1522 mm		
dc	78.1 mm		
As,total	6006 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00395	OK	
Mn	3232 kNm		

FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	700 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup>	minimum	
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T20	1571
As 2.Row	6.7	T25	3273
spacer	0 mm		
d	625 mm		
dc	75.2 mm		
As,total	4843 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00775	OK	
Mn	1036 kNm		

FLEXURAL REINFORCEMENT			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	800 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup>	minimum	
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T20	1571
As 2.Row	6.7	T25	3273
spacer	0 mm		
d	725 mm		
dc	75.2 mm		
As,total	4843 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00668	OK	
Mn	1213 kNm		

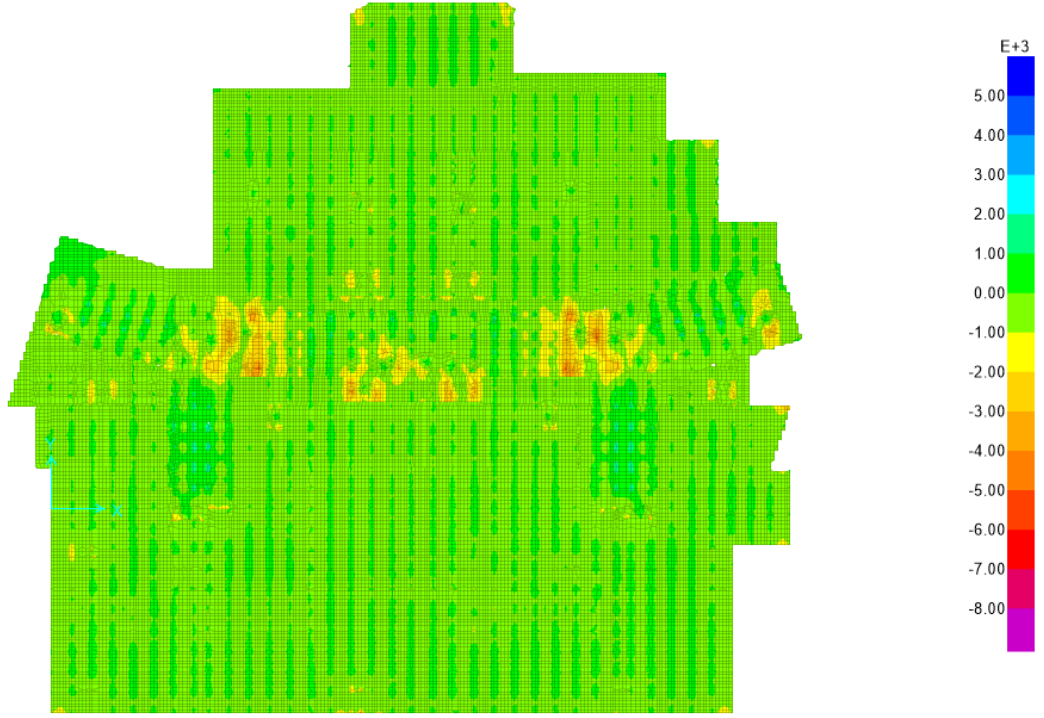
<b>FLEXURAL REINFORCEMENT</b>			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	1000 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup> minimum		
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T20	1571
As 2.Row	6.7	T25	3273
spacer	0 mm		
d	925 mm		
dc	75.2 mm		
As,total	4843 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00524	OK	
Mn	1567 kNm		

<b>FLEXURAL REINFORCEMENT</b>			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	1600 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup> minimum		
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T20	1571
As 2.Row	6.7	T25	3273
spacer	0 mm		
d	1525 mm		
dc	75.2 mm		
As,total	4843 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00318	OK	
Mn	2628 kNm		

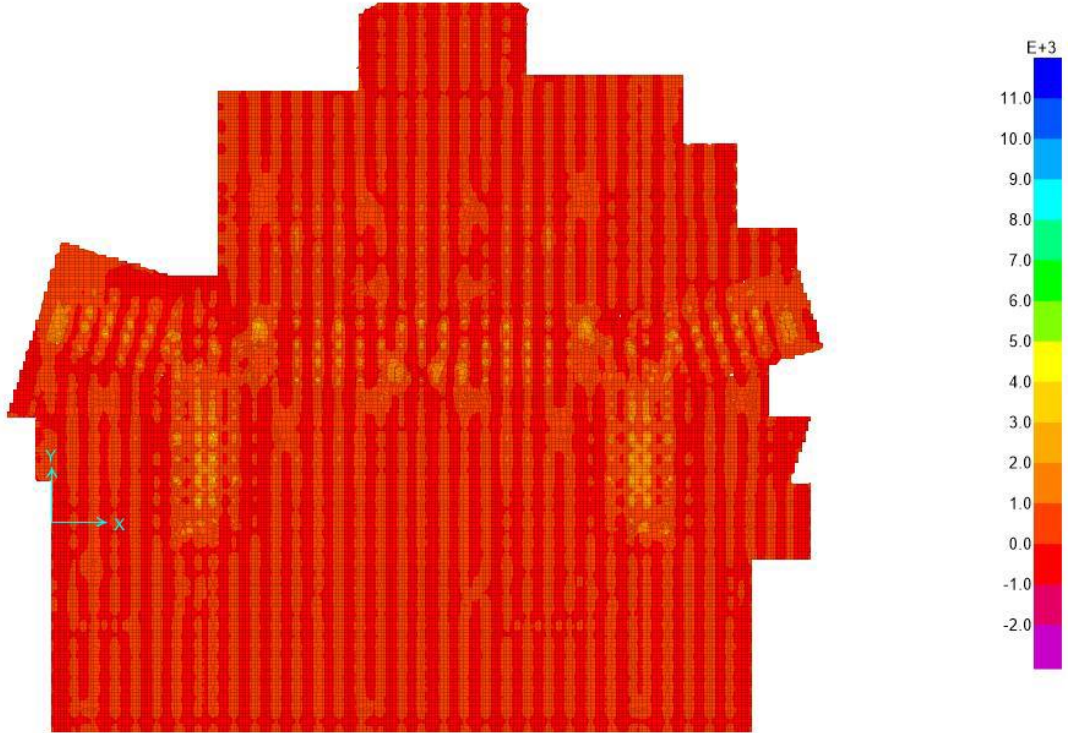
<b>FLEXURAL REINFORCEMENT</b>			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	1000 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup> minimum		
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T28	3079
As 2.Row	6.7	T28	4105
spacer	0 mm		
d	920 mm		
dc	80.0 mm		
As,total	7184 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00781	OK	
Mn	2262 kNm		

<b>FLEXURAL REINFORCEMENT</b>			
fyk	420 Mpa		
fck	40 Mpa		
fyd	365.2 Mpa		
fcd	26.7 Mpa		
b	1000 mm		
h	1600 mm		
cover	50 mm		
outside link	0 mm		
Md	0 kNm		
fctk	2.21 Mpa		
fctd	1.48 Mpa		
$\rho_{min}$	0.00175		
$\rho_{max}$	0.02787		
As,required	mm <sup>2</sup> minimum		
Rebar	no	dia.	As
As 1.Row	5.0	T28	3079
As 2.Row	6.7	T28	4105
spacer	0 mm		
d	1520 mm		
dc	80.0 mm		
As,total	7184 mm <sup>2</sup>	OK	
$\rho$	0.00473	OK	
Mn	3836 kNm		

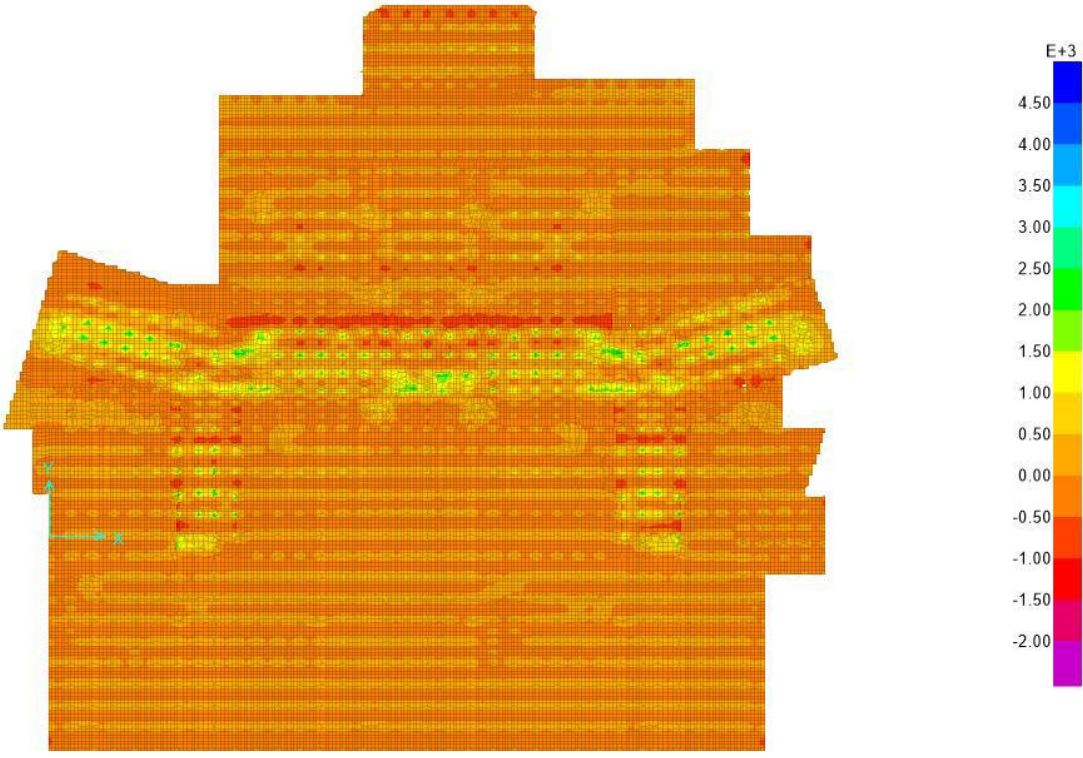




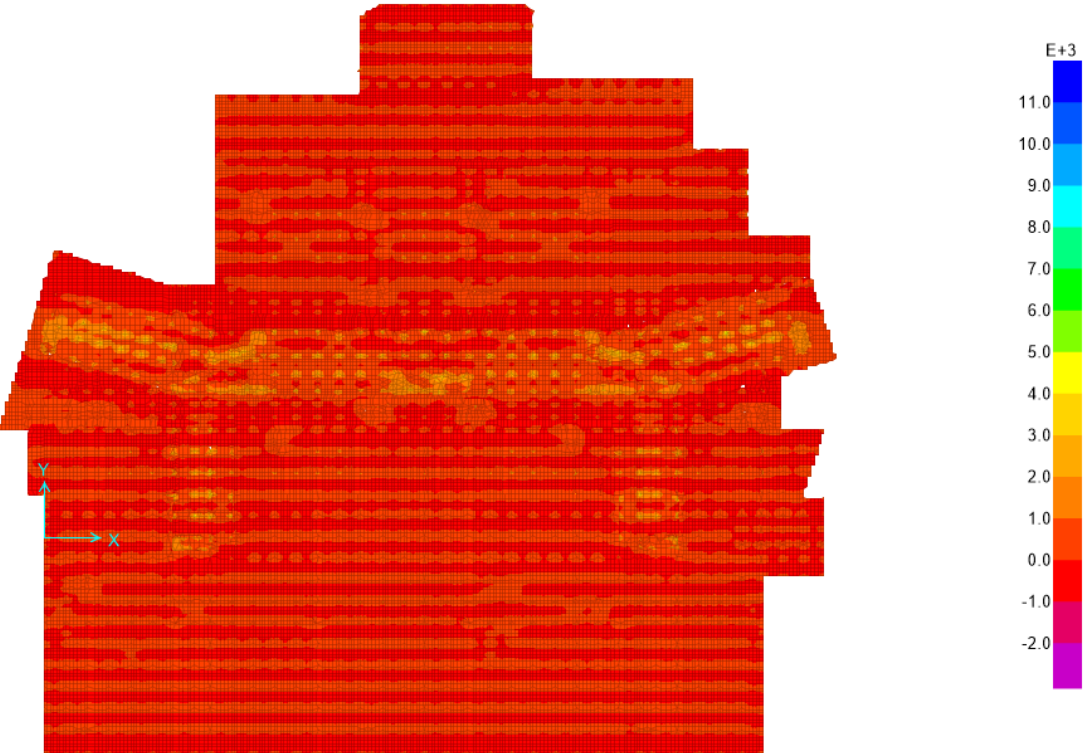
Şekil 3.2: X doğrultusu en küçük iç kuvvetler (kNm)



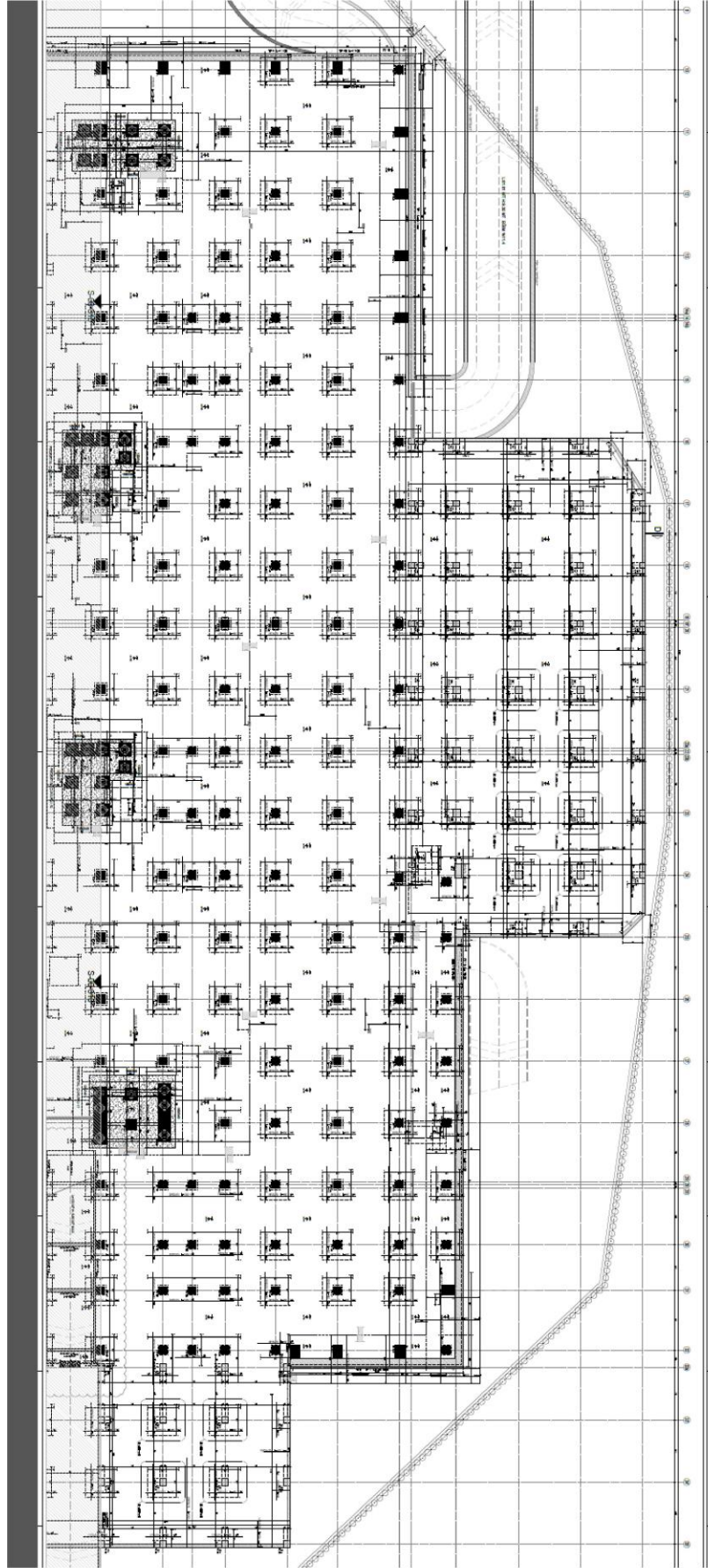
Şekil 3.3: X doğrultusu en büyük iç kuvvetler (kNm)



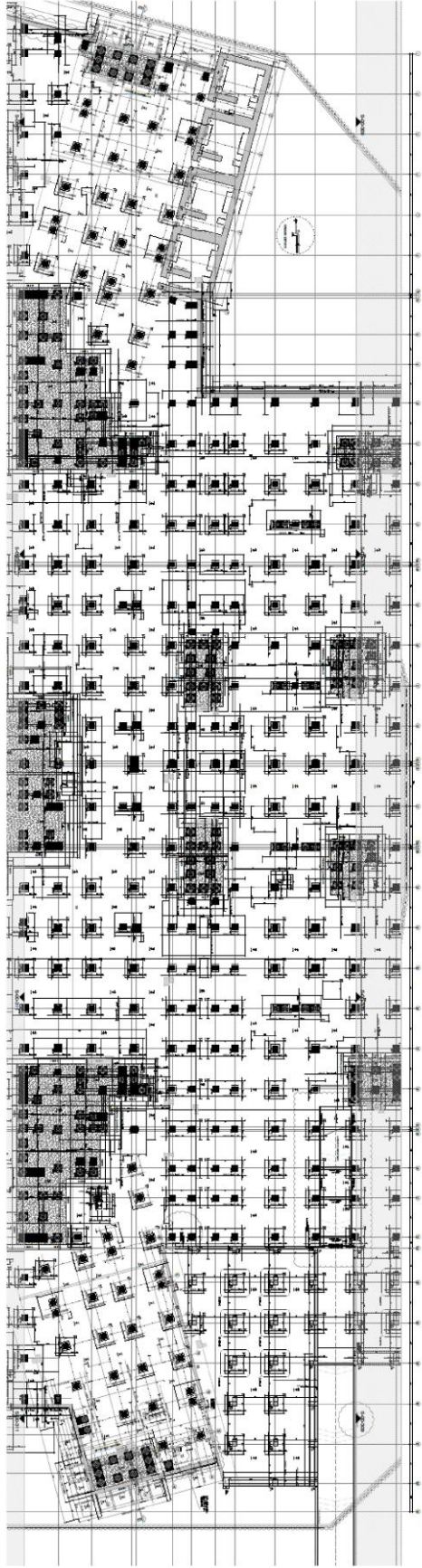
Şekil 3.4: Y doğrultusu en küçük iç kuvvetler (kNm)



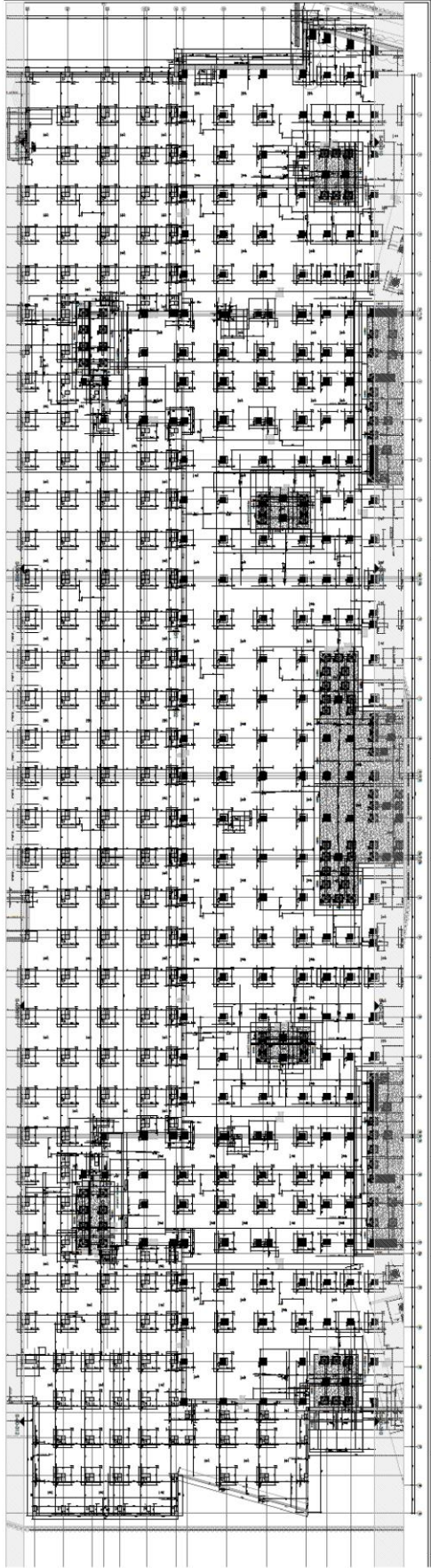
Şekil 3.5: Y doğrultusu en büyük iç kuvvetler (kNm)



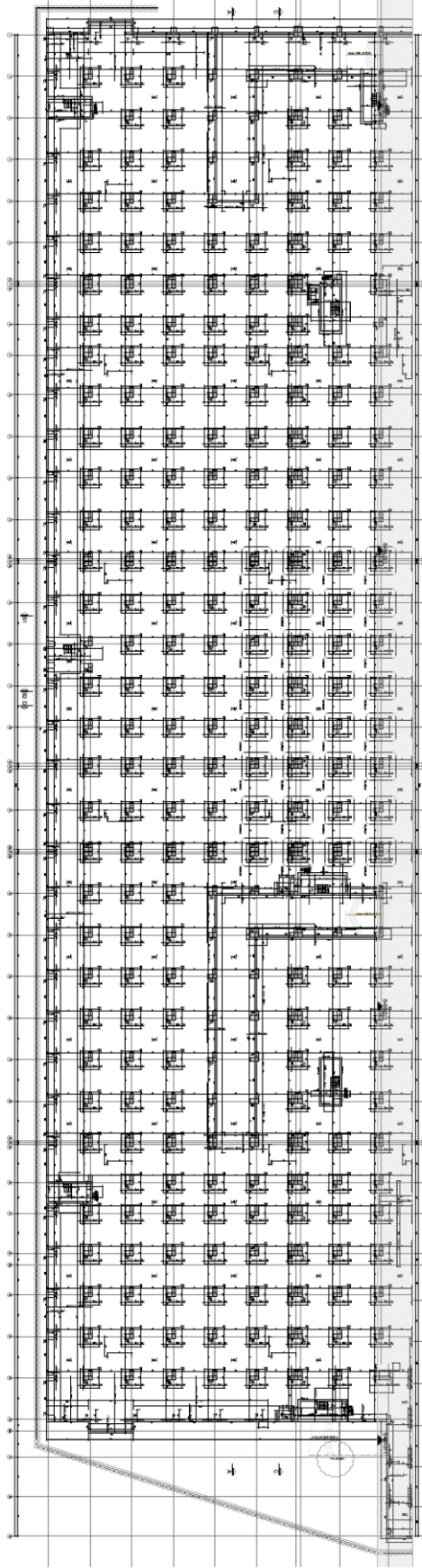
Şekil 3.6: İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-1)



Şekil 3.7: İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-2)

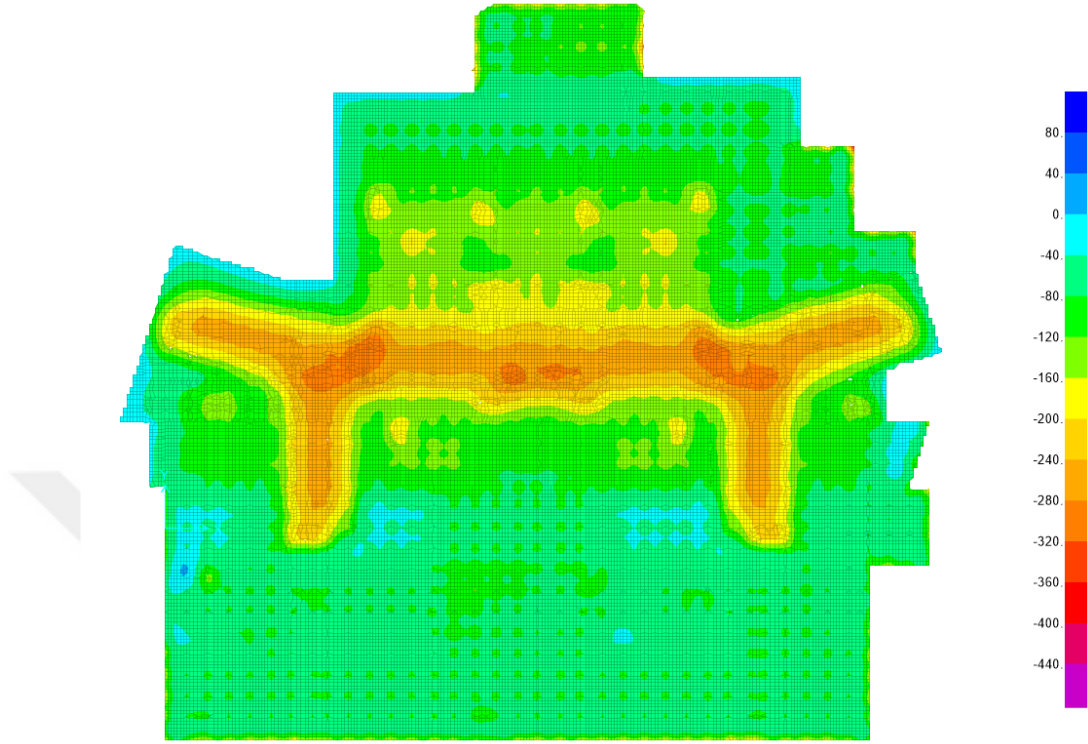


Şekil 3.8: İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-3)

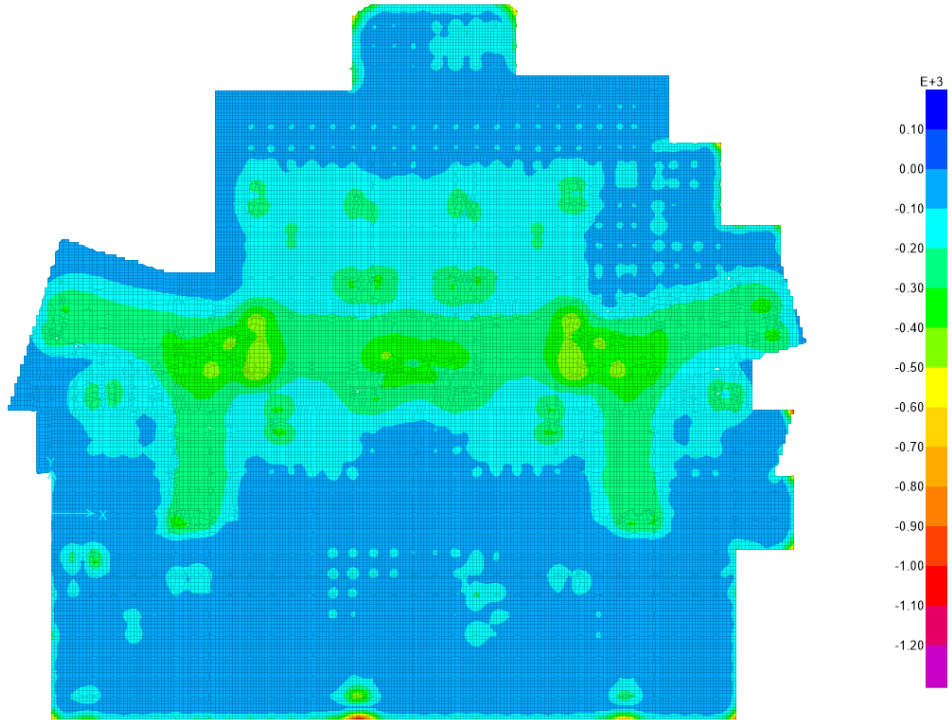


Şekil 3.9: İlave Donatı Kullanılan Bölgeler-(4-4)

Zemin gerilmeleri aşağıda gösterilmiştir. Zemin emniyet gerilmesi düşey yükler altında 260 kPa, depremlili durumda 390 kPa'dır.



Şekil 3.10: Temel Gerilmeleri-Düşey Yükler (kPa)



Şekil 3.11: Temel Gerilmeleri-Deprem Yükleme (kPa)

TS-500 şartnamesine göre temellerde zımbalama kontrolleri yapılmış ve gerekli kolonların çevresinde zımbalama donatısı yerleştirilmiştir. Katlardaki zımbalama talep/etki oranlarını gösteren çizelgelerden birisi örnek olarak aşağıda verilmiştir, 1'in üzerindeki oranlar için gerekli zımbalama donatıları yerleştirilerek gerekli kapasite sağlanmıştır [6].

**Çizelge 3.3: Zımbalama Etki/Kapasite Oranları**

Nokta	GlobalX	GlobalY	Oran	Kombinasyon	Konum
	m	m		Text	Text
715	173.6012	0.7	0.536	14g16q	Interior
716	173.6012	9.1	0.489	14g16q16h	Interior
717	173.6012	15.2	0.200	14g16q	Interior
718	182.0012	0.7	0.283	14g16q	Interior
719	182.0012	9.1	0.267	14g16q16h	Interior
720	190.4012	-7.7	0.267	14g16q	Interior
721	190.4012	0.7	0.282	14g16q	Interior
722	190.4012	9.1	0.266	14g16q16h	Interior
723	198.8012	-7.7	0.266	14g16q	Interior
724	198.8012	0.7	0.282	14g16q16h	Interior
725	198.8012	9.1	0.265	14g16q	Interior
726	207.2012	-7.7	0.268	14g16q16h	Interior
727	207.2012	0.7	0.284	14g16q16h	Interior
728	207.2012	9.1	0.272	14g16q16h	Interior
729	215.6012	0.7	0.276	14g16q	Interior
730	215.6012	9.1	0.243	14g16q16h	Interior
731	25.20118	-16.1	0.570	14g16q	Interior
732	33.60118	-16.1	0.708	14g16q	Interior
733	42.00118	-16.1	0.834	14g16q16h	Interior
734	58.50118	-16.1	0.496	14g16q	Interior
735	64.70118	-16.1	0.500	14g16q16h	Interior
736	72.80119	-16.1	0.596	14g16q16h	Interior
737	89.60118	-16.1	0.597	14g16q16h	Interior
739	123.2012	-16.1	1.062	14g16q16h	Interior
740	147.9012	-16.1	0.860	gq+ex+03ey+ts+td	Interior
742	173.6012	-16.1	0.602	gq+ey+03ex+ts+td	Interior
743	190.4012	-16.1	0.583	14g16q16h	Interior
744	215.6012	-16.1	0.592	14g16q	Interior
745	232.1012	-16.1	0.545	14g16q	Interior
746	238.3012	-16.1	0.527	14g16q16h	Interior
747	246.4012	-16.1	0.653	14g16q	Interior
748	248.7012	9.1	0.203	14g16q16h	Interior
749	248.7012	0.7	0.236	14g16q16h	Interior
750	238.3012	-7.7	0.130	gq+ey+03ex+ts+td	Interior
751	229.8012	-1.6	0.055	gq-ex+03ey	Interior
752	221.7012	9.1	0.072	gq+ex-03ey	Interior
753	232.1012	-7.7	0.108	gq+ey+03ex+ts+td	Interior
754	229.8012	-7.7	0.078	gq+ex-03ey	Interior
755	248.7012	-7.7	0.250	14g16q16h	Interior
757	106.8512	0.7	0.695	gq+ey-03ex	Interior



#### 4. ÜST YAPI TASARIMI

İzolator seviyesinin üzerindeki taban kesme kuvveti, yönetmelik alt sınır değeri ve nonlineer analiz sonuçlarına göre belirlenen değere denkleştirilerek deprem kuvvetleri kalibre edilmiştir.

Yönetmeliğe göre ELF yöntemine istinaden hesaplanan minimum taban kesme kuvveti, izolator seviyesi kesme kuvveti ve izolator deplasmanları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

\*\*\*DFP - DBE (UB) ANALİZİ\*\*\*

##### İZOLATOR BİRİMİ ÖZELLİKLERİ

İZOLATOR ÜZERİ EKSENEL KUVVET (kN) : 38577.85

İZOLATOR NOMİNAL SÜRTÜNME: 0.0862

İZOLATOR ÜST LİMİT ÇARPAN: 1.5

İZOLATOR ÜST LİMİT SÜRTÜNME: 0.1293

İZOLATOR ETKİN YARIÇAP (m): 4.9

##### DBE DEPREM SPEKTRUM ÖZELLİKLERİ

##### SPEKTRUM TİPİ: NEHRP

Ss (g): 1.15

S1 (g): 0.48

Zemin: B

fa: 1

fv: 1

faSs (g): 1.15

fvS1 (g): 0.48

##### ANALİZ SONUÇLARI

DEPLASMAN (cm): 12.74853

KUVVET KATSAYISI: 0.1553174

Keff (kN/m): 47000.02

Teff (sn): 1.816541  
SÖNÜM: 0.5302476  
BETA: 1.7  
Sa/B (g): 0.1554344  
Sd/B (cm): 12.75813  
F(DM) - F(DM/2): 0.01300871W  
\*\*\*DFP - DBE (UB) ANALİZ SONU\*\*\*  
\*\*\*DFP - MCE (LB) ANALİZİ\*\*\*

#### İZOLATOR BİRİMİ ÖZELLİKLERİ

-----

İZOLATOR ÜZERİ EKSENEL KUVVET (kN): 38577.85  
İZOLATOR NOMİNAL SÜRTÜNME: 0.0862  
İZOLATOR ALT LİMİT ÇARPAN: 0.75  
İZOLATOR ALT LİMİT SÜRTÜNME: 0.06465  
İZOLATOR ETKİN YARIÇAP (m): 4.9

#### MCE DEPREM SPEKTRUM ÖZELLİKLERİ

-----

##### SPEKTRUM TİPİ: NEHRP

Ss (g): 2.16  
S1 (g): 0.82  
Zemin: B  
fa: 1  
fv: 1  
faSs (g): 2.16  
fvS1 (g): 0.82

#### ANALİZ SONUÇLARI

-----

DEPLASMAN (cm): 40.96912  
KUVVET KATSAYISI: 0.1482605  
Keff (kN/m): 13960.68  
Teff (sn): 3.333042  
SÖNÜM: 0.2777433  
BETA: 1.659004

Sa/B (g): 0.1482947

Sd/B (cm): 40.9786

F(DM) - F(DM/2): 0.04180523W

\*\*\*DFP - MCE (LB) ANALİZ SONU\*\*\*

Buna minimum değerler aşağıdaki gibidir:

Minimum İzolatör Deplasmanı (MCE):  $40.97 * 1.1 * 0.8 = 36.05 \text{ cm} < 40 \text{ cm}$

Minimum İzolatör Yatay Kuvveti (DBE):  $0.155 * 0.9 = 0.139 \text{ g} < \text{NTHA sonuçları}$

Minimum Üst Yapı Kuvveti (DBE) :  $0.155 * 0.8 = 0.124 \text{ g} < 0.139 \text{ g} = \text{Tasarım}$

Kesme Kuvveti

**Çizelge 4.1:** Tasarımda Kullanılan Kat Kütleleri

Kat Kütleleri		
Kat	UX(ton)	UY(ton)
49.3	6970.19	6970.19
45.3	16451.01	16451.01
41.1	13892.02	13892.02
36.9	13892.02	13892.02
32.7	13892.02	13892.02
28.5	13892.02	13892.02
24.3	13892.02	13892.02
20.1	23902.18	23902.18
15.9	34119.05	34119.05
10.6	39944.62	39944.62
5.3	37402.29	37402.29
0	62350.48	62350.48
(-5.30-2)	82730.36	82730.36
Toplam	373330.26	373330.26

**Çizelge 4.2:** Tasarımda Kullanılan Kat Kesme Kuvvetleri

Kat Kesme Kuvvetleri		
Kat	V <sub>x</sub> (kN)	V <sub>y</sub> (kN)
49.3	19161.49	25740.91
45.3	60750.05	80221.72
41.1	92330.46	120147.21
36.9	120445.11	153924.36
32.7	145302.80	181847.38
28.5	167217.38	204382.82
24.3	186571.87	222118.80
20.1	213052.51	234110.61
15.9	251244.54	252602.99
10.6	295187.60	282417.07
5.3	335707.09	316506.75
0	404532.23	385820.75
(-5.30-2)	502750.24	498564.31

**Çizelge 4.3:** DD1 Seviyesi Yapı Periyotları

Mode	Periyot	UX	UY	$\Sigma$ UX	$\Sigma$ UY	RZ	$\Sigma$ RZ
1	3.41	0.07	0.72	0.07	0.72	0.19	0.19
2	3.40	0.25	0.26	0.31	0.97	0.47	0.67
3	3.34	0.67	0.00	0.98	0.98	0.31	0.98
4	1.35	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
5	1.24	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
6	1.09	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
7	1.04	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
8	0.96	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
9	0.84	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
10	0.83	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
11	0.60	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
12	0.58	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
13	0.55	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
14	0.52	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
15	0.47	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
16	0.43	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
17	0.37	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
18	0.34	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
19	0.33	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
20	0.30	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
21	0.27	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
22	0.26	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
23	0.25	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
24	0.25	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
25	0.24	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
26	0.21	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
27	0.21	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
28	0.20	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
29	0.20	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98

**Çizelge 4.4:** DD2 Seviyesi Yapı Periyotları

Mode	Periyot	UX	UY	$\Sigma$ UX	$\Sigma$ UY	RZ	$\Sigma$ RZ
1	2.06	0.00	0.88	0.00	0.88	0.01	0.01
2	2.03	0.07	0.01	0.07	0.89	0.83	0.83
3	1.93	0.88	0.00	0.95	0.89	0.07	0.90
4	1.34	0.00	0.00	0.95	0.89	0.03	0.93
5	1.24	0.00	0.02	0.95	0.91	0.00	0.93
6	1.10	0.00	0.00	0.95	0.91	0.00	0.93
7	1.01	0.00	0.07	0.95	0.98	0.00	0.93
8	0.95	0.01	0.00	0.96	0.98	0.04	0.96
9	0.83	0.00	0.00	0.96	0.98	0.00	0.96
10	0.80	0.02	0.00	0.98	0.98	0.02	0.98
11	0.62	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
12	0.60	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
13	0.56	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
14	0.52	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
15	0.48	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
16	0.44	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
17	0.37	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
18	0.34	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
19	0.33	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
20	0.29	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
21	0.27	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
22	0.26	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
23	0.25	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
24	0.24	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
25	0.24	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
26	0.21	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
27	0.21	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
28	0.21	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98
29	0.21	0.00	0.00	0.98	0.98	0.00	0.98

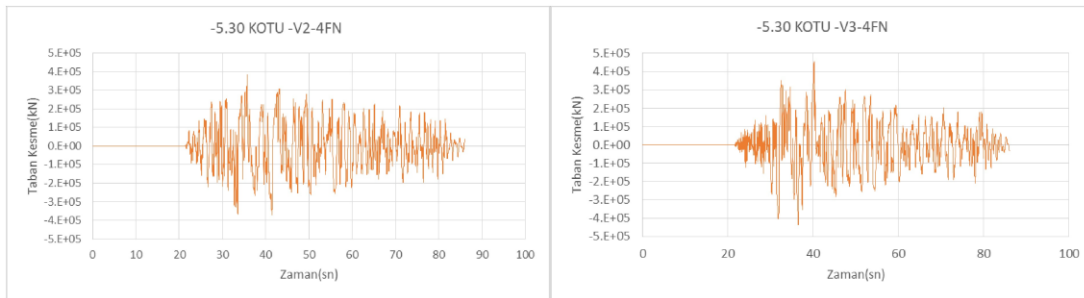
Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin yapılması sonucu elde edilen izolasyon seviyesi üzerinde hesaplanan kat kesme kuvvetleri çizelgeleri ve kat kesme zaman grafikleri aşağıda verilmiştir.

**Çizelge 4.5:** Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD1-FN)

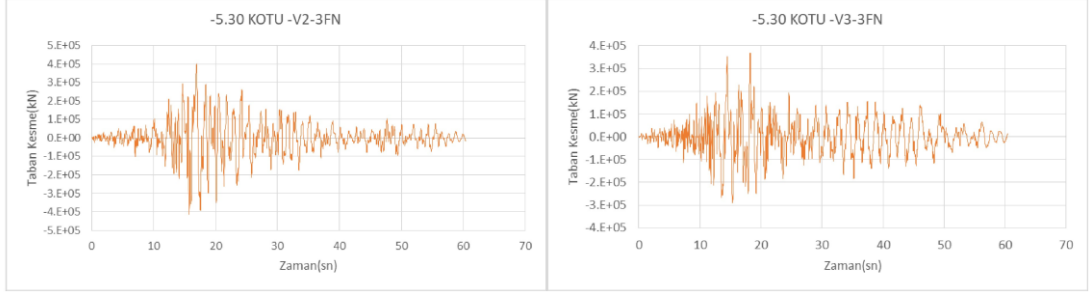
Taban Kesme Kuvvetleri			W(kN) 3629700	
Yük Kom.	Vx	Vy	Vx	Vy
	kN	kN	%	%
1FN	497094.6	575890.9	13.6952	15.86608
2FN	400724.3	440141.9	11.04015	12.12612
3FN	387377.6	327546.3	10.67244	9.024059
4FN	386739.3	454511.7	10.65486	12.52202
5FN	291281.8	328743.7	8.024954	9.057049
6FN	301988.6	417881.2	8.319932	11.51283
7FN	383455.5	481337.5	10.56439	13.26108
ort	378380.2	432293.3	10.42456	11.90989

**Çizelge 4.6:** Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD1-FP)

Taban Kesme Kuvvetleri			W(kN) 3629700	
Yük Kom.	Vx	Vy	Vx	Vy
	kN	kN	%	%
1FP	564334.8	520088.2	15.5477	14.32868
2FP	455732.5	384033.6	12.55565	10.58031
3FP	337953.2	394383.7	9.310775	10.86546
4FP	486822	367210.6	13.41218	10.11683
5FP	322704.3	279347.6	8.890659	7.696163
6FP	414761.6	288903.1	11.42688	7.959421
7FP	490230.3	388104.6	13.50608	10.69247
ort	438934.1	374581.6	12.09285	10.31991

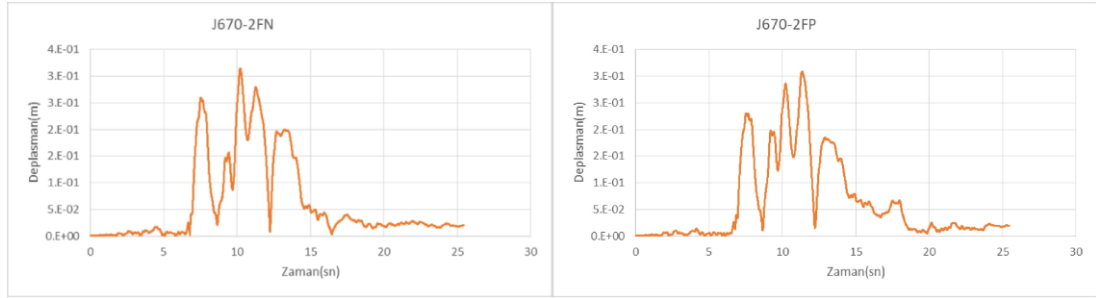


**Şekil 4.1:** Taban Kesme Zaman Grafikleri-(DD1-4FN-Vx,Vy)

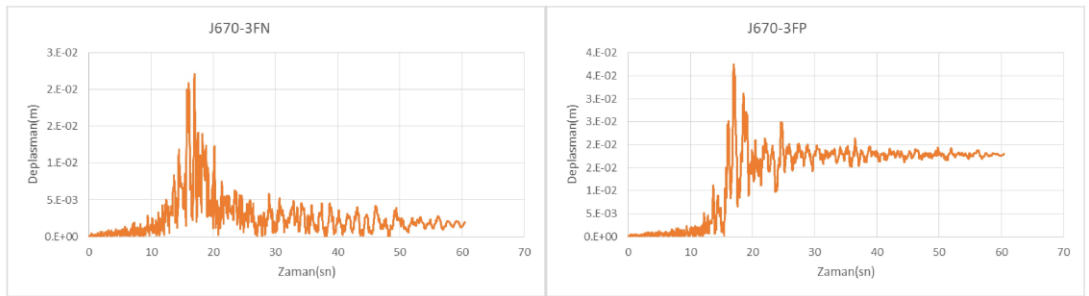


**Şekil 4.2:** Taban Kesme Zaman Grafikleri-(DD2-3FN-V<sub>x</sub>,V<sub>y</sub>)

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin yapılması sonucu düğüm noktalarında elde edilen X ve Y doğrultusu deplasmanları SRSS yöntemi ile birleştirilerek her kayıt için deplasmanlar belirlenmiştir. Kayıtlar için elde edilen deplasmanların maksimumların ortalaması alınarak sonuç deplasmanlar belirlenmiştir. Seçilen izolatör üstü bir noktanın (J670) deplasman zaman grafikleri ve maksimum deplasmanlar aşağıda verilmiştir.



**Şekil 4.3:** Deplasman Zaman Grafikleri-(DD1-2FN-2FP)

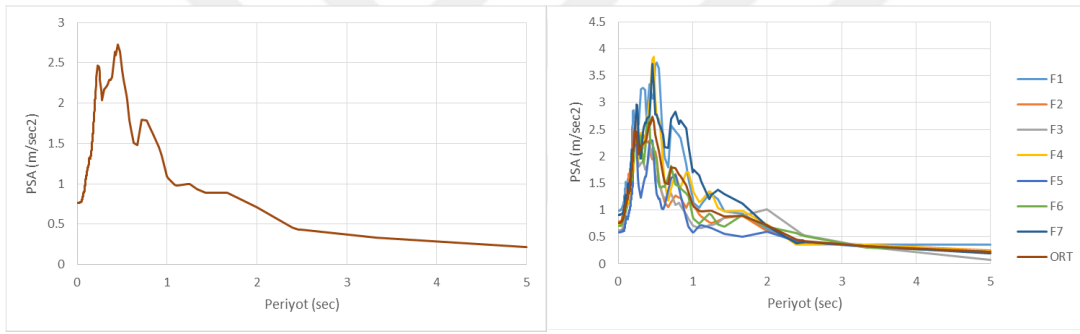


**Şekil 4.4:** Deplasman Zaman Grafikleri-(DD2-3FN-3FP)

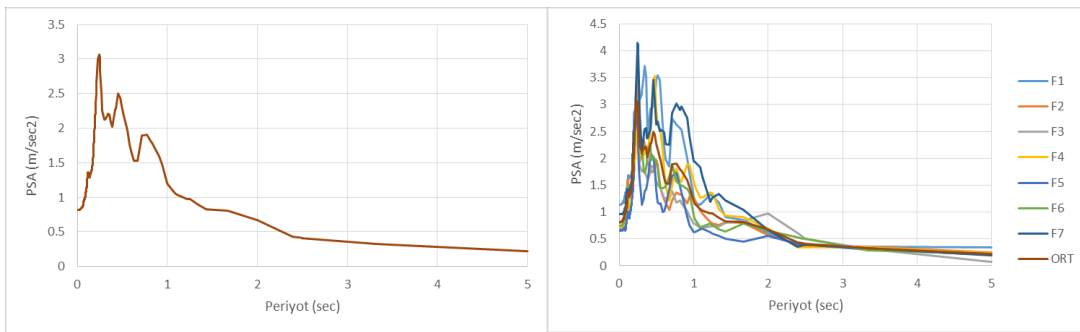
**Çizelge 4.7:** Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde elde edilen ortalama deplasman değerleri

Deprem seviyesi	Ortalama izolatör deplasman (mm)
DD-1	306
DD-2	69

Kat ivmeleri kontrolü DBE seviyesinde izolatör nominal özellikleri kullanılarak yapılmıştır. Buna göre her kata 7 kayıt için X ve y doğrultularında cevap spektrumları oluşturulmuş, daha sonra her kayıt için SRSS yöntemi ile XY cevap spektrumu elde edilmiştir. 7 kayıt için hesaplanan cevap spektrumlarının ortalaması kat spektrumu olarak kullanılmıştır. Tasarım kriterlerinde belirtildiği gibi her kat için elde edilen PGA değerinin 0.2g'den küçük olduğu teyit edilmiştir.

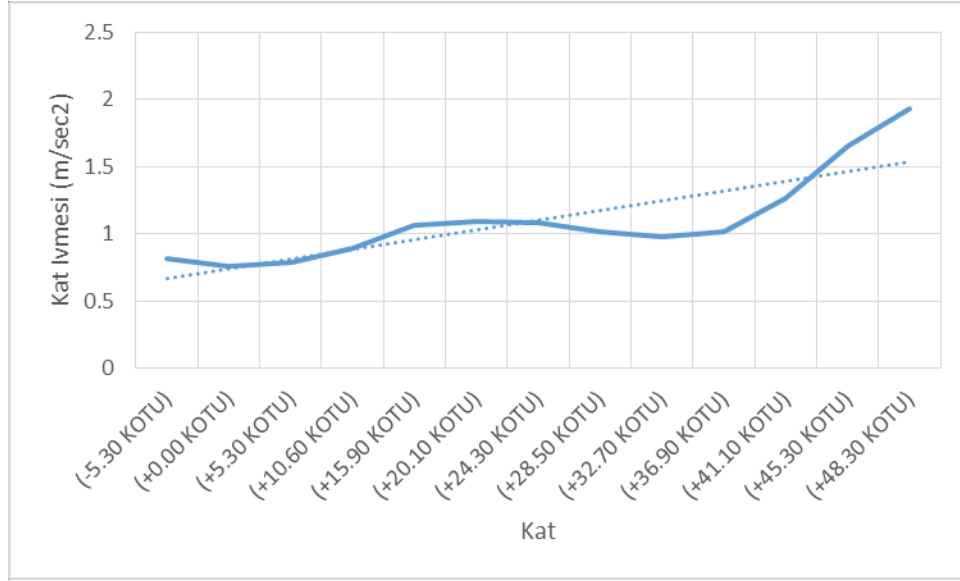


**Şekil 4.5:** (+0.00) Kotu PSA Spektrumu



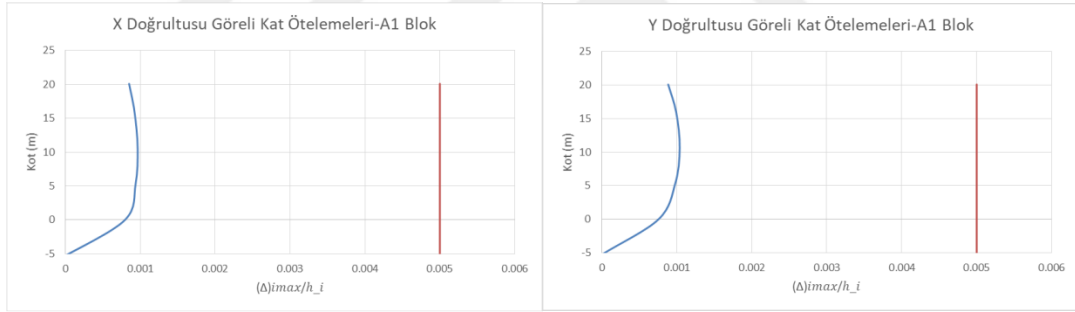
**Şekil 4.6:** (-5.30) Kotu PSA Spektrumu



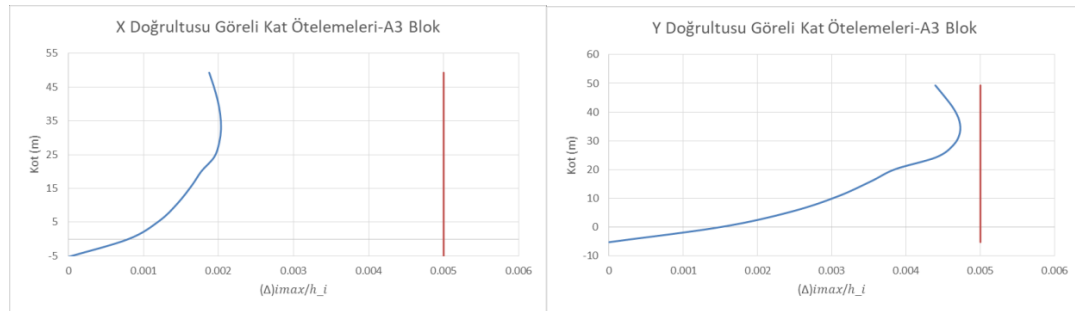


**Şekil 4.7: Kat İvmeleri**

Aşağıdaki grafiklerde her iki deprem seviyesi için görelî kat ötelemesi kontrollerinden bazıları verilmektedir.



**Şekil 4.8: A1 Blok Görelî Kat Ötelemesi-DD1**



**Şekil 4.9: A3 Blok Görelî Kat Ötelemesi-DD2**

Yüksek katlı blokların arasında 20 cm, az katlı kısımların arasında 10 cm deprem derzi bırakılmıştır. Bu değerlerin yeterli olduğu aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Gerekli derz boşluğu, en büyük deplasman değerlerinin karelerinin karekökü alınarak bulunmuştur.

**Çizelge 4.8:** A3-A4 blok arasında derz boşluğu kontrolü-X doğrultusu

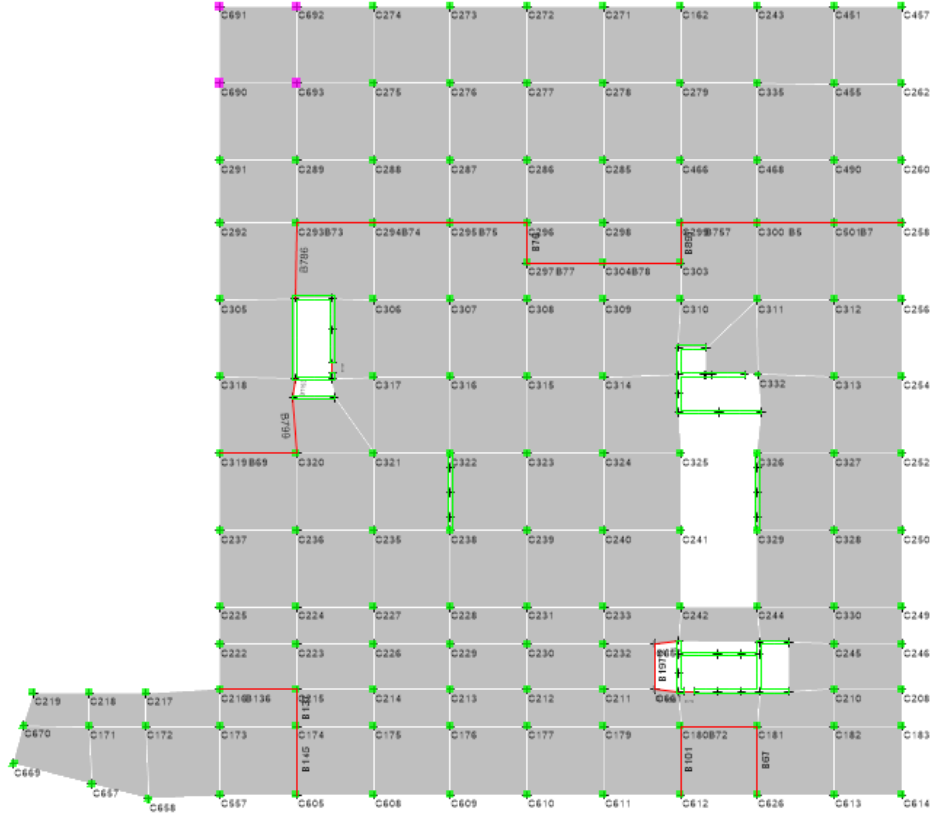
Kat	DEPREM	A3 BLOK DEPLASMAN(cm)	A4 BLOK DEPLASMAN(cm)	GEREKLİ DERZ BOŞLUĞU(cm)
49.3	SPECX Max	8.20	8.41	11.75
45.3	SPECX Max	7.56	7.72	10.81
41.1	SPECX Max	6.86	7.02	9.81
36.9	SPECX Max	6.13	6.27	8.77
32.7	SPECX Max	5.38	5.51	7.70
28.5	SPECX Max	4.62	4.74	6.62
24.3	SPECX Max	3.86	3.97	5.54
20.1	SPECX Max	3.13	3.23	4.50
15.9	SPECX Max	2.49	2.56	3.57
10.6	SPECX Max	1.71	1.76	2.46
5.3	SPECX Max	1.02	1.05	1.46
0	SPECX Max	0.45	0.46	0.65

**Çizelge 4.9:** A3-A4 blok arasında derz boşluğu kontrolü-Y doğrultusu

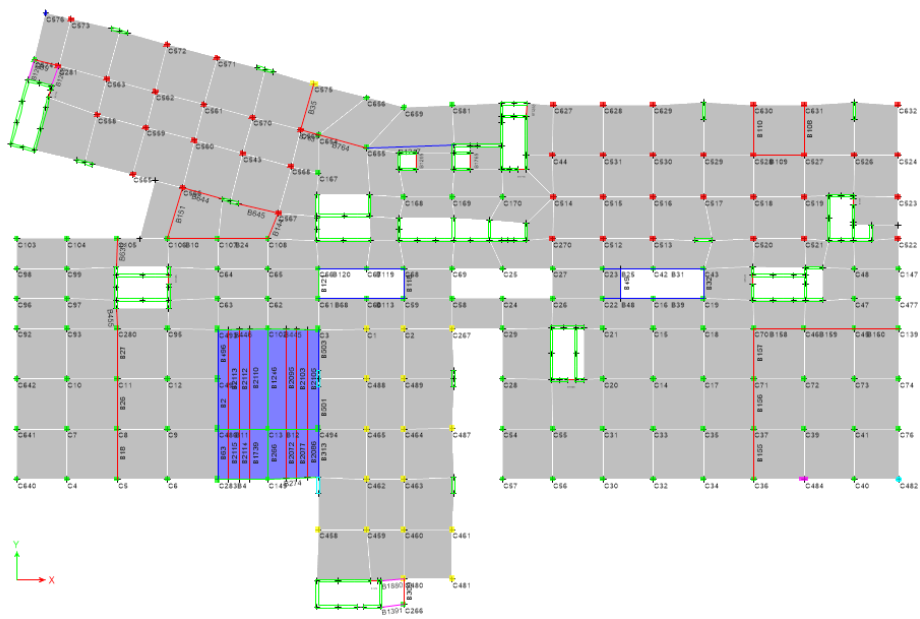
Kat	DEPREM	A3 BLOK DEPLASMAN(cm)	A4 BLOK DEPLASMAN(cm)	GEREKLİ DERZ BOŞLUĞU(cm)
49.3	SPECY Max	13.41	13.55	19.06
45.3	SPECY Max	12.30	12.47	17.51
41.1	SPECY Max	11.07	11.23	15.77
36.9	SPECY Max	9.75	9.91	13.90
32.7	SPECY Max	8.42	8.57	12.02
28.5	SPECY Max	7.12	7.26	10.17
24.3	SPECY Max	5.88	6.00	8.40
20.1	SPECY Max	4.65	4.75	6.65
15.9	SPECY Max	3.60	3.70	5.16
10.6	SPECY Max	2.61	2.70	3.75
5.3	SPECY Max	1.71	1.79	2.47
0	SPECY Max	1.06	1.06	1.50

#### 4.1. Kat ve Yük Planları

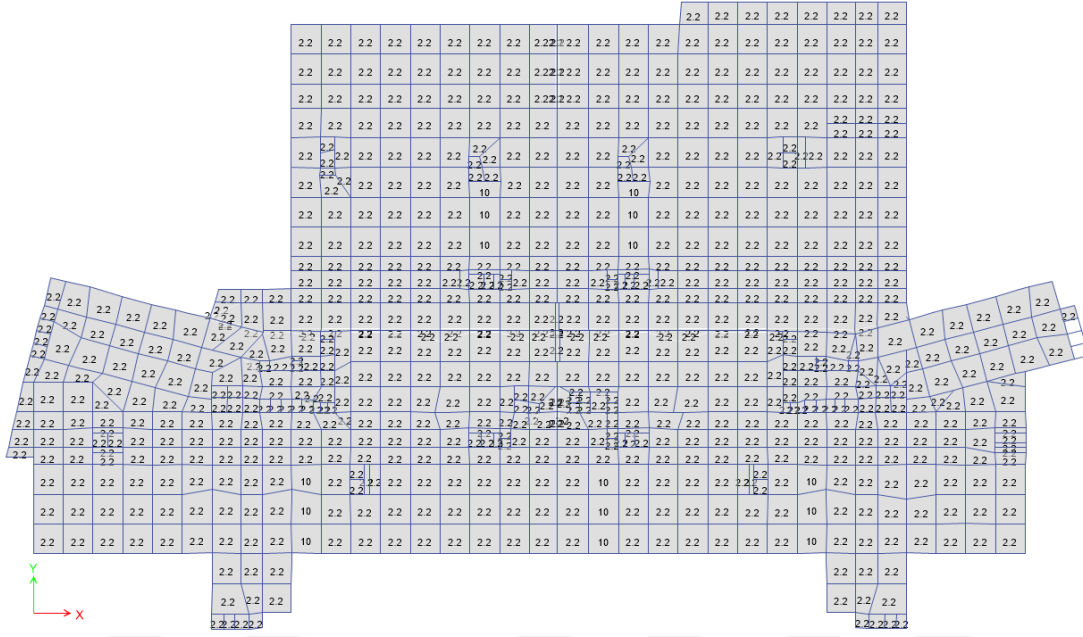
Yapıya ait bazı kısımların kat ve yük planları örnek olarak aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



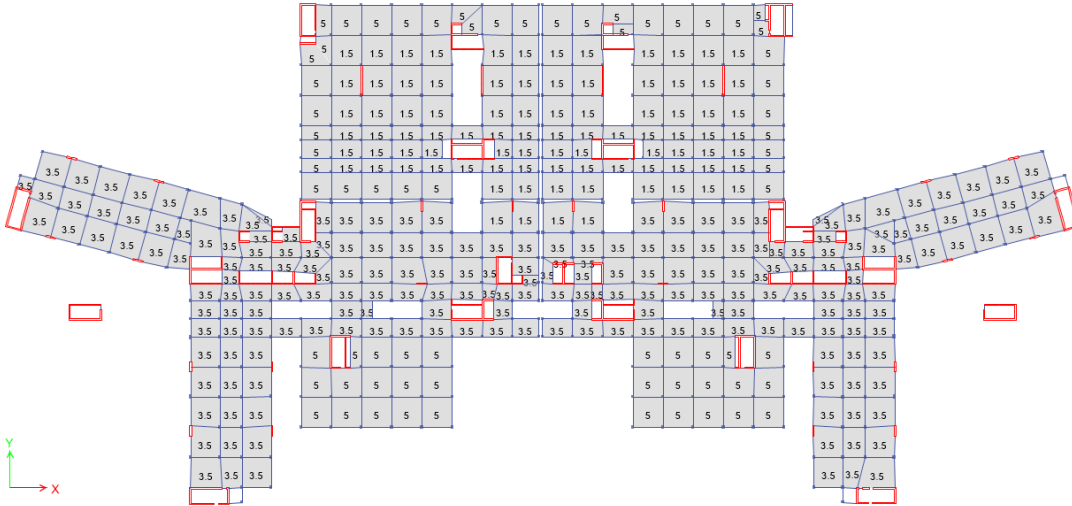
Şekil 4.10: A1 Blok +0.00 kotu eleman markaları



Şekil 4.11: A3 Blok +0.00 kotu eleman markaları



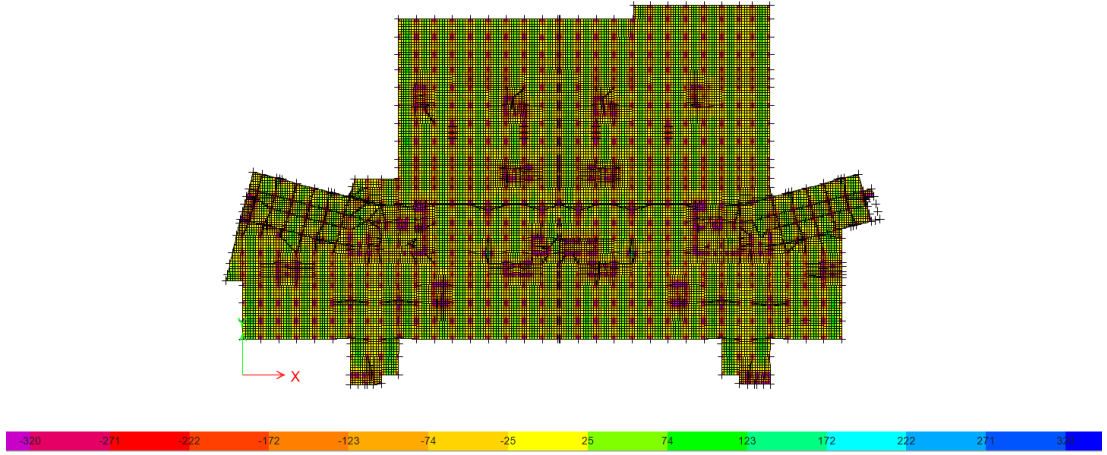
Şekil 4.12: -5.30 Kotu-Sdl (kN/m<sup>2</sup>)



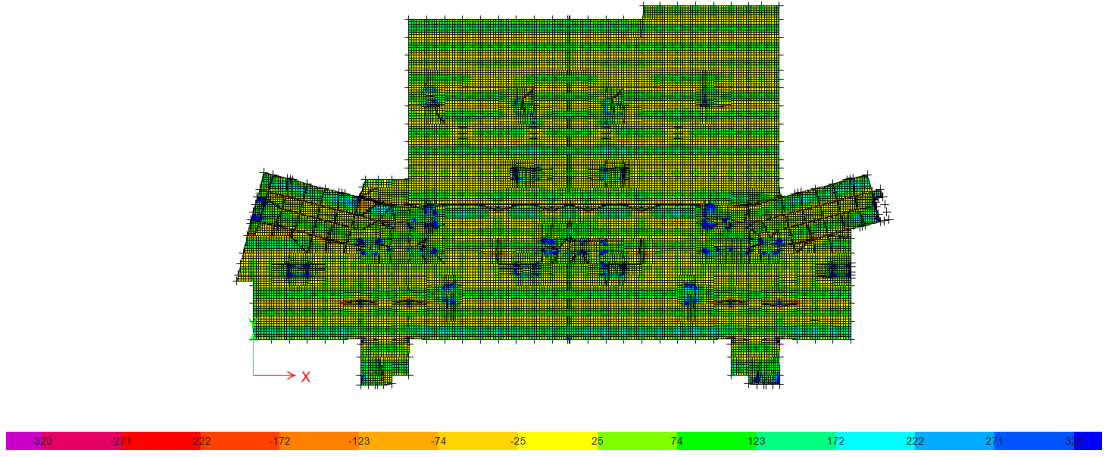
Şekil 4.13: +15.90 Kotu-Mech (kN/m<sup>2</sup>)

#### 4.2. İzolatör Üstü Döşeme Eğilme Tasarımı

Üst yapıda birbirinde ayrı bir şekilde düzenlenmiş tüm bloklar, izolatör üstü seviyede 60 cm kalınlığındaki bir döşeme ile izolasyon sistemine bağlanmıştır. Bu döşemede, her iki doğrultuda  $\Phi 16/200$  üst ve  $\Phi 20/200$  alt ana donatı belirlenmiştir. Ana donatılar ile sağlanan kapasitenin aşıldığı yerlerde ise ilave donatılar eklenmiştir. Aşağıda her iki doğrultuda tasarım eğilme momenti diyagramları gösterilmiştir.



Şekil 4.14: -5.30 Kotu-M11(kNm/m)-En Küçük Gerilmeler

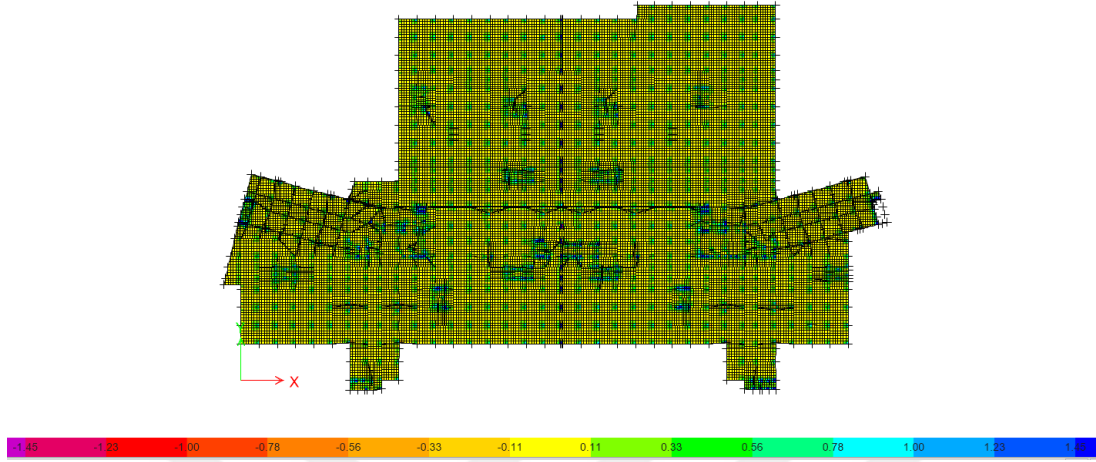


Şekil 4.15: -5.30 Kotu-M22(kNm/m)-En Büyük Gerilmeler

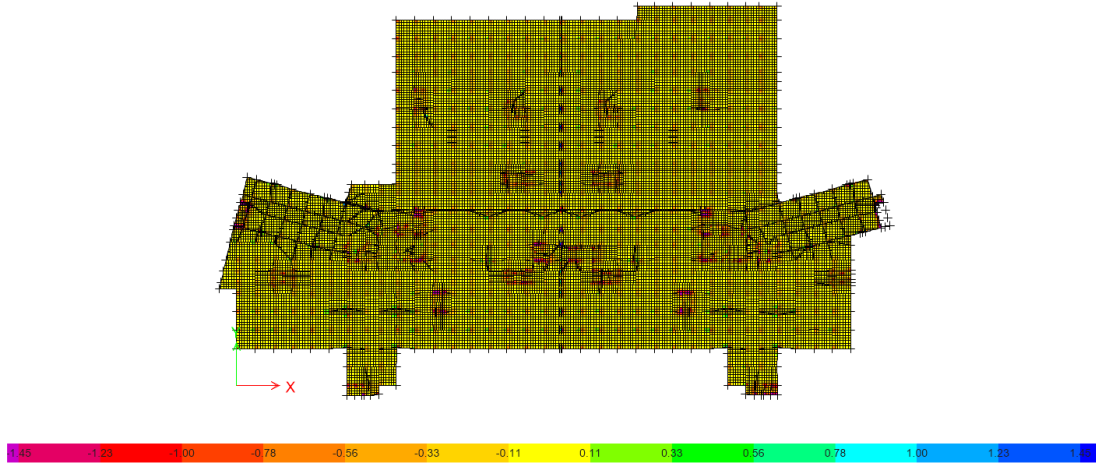
### 4.3. İzolatör Üstü Döşeme Kesme Tasarımı

60 cm kalınlığındaki döşemenin zımbalama kontrolü için TS-500 ile birlikte Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Yönetmelik (2017-Taslak)'de önerilen yöntem de göz önünde tutulmuştur. Bu yönetime göre kirişsiz döşemelerde ve kirişsiz plak temellerde zımbalama kontrolü, sonlu eleman modeli çözümünden elde edilen ve düşey yüklerle beraber Dayanım Fazlalığı Katsayısı D ile büyütülmüş olan deprem etkileri altında oluşan düşey doğrultudaki kayma gerilmesi esas alınarak yapılabilir. Sonlu eleman çözümünden elde edilen kayma gerilmesi değeri için döşeme veya temel etkili yüksekliği d olmak üzere,  $\tau_{pd} = V_{pd}/d < f_{ctd}$  koşulu sağlanmalıdır.

Bu yöntemde de tasarıma esas olan  $\tau_{pd}$  değeri, kolon veya perde yüzünden  $d/2$  mesafede hesaplanacaktır. Aşağıda her iki doğrultuda kayma gerilmeleri gösterilmiştir.



Şekil 4.16: -5.30 Kotu-S13(MPa)-En Büyük Gerilmeler



Şekil 4.17: -5.30 Kotu-S13(MPa)-En Küçük Gerilmeler

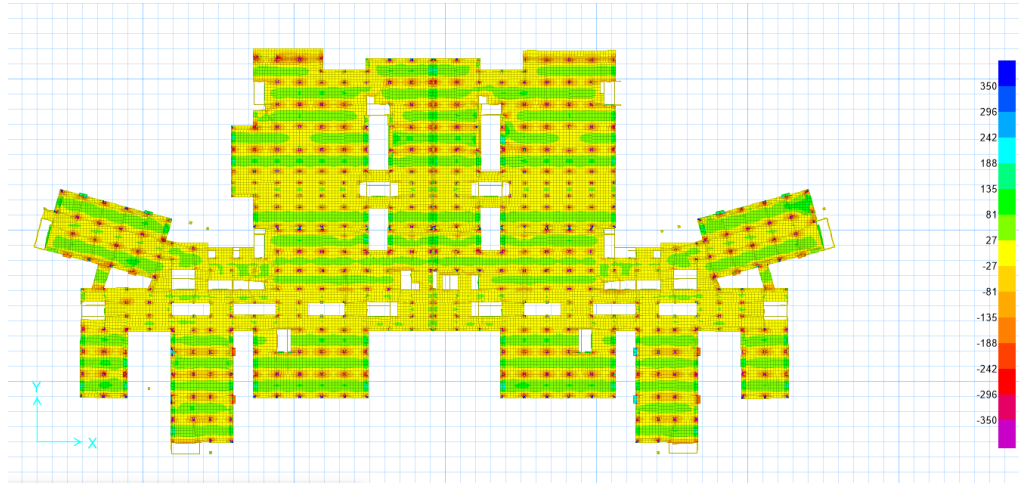
#### 4.4. Kat Döşemeleri Eğilme Tasarımı

Döşemelerin tasarımında kullanılan donatılar ve moment kapasiteleri aşağıda verilmektedir. Kapasiteler 25 mm paspayına göre hesaplanmıştır.

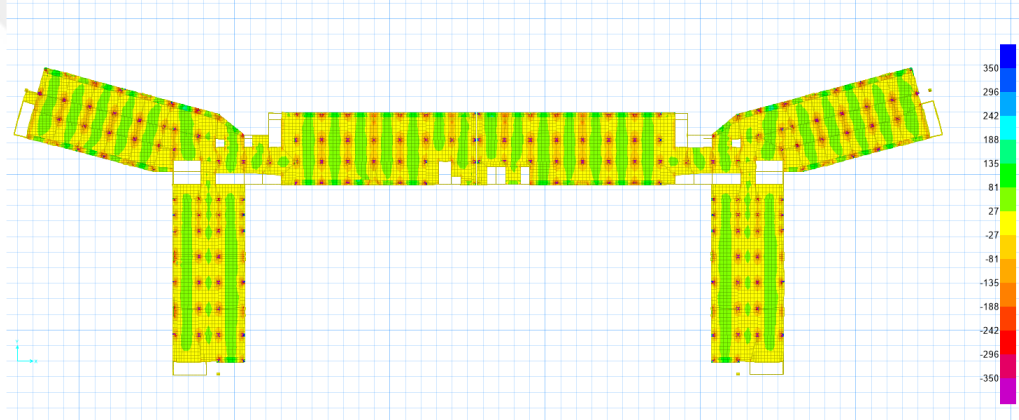
Çizelge 4.10: Döşeme Kapasiteleri

$h_{döşeme}$ mm	$Mk_{eq}$ kNm/m											
	$\phi 10/200$	$\phi 12/200$	$\phi 14/200$	$\phi 14/150$	$\phi 16/200$	$\phi 16/150$	$\phi 22/200$	$\phi 10/200+\phi 10/200$	$\phi 12/200+\phi 10/200$	$\phi 10/200+\phi 22/200$	$\phi 12/200+\phi 22/200$	$\phi 10/200+\phi 20/150$
300	38	55	74	97	95	125	173	74	54	90	213	216
450	60	86	116	154	150	199	277	117	142	325	348	352

Döşemelerin iç kuvvet değerleri aşağıdaki grafiklerde görülebilir.



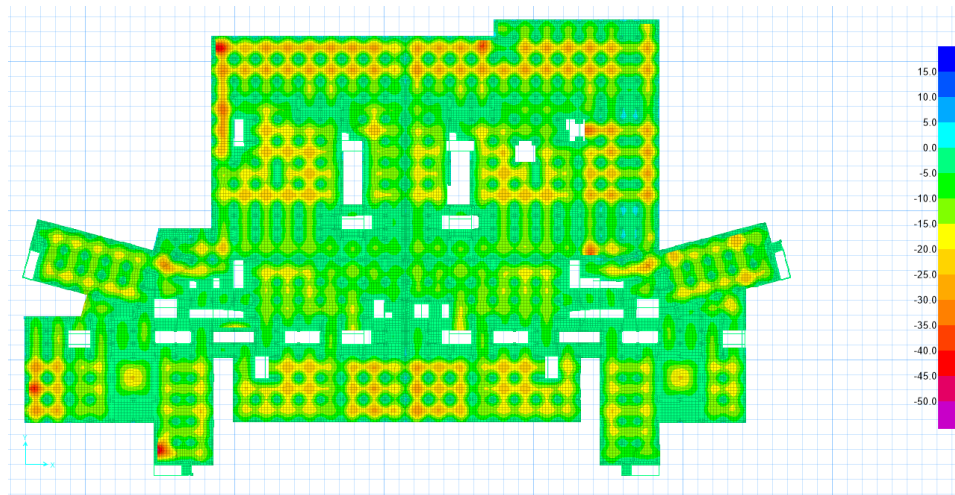
Şekil 4.18: +5.30 Kotu-M22 (kNm/m)



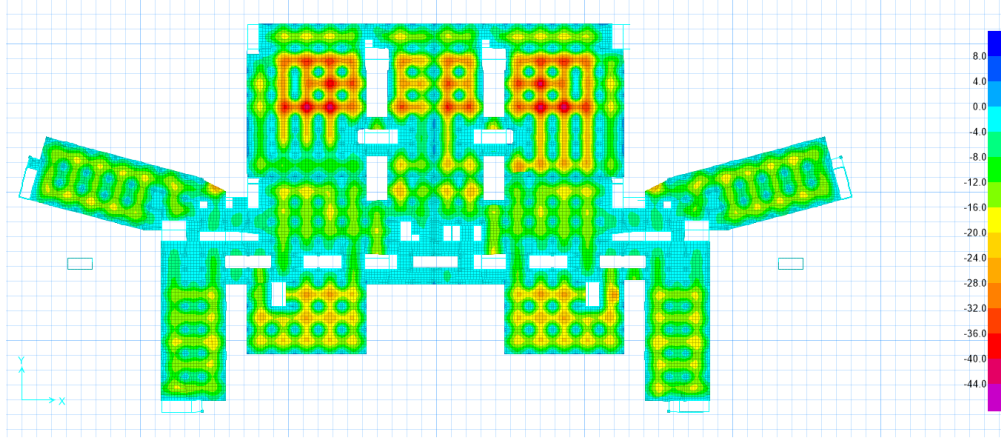
Şekil 4.19: +24.30 Kotu-M11(kNm/m)

#### 4.5. Kat Döşemeleri Şehim Kontrolleri

Döşemelere ait şehim grafikleri aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.



Şekil 4.20: 0.00 Kotu Şehim Grafiği



Şekil 4.21: +15.90 Kotu Sehim Grafiği

#### 4.6. Kat Döşemeleri Zımbalama Kontrolleri

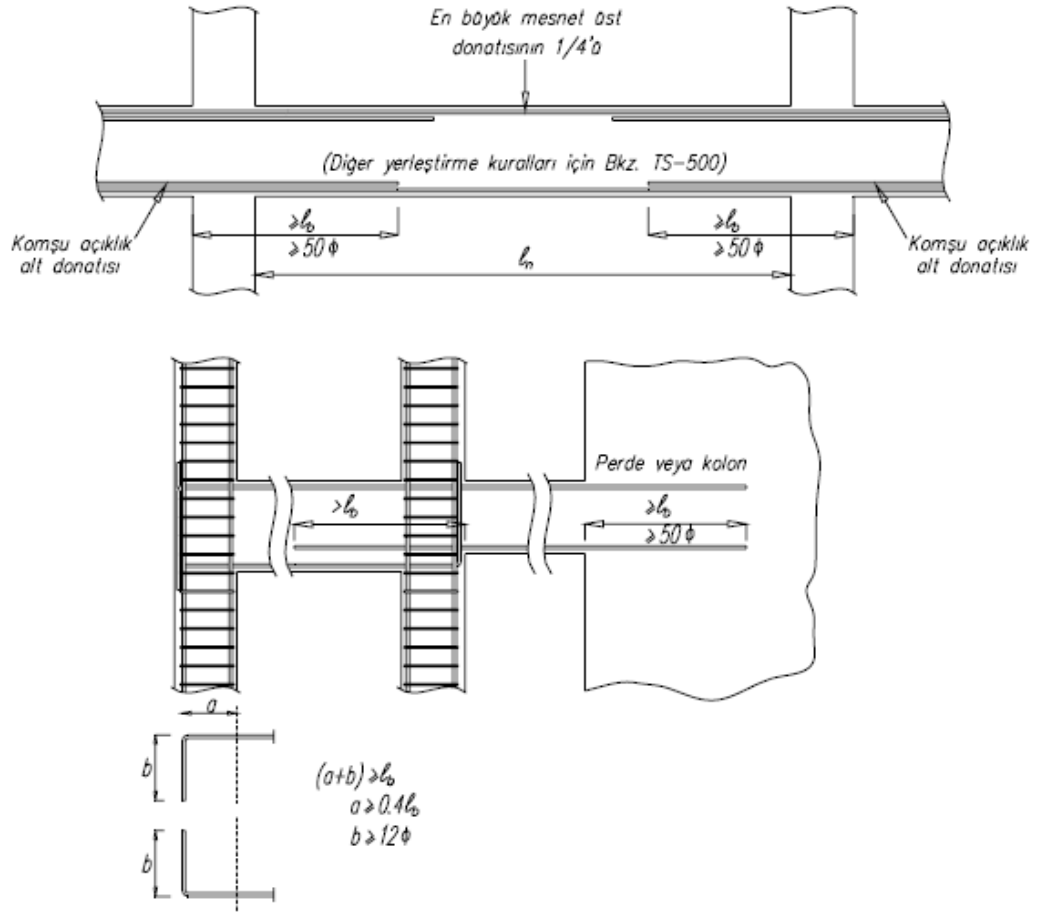
TS-500 şartnamesine göre kirişsiz döşemelerde zımbalama kontrolleri yapılmış ve gerekli kolonların çevresinde zımbalama donatısı yerleştirilmiştir. Aşağıdaki çizelgelerde katlardaki zımbalama talep/etki oranlarının bir kısmı verilmiştir, l'in üzerindeki oranlar için gerekli zımbalama donatıları yerleştirilerek gerekli kapasite sağlanmıştır [6].

Çizelge 4.11: +0.00 Kotu zımbalama kontrolü çizelgesinin bir kısmı

Point	GlobalX	GlobalY	ReinfType	Status	Ratio	NumRails	StudPerRail	Combo	Location
Text	m	m	Text	Text	Unitless	Unitless	Unitless	Text	Text
6410	25.2	16.8	None	OK	0.726254	0	0	14g16q	Edge
6414	25.2	25.2	None	OK	0.927406	0	0	14g16q	Interior
6418	25.2	33.6	None	OK	0.904877	0	0	14g16q	Interior
6422	106.4	33.6	Rebar Ties	OK	1.006179	6	9	14g16q	Interior
6424	106.4	42	Rebar Ties	OK	1.118325	8	9	14g16q	Interior
6428	114.8	33.6	Rebar Ties	OK	1.014941	6	9	14g16q	Interior
6430	114.8	42	Rebar Ties	OK	1.07599	7	9	14g16q	Interior
6434	98	33.6	Rebar Ties	OK	1.120549	8	9	14g16q	Interior
6436	98	42	Rebar Ties	OK	1.127203	8	7	14g16q	Interior
6442	81.2	47	None	OK	0.3587	0	0	14g16q	Edge
6444	81.2	52	None	OK	0.20736	0	0	14g16q	Edge
6446	89.6	47	None	OK	0.359442	0	0	14g16q	Interior
6448	89.6	52	None	OK	0.448211	0	0	14g16q	Interior
6450	81.2	33.6	None	OK	0.831997	0	0	14g16q	Edge
6452	81.2	42	None	OK	0.497095	0	0	14g16q	Interior
6454	98	16.8	None	OK	0.856128	0	0	14g16q	Edge

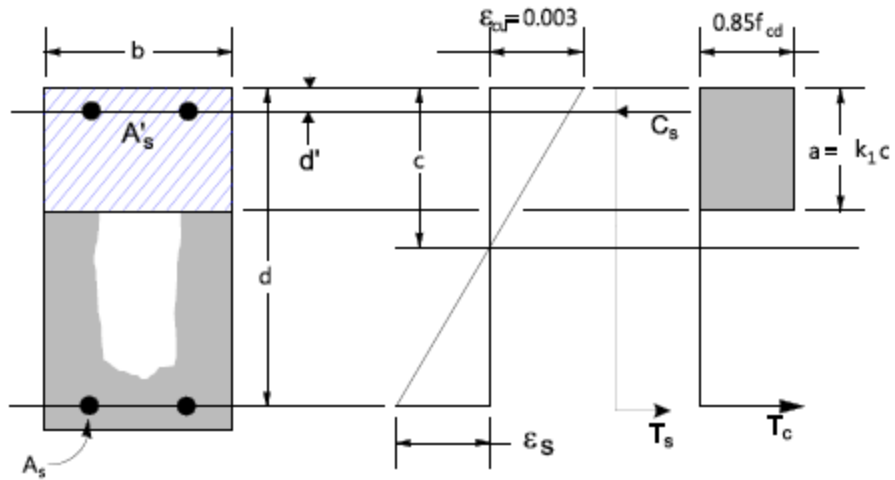


## 4.7. Kiriş Tasarımı



Şekil 4.22: DBYBHY 2007 Genel Kiriş Tasarım Kuralları

Bu kurallar doğrultusunda tipik bir kiriş için tasarım hesapları aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4.23: Kiriş Açıklığı İçin Serbest Cisim Diyagramı (ETABS Manuel)

**Çizelge 4.12:** Tasarım iç kuvvetleri ve seçilen donatılar

	Mesnet Bölgesi	Açıklık Bölgesi	Kesme Tasarımı
	-267.6 kNm	133.8 kNm	226.4 kN
<b>Seçilen Donatı</b>	5Φ16 + 2Φ20	5Φ20	3*Φ10/150-200

K50/60 boyutlarında olan bu kiriş açıklığı için gereken donatı miktarı:

$$k1 = 0.85 - 0.006 (f_{ck} - 25)$$
$$k1 = 0.85 - 0.006 (35 - 25) = 0.79$$
$$a = A_s / 0.85 b_w * f_{yd} / f_{cd}$$
$$a = 1570 / (0.85 * 500) * 365 / 23.33 = 57.8 \text{ mm}$$
$$M_r = A_s f_{yd} (d - a/2)$$
$$M_r, açıklık = 304 \text{ kNm} > M_d, açıklık \text{ OK}$$

TS500-2000'e göre tasarım kesme kuvveti,  $V_d$ :

$$V_d \leq 0.22 f_{cd} b_w d$$
$$226.4 \text{ kN} \leq 1437 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

TS500-2000'e göre kesitin kesme kapasitesi,  $V_r$ :

$$V_r = V_c + V_w$$
$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d$$
$$V_c = 0.8 V_{cr}$$
$$V_c = 203.9 \text{ kN}$$
$$V_w = A_{sw} / s * f_{ywd} * d$$
$$V_w = 3 * 79 / 200 * 365 * 640$$
$$V_w = 242.2 \text{ kN}$$
$$V_r = 446.1 \text{ kN} > 226.4 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Üst yapıdaki 4 blokta bulunan tüm kirişler için düşey yükler altında ve depremli durumda kesme ve eğilme tasarımlarının belli bir kısmı örnek olarak takip eden çizelgelerde gösterilmiştir.

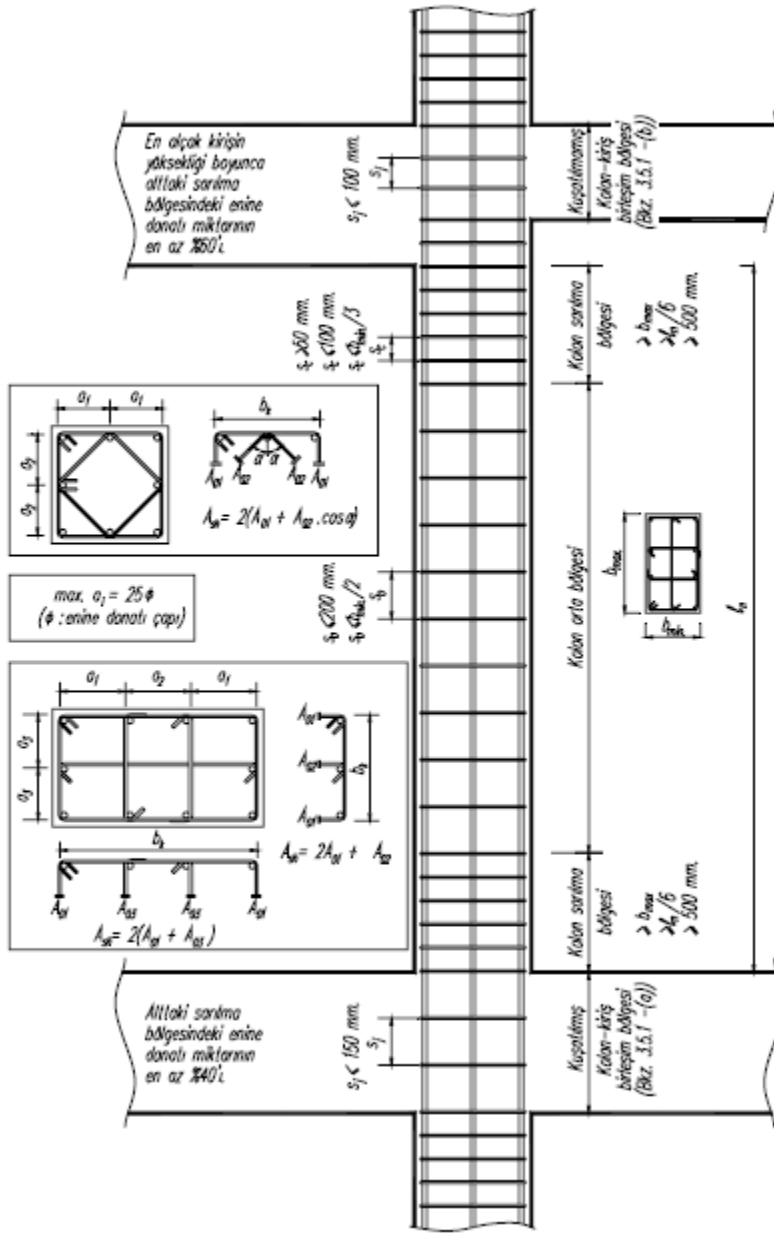
**Çizelge 4.13: Kirişler için eğilme çizelgesi**

Kiriş No	Kat	Kesit	Konum	(-) Moment		Üst Donatı (+) Moment	(+) Kom.		Alt Donatı
				kN-m	(-) Kom.		cm <sup>2</sup>	kN-m	
B2110	0	B40X100	End-I	-1301.14919	14G16Q	41.61	650.5746	14G16Q	19.79
B2110	0	B40X100	Middle	-325.2873	14G16Q	12.15	1213.95034	14G16Q	38.54
B2110	0	B40X100	End-J	-396.23414	14G16Q	12.15	865.39607	14G16Q	26.74
B2112	0	B40X100	End-I	-1043.11862	14G16Q	32.67	521.55931	14G16Q	15.72
B2112	0	B40X100	Middle	-114.15834	09GEY	12.15	1007.47602	14G16Q	31.47
B2112	0	B40X100	End-J	-83.31051	09GEY	12.15	755.77999	14G16Q	23.16
B2113	0	B40X100	End-I	-1027.29614	14G16Q	32.14	513.64807	14G16Q	15.47
B2113	0	B40X100	Middle	-116.24171	09GEY	12.15	931.14851	14G16Q	28.91
B2113	0	B40X100	End-J	-360.97394	14G16Q	12.15	650.17651	14G16Q	19.78
B2114	0	B40X100	End-I	-106.2092	09GEY	12.15	106.2092	09GEY	12.15
B2114	0	B40X100	Middle	-379.81338	14G16Q	12.15	106.2092	09GEY	12.15
B2114	0	B40X100	End-J	-985.88969	14G16Q	30.74	492.94484	14G16Q	14.83
B2115	0	B40X100	End-I	-99.85897	09GEY	12.15	99.85897	09GEY	12.15
B2115	0	B40X100	Middle	-134.4633	09GEY	12.15	99.85897	09GEY	12.15
B2115	0	B40X100	End-J	-861.65305	14G16Q	26.62	430.82652	14G16Q	12.91

**Çizelge 4.14: Kirişler için kesme çizelgesi**

Kat	Kiriş	Kesit	V <sub>2</sub> (kN)	T <sub>2</sub> (kNm)	Donatı	Aralık	kol sayısı	V <sub>c</sub> (kN)	V <sub>s2</sub> (kN)	V <sub>cs2</sub> (kN)	(V <sub>d</sub> /V <sub>cs2</sub> ) <sub>2</sub>	Kesme Kontrolü
0	B155	B40X90	70.620093	0.00	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.12	OK
0	B155	B40X90	98.161875	0.00	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.17	OK
0	B155	B40X90	120.948552	0.00	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.21	OK
0	B155	B40X90	138.980043	0.00	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.24	OK
0	B155	B40X90	152.256429	0.00	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.26	OK
0	B155	B40X90	160.777629	0.00	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.28	OK
0	B156	B40X90	158.878908	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.27	OK
0	B156	B40X90	150.357708	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.26	OK
0	B156	B40X90	137.081322	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.24	OK
0	B156	B40X90	119.049831	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.20	OK
0	B156	B40X90	96.263154	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.17	OK
0	B156	B40X90	68.721372	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.12	OK
0	B156	B40X90	36.424485	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.06	OK
0	B156	B40X90	0.627507	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.00	OK
0	B156	B40X90	42.722964	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.07	OK
0	B156	B40X90	119.666727	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.21	OK
0	B156	B40X90	215.850582	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.37	OK
0	B156	B40X90	303.180084	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.52	OK
0	B156	B40X90	377.264547	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.65	OK
0	B156	B40X90	438.10389	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.75	OK
0	B156	B40X90	485.698194	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.84	OK
0	B156	B40X90	520.047459	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.89	OK
0	B156	B40X90	541.151604	0.16	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.93	OK
0	B156	B40X90	538.238925	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.93	OK
0	B156	B40X90	574.5942	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.99	OK
0	B156	B40X90	536.42835	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.92	OK
0	B156	B40X90	537.27	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.92	OK
0	B156	B40X90	462.16	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.80	OK
0	B156	B40X90	370.70	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.64	OK
0	B156	B40X90	262.89	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.45	OK
0	B156	B40X90	145.24	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.25	OK
0	B156	B40X90	50.61	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.09	OK
0	B156	B40X90	1.01	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.00	OK
0	B156	B40X90	46.75	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.08	OK
0	B156	B40X90	86.62	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.15	OK
0	B156	B40X90	120.63	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.21	OK
0	B156	B40X90	148.76	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.26	OK
0	B156	B40X90	171.02	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.29	OK
0	B156	B40X90	187.41	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.32	OK
0	B156	B40X90	197.93	0.17	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.34	OK
0	B157	B40X90	199.73	0.03	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.34	OK
0	B157	B40X90	189.21	0.03	ø10	200	3	228.61	352.64	581.25	0.33	OK

#### 4.8. Kolon Tasarımı



Şekil 4.24: DBYBHY 2007 Kolon detaylandırma kriterleri

Üst yapıdaki 4 blokta bulunan tüm kolonlar için düşey yükler altında ve depremlilik durumunda kesme ve eğilme tasarımlarının bir kısmı örnek olarak takip eden çizimlerde gösterilmiştir.

**Çizelge 4.15:** Kolonlar için eğilme çizelgesi

Label	Story	Section	Location	P	M Major	M Minor	PMM Combo	Rebar %
				kN	kN-m	kN-m		
C94	10.6	C100X80	Top	10801.9491	-486.0877	96.345	14G16Q	1%
C94	10.6	C100X80	Bottom	10939.2422	492.2659	-101.182	14G16Q	1%
C94	5.3	C100X80	Top	12132.7102	-545.972	89.8286	14G16Q	1%
C94	5.3	C100X80	Bottom	12270.0033	552.1502	-85.1738	14G16Q	1%
C94	0	C100X80	Top	13474.7508	-606.3638	116.9031	14G16Q	1%
C94	0	C100X80	Bottom	13612.044	699.8307	-188.2287	14G16Q	1%
C95	10.6	C80X80	Top	1308.3592	-310.4742	-573.3958	14G16Q	1%
C95	10.6	C80X80	Bottom	1418.1937	207.3583	445.1002	14G16Q	1%
C95	5.3	C80X80	Top	2608.3221	-101.7246	-247.4232	14G16Q	1%
C95	5.3	C80X80	Bottom	2718.1566	144.1526	307.9798	14G16Q	1%
C95	0	C80X80	Top	3907.1939	-152.3806	-333.0653	14G16Q	1%
C95	0	C80X80	Bottom	4017.0284	156.6641	455.2023	14G16Q	1%
C96	0	C80X80	Top	964.1183	968.1888	19.5714	14G16Q	1%
C96	0	C80X80	Bottom	1070.6577	-458.154	-5.9993	14G16Q	1%
C97	0	C80X80	Top	2043.2155	-427.39	-125.9754	14G16Q	1%
C97	0	C80X80	Bottom	2153.05	270.1324	73.7498	14G16Q	1%
C98	0	C80X80	Top	1033.8072	901.7164	1.6087	14G16Q	1%
C98	0	C80X80	Bottom	1140.3467	-484.8427	55.5428	14G16Q	1%
C99	0	C80X80	Top	2107.3255	82.1857	59.9077	14G16Q	1%
C99	0	C80X80	Bottom	2217.16	86.4692	30.0499	14G16Q	1%

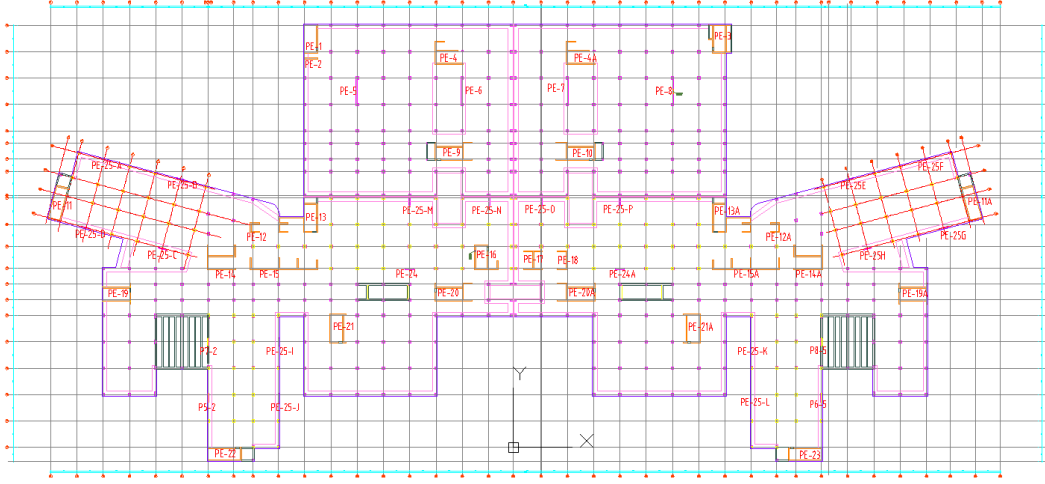
**Çizelge 4.16:** Kolonlar için kesme çizelgesi

Kat	Kolon	Kesit	Konum	V <sub>2</sub> (kN)	V <sub>3</sub> (kN)	Donatı	Aralık	2 yonu kol sayısı	3 yonu kol sayısı	V <sub>2</sub> (kN)	V <sub>32</sub> (kN)	V <sub>33</sub> (kN)	V <sub>crs2</sub> (kN)	V <sub>crs3</sub> (kN)	(V <sub>2</sub> /V <sub>crs2</sub> ) <sub>2</sub>	(V <sub>2</sub> /V <sub>crs2</sub> ) <sub>3</sub>
0	C161	C80X80	2.15	212.50	346.51	ø10	200	5.4	5.4	438.51	618.89	618.89	1057.41	1057.41	0.34	0.56
0	C161	C80X80	4.3	212.50	346.51	ø10	200	5.4	5.4	438.51	618.89	618.89	1057.41	1057.41	0.34	0.56
0	C265	C100X80	0	104.26	88.43	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.13	0.15
0	C265	C100X80	2.2	104.26	88.43	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.13	0.15
0	C265	C100X80	4.4	104.26	88.43	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.13	0.15
0	C265	C100X80	0	243.40	253.87	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.31	0.44
0	C265	C100X80	2.2	243.40	253.87	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.31	0.44
0	C265	C100X80	4.4	243.40	253.87	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.31	0.44
0	C268	C100X80	0	287.75	252.76	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.37	0.44
0	C268	C100X80	2.2	287.75	252.76	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.37	0.44
0	C268	C100X80	4.4	287.75	252.76	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.37	0.44
0	C268	C100X80	0	91.11	48.97	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.12	0.09
0	C268	C100X80	2.2	91.11	48.97	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.12	0.09
0	C268	C100X80	4.4	91.11	48.97	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.12	0.09
0	C269	C100X80	0	282.52	0.20	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.37	0.00
0	C269	C100X80	2.2	282.52	0.20	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.37	0.00
0	C269	C100X80	4.4	282.52	0.20	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.37	0.00
0	C269	C100X80	0	51.34	272.52	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.07	0.48
0	C269	C100X80	2.2	51.34	272.52	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.07	0.48
0	C269	C100X80	4.4	51.34	272.52	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.07	0.48
0	C270	C100X80	0	115.61	123.45	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.15	0.22
0	C270	C100X80	2.5	115.61	123.45	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.15	0.22
0	C270	C100X80	5	115.61	123.45	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.15	0.22
0	C270	C100X80	0	321.87	200.24	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.42	0.35
0	C270	C100X80	2.5	321.87	200.24	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.42	0.35
0	C270	C100X80	5	321.87	200.24	ø10	200	5.4	5	553.91	773.62	573.05	1327.53	1126.96	0.42	0.35

#### 4.9. Perde Tasarımı

##### a) Perde Geometrisi:

Ana hastanede 54 tane perde bulunmaktadır. Perde kalınlığı bütün katlar boyunca 40 cm'dir. Perdenin plandaki yerleşimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.25: Perde Plan Yerleşimi

b) Perde Eğilme Tasarımı:

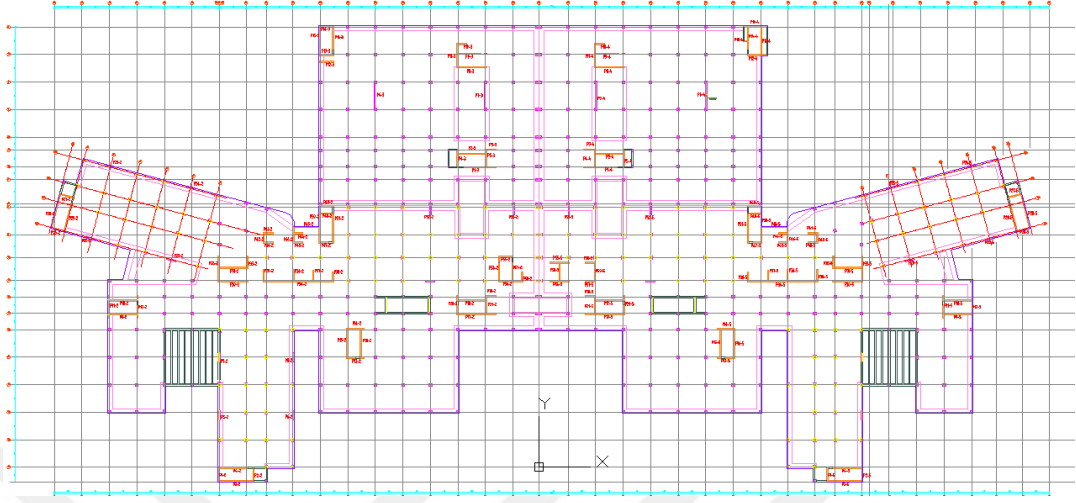
Eğilme tasarımı etki kapasite oranlarının bir kısmı aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4.17: Perde Eğilme Talep/Kapasite Oranları

Story	Pier Label	Station	Design Type	Pier Section	D/C Ratio
45.3	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.398
45.3	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.194
41.1	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.18
41.1	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.132
36.9	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.172
36.9	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.154
32.7	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.174
32.7	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.182
28.5	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.204
28.5	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.214
24.3	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.237
24.3	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.249
20.1	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.277
20.1	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.29
15.9	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.305
15.9	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.316
10.6	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.345
10.6	P5-2	Bottom	Section Designer	PE-25	0.363
5.3	P5-2	Top	Section Designer	PE-25	0.384

### c) Perde Kesme Tasarımı:

Perde kolları isimlendirmesi ve tasarım sonuçları aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.26: Perde İsimlendirmesi

### 4.10. Dinamik Yanal Tepki Prosedürü

ELF prosedürü denklemleri, izolasyon sisteminin ön tasarımı için faydalı araçlardır, ancak Standart, izole edilmiş yapıların çoğu için dinamik bir analiz gerektirir. Standartın kesin olarak gerektirmediği durumlarda bile, tasarımın doğrulanması için dinamik analizin (genellikle tepki geçmişi analizi) kullanılması yaygındır.

Standart, dinamik analiz kullanımını teşvik etse de, daha karmaşık modellerin ve analizlerin yararları ile birlikte tasarım hatası ihtimalinin de arttığını kabul eder. Olası düşük tasarımdan kaçınmak için standart, tasarım için kullanılan dinamik analiz sonuçlarına daha düşük sınırlar koyar. Sınırlar, tepki spektrumu analizi (doğrusal, dinamik bir yöntem) ve tepki geçmişi analizi (doğrusal olmayan, dinamik bir yöntem) arasında ayırım yapar.

Her durumda, dinamik analizde alt sınır limiti, ELF prosedür denklemleri kullanılarak hesaplanan ilgili tasarım parametresinin yüzdesi olarak belirlenir. Çizelge 4.18, dinamik analizde alt sınır limitlerini tanımlayan yüzdeleri özetlemektedir [7].

#### Çizelge 4.18: Dinamik Analiz İçin Minimum Tasarım Kriterleri Özeti

Design Parameter	Response Spectrum Procedure	Response History Procedure
Total design displacement, $D_{TD}$	90% $D_{TD}$	90% $D_{TD}$
Total maximum displacement, $D_{TM}$	80% $D_{TM}$	80% $D_{TM}$
Design force on isolation system, $V_b$	90% $V_b$	90% $V_b$
Design force on irregular superstructure, $V_s$	100% $V_s$	80% $V_s$
Design force on regular superstructure, $V_s$	80% $V_s$	60% $V_s$

Standart, üst yapının tasarımının dinamik analize dayandığı daha liberal sapma sınırlarına izin verir. ELF prosedürünün sürüklenme limitleri 0.010  $h_{sx}$ , yanıt spektrum analizi için 0.015  $h_{sx}$ 'e ve yanıt geçmişi analizi için 0.020  $h_{sx}$ 'e yükseltildi (burada  $h_{sx}$ , x seviyesindeki kat yüksekliğidir).

Genellikle, üst yapı için (sürüklenmeye duyarlı yapısal olmayan bileşenlere verilen hasarı sınırlamak için) sert bir sistem (örneğin köşeli çerçeveler) seçilir ve sürüklenme talebi tipik olarak yaklaşık 0.005  $h_{sx}$ 'ten azdır. Standart, tasarım deprem hikayesi sürüklenme oranı 0,010 /  $R_I$  değerini aşarsa,  $MCE_R$  yer değiştirmesinde üstyapı stabilitesinin açık bir kontrolünü gerektirir.

#### 4.11. Modelleme Gereksinimleri

ELF prosedürüne gelince, Standart, izolasyon sisteminin prototip izolatör ünitelerinin testlerine dayanan sertlik ve sönümlenme özellikleri kullanılarak dinamik analiz için modellenmesini gerektirir. Ek olarak, aşağıdakilerin hesaba katılması için dinamik analiz modelleri gerekir:

- Bireysel izolatör birimlerinin mekansal dağılımı.
- Gerçek ve kazara kütle eksantrikliğinin etkileri.
- Bireysel izolatör birimlerinin devirme kuvvetleri ve yükseltilmesi.
- İzolasyon sistemi özelliklerinin değişkenliği (yükleme hızı vb. Nedeniyle).

Standart, tasarım yüklerini ELF veya cevap spektrum analizi için izin verilenlerden daha az haklı göstermek için tepki spektrum analizi kullanılırsa, elemanların açıkça doğrusal olmayan bir şekilde modellenmesini gerektirir.

Bu seçenek nadiren kullanılır ve üst yapı tipik olarak doğrusal elemanlar ve geleneksel yöntemler kullanılarak modellenir. İzole edilen yapılar için özel modelleme kaygıları iki önemli ve ilgili konu içerir:



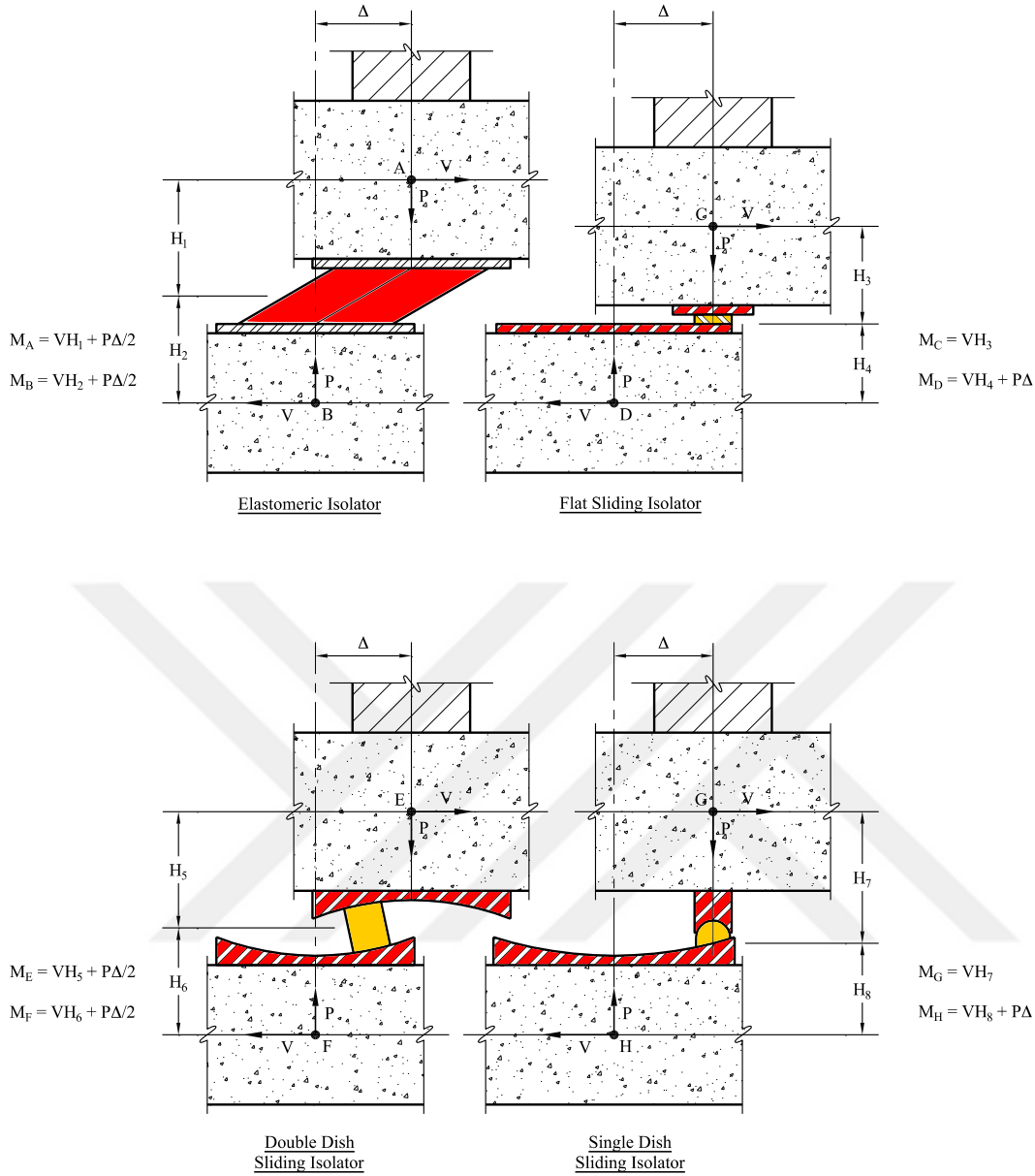
İzolatör ünitelerinin yükseltilmesi ve izole yapı üzerindeki P-delta etkileri. Tipik olarak, izolatör üniteleri gerilme kuvvetlerine dayanma yeteneğine çok az veya hiç sahip değildir ve deprem devrilen (yukarı) yükler faktoring yerçekimi (aşağı) yükleri aştığında yükselebilir.

Bireysel elemanların yerel olarak yükseltilmesine izin verilir, ortaya çıkan sapmalar, izole edilmiş yapının aşırı gerilmesine veya kararsızlığına neden olmaması koşuluyla izin verilir. Yükselme etkilerini hesaplamak için, boşluk elemanları doğrusal olmayan modellerde kullanılabilir veya doğrusal modellerde gerginlik manuel olarak serbest bırakılabilir.

P-delta yüklerinin izolasyon sistemine ve yapının bitişiğindeki elementlere etkisi oldukça önemli olabilir. Sıkıştırma yükü (P), izolasyon sisteminde büyük yer değiştirmelerin meydana gelmesiyle aynı zamanda deprem devrilmesinden (ve faktör yerçekimi yüklerinden) dolayı büyük olabilir ve (Çoğu küçük yer değiştirme teorisine dayanan) bilgisayar analiz programları, yukarıda veya aşağıda yapı temelinde izolatör seviyesindeki P-delta momentlerini doğru hesaplayamayabilir.

Şekil 4.27, bir elastomerik yatak izolasyon sistemi ve bir kayar izolasyon sisteminin üç konfigürasyonu için P-delta etkileri (ve yatay kesme yükleri) nedeniyle momentleri göstermektedir. Elastomerik sistem için, P-delta momenti yarı yarıya bölünür.

Düz ve tek çanaklı kayar sistemler için, tam P-delta momenti aşağıdaki kaideye uygulanır (kayan yüzeyin oryantasyonu nedeniyle). Düz ve tek taraflı sürgü sistemlerinin ters (baş aşağı) bir yönü, tam P-delta momentini yukarıdaki yapıya uygular. Çift tabaklı kayma sistemi için, P-delta momentleri, üst ve alt içbükey tabakaların sürtünme (ve eğrilik) özelliklerinin olması koşuluyla, elastomerik bir yatağa benzer bir şekilde yarı yarıya bölünür [7].



Şekil 4.27: Yatay kesme ve P-delta etkileri nedeniyle momentler

#### 4.12. Tepki Spektrumu Analizi

Tepki spektrumu analiz yöntemleri, yalıtkan ünitelerin, esasen ELF prosedürünükilerle aynı olan, izole edilmiş tepki modlarının etkili bir şekilde sönümlenmesinin kritik % 30'u geçmeyeceği sınırlamasına tabi olarak, etkili sertlik ve sönümlenme amplitüdüne dayanan değerler kullanılarak modellenmesini gerektirir.

Daha yüksek tepki modlarının, genellikle esasen elastik kalan bir üst yapı için uygun bir sönümlenme değeri olan % 2 ila % 5'lik bir sönüme sahip olduğu varsayılmaktadır. Daha önce belirtildiği gibi, izolasyon sisteminin etkili sertliğinin maksimum ve

minimum değerleri, izolasyon sisteminde (minimum etkili sertliği kullanarak) ve yapıdaki maksimum kuvvetleri (maksimum etkili sertliği kullanarak) için ayrı ayrı maksimum yer değiştirmeyi hesaplamak için kullanılır.

Standart, iki dik yönde yatay yüklerin uygulanmasını gerektirir ve izolasyon sisteminin ve diğer yapısal elemanların tepe tepkisi % 100 artı % 30 kombinasyon yöntemi kullanılarak belirlenir. Karşılıklar, yer hareketlerini yatay düzlemde maksimum spektral tepki olarak tanımlar (önceki sürümlerde ortalama yatay tepki kullanılırdı).

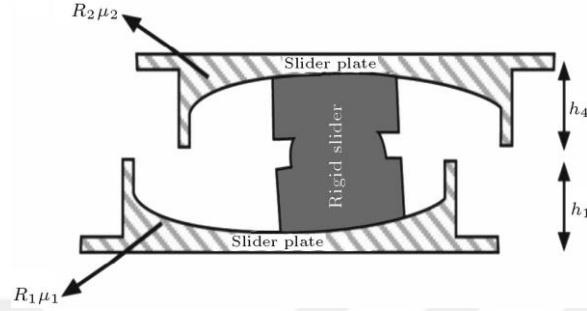
Sonuç olarak, belirli bir ilgi periyodunda (örneğin, izolasyon sisteminin etkili süresi), ortogonal yönde uygulanan maksimum spektral tepki yükünün % 30'unu maksimum spektral tepki yükünün % 100'ü ile birleştirmek aşırı derecede koruyucu olabilir. İzolasyon sisteminin ve diğer yapısal elemanların pik spektral tepkisini belirlemek için ilgilenilen yatay yönde uygulanır. Azami spektral tepki yükünün % 100'ünü ilgilenilen yatay yönde uygularken, ortogonal doğrultuda temel (yalıtılmış) modda spektral tepki yükünün % 30'unun uygulanmaması makul olacaktır. Bununla birlikte, % 100 artı % 30 kombinasyon yöntemi hala tüm yüksek modlar için uygun olacaktır, çünkü yüksek mod periyodlarındaki spektral tepki, genel olarak, temel (izole) mod spektral tepkiden bağımsızdır [8].

RSA tarafından belirlenen herhangi bir kattaki tasarım kayması, baz kayma değerinin tespit edildiği yükseklik, ELF yükseklik dağılımının uygulanmasından kaynaklanan kaymadan daha az alınamaz. Bu sınır, izolatörler gerçek lineer olmayan özelliklerden ziyade etkili sertlik ve sönümlenme özellikleri kullanılarak modellendiğinde daha yüksek mod tepkisinin hafife alınmasını önlemeyi amaçlar. RSA tarafından belirlenen  $V_s$  değeri tipik olarak, minimum genel sertliğe dayanan, minimum etkili sertliğe dayanan, maksimum efektif sertliği,  $k_{Dmax}$ , tasarım yer değiştirmesi,  $D_D$  ile birleştiren, Standart Denklem kullanarak, ELF tarafından öngörülen  $V_s$  değerinden daha düşüktür ve RSA tarafından belirlenen tasarım kayma değerleri, ELF prosedürünün gerektirdiğine benzer.

#### **4.13. Çift İçbükey Sürtünmeli Sarkaç Mekanizması**

Sürtünmeli Sarkaç Sistem (FPS) gibi izolatörler, farklı tehlike seviyelerinde sabit bir dayanıklılık ve sönüm sergilerler ve bu davranış, tasarım mühendislerinin depremde, yer değiştirmeyi sınırlamaları ve kontrol etmeleri için sorunlara neden olur. Daha sık

ve orta dereceli sismik olaylar (SLE, DBE) altında iyi ve istenen bir performans sunarlar. Küçük ve orta dereceli sismik olaylara maruz kalan bir FPS izolatörünün performansını artırmak için, çift içbükey sürtümlü sarkaç (DCFP) olarak adlandırılan yenilikçi bir izolatör kullanılabilir. Bu sistem, eklemli bir sürgü ile iki sürgülü içbükey yüzeyden oluşur.



**Şekil 4.28:** Tipik bir çift içbükey sürtünme sarkaç

Şekil 4.28, tipik bir çift içbükey sürtünme sarkaçını (DCFP) göstermektedir. DCFP rulmanının FPS mesnetine göre birkaç avantajı vardır:

1. Yanal deformasyon, üst ve alt içbükey yüzeyler arasında bölünmüştür ve sonuç olarak, her içbükey çanağının gerekli plan çapı, eşdeğer sürtünme sarkaçından önemli ölçüde daha düşüktür.

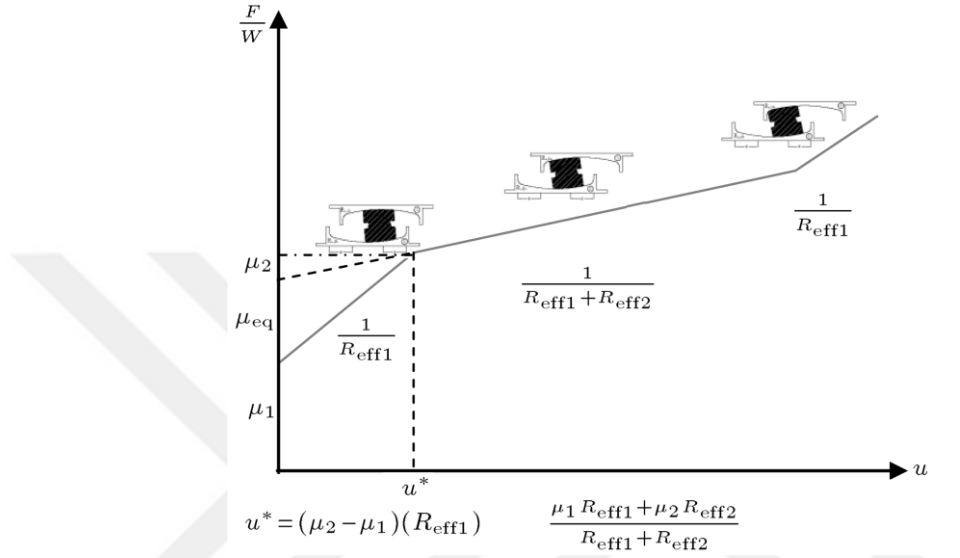
2. Çift İçbükey Sürtümlü Sarkaç (DCFP) mesneti, sertlikte ve artan bir yer değiştirme genliği ile sönümlemede istenen değişiklikleri gösterir.

Çift içbükey sürtünme sarkaçının her bir aşamadaki zorla yer değiştirme ilişkisini düzenleyen davranış ve denklemler Çizelge 4.19'da özetlenmiştir.

**Çizelge 4.19:** Çift içbükey sürtümlü sarkaç taşıyıcı davranış özeti.

Şekil	Aşama	Kuvvet - Deplasman İlişkisi
	Aşama I: Kayma, yüzey 1'de başlar ancak dış kuvvet, yüzey 2'deki sürtünmenin üstesinden gelemez.	$F = \frac{W}{R_{eff1}} u + F_{f1}$
	Aşama II: Dış kuvvet, yüzey 2 boyunca sürtünme kuvvetinin üstesinden gelir; Her iki yüzeyde kayma meydana gelir.	$F = \frac{W}{R_{eff1} + R_{eff2}} u + \frac{F_{f1}(R_{eff1}) + F_{f2}(R_{eff2})}{R_{eff1} + R_{eff2}}$
	Aşama III: Sürgü, yüzey 2'deki yer değiştirme sınırlayıcıya temas eder ve yüzey 1'de kaymaya devam eder.	$F = \frac{W}{R_{eff1}} u + F_{f1}$

İki bağımsız sürtünme sarkaç mekanizmasının etkisiyle DCFP yataklarının dinamik özelliği sismik girdi seviyesinin bir fonksiyonudur. DCFP mesnetinin sismik davranışı uyarlanabilir olarak adlandırılır, çünkü dayanıklılığı ve sönümlemesi yer değiştirme genlikleri ile orantılı olarak değişir. Bu, yalıtım sisteminin tasarımının, çoklu performans hedefleri ve çoklu girdi seviyeleri için ayrı ayrı optimize edilmesini sağlar [8].



**Şekil 4.29:** Çift içbükey sürtünme sarkaçının genel kuvvet-deplasman ilişkisi.

Şekil 4.29'ye göre, DCFP iyi bir izolasyon sistemi için tanımlanan tüm özellikleri yerine getirir. Bu, genel kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin çok daha fazla olduğu anlamına gelir. Düşük giriş sallantısında, artan girişle yumuşar, DBE'de minimum seviyeye ulaşır ve ardından daha yüksek giriş seviyelerinde tekrar sertleşir.

FPS yataklarına referansla, farklı tehlike seviyelerinde izolasyon performansını belirleyen sadece iki hedef parametre vardır. Bununla birlikte, DCFP yatağı açısından, farklı özelliklere sahip iki kayma yüzeyine sahip olması nedeniyle, sistemin çok seviyeli bir performansı sağlanabilir. Aslında, tasarım mühendisleri, performansa dayalı tasarımda önerildiği gibi, çok seviyeli tasarımları üstlenmek ve farklı tehlike seviyelerinde yapının performansını artırmak için farklı hedef parametreleri seçmekte özgürdür.

Bir tavsiye yaklaşımı olarak, düşük uyarma seviyelerinde izolasyon performansını karakterize etmek için daha düşük içbükey parametreler belirlenirken, izolasyon sisteminin orta ve yüksek uyarılma seviyelerine göre performansı üst iç bükey parametrelerinin optimize edilmesiyle tanımlanabilir.



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı için öngörülen performans hedefleri aşağıda listelenmiştir:

- Tasarım depreminde kesintisiz kullanım / minimum hasar
- Tasarım depreminde yapısal olmayan elemanlarda kullanım
  - Maksimum 0.2g kat ivmesi
  - Maximum 0.005 katlararası görelî ötelenme
- Göz önüne alınan en büyük depremde üst yapıda minimum yapısal hasar
- Göz önüne alınan en büyük depremde izolatör ve izolatör altı seviyelerde operasyonel kullanım

Hastane binasının tasarımı aşağıdaki aşamalarda gerçekleştirilmiştir:

a) Üst yapı için detaylı lineer bir model oluşturulmuş ve deprem kuvveti olarak 0.10W'luk taban kesme kuvveti uygulanarak taşıyıcı sistem elemanlarının ön boyutları belirlenmiştir. TS-500, DBYBHY-2007 ve Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Yönetmelik (2017-Taslak) kullanılarak ön tasarım gerçekleştirilmiştir.

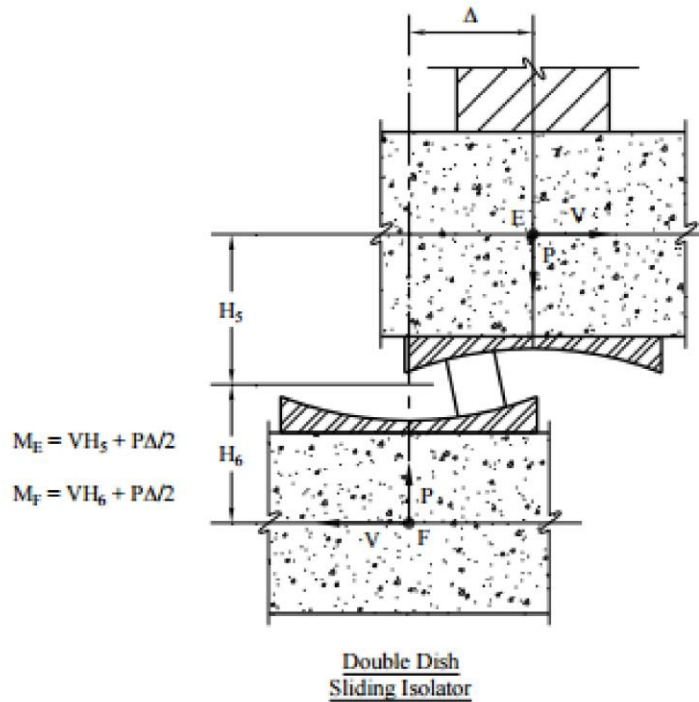
Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Yönetmelik (2017-Taslak) ve DBYBHY 2007'de açıklanan süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistem kabulüne göre moment çerçeveleri ve perde duvar boyutları belirlenmiştir. Yapı mimari planlarına göre düşey yükler belirlenip, önceden belirlenen kriterler ile modal analiz yardımıyla deprem kuvvetleri hesaplanarak ilgili yönetmeliklerde verilen yük kombinasyonlar kullanılmıştır.

b) Bu aşamada izolatörlerin nonlineer özellikleri ve temel/zemin parametreleri dikkate alınarak analizler tekrarlanmıştır. Depremsellik kısmında açıklanan deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapılmıştır. Her bir kayıt 2 farklı yön için dikkate alınmış ve toplamda DD-1 ve DD-2 için 28 farklı doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak analiz yapılmıştır. Üst yapı lineer olarak modellenmiş ve sönüm oranı % 5 alınmıştır. DD-2 analizlerinde izolatörlerin üst sınırları kullanılarak en büyük taban kesme kuvvetinin elde edilmesi, DD-1 için ise alt sınır özellikleri kullanılarak en büyük yanal yer

değiştirme miktarının elde edilmesi amaçlanmıştır. İzolatörlerin kapasitesi ve taşıyıcı sistemi oluşturan yapının yeterliliği kontrol edilmiştir.

c) İkinci aşamada elde edilen analiz sonuçlarına göre, yapı elemanlarının detay tasarımı yapılmıştır. Ayrıca izolatörlerin altında bulunan pedestal elemanların tasarımında P-Δ etkileri hesaba katılmıştır.

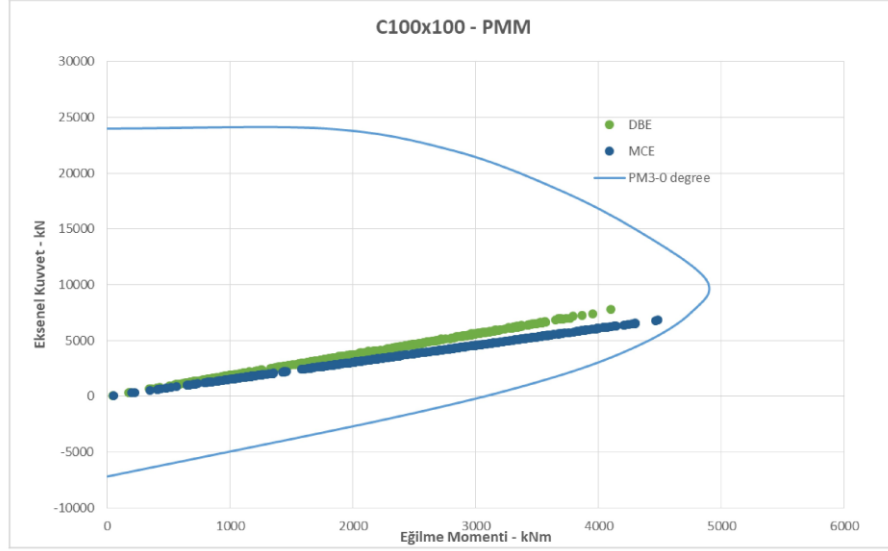
Zaman tanım alanında analizlerin sonuçları kullanılarak izolatörlerde oluşan aksenal kuvvetler; DD-1 deprem seviyesinde R=1.5, DD-2 deprem seviyesinde ise R=1 katsayıları ile pedestal tasarımında kullanılmıştır. Pedestallerin tasarım kuvvetleri hesaplanırken P-δ etkileri de hesaba katılmıştır. Çift yüzeyle sürtünmeli sarkaç tipi izolatörlerin doğası gereği eksantirisite nedeniyle oluşan P-δ etkilerinin yarısı alt yüzeye, yarısı ise üst yüzeye etkimektedir.



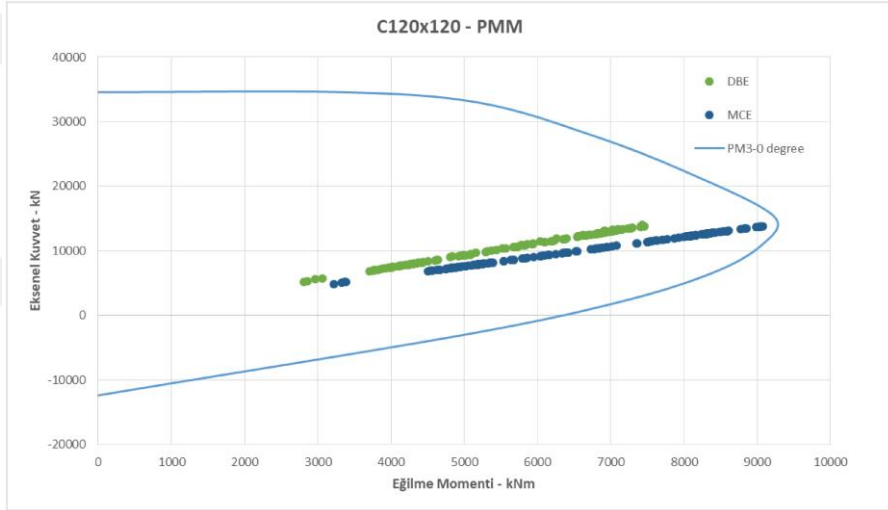
Şekil 5.1: P-δ Etkisi

İzolator tiplerine ve geometriye göre 5 farklı tip pedestal bulunmaktadır. Kapasiteler ve yükler aşağıda gösterilmiştir.

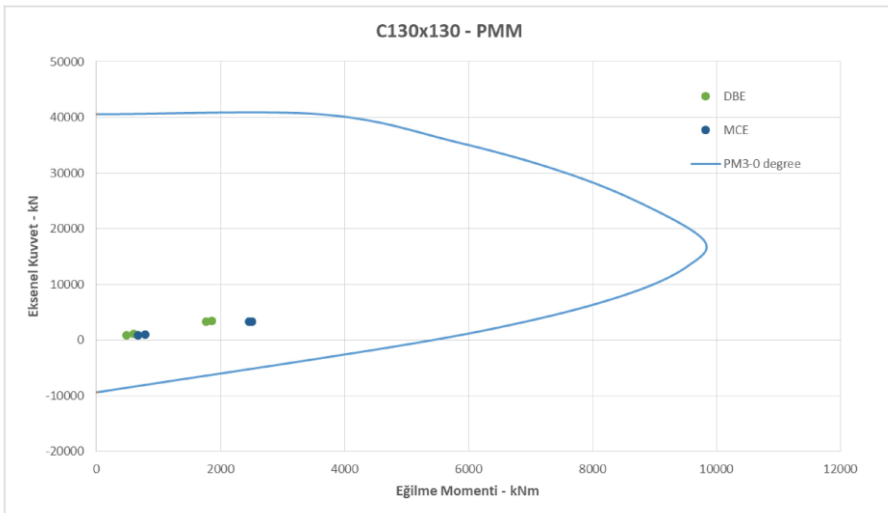




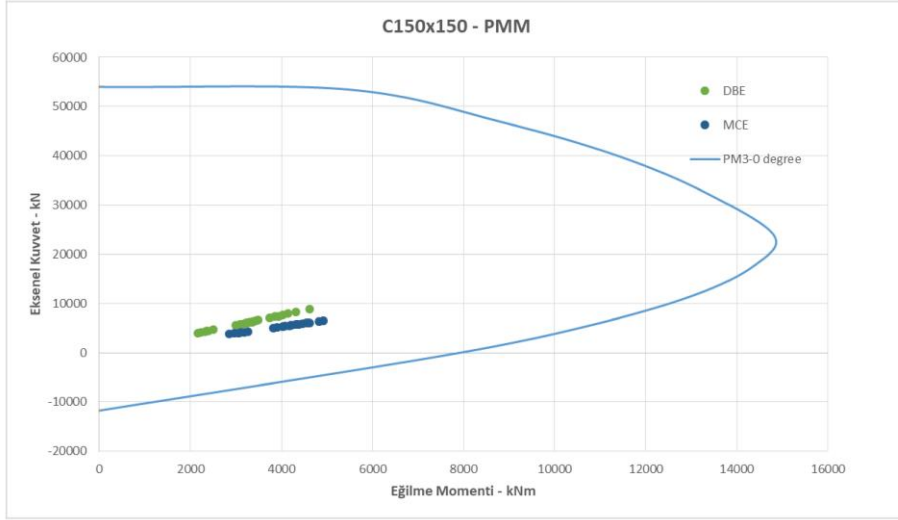
Şekil 5.2: 100X100 Pedestal P-M diyagramı



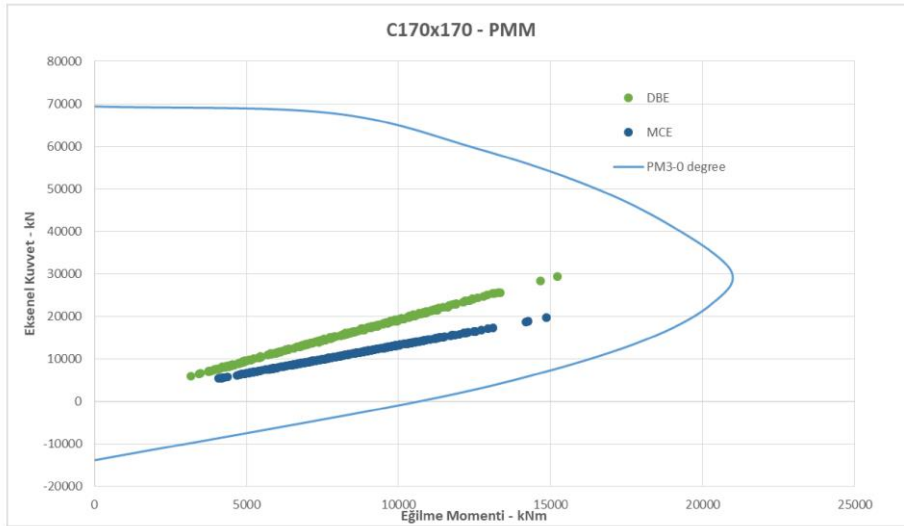
Şekil 5.3: 120X120 Pedestal P-M diyagramı



Şekil 5.4: 130X130 Pedestal P-M diyagramı



**Şekil 5.5:** 150X150 Pedestal P-M diyagramı



**Şekil 5.6:** 170X170 Pedestal P-M diyagramı

Projede kullanılan izolatörler çift küresel yüzeyli sürtünmeli sarkaç tipi deprem yalıtım izolatörleridir ve tasarım deplasmanı 450 mm'ye kadar olan projelerde kullanılmak üzere üretilmiştir. Bu seviyelerdeki tasarım deplasmanları, genellikle aktif faylara yakın sahalardaki yapılar için hesaplanan değerlerdir.

Bu izolatörlerde iki tane aynı eğrilik yarıçapına sahip destek plakası kullanılmaktadır. Dolayısıyla, kayıcı elemanın alt ve üst yüzeyleri de birbirleriyle aynıdır ve destek plakalarının eğrilik yarıçaplarıyla uyumludur. Bu sayede, deprem hareketi sırasında yapının yalıtım düzleminin altında ve üstündeki kısımlarının paralelliği korunmaktadır. Bu ise, kayıcı elemanın hem alt hem de üst destek plakası üzerinde hareket etmesi ile yatay deplasman ihtiyacını karşılar. Bu izolatörlerde her

iki plaka da yatay harekete katkı sağladığı için tek küresel yüzeyli sarkaç tipli çelik izolatöre göre daha yüksek yatay deplasman kapasitelerine ulaşmak mümkündür.

İzolatörlerin sürtünme malzemesi haricindeki bütün ana parçaları EN 10025 standardına uygun S355 yapı çeliğinden üretilmiştir. S355 çeliği özellikleri iyi bilinen bir malzeme olmasından dolayı hem tasarım hem de işleme süreçlerinde kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca S355 yapı çeliği çeşitli bina yükleri altındaki performansıyla dayanımını kanıtlamıştır.

Sürtünmeli sarkaç tipi yalıtım cihazlarının en önemli bileşeni hiç şüphesiz sürtünme malzemesidir. Technoslid adı verilen özel sürtünme malzemesi, EN 15129, EN 1337 ve diğer deprem yönetmeliklerinde istenen aksel yük dayanımı, dinamik ve statik sürtünme katsayılarının değerleri, yüksek ve düşük sıcaklıklardaki davranış, dayanıklılık ve aşınma davranışı ile ilgili kriterleri fazlasıyla sağlamaktadır.

Technoslid güçlendirilmiş PTFE'den üretilmiştir. EN 1337-2 normuna uygun olarak saf PTFE ile kaplanan kayıcı elemanların sürtünme özelliğindeki temel sorun, statik sürtünme kuvvetinin aşıldığı veya deplasmanın yön değiştirdiği anlarda sürtünme kuvvetinde ani bir yükselme olmasıdır. Stick-slip (yapışma) olarak adlandırılan olumsuz özellik sürtünme kuvvetindeki ani yükselmeye sebep olur, bu durumda yalıtıcının üst yapıya uyguladığı ani bir kuvvet olarak kendini gösterir ve deprem tasarım kuvvetlerinin artmasına neden olur [9].

Technoslid'in en önemli özelliklerinden birisi stick-slip yapışmayı ortadan kaldırması ve sürtünme kuvvetinin statikten dinamiğe geçişinin yumuşak olarak sağlanmasıdır. Technoslid'in sağladığı bir diğer büyük avantaj da sürtünme özelliklerinin deprem durumunda beklenen hareket hızına bağlı olarak değişmiyor olmasıdır. Türkiye şartlarında aktif faylara yakın yerlerdeki yapılarda özellikle bu tip izolatörlerin kullanılması önerilebilir.

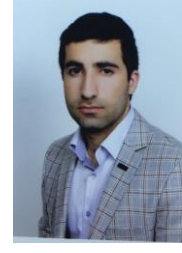


## **KAYNAKLAR**

- [1] **Kelly E T.** (2001). Base Isolation of Structures.
- [2] **MAURER Seismic Isolation Systems.** (2003). Products and Technical Information.
- [3] **NS-U (U-shaped Steel Damper).** (2018). Seismic isolator product catalog.
- [4] **Bridgestone Corporation.** (2017). Seismic Isolation & Vibration Control Products Business Department, Seismic Isolation Product Line-up.
- [5] **Suzuki K, Watanabe A, Saeki E.** (2005). Development of U-shaped Steel Damper for Seismic Isolation System.
- [6] **Ülker Mühendislik.** (2017). Bursa Ali Sönmez Devlet Hastanesi Uygulama Projesi, Ana Hastane Yapısal Tasarım Esasları ve Hesap Raporu.
- [7] **Charles A. Kircher, P.E., Ph.D.** (2009). Seismically Isolated Structures
- [8] **Malekzadeh M, Taghikhany T.** (2010). Adaptive Behavior of Double Concave Friction Pendulum Bearing and its Advantages over Friction Pendulum Systems
- [9] **Tis Technological Isolator Systems.** (2019). Seismic isolator product catalog.



## ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Abdullah ÖZMEN

Doğum Yeri ve Tarihi : 1989 / Muş

Yabancı Dili : İngilizce

İletişim (Telefon/e-posta) : +90 537 771 77 88 / abduallah\_ozmen18@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Şair Abay Konanbay Anadolu Lisesi

Lisans : İstanbul Aydın Üniversitesi

Yüksek Lisans : İstanbul Aydın Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Aks Yapı Denetimi / 2015 -