

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



İNŞAAT TEKNOLOJİSİNDE DEPREM İZOLATÖR
SİSTEMLERİNİN PLANLANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bihter DÖNMEZ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı

Nisan, 2019

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**İNŞAAT TEKNOLOJİSİNDE DEPREM İZOLATÖR
SİSTEMLERİNİN PLANLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Bihter DÖNMEZ
(Y1513.090007)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Mehmet Fatih ALTAN

Nisan, 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 **Y1513.090007** numaralı öğrencisi **Bihter DÖNMEZ** ' ın "İNŞAAT TEKNOLOJİSİNDE DEPREM İZOLATÖR SİSTEMLERİNİN PLANLANMASI" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 03/04/2019 tarih ve 2019/08 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **başarılı** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak **kabul** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 22/04/2019

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 “İNŞAAT TEKNOLOJİSİNDE DEPREM İZOLATÖR SİSTEMLERİNİN PLANLANMASI” 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. (.../.../2019)

Bihter DÖNMEZ

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca gerekli tüm desteği veren, zaman ayırıp bilgi ve deneyimleriyle bana yardımını hiç esirgemeyen hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet Fatih ALTAN' a çok teşekkür ederim. Son olarak, en büyük şükranlarımı hayatım boyunca bana güç veren tam destekleri, teşvikleri ve sabırları için canım babama, anneme ve kardeşime sunuyorum.

Nisan 2019

Bihter DÖNMEZ
Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Sismik İzolasyon Kullanımında Amaç	3
1.2 Sismik İzolasyon Tekniklerinin Avantajları	4
1.3 Sismik İzolasyon Kullanımının Uygun Olmadığı Durumlar	5
2. SİSMİK İZOLATÖR TİPLERİ	7
2.1 Kauçuk Mesnetler	7
2.2 Sürtünmeli Sarkaç Mesnetler	11
2.3 Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet (HDRB)	14
2.4 Kısmi Değişen Sismik İzolasyon sistemi	15
2.5 Sismik İzole Yapıların Depreme Tepkisi	16
3. SİSMİK İZOLATÖRLERİN MEKANİZMASI	19
4. BİLECİK DEVLET HASTANESİ İZOLATÖR UYGULAMASI	27
4.1 Kapsam ve Yönetmelikler	30
4.2 Tasarım ve Analizlerde Kullanılan Yazılımlar	31
4.3 Geoteknik Bilgileri	31
4.4 Yapısal Malzeme Özellikleri	40
4.5 Yük Planları ve Kombinasyonları	40
4.6 Durabilite Gereksinimleri	42
4.7 Temel Tasarımı	43
4.7.1 Zemin gerilmeleri	43
4.7.2 Temel donatı tasarımı	46
4.8 İstinat Duvarı Tasarımı	58
5. PROJEDE KULLANILAN İZOLATÖRLERİN İNCELENMESİ	63
5.1 Pedestal Tasarımı	65
5.2 Üst Yapı Tasarımı	67
5.3 İzolatör Üstü Döşeme Tasarımı	75
5.4 Kirişlerin Tasarımı	79
5.5 Perdelerin Tasarımı	82
5.6 Kolonların Tasarımı	84
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ	91

KISALTMALAR

CTSI	: Kolon Üstü Sismik İzolasyon Sistemi
FPS	: Sürtünme Sarkaçlı Mesnet
HDNR	: Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet
HDRB	: Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet
LRB	: Kurşun Kauçuk Mesnet
NRB	: Düşük Sönümlü Kauçuk Mesnetler
RB	: Kauçuk Mesnet
PFSI	: Kısmen Yüzer Sismik İzolasyon
PTFE	: Politetrafloretillen
SLR	: Çelik Lamine Kauçuk Mesnet

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1: Zemin Özellikleri	32
Çizelge 4.2: Tasarım spektrumlarına ait parametreler.....	34
Çizelge 4.3: Tasarım spektrumlarına ait parametreler.....	36
Çizelge 4.4: DD2 deprem seviyesi için seçilen kayıtlar	36
Çizelge 4.5: Beton sınıflarına ait parametreler	40
Çizelge 4.6: Beton paspayı değerleri	43
Çizelge 4.7: Temelde zımbalama kontrolü.....	48
Çizelge 5.1: İzolatörlerin eksenel yükleri ve bu yüklerde beklenen nominal sürtünme katsayıları.....	63
Çizelge 5.2: İzolatör teknik verileri ve geometrik özellikleri.....	65
Çizelge 5.3: Kat kütleleri ve üst yapıda kullanılan deprem etkisi için kat kesme kuvvetleri (R=1.5).....	67
Çizelge 5.4: DD-1 depremi seviyesinde yapı periyotları.....	68
Çizelge 5.5: DD-2 depremi seviyesinde yapı periyotları.....	69
Çizelge 5.6: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD-1)	70
Çizelge 5.7: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD-2)	71
Çizelge 5.8: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle elde edilen ortalama deplasman değerleri	71
Çizelge 5.9: K02-1-38 kirişi tasarım iç kuvvetleri ve seçilen donatılar	81
Çizelge 5.10: Kolonlarda düşey yük altında ve deprem etkisi altında eksenel yük kontrolü	85

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: İzolatörlerin Sınıflandırılması	1
Şekil 1.2: Damperlerin sınıflandırılması.....	2
Şekil 1.3: Zemin Koşullarının İzole Yapı Tepkisi Üzerine Etkisi.....	5
Şekil 2.1: Kauçuk lamine izolatör	8
Şekil 2.2: Kurşun lamine lastik mesnet	9
Şekil 2.3: Shimizu Corporation'ın Teknoloji Enstitüsü Ana Binası, Tokyo	10
Şekil 2.4: Shimizu Corporation'ın Tokyo Teknoloji Enstitüsü'nün ana binasında birinci kat kolonların üstünde sismik izolatörler (kurşun kauçuk mesnetler).	10
Şekil 2.5: Sürtünme sarkaçlı mesnetin kesit sistemi.....	11
Şekil 2.6: Tekli sarkaçlı mesnet kesiti	13
Şekil 2.7: Depremde tekli sarkaç hareketi	13
Şekil 2.8: Üçlü sarkaç mestenin 3B görünümü	13
Şekil 2.9: Üçlü Sarkaç mesnetin farklı titreşim aşamaları.....	13
Şekil 2.10: Yüksek sönümlenmeli kauçuk mesnet	15
Şekil 2.11: Marzabotto' daki (Bologna) yeni okul, HDRB' ler ve SD' ler.....	15
Şekil 2.12: Rüzgar Tüneli Test Laboratuvarı, Shimizu Corporation'ın Teknoloji Enstitüsü, Tokyo	16
Şekil 2.13: Kısmi değişen sismik izolasyonun enine kesiti ve yapısal sistemi	16
Şekil 2.14: Tohoku Üniversitesindeki test binalarının maksimum cevapları.....	17
Şekil 2.15: İki test binasının farklı kat seviyelerinde maksimum hızlanma	17
Şekil 2.16: Sismik tasarımlı geleneksel (RF) ve sismik yalıtımlı binalarda (1. bodrum katı ve RF) gözlenen ivme dalgaları.....	18
Şekil 3.1: Lamine Kauçuk Mesnet	21
Şekil 3.2: Yüksek Sönümlenmeli Kauçuk Mesnetlerin Gecikme Eğrisi Örneği.....	22
Şekil 3.3: Kayma Gerilimine Karşı Kayma Modülü ve Eşdeğer Sönümleme Oranı İlişkisi	23
Şekil 3.4: Sürtünme Sarkacı Mesneti	24
Şekil 3.5: Yatay kuvvet-deplasman karakterizasyonu.....	26
Şekil 4.1: Blok isimlendirmesi	28
Şekil 4.2: 3D analiz modeli	28
Şekil 4.3: İzolatörlerinde perde ve kolonlara göre yerleşimi.....	28
Şekil 4.4: ±0.00 kotu kat planı.....	29
Şekil 4.5: +27.00, +31.50 kotları kat planları	29
Şekil 4.6: +35.30 kotu kat planı.....	30
Şekil 4.7: Bilecik ili deprem haritası	33
Şekil 4.8: Proje alanı ve İznik-Mekece Fayı ile İnegöl Fay Zonu.....	33
Şekil 4.9: Proje sahasının etrafında 1900 ve sonrası kaydedilen depremler	34
Şekil 4.10: DD-1 ve DD-2 tasarım spektrumları.....	34

Şekil 4.11: DD1 depremi için seçilen 7 kayıt çiftine ait GeoMean Aritmetik Ortalama Spektrumu	35
Şekil 4.12: DD2 depremi için seçilen 7 kayıt çiftine ait GeoMean Aritmetik Ortalama Spektrumu	35
Şekil 4.13: Her iki doğrultuda Brawley Airport ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği.....	37
Şekil 4.14: Her iki doğrultuda El Centro #10 ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği	37
Şekil 4.15: Her iki doğrultuda El Centro #11 ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği	38
Şekil 4.16: Her iki doğrultuda El Centro #12 ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği	38
Şekil 4.17: Her iki doğrultuda El Centro Differential ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği	39
Şekil 4.18: Her iki doğrultuda Supersition ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği	39
Şekil 4.19: Her iki doğrultuda Victoria ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği	40
Şekil 4.20: Mahallere göre öngörülen düşey yükler	42
Şekil 4.21: Düşey yükler altında zemin gerilmeleri	44
Şekil 4.22: Deprem etkisi altında zemin gerilmeleri	45
Şekil 4.23: 11 doğrultusunda temel tasarım eğilme momentleri	46
Şekil 4.24: 22 doğrultusunda temel tasarım eğilme momentleri	47
Şekil 4.25: Tipik zımbalama donatısı detayı	58
Şekil 4.26: 5.5 m yüksekliğindeki istinat duvarı deplasman grafiği.....	59
Şekil 4.27: 5.5 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği....	59
Şekil 4.28: 8.6 m yüksekliğinde istinat duvarı deplasman grafiği.....	60
Şekil 4.29: 8.6 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği....	60
Şekil 4.30: 8.6 m yüksekliğindeki istinat duvarı payandalarında oluşan çekme gerilmeleri.....	60
Şekil 4.31: 9.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı deplasman grafiği.....	61
Şekil 4.32: 9.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği....	61
Şekil 4.33: 9.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı payandalarında oluşan çekme gerilmeleri.....	61
Şekil 4.34: 13.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı deplasman grafiği.....	62
Şekil 4.35: 13.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği..	62
Şekil 4.36: 13.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı payandalarında oluşan çekme gerilmeleri.....	62
Şekil 5.1: P-δ Etkisi (FEMA P-751) (double dish sliding isolator).....	63
Şekil 5.2: İzolatörlerin Ort. G+0.3Q eksenel yükleri altında davranış modelleri.....	64
Şekil 5.3: Tip-1 izolatörlere karşılık gelen pedestallere ait P-M diyagramı	66
Şekil 5.4: Tip-2 izolatörlere karşılık gelen pedestallere ait P-M diyagramı	66
Şekil 5.5: Tip-3 izolatörlere karşılık gelen pedestallere ait P-M diyagramı	66
Şekil 5.6: Blok DD-2 deprem seviyesinde görelî kat ötelemeleri	73
Şekil 5.7: Blok DD-1 deprem seviyesinde görelî kat ötelemeleri	75
Şekil 5.8: İzolatör üstü döşemede 11 doğrultusunda tasarım eğilme momenti diyagramı	76
Şekil 5.9: İzolatör üstü döşemede 22 doğrultusunda tasarım eğilme momenti diyagramı	77
Şekil 5.10: İzolatör üstü döşemede 13 doğrultusunda düzlem içi kayma gerilmeleri	78
Şekil 5.11: İzolatör üstü döşemede 23 doğrultusunda düzlem içi kayma gerilmeleri	79

Şekil 5.12: DBYBHY 2007 Genel Kiriş Tasarım Kuralları	80
Şekil 5.13: Kiriş Açıklığı İçin Serbest Cisim Diyagramı (ETABS Manuel).....	81
Şekil 5.14: DBYBHY 2007 Perde detaylandırma kriterleri	83
Şekil 5.15: DBYBHY 2007 Kolon detaylandırma kriterleri	84
Şekil 5.16: 50 x 90 kesiti için P-M diyagramları.....	86
Şekil 5.17: 90 x 50 kesiti için P-M diyagramları.....	86
Şekil 5.18: 50 x 100 kesiti için P-M diyagramları.....	86
Şekil 5.19: 100 x 50 kesiti için P-M diyagramları.....	86
Şekil 5.20: 50 x 120 kesiti için P-M diyagramları.....	86

İNŞAAT TEKNOLOJİSİNDE DEPREM İZOLATÖR SİSTEMLERİNİN PLANLANMASI

ÖZET

Sismik izolasyon sistemleri, yapıların sismik performansını geliştirmek için etkili bir yol sunar. Bu teknikler, yapılardaki rijitliği veya sönümü değiştirerek sismik kuvvetleri azaltırken, sismik kuvvetlere direnmek için geleneksel yöntemlere göre ek bir mukavemet ve esneklik sağlarlar.

Bu tez, sismik izolatör tiplerine, çalışma mekanizmalarına kısa bir bakış sunar ve bu sistemleri genel hatlarıyla tanıtır. Temel izolasyon sistemlerinin kullanıldığı Türkiye'de olan bir uygulama bölgenin depremsellik ve geoteknik bilgileri ışığında ayrıntılı olarak incelenmiş ve yapılan tasarımın çok katlı binalar için sismik tepkimeyi büyük ölçüde azalttığı ortaya konmuştur. Sistem, yapıların esnekliğini sağlayan sarsıntı tehlikesinin yanıl etkisini azaltır. Burada ayrıca sismik titreşim altındaki izole yapı ile geleneksel yapı arasındaki yapısal tepki ile ilgili karşılaştırmalı bir örnekte verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *İzolasyon Tekniğı, Sismik İzolasyon Sistemi, Sismik Tepki*

PLANNING OF EARTHQUAKE ISOLATOR SYSTEMS IN CONSTRUCTION TECHNOLOGY

ABSTRACT

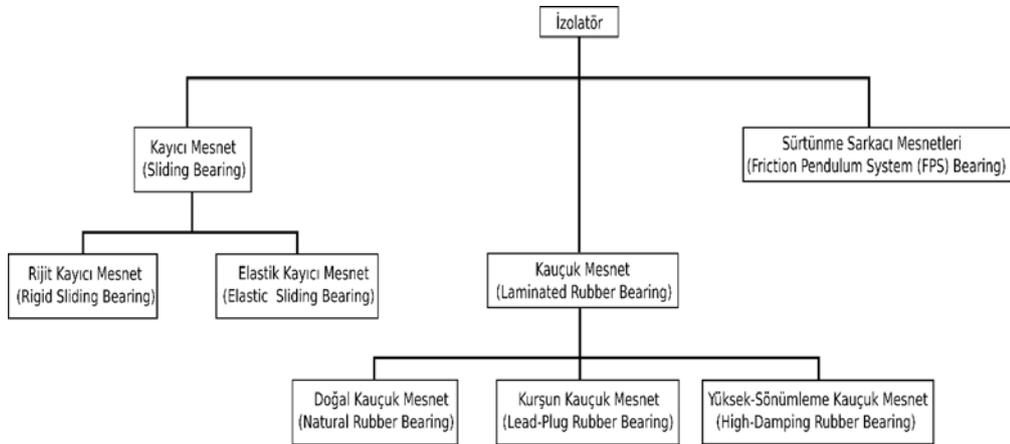
Seismic isolation systems provide an effective way to improve the seismic performance of structures. While these techniques reduce the seismic forces by changing the stiffness or damping of the structures, they provide additional strength and flexibility compared to conventional methods to resist seismic forces.

This thesis presents a brief overview of the seismic isolator types, operating mechanisms and introduces these systems in general terms. seismic isolation system of basic reaction is used for the application of the seismicity in Turkey and examined in detail in the light of the geotechnical information and multi-storey buildings made of the design has been shown to greatly reduce. The system reduces the lateral impact of the jolting hazard, which ensures the flexibility of the structures. Here, a comparative example of the structural response between the isolated structure under the seismic vibration and the conventional structure is given.

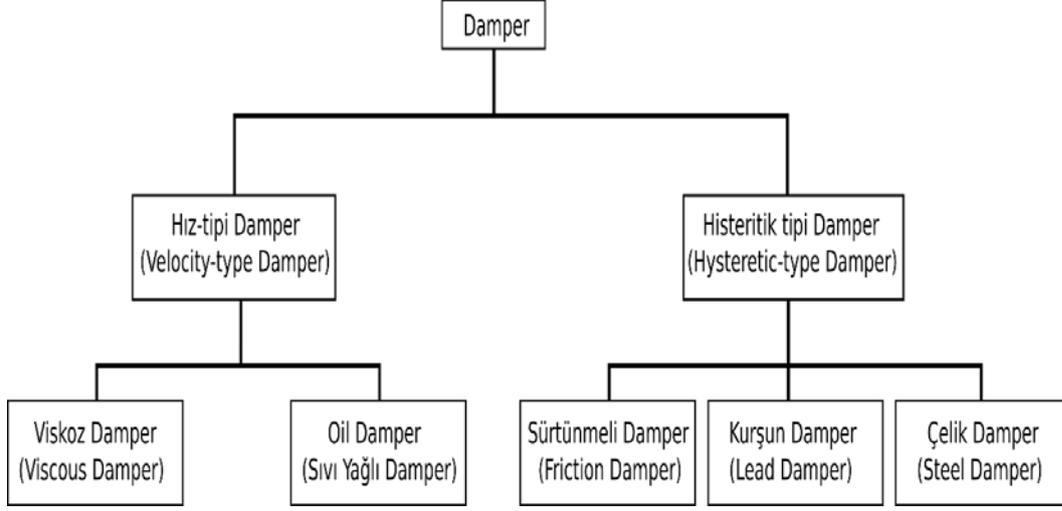
Keywords: *Isolation Technique, Seismic Isolation System, Seismic Response*

1. GİRİŞ

Genel olarak yapıların güçlendirme yöntemlerini ikiye ayırabiliriz. Geleneksel yöntemlerde yapının deprem yükütaşıma kapasitesini, rijitliğini, sünekliğini, stabilitesini ve elastik ötesi şekil değiştirmelerini artırarak, depremden gelen titreşim enerjisini tüketebilecek güçte taşıyıcı sistemi güçlendirmek veya iyileştirmek, sismik izolasyon kullanımında ise yapının ve deprem ivmesinin özellikleri dikkate alınarak; yapının rijitliğini azaltmak, periyodunu ve sönümünü artırarak yapıya daha küçük deprem kuvvetlerinin gelmesini sağlamak ve yapının küçük veya orta şiddetli depremlerdeki hasarının önlenmesi ve şiddetli depremlerdeki hasarının da en aza indirgenmesi amaçtır. Temel izolasyon sisteminin performansının sağlanmasına yardımcı olmak için, damperler ve izolatörler de dahil olmak üzere pasif cihazlar binalara dahil edilebilir. İzolasyon sistemi etkin esneklik için gerekli yanal esnekliği ve sönümü sağlar ve faydalı yük için gereken uygun direnci geliştirir. Seçenekler arasında elastomerik sistemler, sürme sistemler ve hibrit sistemler bulunur. Yapısal kontrol kategorisinde, temel izolasyon sistemi pasif kontrol olarak sınıflandırılır. İzolatörler, izolasyon amacıyla yapısal bir sistemde uygulanan ana cihazlardır. Ek olarak, damperler sistem içerisinde enerji yayılımı için bir izolasyon sistemiyle birlikte kullanılabilir. Tipik izolatörler ve damperler, Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de sınıflandırılmıştır.



Şekil 1.1: İzolatörlerin Sınıflandırılması



Şekil 1.2: Damperlerin sınıflandırılması

Depreme dayanıklı yapılar rijit yapılar ve esnek yapılar olarak sınıflandırılabilir. Rijit yapılarda, aşırı yüklere dayanmak için uygulanan kontrol yöntemleri temel olarak diyagonal destekleme, perde duvarlarının yerleştirilmesi ve kompozit malzemelerin kullanımı ile yer değiştirmeyi azaltmaktadır.

Temel yalıtımlı binalar gibi esnek yapılarda, temel kontrol yaklaşımı, damper ve izolatör kullanımıyla tahrik girişini azaltmaktır. Rijit yapıların kontrol stratejileri, uzun süredir var olan bilgi birikimi ve yapısal sertleşmeye ilişkin teknolojilerin olgunluğu nedeniyle deprem tehlikesini azaltma alternatifleri olarak tercih edilmiştir.

Bununla birlikte, oldukça rijitleşen yapıların önemli kesişme kayması ve temel ivmelenmeleri, özellikle büyük depremler altında, binanın ciddi tahribat riskini arttırmaktadır. Yüksek binalar gibi esnek yapılar rezonans koşullarından kaçınılabilir ve yapısal tepkileri etkin bir şekilde azaltabilir.

Yapılar kod özelliklerine göre yapıldığında, güçlü depremler sırasında hasar görmeleri, ancak ayakta durmaları beklenir. Sismik tasarıma bu geleneksel yaklaşım, hastaneler, itfaiye istasyonları ve telekomünikasyon merkezleri için temel izolasyon sistemi kullanılarak katlar arası sürüklenmenin etkili bir şekilde azaltılması, tesislerde en düşük hasar ve ayrıca insan güvenliği sağlanabilir. Temel izolasyon sistemi kavramı son birkaç on yılda önerilmiş ve mevcut teknolojiler ve temel izolasyon sistemi bilgisi olgunlaşmakta ve sağlamlaştırılmaktadır. Sismik izolasyon sistemleri, yüksek sertliğe ve alçak

binalara uygulandığında, binanın karakteristiğini rijitten esnekliğe değiştirebilme yetenekleri sayesinde daha etkilidir.

İzole edilecek daha fazla sayıda yapı, taban izolasyon sisteminin giderek artan oranda deprem tehlikesini azaltmada kanıtlanmış bir teknoloji olarak kabul edildiğini yansıtmaktadır. Temel izolasyonu, üst yapıyı temelden ayırarak deprem yer hareketinin etkisini azaltabilecek anti-sismik bir tasarım stratejisidir. Yapı, temel ve üst yapı arasında düşük yatay sertliğe sahip yapısal elemanların araya sokulması ile yer hareketinin yatay bileşenlerinden ayrılabilir.

1.1 Sismik İzolasyon Kullanımında Amaç

Bütün deplasmanların temel ile üst yapı arasında olmasını sağlamak ve sönümleyici elemanın mümkün olduğu kadar deprem enerjisini yutmasını ve sönümlemesini temin etmektir. Bu amaçla yapının dinamik özellikleri değiştirilerek depremde yapıya gelecek yatay yükün azaltılması hedeflenir.

Günümüzde en yaygın kullanılan yöntemler, binanın temelini ve zemini ayırmaya dayanan, binanın temelleri üzerinde/dikey yapısal elemanların yatakları üzerinde yatay harekete izin veren yöntemlerdir. Bu sistemlere genel olarak temel izolasyon sistemleri adı verilir. Sismik izolatörler üst yapı ile zemin arasına yerleştirildiği veya binanın belirli bölümlerini ayırdığı için, bu tür sismik izolasyonlar da dış izolasyon olarak tanımlanır. Bu prensibe dayanarak geliştirilen ve yoğun olarak kullanılan sismik izolasyon teknolojileri, pasif kontrol sistemlerini içermektedir.

Genel olarak temel izolasyon sistemleri, yatay harekete izin veren bir yatak, yer değiştirmeleri kontrol eden bir damper ve yanal yükler altında sertlik sağlayan elemanlardan oluşur. Mesnetler, yükleri dikey ve yatay olarak esnek biçimde aktaracak kadar sert bir davranışa sahiptir. Bu davranış, temel izolasyon sisteminin üst yapı ile birlikte, dolayısıyla tüm yapının süresini değiştirir ve atalet kuvvetlerini azaltmaya yardımcı olur.

Atalet kuvvetlerinin geleneksel olarak tasarlanmış binalara kıyasla azalması, geleneksel binalardaki binanın dinamik özelliklerine, sismik yalıtımlı binalarda tepki spektrum eğrisinin şekline bağlıdır. Birinci mod periyodunu değiştirmek için ek süneklik, sismik izolasyon sistemine kıyasla üstyapıda büyük yer

değiştirmelere neden olur. Temel izolasyon sisteminin enerji boşaltma kapasitesinin arttırılmasıyla yer değiştirmeler azaltılabilir.

Yer değiştirmeleri kontrol etmenin en etkili yolu, histeretik enerji sönümleme özelliğine sahip elemanlar kullanmaktır. Bu nedenle, yumuşak çelik ve kurşun plastik deformasyonunu kullanan mekanik aparatlar ve elastomerler gibi malzemeler geliştirilmiştir. Diğer bir alternatif yöntem, enerjiyi sönümlemek, böylece göreceli yer değiştirmeleri azaltmak için sürtünme kullanmaktır. Viskoz sıvılar ve hidrolik amortisörler, yüksek enerji sönümleri olmasına rağmen, pahalı fiyat ve bakım gereklilikleri nedeniyle yoğun bir şekilde kullanılmamaktadır.

Temel izolasyon sistemlerinde kullanılan, davranışlarına ve yaptıkları malzemeye göre değişiklik gösteren çeşitli tipte mesnetler vardır. En yaygın kullanılanlar Kauçuk Mesnet (RB), Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet (HDNR) ve Çelik Lamine Kauçuk Mesnet (SLR) gibi elastik sistemler sınıfına, elasto-plastik sistemler sınıfına ait olanlardır. Kurşun Kauçuk Mesnet (LRB) ve Sürtüneli Sarkaç Mesnet (FPB) gibi olanlar kinematik sistemler sınıfına ve sürtünme sarkaç sistemleri sınıfına ait olanlardır.

1.2 Sismik İzolasyon Tekniklerinin Avantajları

Sismik taban izolasyon sistemi çok sayıda fayda sağlayabilir; bazıları aşağıdaki gibi ayrıntılı olarak verilmiştir:

1. İç mekân hizmetlerine ve tesislerine verilen hasar, normal olmayan yapılar için normalde gaz, su veya aşırı kaçak sızıntısını etkileyebilecek çok az endişe verici olacaktır. Taban İzolasyonu yapı elemanlarının plastik deformasyonunu önleyerek yapıyı koruyacaktır, çünkü süper yapı, tabanın uyarılması ve takibinde elastik davranış sergiler.

2. Düşen mobilyalar nedeniyle ikincil hasar ve yaralanmalar kısıtlanacaktır. Başka bir deyişle, konvansiyonel sistemlerden ziyade taban izolasyon sistemi kullanıldığında güvenlik seviyesi önemli ölçüde artar.

3. Binaların işlevi, bir uyarma işlemi sırasında veya hatta süper yapı elastik kalacak şekilde tasarlandığından büyük bir depremden sonra sağlanabilir. Bu

nedenle, yapısal elemanların plastik deformasyonu önlenir ve bina hala güvenli bir yerde kalır ve yaşam normal şekilde devam edebilir.

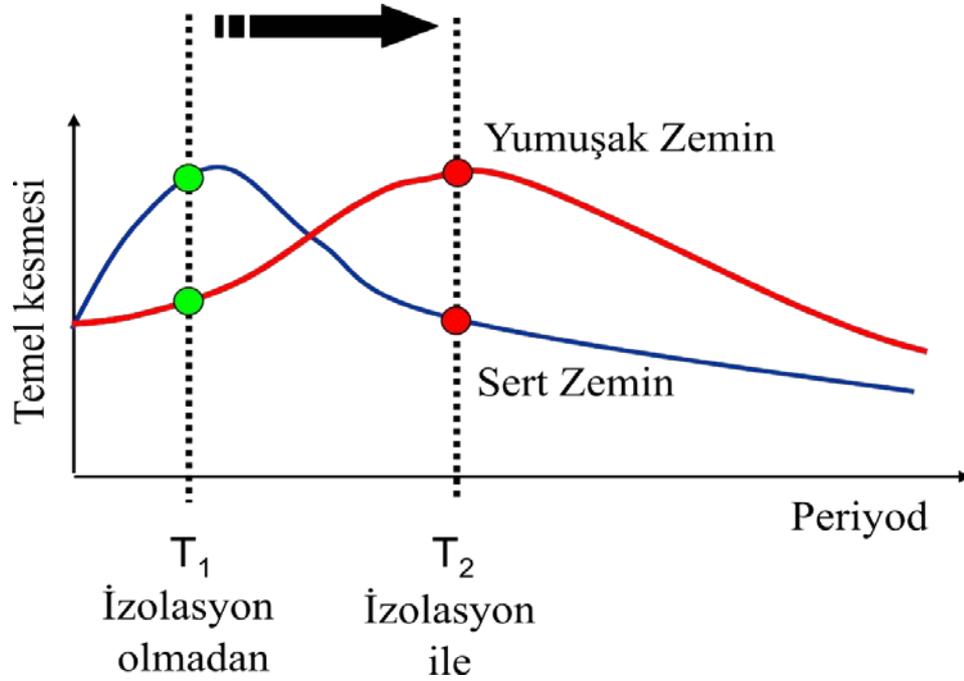
4. Tahliye yolları ve koridorlar normalde depremden sonra tabandan yalıtılmış bir binaya sabitlenir. Böylece deprem korkusu hafifletilebilir ve psikolojik yük hafifletilir.

5. Deprem girdi kuvvetlerinde azalma, ince yapısal elemanlara ve buna bağlı olarak yapının bütününde kayda değer bir azalmaya yol açabilir, bu da inşaat malzemelerinde ve inşaat maliyetlerinde kayda değer bir azalma sağlar.

6. Önemli güvenlik iyileştirmeleri, böyle bir deprem sırasındaki binalar için afet yönetimi protokolünü ve deprem sonrası onarım maliyetlerinin düşürülmesini sağlar.

1.3 Sismik İzolasyon Kullanımının Uygun Olmadığı Durumlar

- Yapıların periyotlarının uzatılması yumuşak zeminler üzerine inşaa edilmiş yapılar için zararlıdır. Yumuşak zeminlerde sismik izolasyon konularak yapı periyodunun artırılması halinde yapıya gelecek deprem yükü artacaktır.
- Bitişik nizam yapılarda izolasyon yapılması uygun değildir.



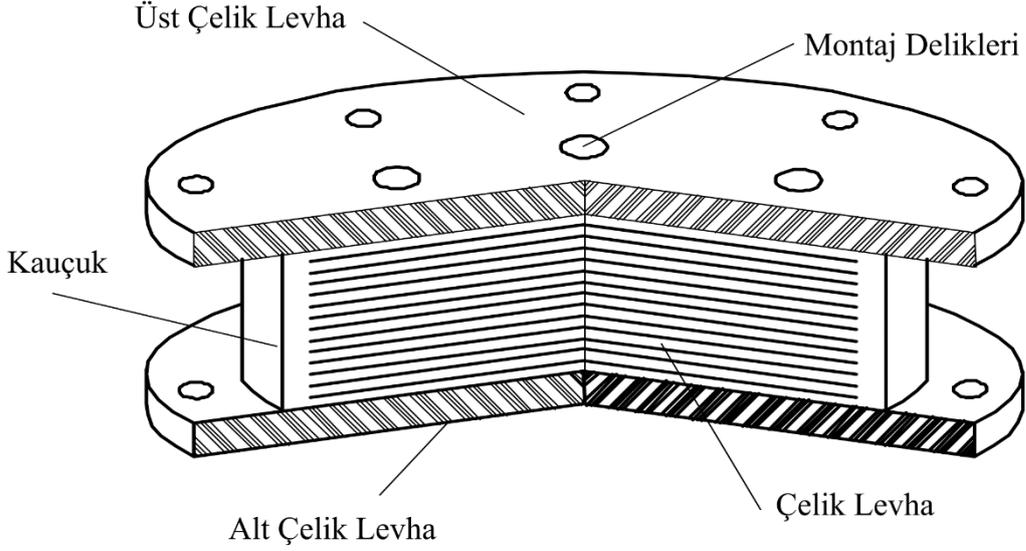
Şekil 1.3: Zemin Koşullarının İzole Yapı Tepkisi Üzerine Etkisi

2. SİSMİK İZOLATÖR TİPLERİ

Çoğu mesnet tipinde, dikey yük arttıkça gereken plan boyutu artar, ancak tüm mesnetler aynı yer değiştirmeye tabi olacağından dikey yükten bağımsız olarak (LRB ve HDR mesnetler) veya yarıçap (FPS mesnetler) yüksekliği sabittir. Bu nedenle, mesnetler destekledikleri dikey yüke göre boyutlandırılabilir. Uygulamada, belirli bir proje için genellikle yalnızca tek bir boyut veya iki boyut kullanılır. Farklı tip baz izolatörleri aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

2.1 Kauçuk Mesnetler

Bu sistemler, çelik lamine lastik tiplerine ve kurşun çekirdekli çelik lamine lastik tiplerine ve ayrıca lastik ve neoprenden yapılara sahiptir. Köprü yataklarında kullanılan doğal ve suni kauçuk mesnetler daha sonra geliştirildi ve elastomerik mesnetler olarak adlandırıldı. Sismik izolatör olarak kullanılan bu mesnetler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kauçuk lamine izolatörler, ince çelik plakaların kauçuk plakalara vulkanizasyonu yoluyla oluşturulur (Şekil 2.1). Bunlardan daha gelişmiş olanı kurşun çekirdekli lamine lastik tipleridir. Kurşun Lamine Kauçuk Mesnet sistemleri, ortada gömülü kurşun çekirdeğe sahip çelik / kauçuk lamine tabakalardan oluşur ve oldukça gelişmiş sismik izolatörlerdir (Şekil 2.2).



Şekil 2.1: Kauçuk lamine izolatör

Mühendisler tarafından uzun yıllar boyunca kullanılan en yaygın taban izolasyon cihazları, izolasyon işlevini ve enerji dağıtımını tek bir kompakt üniteye birleştiren kurşun kauçuk yatak izolatörleridir.

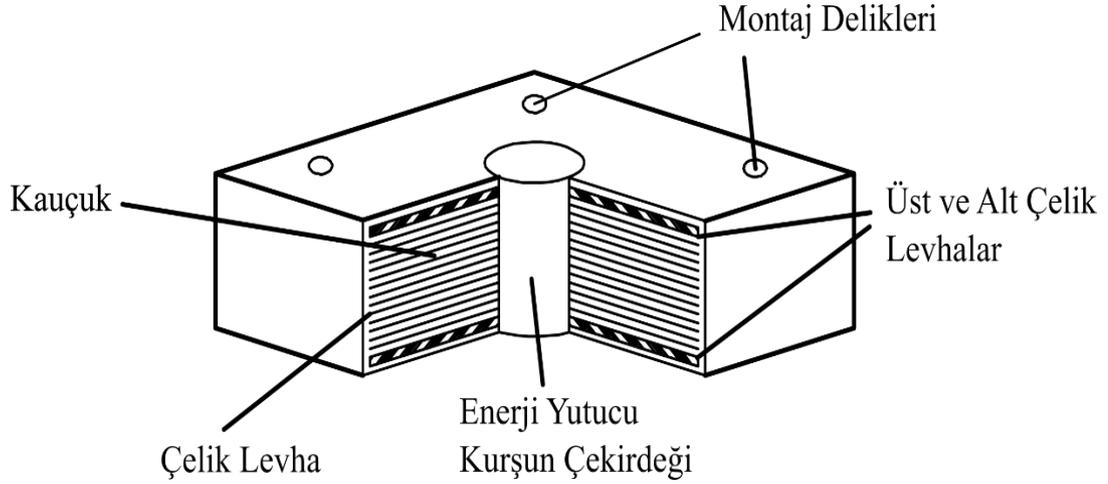
Bu yaklaşımda, bina veya yapı deprem yer hareketinin yatay bileşenlerinden ayrıştırılır. Baz kurşun-kauçuk yatak izolatörünün ana işlevi, çerçeve yapısındaki yanal esnekliği artırarak yapısal titreşim süresini uzatmaktır ve bu nedenle üst yapıya aktarılan zemin ivmelenmeleri çarpıcı biçimde düşebilir.

Bu LRB izolatör cihazları, yapıya deprem saldırısından düşey yük desteği, yatay esneklik, ilave sönümleme ve merkezleme kuvveti sağlar. Ek olarak, diğer pasif titreşim kontrol cihazlarına kıyasla kurulum ve bakım için minimum maliyet gerektirir.

Kurşun kauçuk yatak izolatörü, çelik şim levhaları, kapak levhaları ve merkezi Şekil 2.2'de gösterilen merkezinde bulunan bir kurşun çekirdeği ile lamine edilmiş kauçuk tabakaları tarafından yapılan elastomerik bir yataktan oluşur. Daha fazla yanal yer değiştirmeye izin veren başka bir lamine lastik izolatör tipi kaydırmalı lamine lastik izolatördür. Bu tiplerde, lamine kauçuk silindirik kütle kayar bir plaka ile çevrilidir.

Sürgülü kauçuk izolatörün çevresinde, belirli boyutlarda yer değiştirmelere izin verecek şekilde yerleştirilmiş dairesel planlı bir çelik durdurucu vardır. Böylece, küçük sismik hareketlerde, titreşimler lamine kauçuğun deformasyonu

yoluyla sönümlenir, daha büyük hareketlerde yapının kayar plakanın kayması boyunca daha büyük bir yatay hareket yapmasına izin verilir.



Şekil 2.2: Kurşun lamine lastik mesnet

Bu tip mesnetler dikey olarak sert, yatay olarak esnek bir davranış sergilerler. Bu mesnetler, deprem kuvvetlerinin dikey bileşiklerini, yapıyı, sismik yükler altındaki yatay bileşiklerden izole ettikleri yapıya göre iletir. Alçak, sağlam veya ön gerilimli binalar için uygundur.

Kurşun kauçuk yatağın en büyük avantajı, servis yükü seviyelerinde sertlik, deprem yükü seviyelerinde esneklik ve sönümleme fonksiyonlarını tek bir kompakt üniteye birleştirmesidir. Bu özellikler kurşun kauçuğu, kullanılan en yaygın izolatör tipine dönüştürür. Yüksek sismik bölgelerde veya servis yükleri altında sertliğin önemli olduğu yapılar için (örneğin köprüler) yüksek seviyelerde sönümleme gereklidir.

Tokyo'da bulunan Shimizu Corporation'ın Teknoloji Enstitüsü'nün Ana Binası, sütun üstü bir sismik izolasyon (CTSI) sistemi kullanan 6 katlı, uzun süreli, sismik izole bir yapıdır. Bina, üst kısmı bağımsız sütunlarda altı izolatör üzerinde desteklenmiş, Şekil 2.3'te gösterildiği gibi, zemin seviyesinde geniş bir alan yaratan büyük ölçekli bir kafes kafes yapısı kullanmaktadır. Sismik izolatörler, Şekil 2.4'te gösterildiği gibi, çapı 1000 mm veya 1,100 mm olan kurşun kauçuk yataklardır.



Şekil 2.3: Shimizu Corporation'ın Teknoloji Enstitüsü Ana Binası, Tokyo



Şekil 2.4: Shimizu Corporation'ın Tokyo Teknoloji Enstitüsü'nün ana binasında birinci kat kolonların üstünde sismik izolatörler (kurşun kauçuk mesnetler).

Mimari nedenlerle simetrik olarak tasarlanmayan sistemlerde sismik yüklenmedeki yer değiştirmeler ve iç kuvvetler sistem içerisinde dengede değildir. Bu tip binalarda, kauçuk mesnetler kullanmak çok kullanışlıdır. Temel izolatörleri, kütle merkezini ve rijitlik merkezini dengelemek için yerleştirilir.

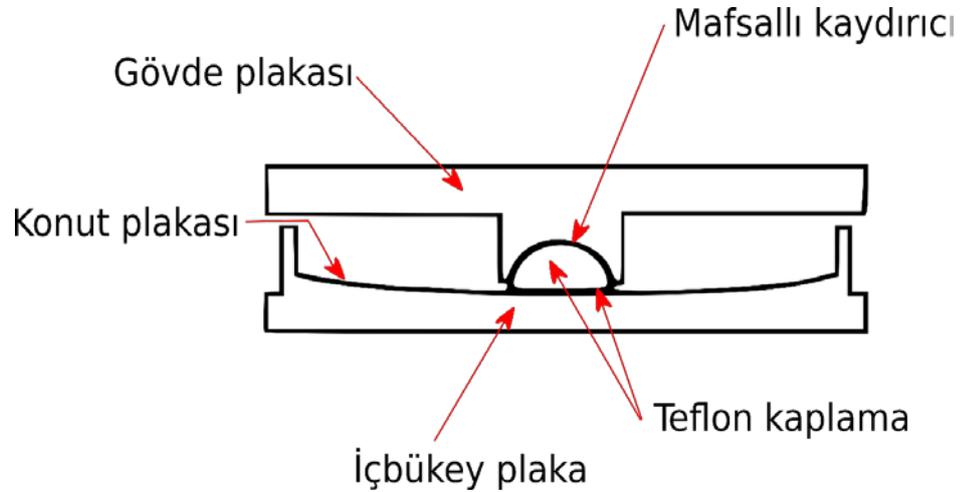
Böylece düzensiz tasarımlı yapısal sistemin olumsuz etkileri ortadan kalkar. Bu mesnetler, büyük miktarda basınç yükleri taşır ve mekanik aparattan farklı kaymada bir veya daha fazla yönde harekete eşlik eder. Kauçuğun düşük bir kayma modülüne sahip olması nedeniyle, içerideki çelik laminatların

yerleştirilmesiyle kauçuğun bükülme serbestliği azaltılmakta ve bu laminatlar vasıtasıyla kayma sertliği çok artmaktadır. Bu mesnetler çevresel etkilere karşı çok dayanıklı ve uzun ömürlüdür.

Elastomerik mesnetler, devrilme momentleri tarafından oluşturulan gerilme stresine dayanamaz. Çekme kuvvetlerine dayanacak ekipman, yapısının sertliğini sağlamak için bu izolatöre yerleştirilebilir. Elastomerik mesnetler, düşük veya yüksek oranda ıslak kauçuktan yapılabilir. Bu mesnetlerin kullanıldığı binalarda büyük yer değiştirmeler olmasına rağmen, titreşim düşük olduğundan, binadaki ekipman zarar görmez.

2.2 Sürtümlü Sarkaç Mesnetler

Sürtünme sarkaç sistemleri, özellikle taban izolasyonunda en yaygın kullanılan kinematik sistemlerdir. Sarkaç sistemi, iki çelik içbükey kavisli yüzeye (Şekil 2.5) yerleştirilmiş bir çelik küre veya küresel temas yüzeylerine sahip bir silindirik elemandan oluşur ve bu parçalarda özel metaller kullanılır.



Şekil 2.5: Sürtünme sarkaçlı mesnetin kesit sistemi.

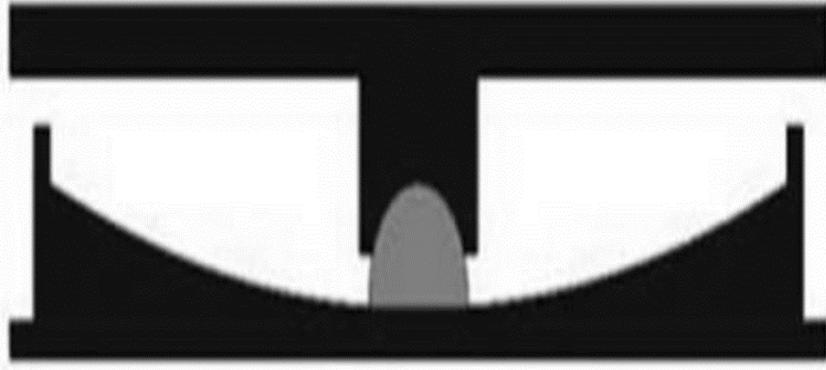
Küresel içbükey yüzey üzerinde kayan bir yatak elemanı vasıtasıyla kauçuk yatakların tüm faydalarına sahip olan bu mesnetler, enerjiyi azaltır, çünkü yanıl bir hareket sırasında binayı yükselten bir pozisyon alır ve depremlerin etkisini çok azaltır. Bu mesnetler binalarda, köprülerde ve ağır çatı sistemlerinde, ayrıca özel metallerin yapılarındaki mekanik özellikleri sayesinde soğuk bölgelerde donma tehlikesi altında başarıyla kullanılabilirler.

Sürtünmeli sarkaç mesnetler, kaymayı sarkaç hareketi ile birleştirir. Sürtünmeli bir sarkaç mesnetin şematik düzeni Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Küresel bir içbükey krom yüzeyindeki mafsallı bir sürgüden oluşur. Sürgü, teflon gibi cilalı bir taşıyıcı malzeme ile kaplanmıştır. Yüzeyler arasındaki sürtünme katsayısı, yüksek hızda kaymada 0,1 ve düşük hızlarda 0,05 düzeyindedir.

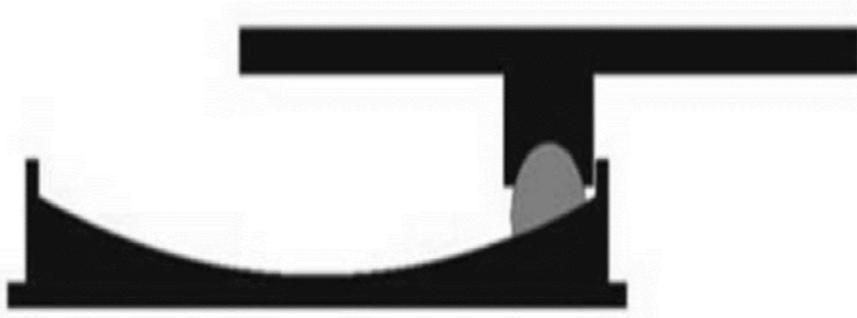
Konvansiyonel kayar yataklarda olduğu gibi, sürtünme sarkaç sistemleri de sigorta görevi görür ve deprem kuvvetleri statik sürtünme değerini aştığında devreye girer. Bu tür mesnetler tarafından geliştirilen yanal kuvvet, sürtünme kuvveti ile binanın küresel yüzeydeki yükselmesinden dolayı geri yükleme kuvveti birleşimidir.

Bir yataktaki geri yükleme kuvveti, mesnet tarafından desteklenen ağırlıkla orantılıdır ve içbükey yüzeyin eğrilik yarıçapı ile ters orantılıdır. Statik sürtünme nedeniyle, bu tür yataklar servis rüzgâr yükleri altında bükülmez (sertlik göstermez); Ayrıca, belirli bir yataktaki yanal kuvvet, bu yatak tarafından desteklenen bina ağırlığının kesriyle orantılıdır ve dolayısıyla binanın kütle merkezi, burulma etkilerini ortadan kaldıran destek sisteminin sertlik merkezi ile çakışmaktadır.

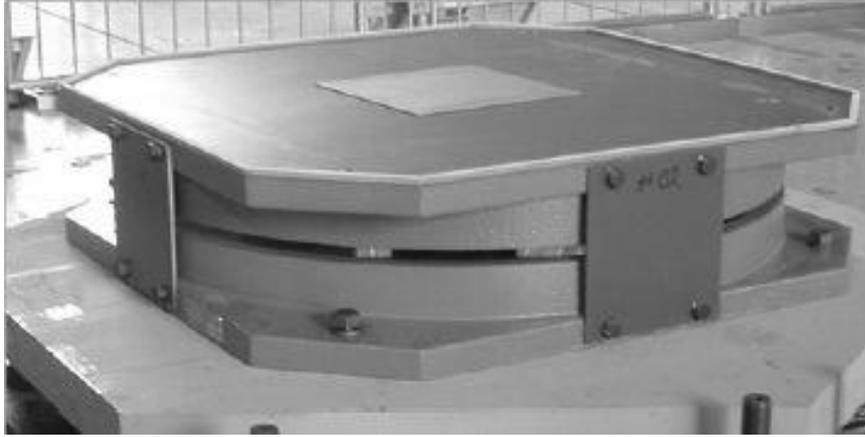
Ek olarak, sürtünme sarkaç sistemleri, deprem uyarımının ve yüksek stabilitenin frekans içeriğine karşı düşük hassasiyet göstermektedir. Sürtünme Sarkaçlı Kayar (FPS) mesnet üç yöne dayanır: mafsallı bir sürtünme kaydırıcısı, küresel bir içbükey kayma yüzeyi ve yanal yer değiştirme kısıtlaması için bir kapama silindiri. Kaymalı mesnetler kavramı, Şekil 2.6'da gösterildiği gibi sürtünmeli bir sarkaç sistemi (FPS) olarak bilinen kavramsal olarak ilginç bir sismik izolasyon sistemi elde eden bir sarkaç tipi tepkisi kavramı ile birleştirilmiştir. FPS'de izolasyon, küresel, içbükey krom yüzeyindeki mafsallı bir sürgü vasıtasıyla elde edilir.



Şekil 2.6: Tekli sarkaçlı mesnet kesiti



Şekil 2.7: Depremde tekli sarkaç hareketi



Şekil 2.8: Üçlü sarkaç mestenin 3B görünümü



Şekil 2.9: Üçlü Sarkaç mesnetin farklı titreşim aşamaları

(a) Tek Sarkaçlı Yatak

Tek Sarkaçlı Yatak, orijinal Sürtünmeli Sarkaçlı Yataktır. Tek sürgü dikey yük desteğini yapısal elemanın merkezinde tutar. Bu, bir yapısal sistem yatağın üstünde veya altında zayıfsa, inşaat maliyeti avantajları sunar.

(b) Üçlü Sarkaç Yatağı

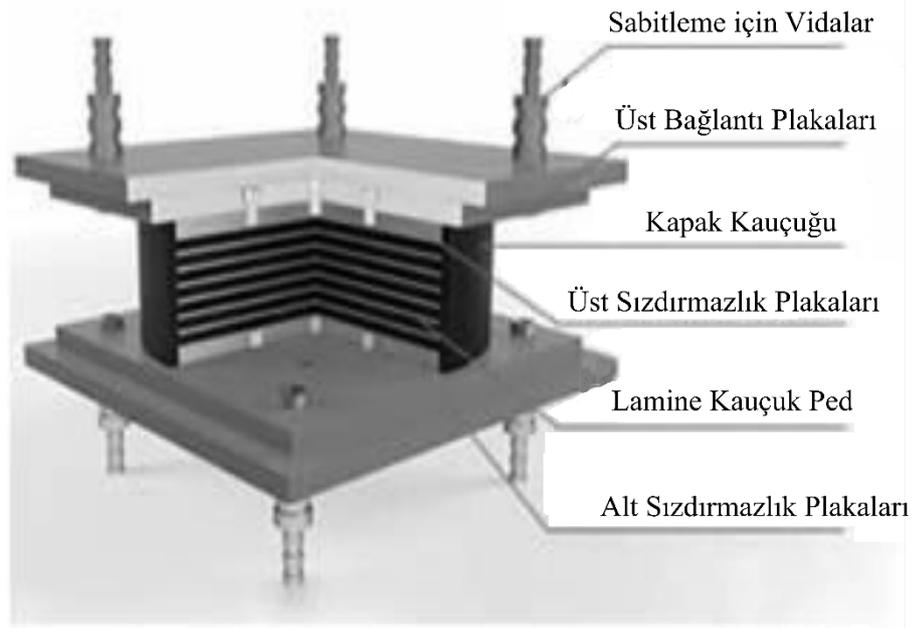
Üçlü Sarkaç yatağı, her biri farklı deprem kuvvetleri ve frekansları için yapının tepkisini optimize etmek için seçilen özelliklere sahip olan bir yatağa üç sarkaç içerir. Üçlü sarkaç yatağının yanal hareketinin farklı aşamaları şematik olarak Şekil 2.9'da gösterilmektedir.

2.3 Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnet (HDRB)

Temel izolasyonun, özellikle de HDRB ile kullanılmasının, son depremlerde bile yapıları depremden korumak için çok etkili bir teknik olduğu kanıtlanmıştır. HDRB'ler, Şekil 2.10'da gösterildiği gibi vulkanizasyon ile bağlanan alternatif kauçuk ve çelik plaka katmanlarından oluşur; standart elastomerik mesnetler benzer bazı durumlar içindir, sınırlı ya da ihmal edilebilir sapma ile dikey yükleri ve büyük sapsmalara sahip yatay yükleri destekleyebilmektedir.

HDRB normalde çok daha büyüktür ve özellikle standart elastomerik yataklardan çok daha yüksektir. HDRB'de kauçuk bileşiği sönümlenme kabiliyeti sunar. Normalde eşdeğer viskoz sönümlenme yer değiştirmenin bir işlevidir. Kauçuk bileşik, standart elastomerik mesnetlerden çok daha büyük çok büyük kesme deformasyonlarına dayanacak şekilde tasarlanmıştır. HDRB'de direnç küçük deformasyonlar için çok daha yüksektir ve büyük deformasyon için azalır.

Bu özellik çok kullanışlıdır, çünkü yapının rüzgar gibi düşük uyarılmalara sert bir şekilde yanıt vermesine izin verir ve depremler gibi yüksek esneklik uyarıları sağlar. Bologna'da bulunan yeni bir okul, Şekil 2.10'da gösterildiği gibi çeşitli HDRB ve sürgülü amortisörlere kuruldu.



Şekil 2.10: Yüksek sönümlmeli kauçuk mesnet



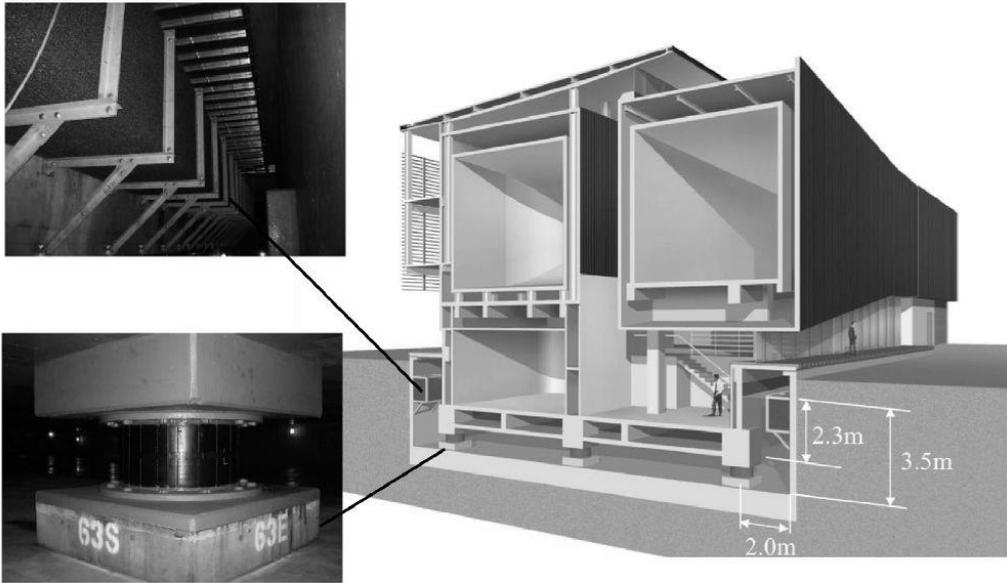
Şekil 2.11: Marzabotto' daki (Bologna) yeni okul, HDRB' ler ve SD' ler.

2.4 Kısmi Değişen Sismik İzolasyon sistemi

Kısmen yüzer bir sismik izolasyon (PFSI) sistemi, yüksek sönümlleme kauçuk yatakları ile birlikte korunan yapının ağırlık ağırlığını kısmen desteklemek için kaldırma yüzdürme kuvvetlerini kullanır. Ek olarak, sistem yapısal hareketi azaltmak için havzanın kenarlarına tutturulmuş gözenekli bir ortam kullanır. Şekil 2.12 ve 15'te gösterilen rüzgar tüneli test laboratuvarı, PFSI sistemini kullanan ilk binadır. Şekil 2.13'te gösterildiği gibi, taban 2.3m'lik bir taslaktan ve yapının ağırlığının yarısı yüzdürme ile desteklenmiştir. Sismik izole yapının doğal dönemi 4.1 s olacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 2.12: Rüzgar Tüneli Test Laboratuvarı, Shimizu Corporation'ın Teknoloji Enstitüsü, Tokyo



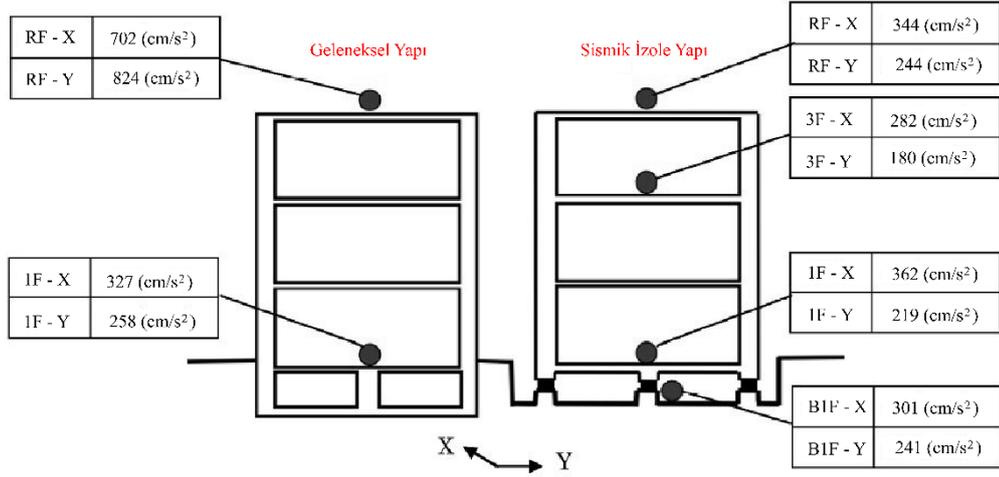
Şekil 2.13: Kısmi değişen sismik izolasyonun enine kesiti ve yapısal sistemi

2.5 Sismik İzole Yapıların Depreme Tepkisi

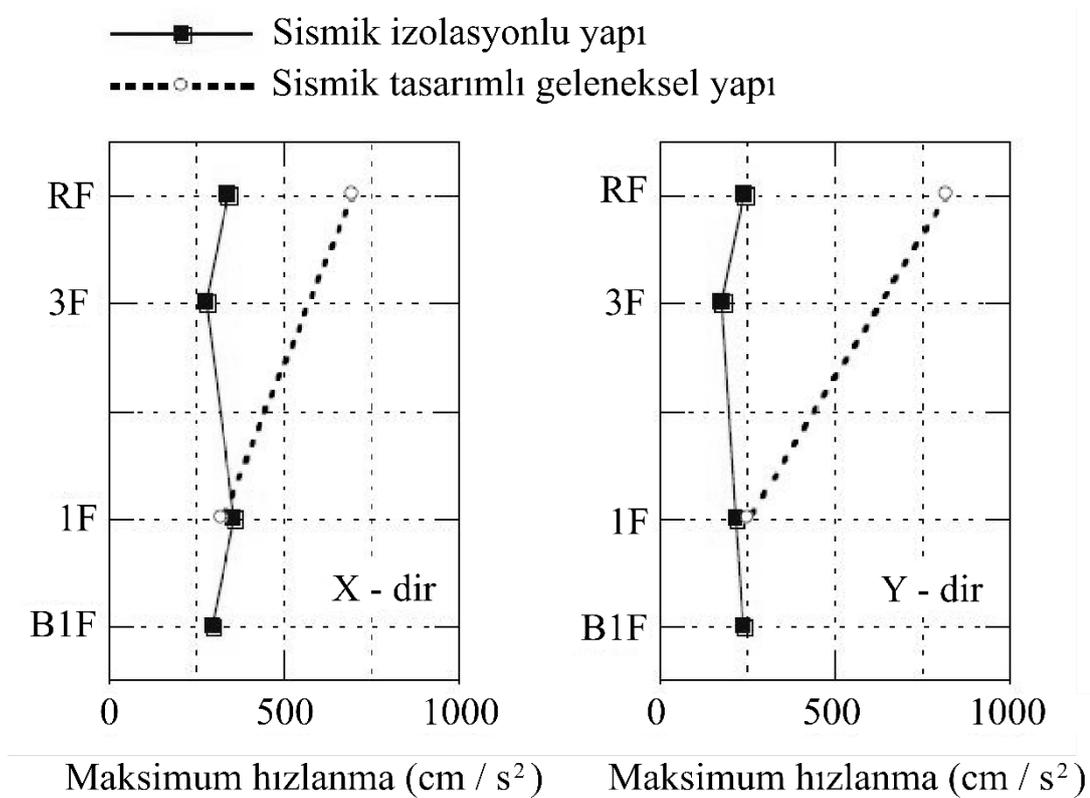
Tohoku Üniversitesi'nde 2011 Tohoku-Pasifik Depremine maruz kalan iki test binasının maksimum ivmelenme tepkisi, şekil 2.14 ve şekil 2.15'de gösterilmiştir. Sismik yalıtımlı binada, çatıdaki gözlenen ivmeler, X yönünde yaklaşık yarıya ve Y yönündeki yaklaşık üçte birine, bitişikteki geleneksel

tasarımlı binadakilere göre düşürülmüştür. Şekil 2.16, test binalarının bodrum katlarında gözlenen ivme dalgalarını göstermektedir.

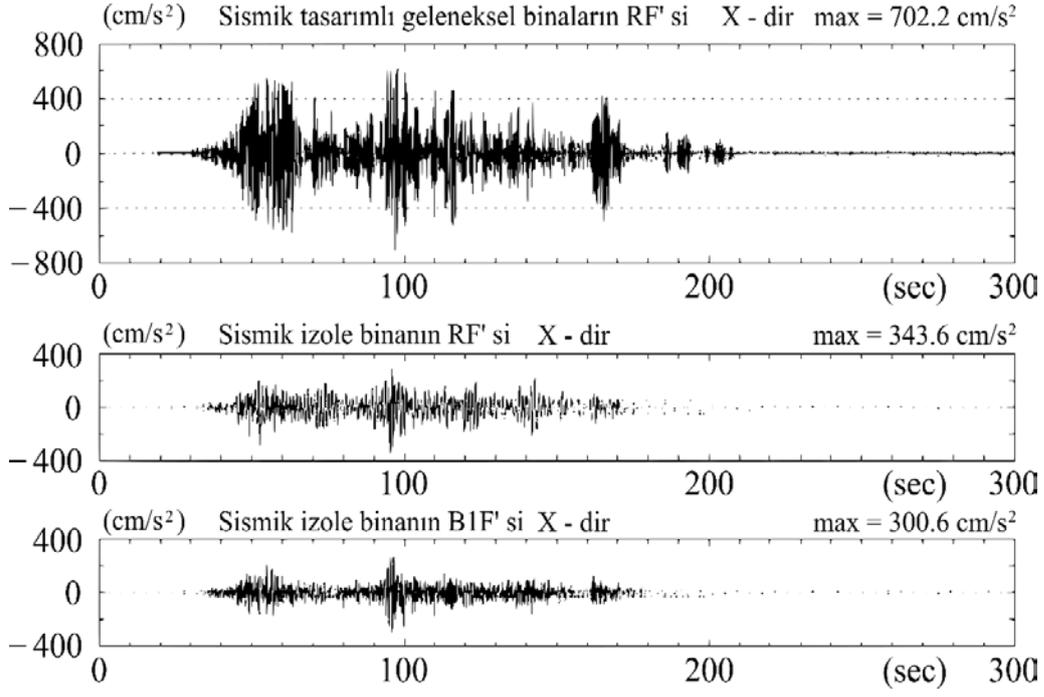
Sismik izole edilmiş binanın çatısında gözlenen ivme dalgası genişlemekte ve dalga yüksekliği azalmaktadır. Şekil 2.17, iki test binasının çatı katlarındaki deprem tepkilerindeki farklılıkları açıkça ortaya koymaktadır.



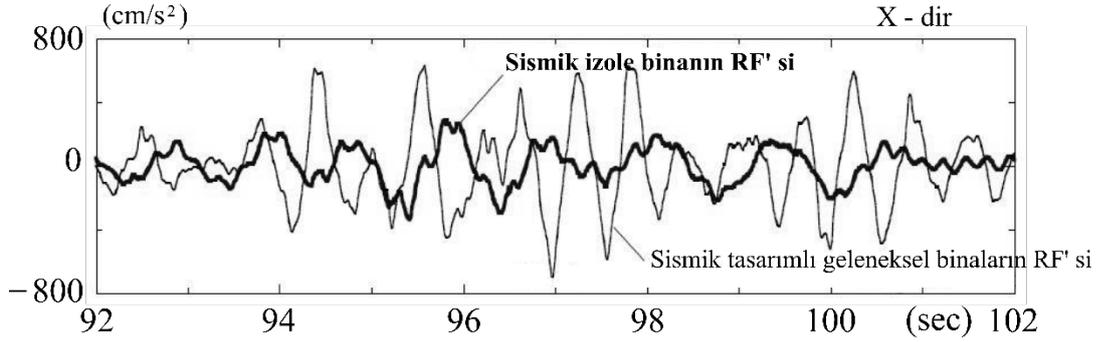
Şekil 2.14: Tohoku Üniversitesindeki test binalarının maksimum cevapları.



Şekil 2.15: İki test binasının farklı kat seviyelerinde maksimum hızlanma.



Şekil 2.16: Sismik tasarımlı geleneksel (RF) ve sismik yalıtımlı binalarda (1. bodrum katı ve RF) gözlenen ivme dalgaları.



Şekil 2.17: Tohoku Üniversitesi'ndeki iki test binasında çatı katında (RF) gözlemlenen ivme dalgaları.

3. SİSMİK İZOLATÖRLERİN MEKANİZMASI

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

Bunlar: dış kauçuk çapı D , iç lastik çapı d , birim kauçuk katman kalınlığı t_r , şim plakası kalınlığı t_s , n_r lastik katman sayısı ve toplam kauçuk yüksekliği h . Yatay sertlik K_h ve dikey sertlik K_v aşağıdaki denklemlerde sunulmuştur.

$$K_v = \frac{E_c \cdot A_{eff}}{h} \quad (1)$$

$$K_h = \frac{G_{eq} \cdot A_{eff}}{h} \quad (2)$$

$$E_c = \frac{1}{\frac{1}{E_{ap}} + \frac{1}{E_{\infty}}}, E_{ap} = E_0(1 + 2\kappa S_1^2)$$

$$A_{eff} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad \text{veya} \quad \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$$S_1 = \frac{D}{4t_r} \quad \text{veya} \quad \frac{(D-d)}{4t_r}$$

$$h = n_r \cdot t_r$$

E_0 young modülü

E_{∞} kauçuğun kütle modülü

K düzeltme faktörü

G_{eq} kayma modülü

h toplam kauçuk yüksekliği

n_r kauçuk katman sayısı

t_r kauçuk katmanlarının birim kalınlığı

Yukarıda gösterilen parametreler arasında, birinci şekil faktörü S_I veya bazen basitçe şekil faktörü olarak adlandırılan bir anahtar faktördür. S_I , kauçuğun serbest yüzey alanının, kauçuk yatağın bir ünite kauçuk tabakasının yük taşıma alanına göre oranıdır. Merkez deliksiz dairesel lastik mesnetler söz konusu olduğunda, S_I , aşağıdaki denklemden elde edilir.

$$S_I = \frac{\text{yükleme alanı}}{\text{serbest alan}} = \frac{\frac{1}{4}\pi D^2}{\pi D t_r} = \frac{D}{4t_r} \quad (3)$$

S_I büyüdüğünde, lastik yastığı inceler ve sonuç olarak yastığın yüklenme yönünde daha büyük bir sertliği olur. Genel olarak, S_I kauçuk mesnetler için 20 ila 30 arasındadır. Yukarıdaki denklemlerde görüldüğü gibi, görünen Young'ın lastik yastığın yüklenme yönü için modülü S_I' in karesinden etkilenecektir. Dikey sertlik K_v , kauçuk malzemenin kendisinin kütle modülü E_∞ ile düzeltilen E_c modülü ile hesaplanır. Diğer yandan, yatay sertlik, S_I şekil faktöründen etkilenmeden kayma modülü G_{eq} ile hesaplanır. Yatağın ayrıca enerji yayma kabiliyetine sahip olması durumunda, genel olarak temsili fiziksel özellik olarak eşdeğer sönme oranı h_{eq} kullanılır ve aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$h_{eq} = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{W_d}{K_h \cdot X_C^2} \quad (4)$$

W_d devir başına harcanan enerji

X_C kesme genliği

Enerji yayma kapasitesine sahip kauçuk mesnetler HRB ve LRB' dir. Her iki mesnet de % 15 ile % 25 arasında yüksekliğe sahiptir. Şekil 3.2, döngüsel yüklenme sırasında HRB'nin tipik bir yatay kuvvet-yer değiştirme eğrisini göstermektedir. Şekil 3.3, kayma gerilimi ile kayma modülü G_{eq} ve HRB'nin eşit sönümleme oranı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Kesme gerilimi, G_{eq} ve h_{eq} arasındaki bu doğrusal olmayan ilişki genellikle deneysel olarak belirlenir. Pratik tasarımda, bu işlevler üreticiler tarafından sağlanır. Örnek olarak, bazı kauçuk mesnet üreticileri bu amaç için aşağıdaki polinom denklemlerini sağlamaktadır.

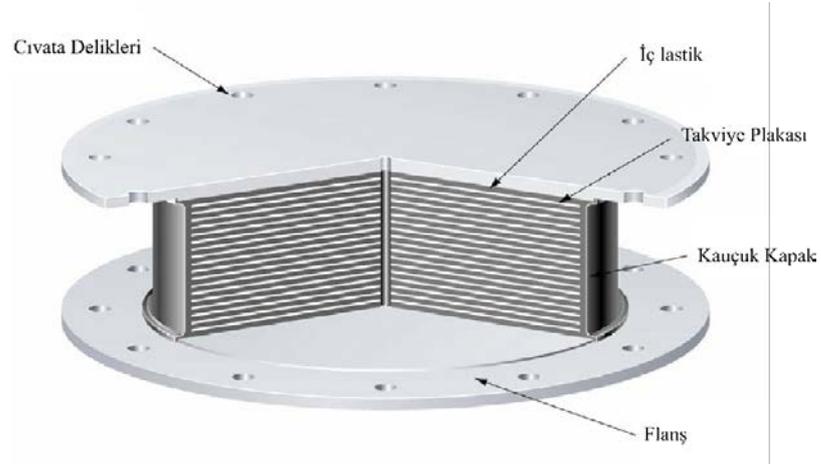
$$G = G_{eq} = f(\gamma) = \sum_{i=0}^n a_i \cdot \gamma^i \quad (5)$$

$$h_{eq} = g(\gamma) = \sum_{i=0}^n b_i \cdot \gamma^i \quad (6)$$

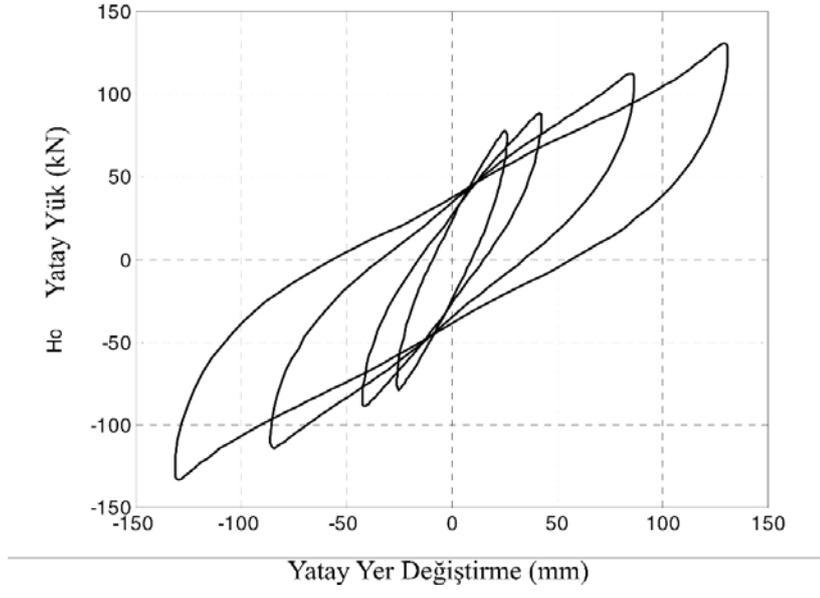
γ kesme gerilmesi

a_i ve b_i katsayıları, hem ölçekli hem de tam boyutlu model testleriyle elde edilen kuvvet-yer değiştirme ilişkilerinden belirlenir. Bu nedenle, kesme modülü G_{eq} , etkili kesme modülü G_{eq} olarak anlaşılmalıdır, bu, belirli bir test örneğinin belirli bir şekli ile özel testlerle belirlenen özellik olduğu anlamına gelir. Bu durumda bir test numunesinin belirli şekli, alternatif olarak lamine edilmiş kauçuk mesnettir. Şekil 3.5'de gösterildiği gibi bu kuvvet-yer değiştirme ilişkileri, genellikle denk doğrusal özellikler veya bir elasto-plastik bilinear model olarak dinamik bir analizde modellenir.

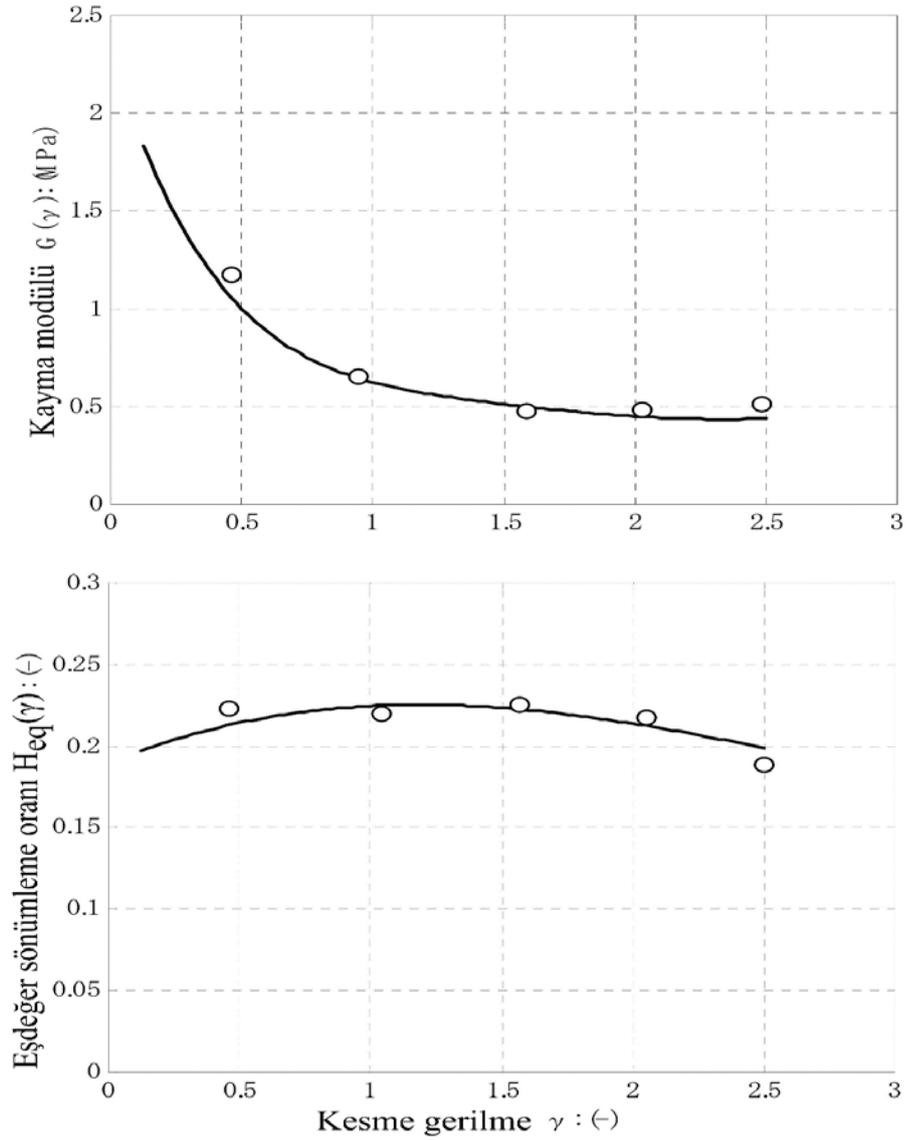
K_h ve h_{eq} ile eşdeğer lineer model, cevap spektrum analizi gibi basit bir prosedürle makul derecede iyi bir yaklaşım sağlayacaktır,



Şekil 3.1: Lamine Kauçuk Mesnet



şekil 3.2: Y¼ksek S¼n¼mlemeli Kauçuk Mesnetlerin Gecikme Eğrisi ¼rneęi



Şekil 3.3: Kayma Gerilimine Karşı Kayma Modülü ve Eşdeğer Sönümlenme Oranı İlişkisi

Bilinear modelleme, doğrusal olmayan zaman geçmişi analizi ile daha kesin ve ayrıntılı yanıt bilgisi sunar. Zorla yer değiştirme ilişkisi, başlangıç sertliği K_1 , verim sonrası sertliği K_2 ve model yük yükü Q_y veya verim sapma oranı ile modellenmiştir. LRB durumunda, histerezis eğrisi tipik elasto-plastik özellikler gösterdiğinden, modelleme prosedürü doğrudan gerçek performans eğrisinden belirlenir. Histerezis eğrisinde viskoz elastik davranış gösteren HRB durumunda, K_2 ve Q_y yükleme genliğine göre değişecektir. Bu nedenle, özellikleri bilinmeyen bir modele çevirmek için makul bir yükleme genliği varsayımı gereklidir.

Bununla birlikte, izolasyon sisteminin hedef yer değiştirmesi yapıdan yapıya çok fazla farklılık göstermeyecek ve yeterli tasarım deprem seviyeleri ile benzer bir seviyede olacaktır.

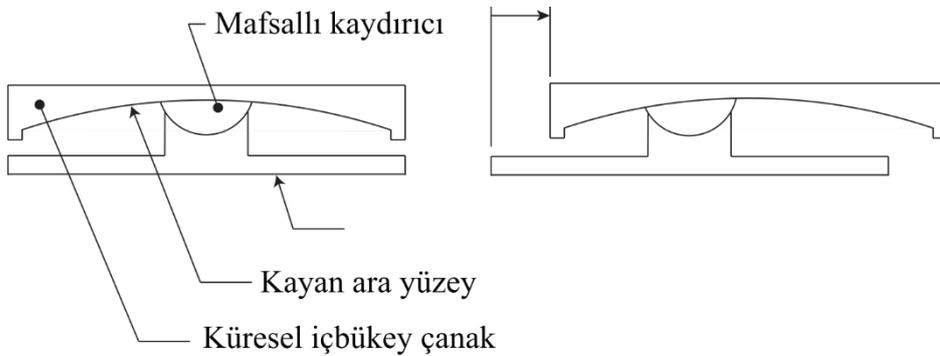
Hesaplanan yatak yer değiştirme varsayılan yer değiştirmeden önemli ölçüde farklıysa, başka bir yer değiştirme varsayılır ve bir sonraki hesaplama yapılır.

Kayıcı mesnetler, yapının ağırlığını kayar bir ara yüze dayanan bir yatak üzerinde destekler. Kayma ara yüzü, yatay kuvvetlere direnci sınırlayan düşük sürtünme katsayısına sahip olarak tasarlanmıştır. Kayar mesnetlerin çoğu, kayar ara yüzdeki yatak malzemesi için politetrafloretillen (PTFE) tipi malzeme ve paslanmaz çelik kullanır. Geri yükleme kuvveti, yayan yaylar ya da sürtünme sarkacı (FP) mesneti ile olduğu gibi geometri vasıtasıyla döndürülür.

FP yatağı veya çok küresel sürtünmeli sarkacı mesnetler gibi türevler, en yaygın kullanılan sismik izolasyon yatakları arasındadır. Tekli FP yatağı, bir taban plakası (sünek demir), mafsallı bir sürgü (bağlı PTFE tipi yatak malzemesi ile sünek demir) ve Şekil 3.4'te gösterildiği gibi küresel bir içbükey çanak (paslanmaz çelik kaplamalı çelik döküm) oluşmaktadır.

Şekil 3.4'te gösterildiği gibi, yatay hareket altında, küresel içbükey çanak, mafsallı sürgü ve taban plakasına göre yatay olarak yer değiştirir. PTFE tipi malzeme ile paslanmaz çelik arasındaki yüzey, sürtünme direnci ve enerji dağılımı sağlarken, küresel içbükey kabın eğrilik yarıçapı bir geri kazanma kuvveti sağlar. FP yatağı baş aşağı monte edilebilir.

Bununla birlikte, baş aşağı konfigürasyon, P-Δ anının, Şekil 3.4'te gösterilen konfigürasyonda olduğu gibi FP izolatörünün üstündeki eleman yerine FP izolatörünün altındaki yapısal elemana dağıtılmasına neden olur.



Şekil 3.4: Sürtünme Sarkacı Mesneti

FP yataklarının kayma kuvveti-yatay deformasyon davranışı, Şekil 3.5'te gösterilen bilinear ilişki kullanılarak karakterize edilir. Yatay kuvvet veya sıfır yer değiştirme kuvveti kesişimi, Q_d , yatak malzemesi ve izolatörler tarafından taşınan ağırlık W tarafından kontrol edilir. Buna göre:

$$Q_d = \mu W \quad (7)$$

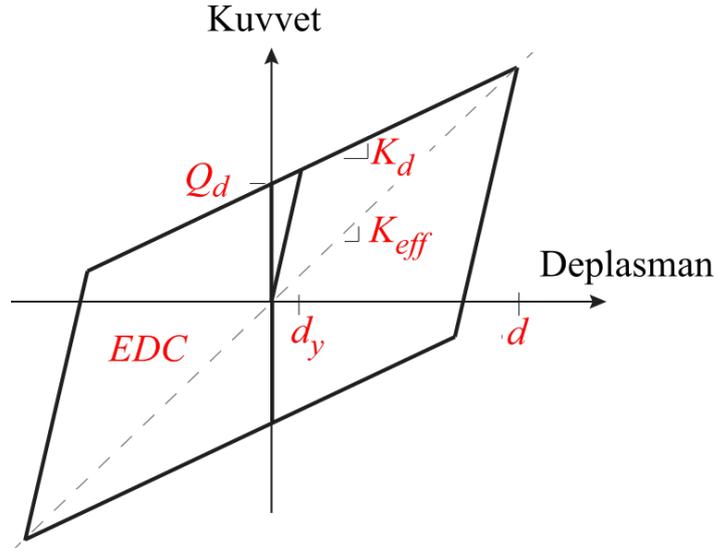
μ yatak ara yüzünün sürtünme katsayısı. Paslanmaz çeliğe dökülen yağlanmamış Teflon tipi malzeme için sürtünme katsayısı, yatak basıncına, tepe hızına ve malzemeye bağlı olarak tipik olarak 0,07-0,18 arasında değişmektedir. Bununla birlikte, bir mesnet üreticisi 0,03 ila 0,2 arasında sürtünme katsayısının mümkün olduğunu bildirmektedir. FP yatağının ikinci eğim sertliği K_d , aşağıdakilere göre küresel içbükey çanağının izolatörü ve eğrilik yarıçapı (R) üzerine etki eden ağırlıkla kontrol edilir:

$$K_d = \frac{W}{R} \quad (8)$$

Bir FP yatağının etkin rijitliği, denklemler 8, 9 denklem 7'ye ikame edilerek belirlenebilir. FP yatağı, ikinci eğim rijitliğine (K_d) dayanan sürenin sadece içbükey çanağın yarıçapı tarafından kontrol edilmesiyle benzersizdir:

$$T_d = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g}} \quad (9)$$

Ağırlıktan bağımsız özelliğın önemi, FP yataklarının hafif yapıların izole edilmesi için etkili olabileceğidir. Ayrıca, kütle düzensizlikleri, geri yükleme kuvvetinde karşılık gelen uzamsal değışiklikle doğal olarak dengelenir, öyle ki burulma tepkisi minimumdur.



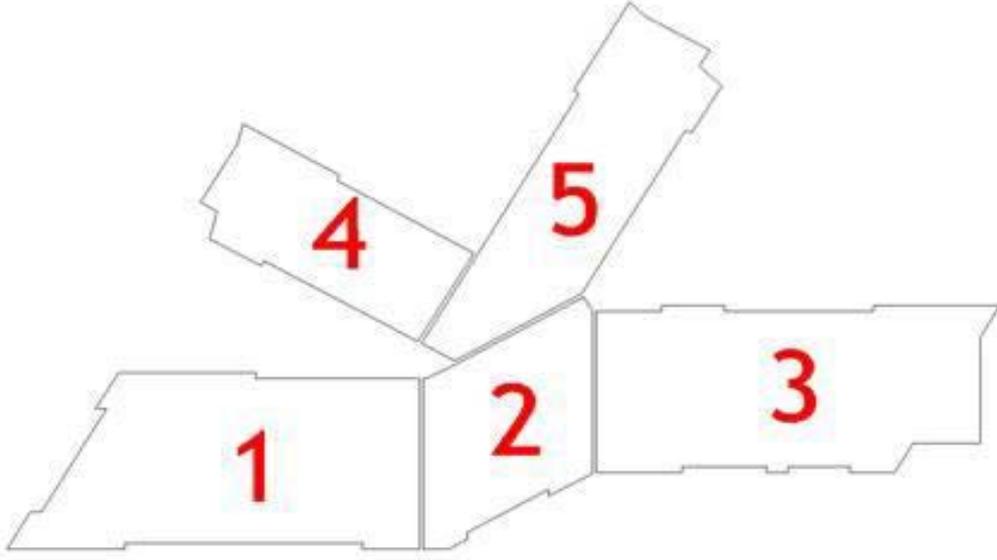
Şekil 3.5: Yatay kuvvet-deplasman karakterizasyonu

4. BİLECİK DEVLET HASTANESİ İZOLATÖR UYGULAMASI

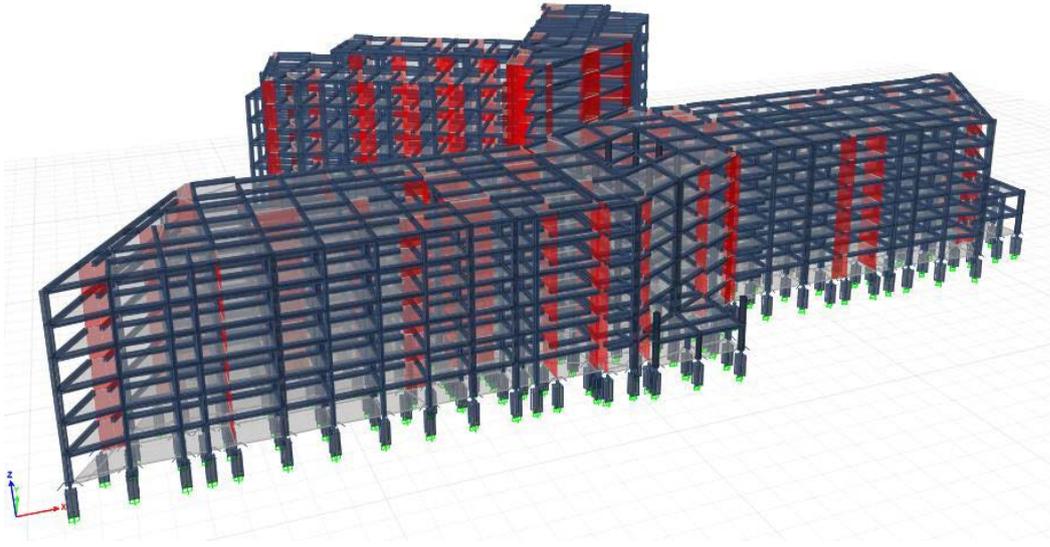
Bilecik şehrinde inşa edilecek olan Bilecik 250 Yataklı Devlet Hastanesi projesi kapsamındaki ana hastane binasının hesap raporunu içermektedir. 2 bodrum, 1 giriş ve 7 normal kattan oluşan ana hastanenin toplam inşaat alanı yaklaşık 55000 m²'dir.

Bu çalışma Bilecik 250 Yataklı Devlet Hastanesi tasarımında kullanılan yönetmelikleri, yapısal malzeme bilgilerini, geoteknik verileri, sismik bilgileri, yük kriterlerini, statik ve dinamik analiz modellerini ve sonuçlarını kapsamaktadır.

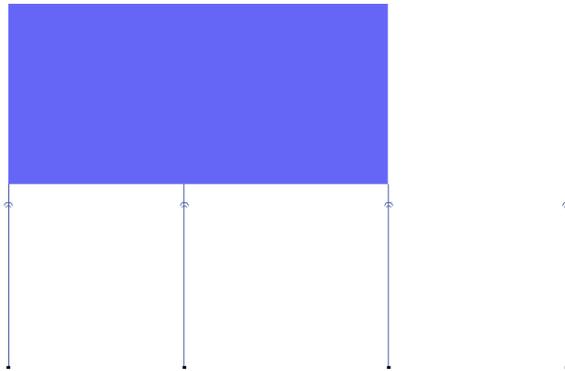
Bilecik 250 Yataklı Devlet Hastanesi'nde yer alan ana hastane binasının temel alanı yaklaşık olarak 11.500 m²'dir. Merdiven çukurlarında bulunan sismik izolatörler dışındaki izolatörlerin tamamı 2. Bodrum katın tavanında (-4.50 kotunun altında) yer almaktadır. Giriş bölümünde açıklandığı gibi yapı toplam 10 kattan oluşmaktadır ve bu katların kotları sırasıyla -9.00, -4.50, ±0.00, +4.50, +9.00, +13.50, +18.00, +22.50(+21.80), +27.00, +31.50 ve +35.30 şeklindedir. -4.50 kotuna kadar tüm yapı bütün olarak tasarlanmıştır ve bu kottan itibaren yapı Şekil 4.1'de gösterildiği gibi 5 farklı bloğa ayrılmıştır. Blok 1, 2 ve 3 +21.80 kotuna kadar çıkarken, Blok 4 ve 5'de ise son kat döşeme üst kotu +35.30'dur.



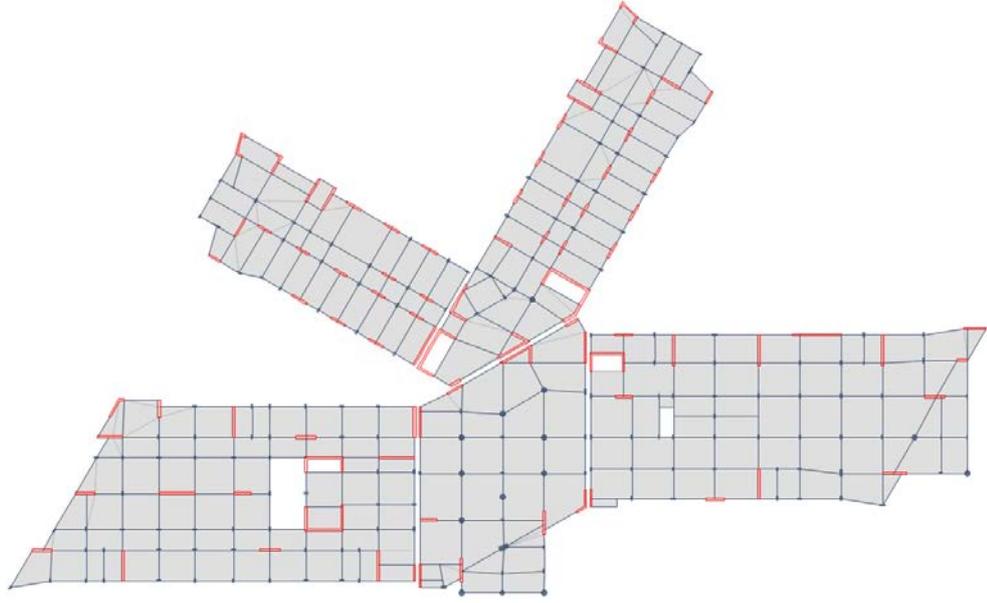
Şekil 4.1: Blok isimlendirmesi



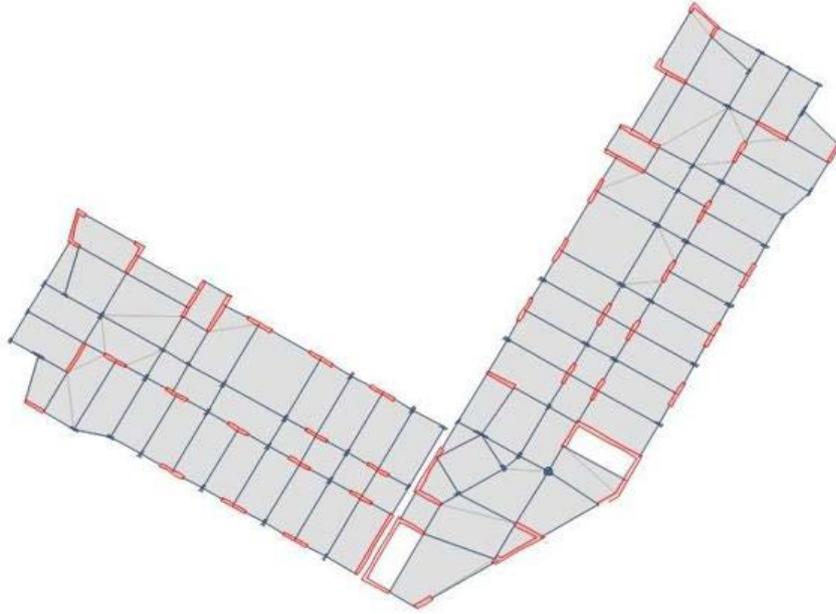
Şekil 4.2: 3D analiz modeli



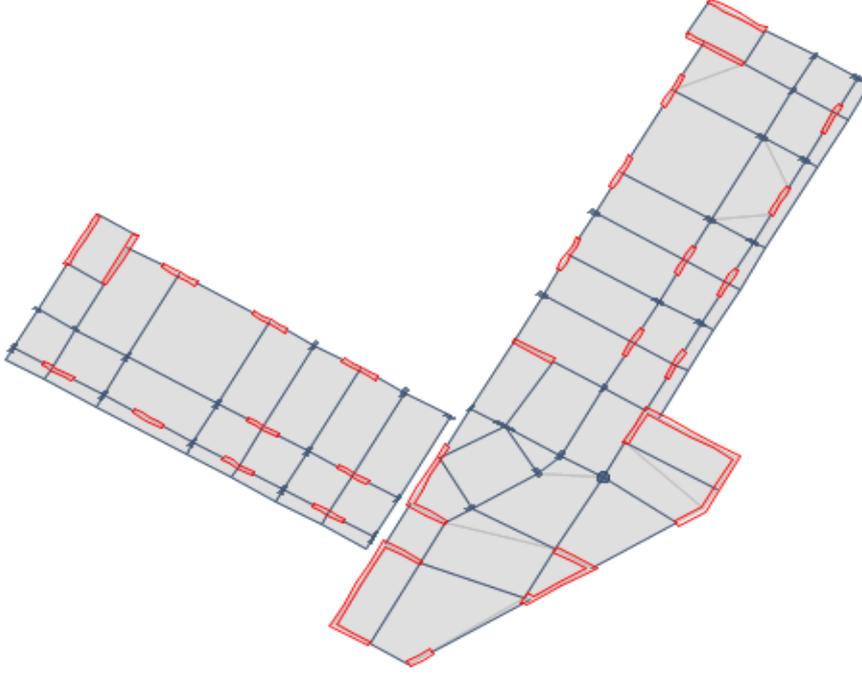
Şekil 4.3: İzolatörlerinde perde ve kolonlara göre yerleşimi



Şekil 4.4: ±0.00 kotu kat planı



Şekil 4.5: +27.00, +31.50 kotları kat planları



Şekil 4.6: +35.30 kotu kat planı

4.1 Kapsam ve Yönetmelikler

Bu projenin kapsamı aşağıda listelenmiştir:

- Temel analiz, tasarım ve detayları,
- Kullanılan izolatörlerin tasarım parametrelerinin belirlenmesi,
- İzolatörler için test ve kabul kriterlerinin genişletilmesi,
- Üst yapının doğrusal ve doğrusal olmayan analizi,
- Betonarme yapısal elemanların detay çizimlerinin hazırlanması,
- Analiz ve tasarım raporunun hesaplanması,
- Malzeme metrajlarının hazırlanması.

Bu projede kullanılan yönetmelikler aşağıda listelendiği gibidir:

- TS 500, Betonarme Yapıların Tasarım Kuralları
- TS 498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
- DBYBHY 2007, Türk Deprem Yönetmeliği

- Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Yönetmelik (2017-Taslak)
- TS 708, Betonarme İçin Donatı Çeliği
- TS-EN 206, Beton – Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk

Yukarıda belirtilen ulusal kodlar dışında, ayrıca aşağıda listelenen uluslararası yönetmeliklerden de yararlanılmıştır:

- TASI 2009, Seismic Isolation Design Code for Buildings
- IBC 2012, International Building Code
- ASCE 7-10, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
- ASCE 7-16, Draft, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures
- ACI 318-11, Building Code Requirements for Structural Concrete
- ACI MCP 2012, Manual of Concrete Practice
- EN 15129:2009, Anti Seismic Devices
- EN 1337-3:2005, Elastomeric Bearings
- EN 1337-2:2005, Sliding Bearings

4.2 Tasarım ve Analizlerde Kullanılan Yazılımlar

Proje kapsamında kullanılan yazılımlar aşağıda listelenmiştir:

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

4.3 Geoteknik Bilgileri

Tasarım sırasında Birkan Mühendislik tarafından Mayıs 2016'da hazırlanan "Bilecik İli, Merkez İlçesi, Pelitözü Köyü, H23C10A3 Pafta, 220 Ada, 31 No'lu Parsele Ait Zemin Etüt Raporu" raporu ve Geosismik tarafından Haziran

2017’de hazırlanan “250 Yataklı Bilecik Devlet Hastanesi Projesi Geoteknik Değerlendirme Raporu” kullanılmıştır.

Bu raporlara göre; derinlikleri 20 ile 25 m arasında değişen 7 farklı sondaj testinin sonuçlarına göre ana hastanenin bulunduğu bölgede genel olarak kuvarterner yaşlı alüvyon malzeme olan kil yayılımı gözlenmiştir.

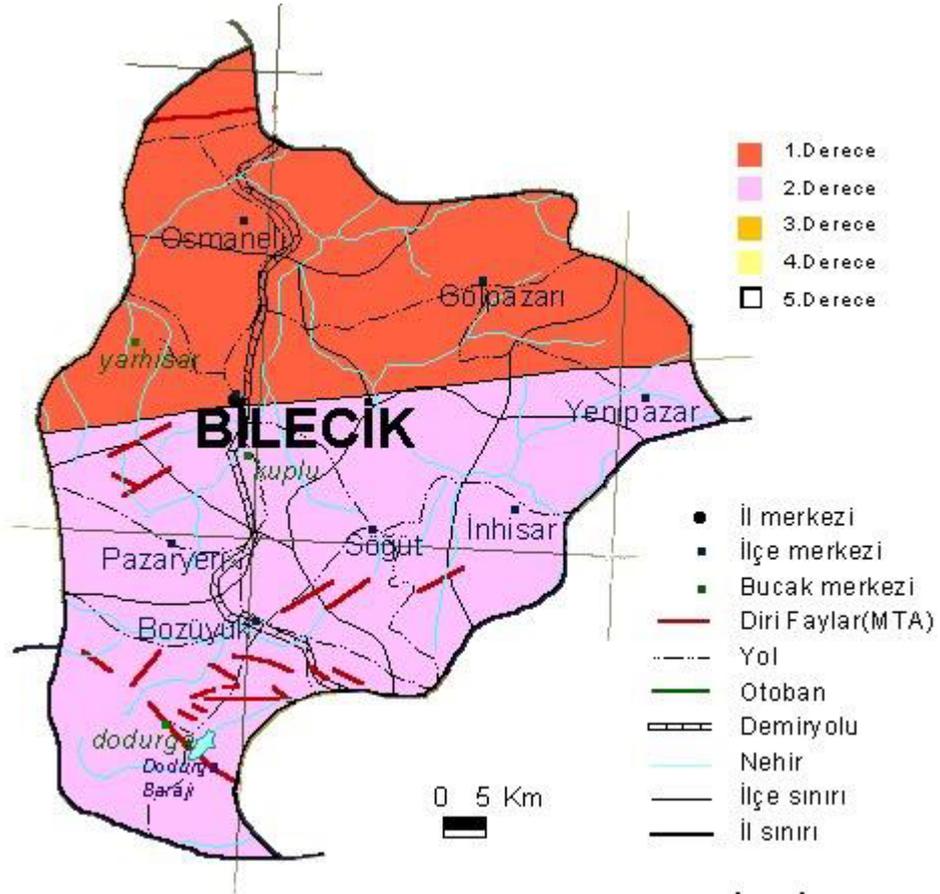
Bölgede yeraltı suyu gözlenmiştir fakat zeminin kohezyonlu malzeme özelliği gösteren çok sert kıvamlı killi kiltası olması nedeniyle sıvılaşma riski beklenmemektedir. Ayrıca MASW geofizik çalışması yapılmış ve ortalama kayma dalgası hızı (VS30) 430-566 m/sn olarak ölçülmüştür.

Rapordan alınan temel tasarım parametreleri aşağıda listelenmiştir:

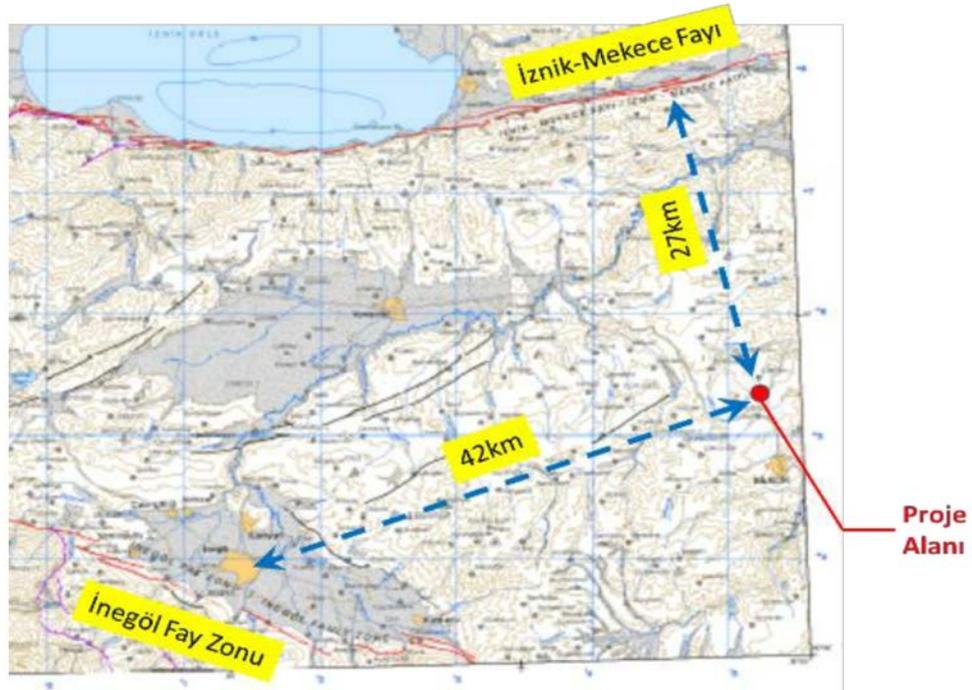
Çizelge 4.1: Zemin Özellikleri

σ_{em}	350 KPa
$\sigma_{em,deprem}$	525 KPa
K	40.000 kN/m ³
Zemin Sınıfı	Z2 -C

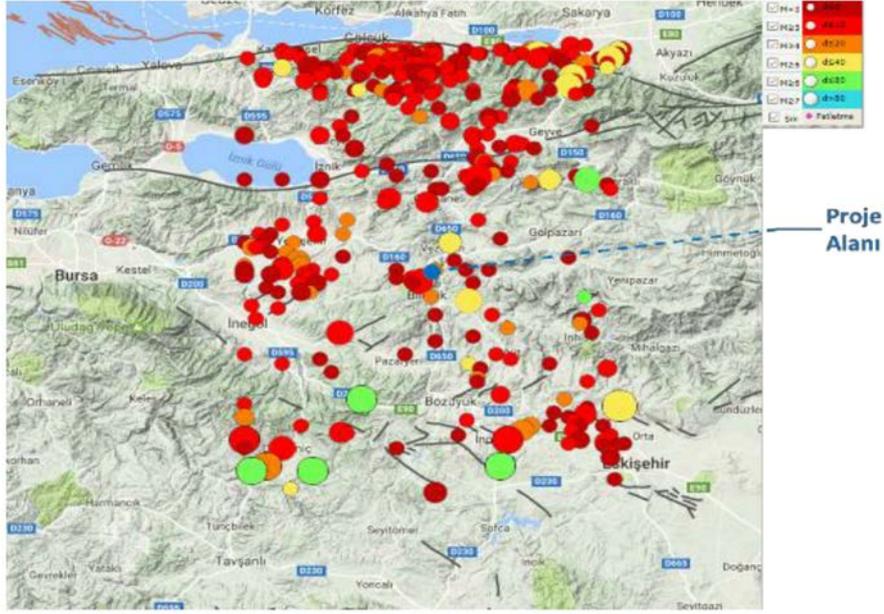
Bilecik ilinin deprem haritası Şekil 4.7’de gösterilmiştir(DBYBHY-2007). İstanbul Teknik Üniversitesi Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü tarafından mayıs 2017’de hazırlanan “Deprem Yalıtımlı Olarak İnşa Edilecek Olan 250 Yataklı Bilecik Devlet Hastanesi Sismik Tehlike Raporu” isimli raporuna göre, hastane binası 40 °11’04”K ve 29 °58’03”D konumunda bulunduğu ve hem Marmara Bölgesi, İç Anadolu ve İç Ege tektonik sistemlerinden etkilenme riskine sahip olduğu belirtilmiştir. Yapılan olasılıksal ve deterministik analizlerde aşağıda özellikleri belirtilen fay modelleri ve parametreleri kullanılmıştır.



Şekil 4.7: Bilecik ili deprem haritası



Şekil 4.8: Proje alanı ve İznik-Mekece Fayı ile İnegöl Fay Zonu

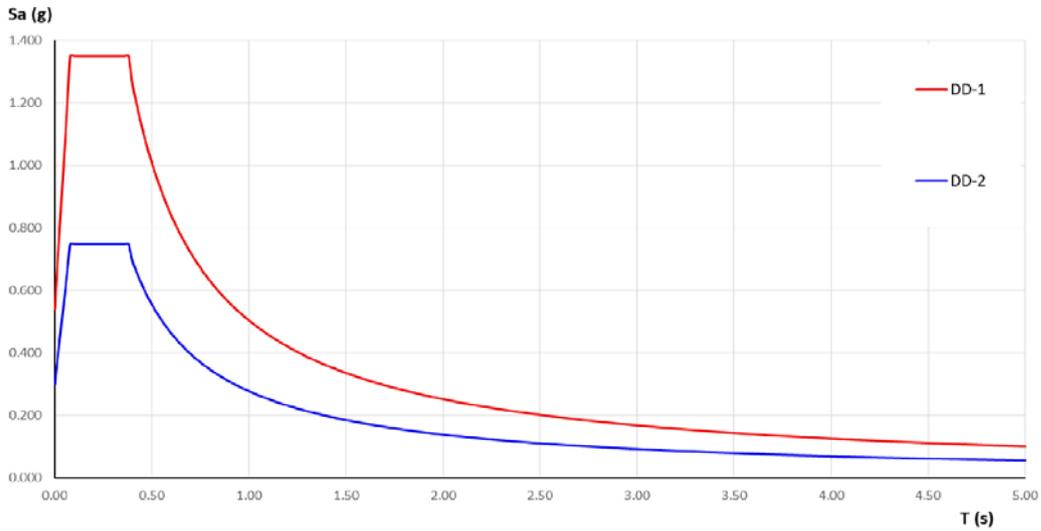


Şekil 4.9: Proje sahasının etrafında 1900 ve sonrası kaydedilen depremler

İlgili raporda yapılan çalışma sonucu elde edilmiş 2475 yıl (DD-1) ve 475 yıl (DD-2) için tasarım spektrumları parametreleri Tablo 4.2’de gösterilmiştir.

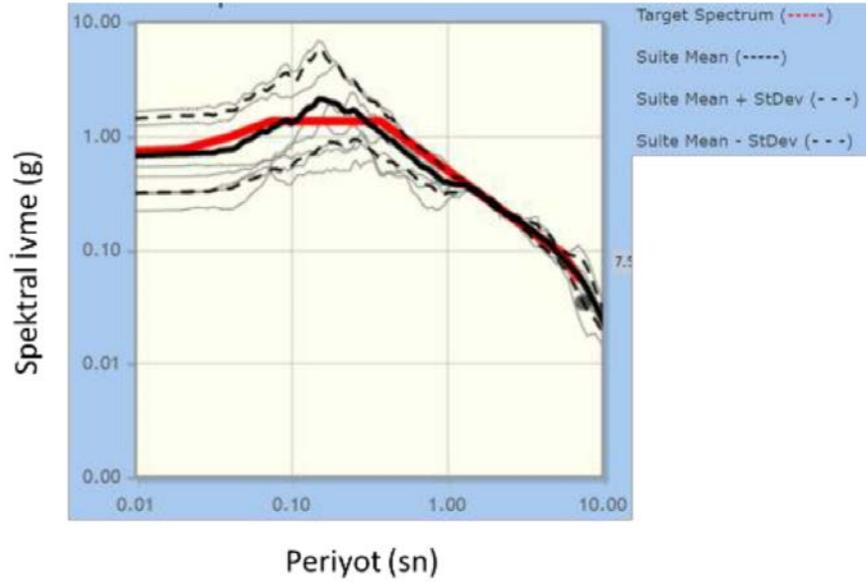
Çizelge 4.2: Tasarım spektrumlarına ait parametreler

	DD-1	DD-2
S_{DS}	1.35 g	0.73 g
S_{D1}	0.504 g	0.28 g
T_A	0.075 sn	0.076 sn
T_B	0.37 sn	0.38 sn
PGA	0.54 g	0.29 g

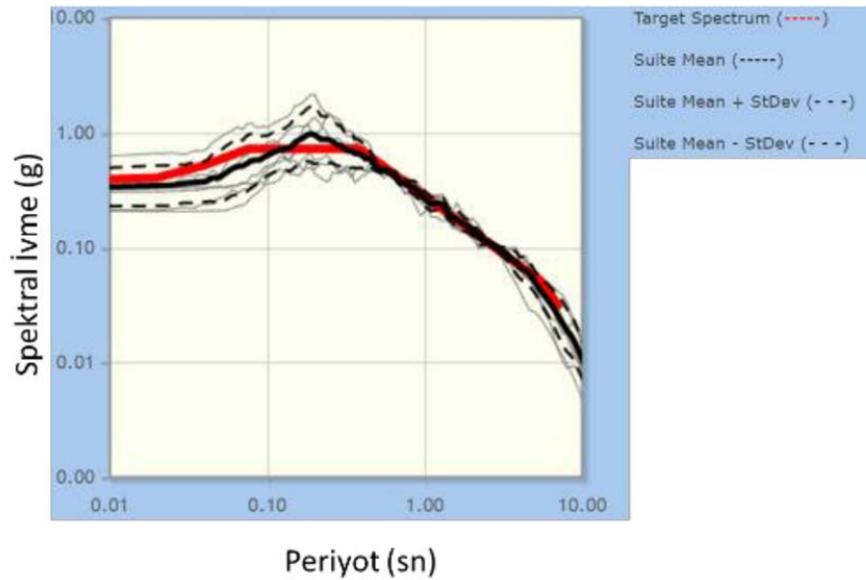


Şekil 4.10: DD-1 ve DD-2 tasarım spektrumları

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 $0.5T_M$ ile $1.25 T_M$ periyot aralığı kullanılmıştır. Kayıtların seçiminde “PEER Ground Motion Selection and Modification Group” tarafından üretilen yazılım kullanılmıştır.



Şekil 4.11: DD1 depremi için seçilen 7 kayıt çiftine ait GeoMean Aritmetik Ortalama Spektrumu



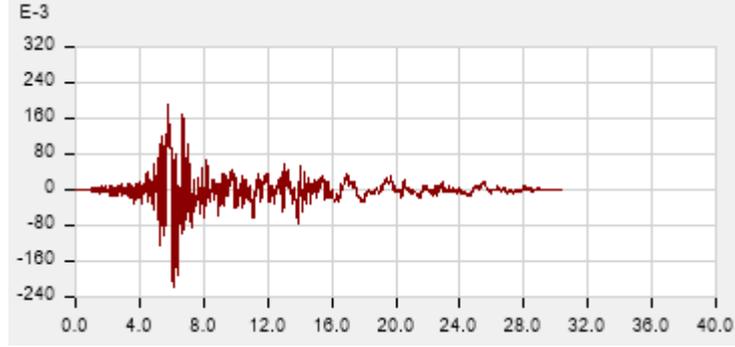
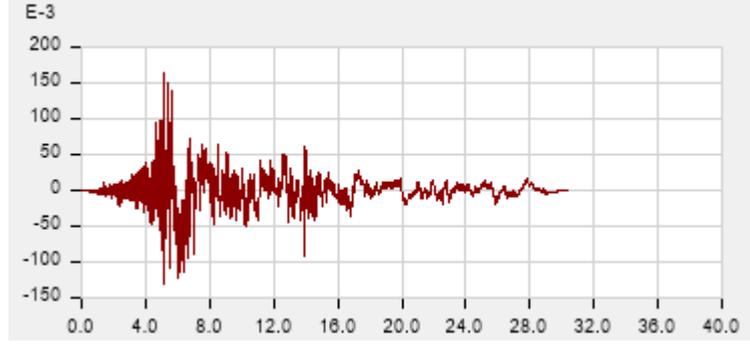
Şekil 4.12: DD2 depremi için seçilen 7 kayıt çiftine ait GeoMean Aritmetik Ortalama Spektrumu

Çizelge 4.3: Tasarım spektrumlarına ait parametreler

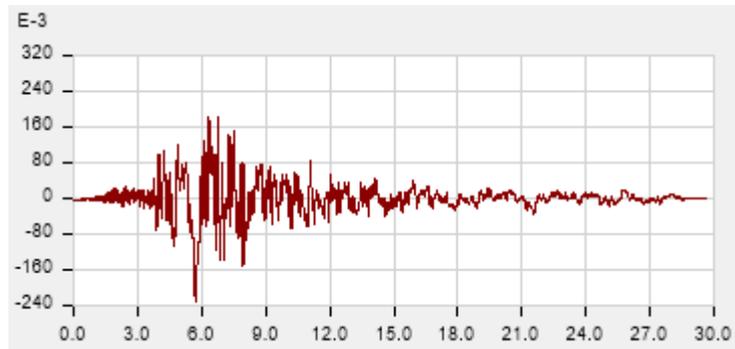
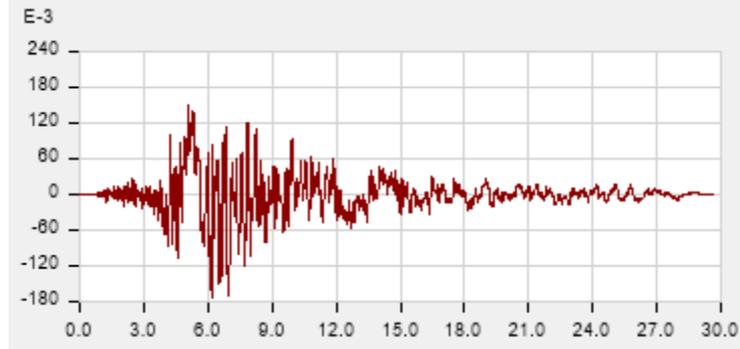
Ölçek Katsayısı	Deprem	Yıl	İstasyon	M	R_{jb} (Km)	R_{rup} (Km)	Kullanılabilir en küçük frekans (Hz)
1.6344	Imperial Valley-06	1979	Brawley Airport	6.53	8.54	8.54	0.05375
1.0918	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #10	6.53	8.60	8.60	0.075
1.4398	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #11	6.53	12.56	12.56	0.1
2.4112	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #12	6.53	17.94	17.94	0.0875
1.0653	Imperial Valley-06	1979	El Centro Differential Array	6.53	5.09	5.09	0.02875
10.9725	Imperial Valley-06	1979	Supersition Mtn Camera	6.53	24.61	24.61	0.125
8.5741	Imperial Valley-06	1979	Victoria	6.53	31.92	31.92	0.1125

Çizelge 4.4: DD2 deprem seviyesi için seçilen kayıtlar

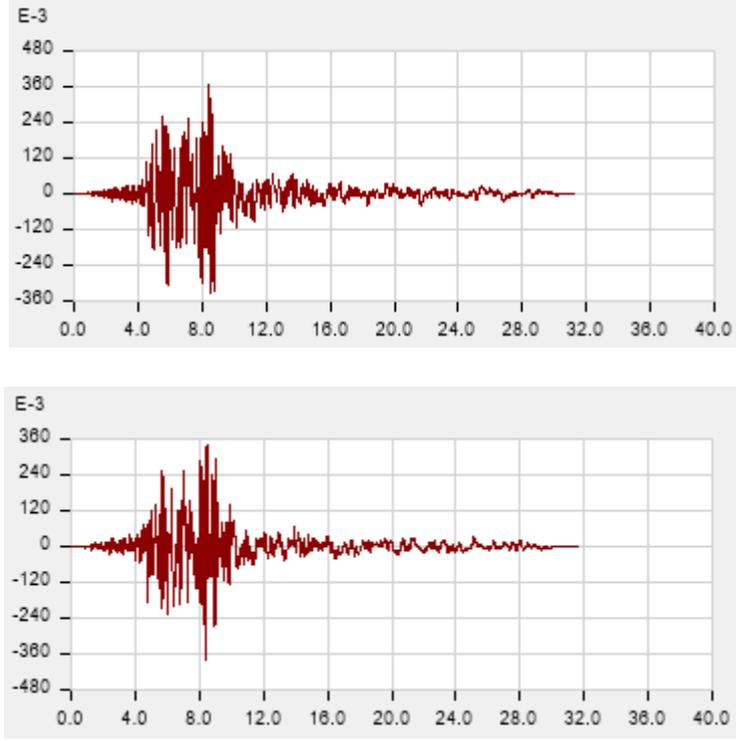
Ölçek Katsayısı	Deprem	Yıl	İstasyon	M	R_{jb} (Km)	R_{rup} (Km)	Kullanılabilir en küçük frekans (Hz)
0.908	Imperial Valley-06	1979	Brawley Airport	6.53	8.54	8.54	0.05375
0.6065	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #10	6.53	8.60	8.60	0.075
0.7999	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #11	6.53	12.56	12.56	0.1
1.3395	Imperial Valley-06	1979	El Centro Array #12	6.53	17.94	17.94	0.0875
0.5918	Imperial Valley-06	1979	El Centro Differential Array	6.53	5.09	5.09	0.02875
6.0958	Imperial Valley-06	1979	Supersition Mtn Camera	6.53	24.61	24.61	0.125
4.7634	Imperial Valley-06	1979	Victoria	6.53	31.92	31.92	0.1125



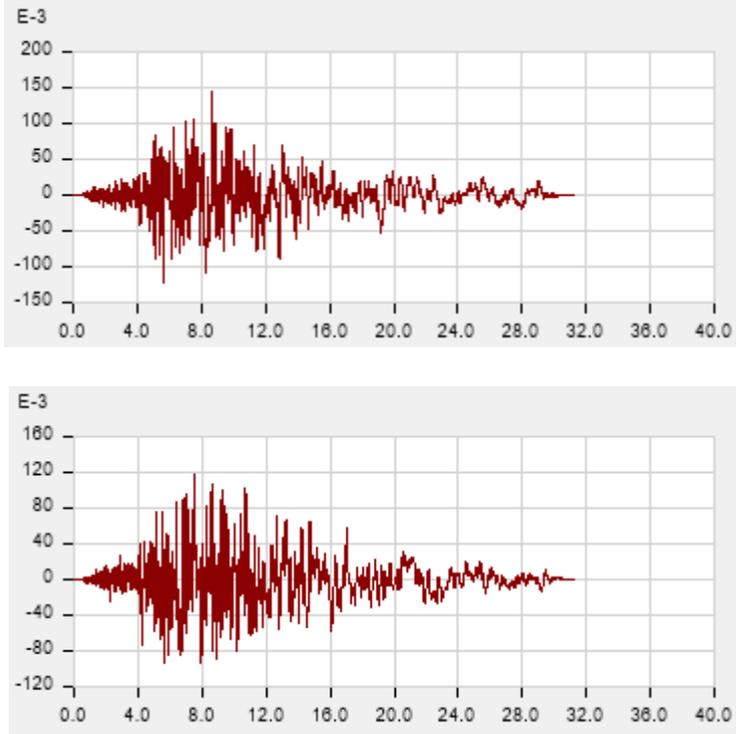
Şekil 4.13: Her iki doğrultuda Brawley Airport ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği



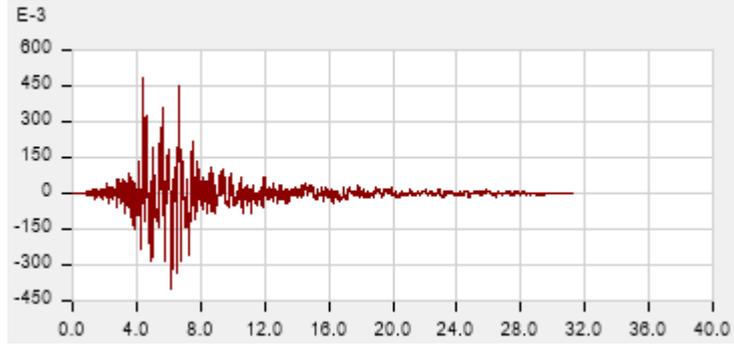
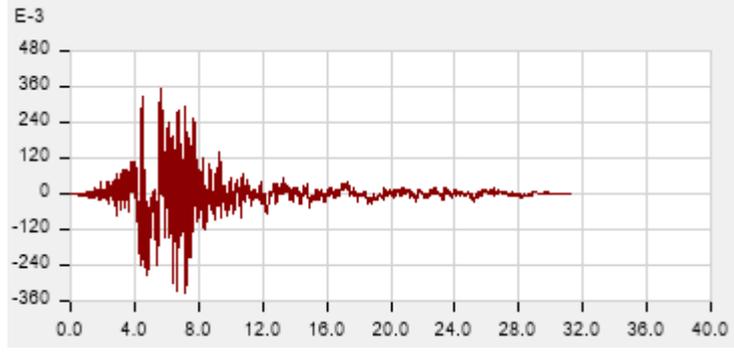
Şekil 4.14: Her iki doğrultuda El Centro #10 ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği



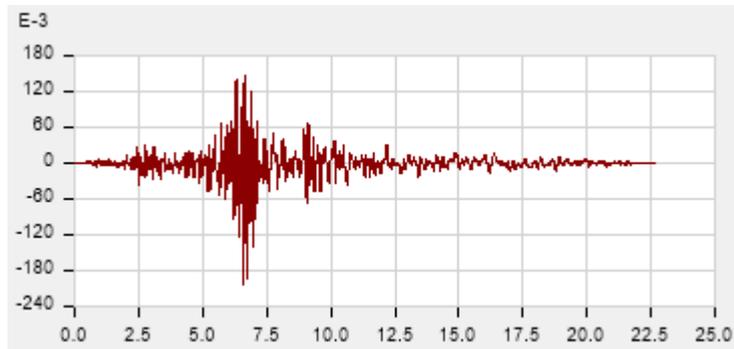
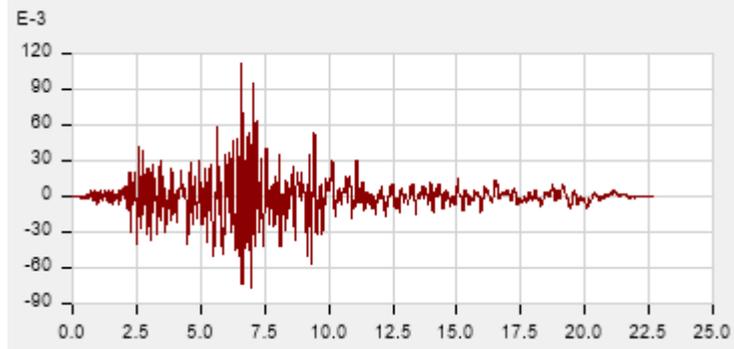
Şekil 4.15: Her iki doğrultuda El Centro #11 ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği



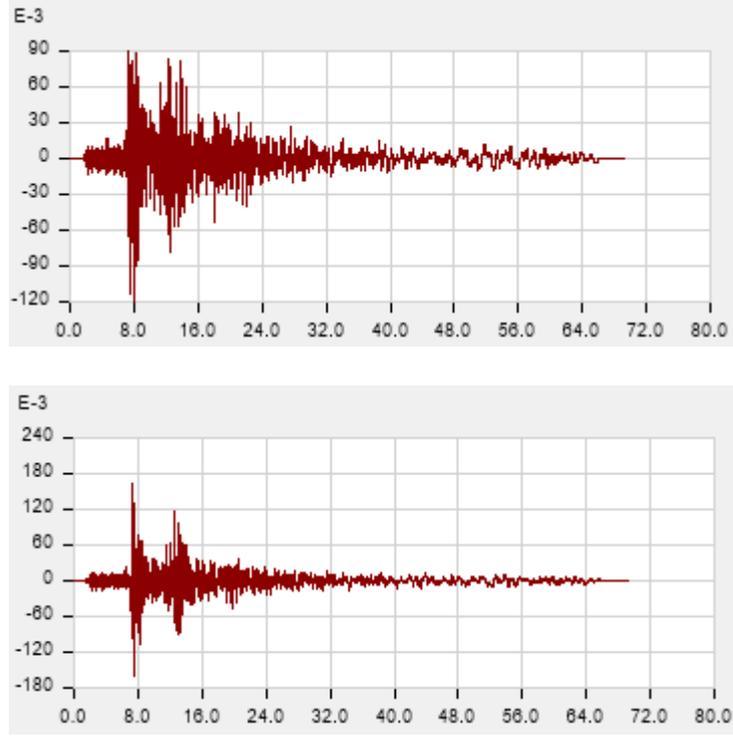
Şekil 4.16: Her iki doğrultuda El Centro #12 ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği



Şekil 4.17: Her iki doğrultuda El Centro Differential ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği



Şekil 4.18: Her iki doğrultuda Supersition ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği



Şekil 4.19: Her iki doğrultuda Victoria ölçeklendirilmemiş ivme-zaman grafiği

4.4 Yapısal Malzeme Özellikleri

Çizelge 4.5: Beton sınıflarına ait parametreler

	f_{ck} (MPa)	f_{ctk} (MPa)	E_c (MPa)
C35/45	35	2.1	33.000
C40/50	40	2.2	34.000

4.5 Yük Planları ve Kombinasyonları

Yapı tasarımında kullanılan yükler Şekil 4.20’de gösterildiği gibidir. Ayrıca her bir bölgeye ait yük dağılımları “U17-12-Yük Planı” paftasında gösterilmiştir.

SDL : Kaplama yükleri

SERV : Elektrik, mekanik vs. tesisat yükleri

WALL : Ayırıcı duvar yükleri

MECH : Mekanik ekipman yükleri

LIVE : Hareketli yükler

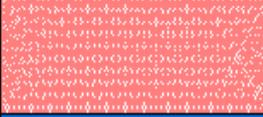
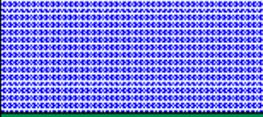
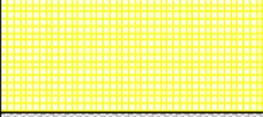
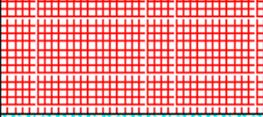
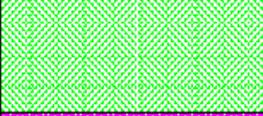
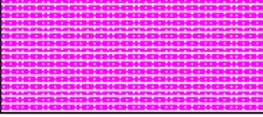
Yük kombinasyonları TS-500 ve Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin yönetmelik (2017-Taslak)'den alınmıştır:

- $1.4G + 1.6Q$
- $G + Q + E_x + 0.3E_y$
- $G + Q + E_y + 0.3E_x$
- $0.9G + E_x + 0.3E_y$
- $0.9G + E_y + 0.3E_x$

G: Toplam zati yükler

Q: Hareketli yükler

E: Deprem yükleri

	Teras	SDL: 5 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: - LIVE: 5 kPa
	Işıklık	SDL: 2 kPa SERV: - WALL: - MECH: - LIVE: 1.5 kPa
	Çatı	SDL: 5 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: - LIVE: 1.5 kPa
	Klima Merkezi	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: 7.5 LIVE: 2 kPa
	Konferans Salonu	SDL: 3.5 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: - LIVE: 5 kPa
	Yeşil alan	SDL: 5 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: - LIVE: 2 kPa
	Sığınak, Depo	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: 1.5 kPa MECH: - LIVE: 5 kPa
	Otopark	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: - LIVE: 5 kPa
	Merdiven, Koridor, Bekleme Salonu, Kafeterya	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: - LIVE: 5 kPa
	Hastane Genel	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: 1.5 kPa MECH: - LIVE: 5 kPa
	Ameliyathane	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: 1.5 kPa MECH: 5 kPa LIVE: 5 kPa
	Mekanik	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: 7.5 LIVE: 2 kPa
	Trafik	SDL: 2.2 kPa SERV: 0.5 kPa WALL: - MECH: - LIVE: 15 kPa

Şekil 4.20: Mahallere göre öngörülen düşey yükler

4.6 Durabilite Gereksinimleri

Betonarme yapısal elemanlarda gerekli paspayı değerlerini Tablo 4.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.6: Beton paspayı değerleri

Eleman Tipi	Min. Paspayı Değeri
Temel ve istinat	50
Kolon ve kirişler	40
Döşemeler	25
Perde duvarlar	40

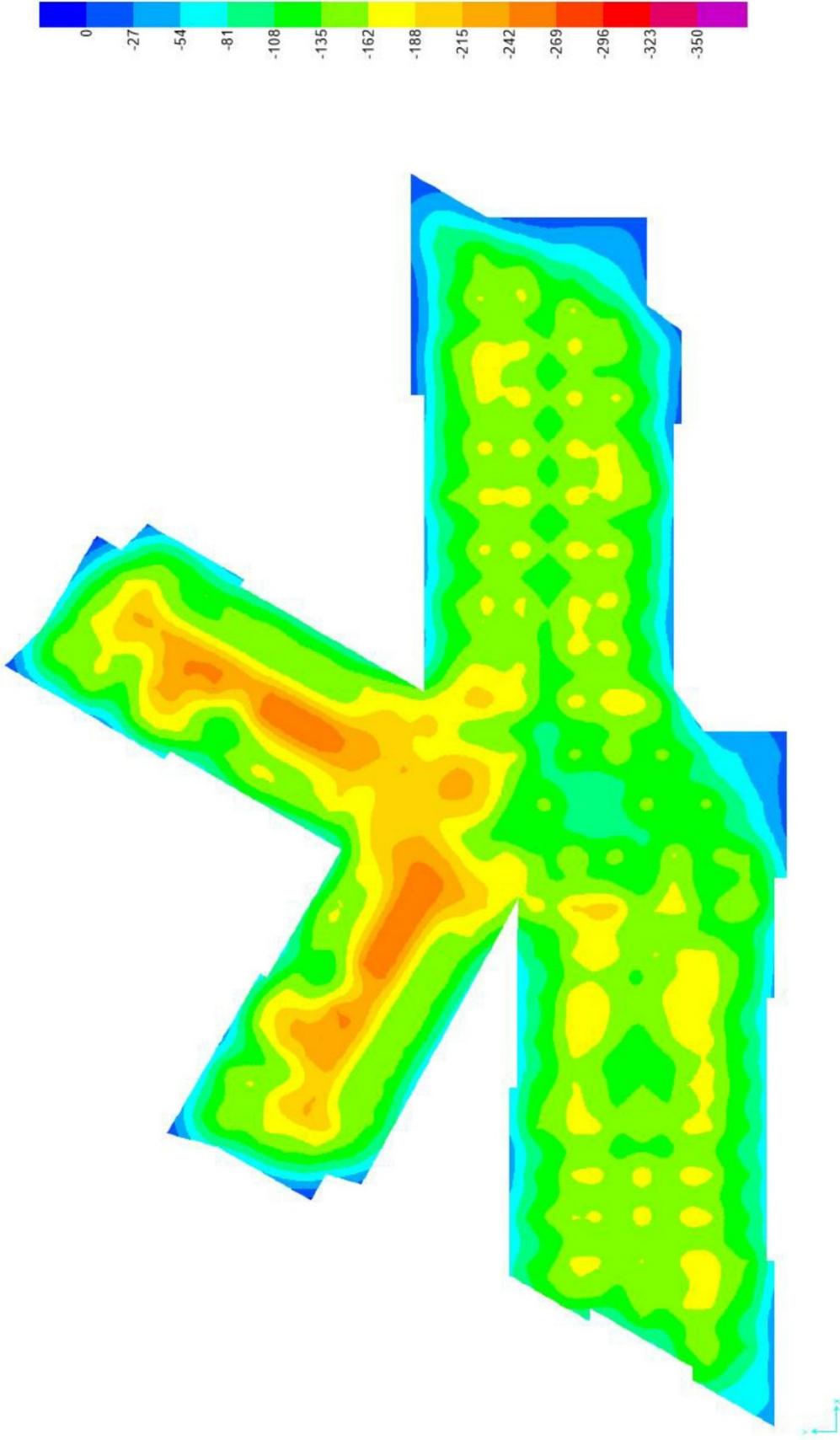
4.7 Temel Tasarımı

Bilecik Devlet Hastanesi projesinde 1 m kalınlığında radye temel kullanılmıştır. Zımbalama davranışı nedeniyle gerekli bölgelerde 1.8 m ve 1.5 m kalınlıklara çıkmıştır.

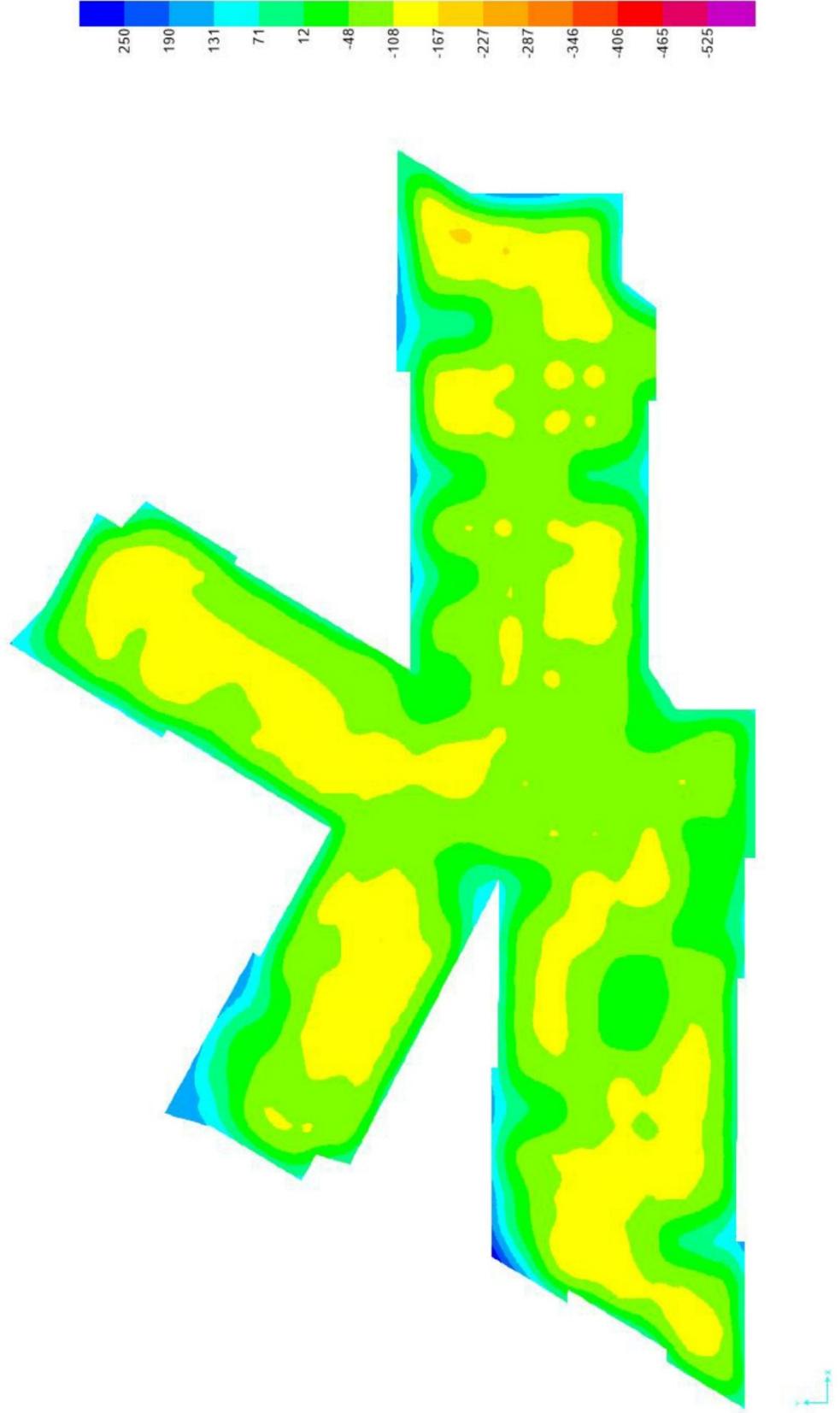
Temel tasarımı için tüm zati ve hareketli yükler, deprem nedeniyle izolatörlerde oluşan aksenal yükler ve izolatör deplasmanları nedeniyle aksenal yüklerin ekzantirisitesinden meydana gelecek moment etkileri göz önünde tutulmuştur. Yapılan zemin çalışmalarıyla belirlenen yatak katsayısı olan 40000 kN/m³ değeri kullanılarak analiz modelleri oluşturulmuştur.

4.7.1 Zemin gerilmeleri

Düşey yükler altında hesaplanan depremsiz durumda zemin gerilmeleri, 350 kPa olarak belirlenen zemin emniyet gerilmelerinin altında kalmıştır (Şekil 4.21). Depremlili durumda ise yine zemin emniyet gerilmesinin 1.5 katı olan 525 kPa değerinden oldukça düşüktür.



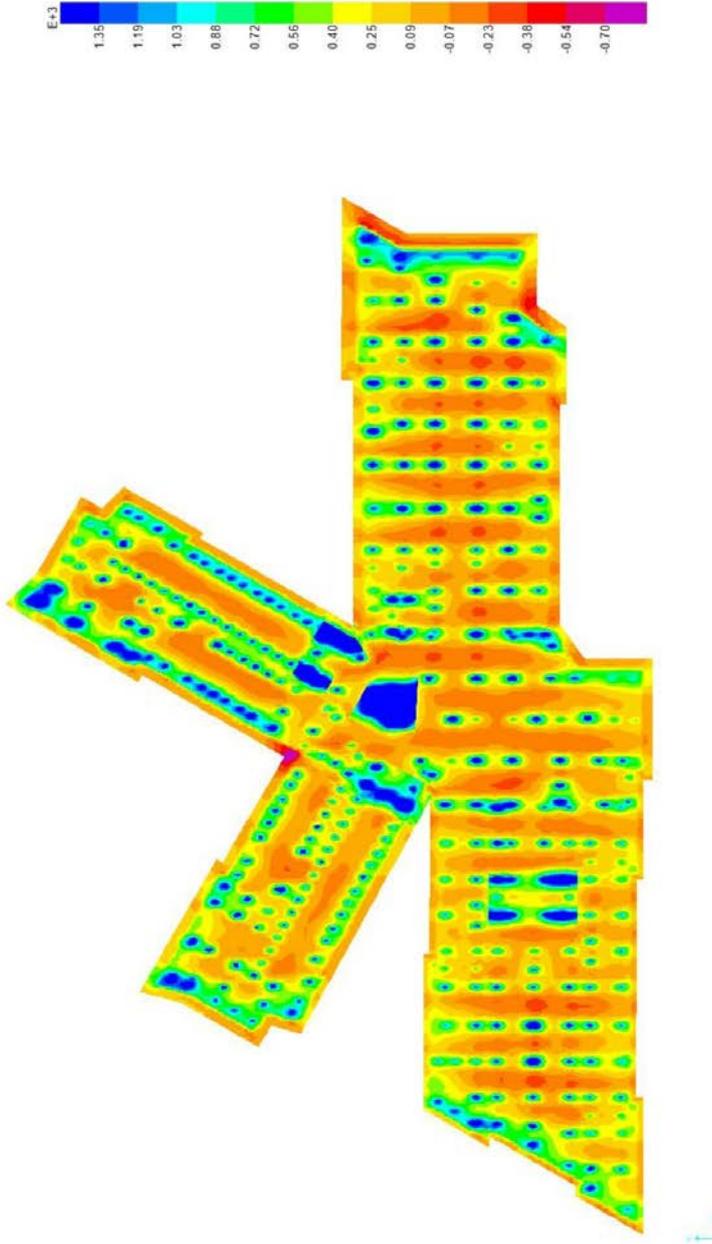
Şekil 4.21: Düşey yükler altında zemin gerilmeleri



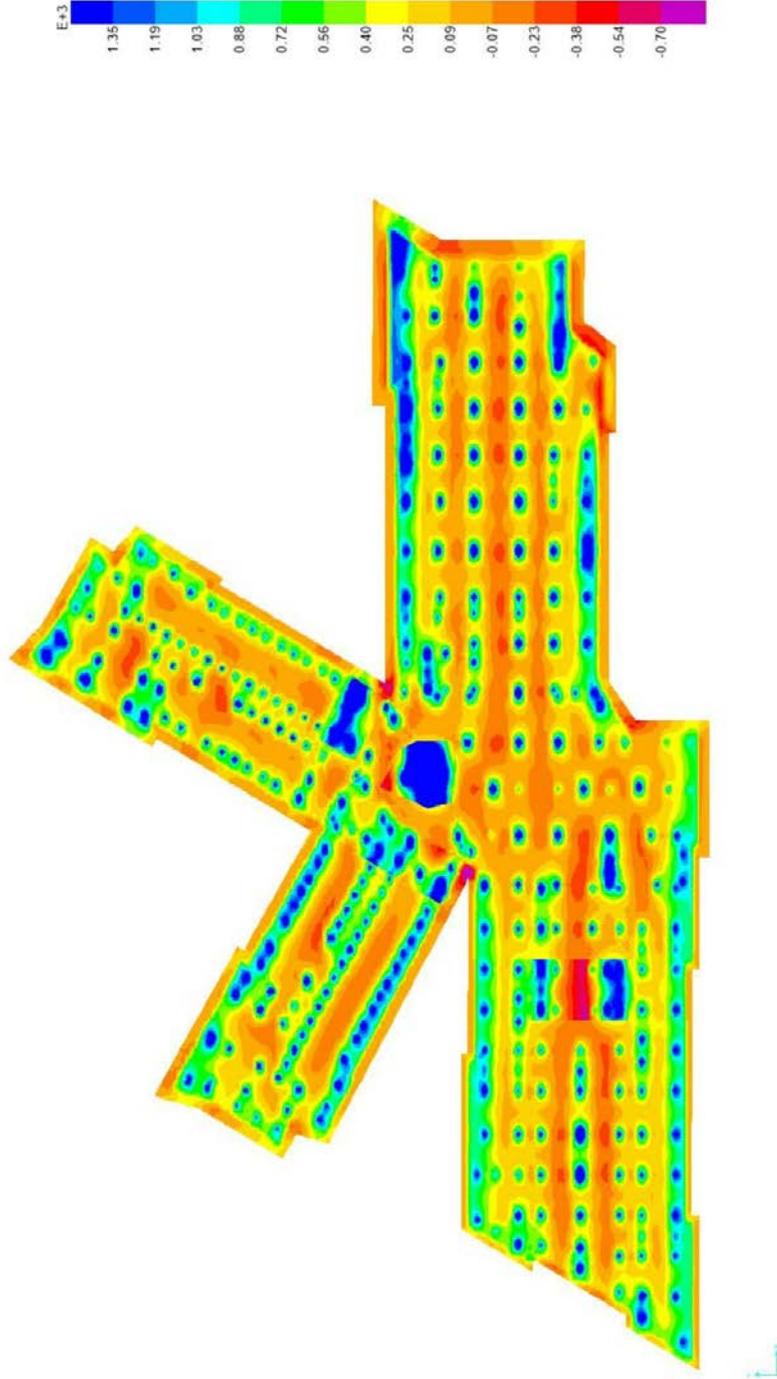
Şekil 4.22: Deprem etkisi altında zemin gerilmeleri

4.7.2 Temel donatı tasarımı

Radye temel için tek tip bir alt ve üst donatı belirlenip, bu donatı ile elde edilen kapasitenin aşıldığı kısımlarda ilave donatı yerleştirilmiştir. Alt ana donatı için $\Phi 28/150$ donatı belirlenmiştir ve bu donatıya karşılık gelen moment kapasitesi 1350 kNm/m'dir. Üst ana donatı için $\Phi 20/150$ donatı belirlenmiştir ve bu donatıya karşılık gelen moment kapasitesi 700 kNm/m'dir. Şekil 24 ve Şekil 25'de alt ve üst ana donatılara denk gelen aralıklar için temel tasarım momentleri gösterilmiştir. Bu diyagramlarda belirlenen sınırların aşıldığı kısımlarda ilave donatılar koyulmuştur.



Şekil 4.23: 11 doğrultusunda temel tasarım eğilme momentleri



Şekil 4.24: 22 doğrultusunda temel tasarım eğilme momentleri

4.7.3. Zımbalama Kontrolü

TS-500 şartnamesine göre radye temelde zımbalama kontrolleri yapılmış ve gerekli kolonların çevresinde zımbalama donatısı yerleştirilmiştir (Şekil 4.25). Tablo 4.7’de tüm pedestaller için zımbalama talep/etki oranları verilmiştir, 1’in üzerindeki oranlar için gerekli zımbalama donatıları yerleştirilerek gerekli kapasite sağlanmıştır.

Çizelge 4.7: Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4199	66.43	38.20	0.11	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4200	62.93	26.45	0.30	G+Q+Ey+H	Interior
4201	69.93	26.45	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4202	66.43	24.20	0.11	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4203	73.33	14.20	0.16	G+Q+Ey+H	Interior
4204	89.67	12.90	0.25	G+Q+Ey+H	Interior
4205	121.28	58.50	0.27	G+Q+Ey+H	Interior
4206	134.13	50.20	0.39	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4207	131.33	42.20	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4208	130.53	62.20	0.17	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4209	131.33	50.20	0.24	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4210	134.13	42.20	0.38	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4211	154.23	30.20	0.16	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4212	171.03	62.20	0.16	G+Q+Ey+H	Interior
4213	86.82	59.53	0.42	G+Q+Ex+H	Interior
4214	92.49	69.35	0.10	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4215	85.88	60.10	0.41	G+Q+Ex+H	Interior
4216	26.71	49.50	0.44	G+Q+Ey+H	Edge
4217	24.80	46.20	0.27	G+Q+Ey+H	Interior
4218	34.48	49.50	0.39	G+Q+Ey+H	Edge
4219	34.48	46.20	0.25	G+Q+Ey+H	Interior
4220	41.43	48.20	0.31	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4221	48.93	48.20	0.42	G+Q+Ey+H	Interior
4222	22.52	42.25	0.56	G+Q+Ey+H	Interior
4223	34.43	42.20	0.25	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4224	41.43	42.20	0.38	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4225	22.31	38.20	0.32	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4226	27.43	38.20	0.34	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4227	34.43	38.20	0.40	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4228	41.43	38.20	0.43	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4229	18.29	31.25	0.51	G+Q+Ey+H	Interior
4230	21.95	31.25	0.49	G+Q+Ey+H	Interior
4231	27.43	31.20	0.47	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4232	34.43	31.20	0.98	G+Q+Ey+H	Interior
4233	41.43	31.20	1.00	G+Q+Ey+H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4234	14.22	24.20	0.33	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4235	20.43	24.20	0.41	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4236	27.43	24.20	0.40	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4237	34.43	24.20	0.40	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4238	41.43	24.20	0.43	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4239	9.86	20.15	0.44	G+Q+Ey+H	Interior
4240	13.63	20.15	0.41	G+Q+Ey+H	Interior
4241	20.43	20.20	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4242	23.83	20.20	0.19	G+Q+Ey+H	Interior
4243	27.43	20.20	0.48	G+Q+Ey+H	Interior
4244	34.43	20.20	0.36	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4245	41.43	20.20	0.39	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4246	5.68	12.90	0.27	1.4G+1.6Q+1.6H	Corner
4247	13.43	14.20	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4248	20.43	14.20	0.25	G+Q+Ey+H	Interior
4249	23.83	14.20	0.19	G+Q+Ey+H	Interior
4250	27.43	14.20	0.55	G+Q+Ex+H	Edge
4251	34.43	14.20	0.33	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4252	41.43	14.20	0.35	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4253	55.93	48.20	0.26	G+Q+Ey+H	Edge
4254	62.93	48.20	0.34	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4255	69.93	48.20	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4256	76.93	48.20	0.36	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4257	83.93	48.20	1.12	G+Q+Ex+H	Interior
4258	48.93	42.20	0.40	G+Q+Ey+H	Interior
4259	52.53	42.20	0.16	G+Q+Ey+H	Interior
4260	55.93	42.20	0.24	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4261	60.93	42.20	0.50	G+Q+Ey+H	Interior
4262	64.93	42.20	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4263	69.93	42.20	0.37	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4264	76.93	42.20	0.38	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4265	83.93	42.20	0.98	G+Q+Ex+H	Interior
4266	48.93	38.20	0.41	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4267	55.93	38.20	0.29	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4268	62.93	38.20	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4269	69.93	38.20	0.38	G+Q+Ey+H	Interior
4270	76.93	38.20	0.69	G+Q+Ey+H	Interior
4271	83.93	38.20	0.72	G+Q+Ey+H	Interior
4272	48.93	31.20	0.47	G+Q+Ey+H	Interior
4273	52.33	31.20	0.44	G+Q+Ey+H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4274	55.93	31.20	0.26	G+Q+Ey+H	Interior
4275	62.93	35.45	0.25	G+Q+Ey+H	Interior
4276	69.93	35.45	0.27	G+Q+Ey+H	Interior
4277	76.93	35.45	0.33	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4278	83.93	35.45	0.85	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4279	62.93	31.20	0.10	G+Q+Ey+H	Interior
4280	62.93	28.70	0.17	G+Q+Ex+H	Interior
4281	69.93	29.10	0.25	G+Q+Ey+H	Interior
4282	76.93	29.10	0.46	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4283	83.93	29.10	0.27	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4284	55.93	24.20	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4285	62.93	24.20	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4286	69.93	24.20	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4287	76.93	24.20	0.31	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4288	83.93	24.20	0.23	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4289	53.93	20.20	0.46	G+Q+Ey+H	Interior
4290	57.93	20.20	0.43	G+Q+Ey+H	Interior
4291	62.93	20.20	0.31	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4292	69.93	20.20	0.24	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4293	73.33	20.20	0.14	G+Q+Ey+H	Interior
4294	76.93	20.20	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4295	83.93	17.40	0.86	G+Q+Ex+H	Interior
4296	55.93	14.20	0.33	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4297	48.93	24.20	0.41	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4298	48.93	20.20	0.34	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4299	48.93	14.20	0.35	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4300	62.93	14.20	0.34	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4301	69.93	14.20	0.26	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4302	76.93	14.20	0.36	G+Q+Ey+H	Interior
4303	83.93	14.20	0.33	G+Q+Ex+H	Edge
4304	118.13	62.20	0.84	G+Q+Ey+H	Interior
4305	122.68	62.20	0.24	G+Q+Ey+H	Interior
4306	126.13	62.20	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4307	142.13	62.20	0.36	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4308	118.13	58.50	0.82	G+Q+Ey+H	Interior
4309	124.43	58.50	0.76	G+Q+Ey+H	Interior
4310	118.13	55.20	0.42	G+Q+Ey+H	Interior
4311	124.43	55.20	0.71	G+Q+Ey+H	Interior
4312	130.53	56.65	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4313	134.13	56.20	0.52	G+Q+Ey+H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4314	142.13	56.65	0.61	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4315	118.13	50.20	1.02	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4316	122.83	50.20	0.44	G+Q+Ey+H	Interior
4317	126.13	50.20	0.47	G+Q+Ey+H	Interior
4318	142.13	50.20	0.51	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4319	142.13	46.25	0.48	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4320	118.13	42.20	1.06	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4321	126.13	42.20	0.61	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4322	142.13	42.20	0.53	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4323	118.13	36.00	0.83	G+Q+Ey+H	Interior
4324	126.13	36.00	0.58	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4325	134.13	36.00	0.58	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4326	142.13	36.00	0.61	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4327	118.13	32.20	0.84	G+Q+Ey+H	Interior
4328	118.13	28.70	0.81	G+Q+Ey+H	Interior
4329	126.13	30.20	0.37	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4330	134.13	30.20	0.32	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4331	140.38	30.20	0.51	G+Q+Ey+H	Interior
4332	143.88	30.20	0.48	G+Q+Ey+H	Interior
4333	150.63	62.20	0.64	G+Q+Ey+H	Interior
4334	157.23	62.20	0.84	G+Q+Ey+H	Interior
4335	161.58	62.20	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4336	166.63	62.20	0.89	G+Q+Ey+H	Interior
4337	174.63	62.20	0.87	G+Q+Ey+H	Interior
4338	190.43	63.50	0.41	G+Q+Ey+H	Interior
4339	194.67	63.50	0.45	G+Q+Ey+H	Edge
4340	150.63	56.20	0.68	G+Q+Ey+H	Interior
4341	158.63	56.65	0.60	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4342	166.63	56.65	0.47	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4343	171.03	56.65	0.26	G+Q+Ey+H	Interior
4344	174.63	56.20	0.88	G+Q+Ey+H	Interior
4345	182.63	57.20	0.53	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4346	188.93	57.20	0.35	G+Q+Ey+H	Interior
4347	191.03	57.20	0.35	G+Q+Ey+H	Interior
4348	150.63	50.20	0.69	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4349	158.63	50.20	0.72	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4350	166.63	50.20	0.71	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4351	174.63	50.20	0.67	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4352	182.63	50.20	0.70	G+Q+Ey+H	Interior
4353	186.68	50.20	0.66	G+Q+Ey+H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4354	191.03	50.20	0.18	G+Q+Ey+H	Edge
4355	150.63	42.20	0.70	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4356	158.63	42.20	0.70	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4357	166.63	42.20	0.75	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4358	174.63	42.20	0.62	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4359	180.79	42.20	0.54	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4360	185.98	42.20	0.19	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4361	191.03	42.20	0.18	G+Q+Ey+H	Edge
4362	150.63	36.00	0.52	G+Q+Ey+H	Interior
4363	154.23	36.00	0.22	G+Q+Ey+H	Interior
4364	158.63	36.00	0.44	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4365	166.63	35.20	0.57	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4366	174.63	35.20	0.85	G+Q+Ey+H	Interior
4367	179.28	35.20	0.83	G+Q+Ey+H	Interior
4368	185.98	35.20	0.17	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4369	191.03	35.20	0.21	G+Q+Ey+H	Corner
4370	150.63	30.20	0.57	G+Q+Ey+H	Interior
4371	158.63	30.20	0.26	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4372	166.63	30.20	0.29	G+Q+Ey+H	Interior
4373	174.63	28.90	0.32	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4374	115.33	27.71	0.49	G+Q+Ey+H	Interior
4375	90.26	50.74	0.43	G+Q+Ey+H	Interior
4376	93.29	52.49	1.03	G+Q+Ey+H	Interior
4377	101.03	56.96	1.08	G+Q+Ex+H	Interior
4378	106.33	60.02	0.90	G+Q+Ey+H	Interior
4379	113.29	64.04	0.46	G+Q+Ex+H	Interior
4380	115.59	65.36	0.90	G+Q+Ey+H	Interior
4381	117.03	62.86	0.49	G+Q+Ey+H	Interior
4382	106.33	56.65	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4383	117.03	56.65	0.46	G+Q+Ey+H	Interior
4384	109.03	51.44	0.72	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4385	117.03	51.00	0.90	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4386	85.03	48.20	1.15	G+Q+Ey+H	Interior
4387	93.03	47.24	0.12	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4388	101.03	46.82	0.65	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4389	85.03	42.20	1.03	G+Q+Ey+H	Interior
4390	93.03	42.20	0.66	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4391	101.03	42.20	0.19	G+Q+Ey+H	Interior
4392	109.03	42.20	0.62	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4393	117.03	42.20	1.06	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4394	85.03	35.20	0.75	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4395	93.03	35.20	0.60	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4396	101.03	35.20	0.19	G+Q+Ey+H	Interior
4397	109.03	35.20	0.62	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4398	117.03	35.20	0.86	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4399	117.03	31.95	0.52	G+Q+Ex+H	Interior
4400	117.03	28.70	0.63	G+Q+Ex+H	Interior
4401	109.03	27.88	0.40	G+Q+Ey+H	Interior
4402	101.03	30.61	0.55	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4403	85.03	26.05	0.74	G+Q+Ey+H	Interior
4404	88.33	26.05	0.71	G+Q+Ey+H	Interior
4405	93.03	26.05	0.64	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4406	101.03	26.05	0.17	G+Q+Ey+H	Interior
4407	109.03	23.25	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4408	101.32	20.78	0.59	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4409	109.08	20.71	0.10	G+Q+Ey+H	Interior
4410	93.03	18.60	0.47	G+Q+Ey+H	Interior
4411	85.03	17.50	0.90	G+Q+Ey+H	Interior
4412	85.03	12.90	0.34	G+Q+Ex+H	Edge
4413	93.03	14.01	0.44	G+Q+Ey+H	Interior
4414	100.98	15.66	0.15	G+Q+Ey+H	Interior
4415	109.08	16.06	0.13	G+Q+Ey+H	Edge
4416	109.03	11.90	0.17	G+Q+Ex+H	Corner
4417	100.93	11.90	0.12	G+Q+Ex+H	Edge
4418	93.03	11.90	0.11	G+Q+Ey+H	Edge
4419	50.44	101.40	0.72	G+Q+Ey+H	Interior
4420	51.30	100.90	0.88	G+Q+Ey+H	Interior
4421	57.23	97.48	0.94	G+Q+Ey+H	Interior
4422	58.10	96.98	0.89	G+Q+Ey+H	Interior
4423	49.45	97.70	0.51	G+Q+Ey+H	Interior
4424	50.61	97.03	0.19	G+Q+Ey+H	Interior
4425	56.25	93.77	0.56	G+Q+Ey+H	Interior
4426	46.40	92.42	0.20	G+Q+Ey+H	Interior
4427	48.87	90.99	0.27	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4428	53.20	88.49	0.49	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4429	44.40	88.95	0.24	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4430	51.20	85.03	0.44	G+Q+Ey+H	Interior
4431	42.35	85.40	0.22	G+Q+Ey+H	Interior
4432	45.65	83.50	0.26	G+Q+Ey+H	Interior
4433	49.15	81.48	0.71	G+Q+Ey+H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4434	44.12	77.80	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4435	46.30	76.54	0.21	G+Q+Ey+H	Interior
4436	49.98	74.42	0.37	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4437	53.67	83.60	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4438	56.09	82.20	0.41	G+Q+Ey+H	Interior
4439	65.46	92.73	0.59	G+Q+Ey+H	Edge
4440	68.58	90.93	0.54	G+Q+Ey+H	Interior
4441	62.91	88.31	0.69	G+Q+Ey+H	Interior
4442	66.03	86.51	0.59	G+Q+Ey+H	Interior
4443	60.56	84.24	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4444	63.68	82.44	0.24	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4445	58.56	80.78	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4446	61.03	79.35	0.39	G+Q+Ey+H	Interior
4447	54.31	73.42	0.36	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4448	70.79	88.15	0.35	G+Q+Ey+H	Interior
4449	73.56	86.55	0.55	G+Q+Ey+H	Interior
4450	78.15	83.90	0.54	G+Q+Ey+H	Edge
4451	67.92	79.99	0.62	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4452	75.28	75.74	0.55	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4453	63.45	77.95	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4454	65.92	76.53	0.31	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4455	68.39	75.10	0.39	G+Q+Ey+H	Interior
4456	70.81	73.70	0.38	G+Q+Ey+H	Interior
4457	73.28	72.28	0.29	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4458	57.99	71.29	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4459	60.29	69.97	0.38	G+Q+Ey+H	Interior
4460	63.06	68.37	0.36	G+Q+Ey+H	Interior
4461	65.35	67.04	0.25	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4462	67.65	65.72	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4463	70.42	64.12	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4464	80.92	82.30	0.41	G+Q+Ey+H	Interior
4465	83.21	80.98	0.31	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4466	85.51	79.65	0.41	G+Q+Ey+H	Edge
4467	88.28	78.05	0.46	G+Q+Ey+H	Interior
4468	90.57	76.73	0.39	G+Q+Ey+H	Edge
4469	94.25	74.60	0.21	G+Q+Ey+H	Interior
4470	77.75	74.32	0.36	G+Q+Ey+H	Interior
4471	80.18	72.92	0.38	G+Q+Ey+H	Interior
4472	82.64	71.49	0.33	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4473	85.11	70.07	0.29	G+Q+Ey+H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

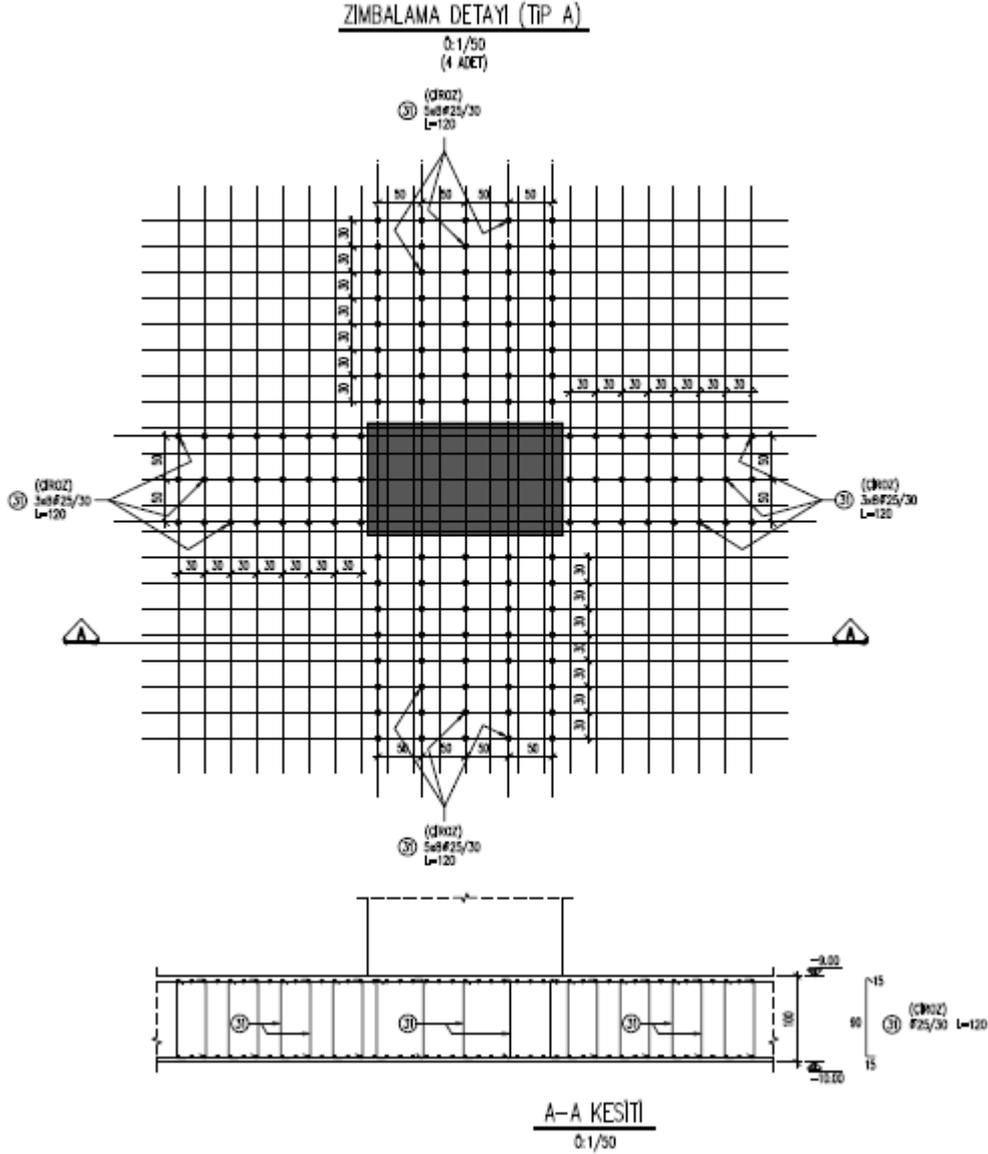
Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4474	87.54	68.67	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4475	90.00	67.24	0.44	G+Q+Ey+H	Interior
4476	75.75	70.85	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4477	78.18	69.45	0.34	G+Q+Ey+H	Interior
4478	80.64	68.03	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4479	83.11	66.60	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4480	85.54	65.20	0.35	G+Q+Ey+H	Interior
4481	88.00	63.78	0.64	G+Q+Ex+H	Interior
4482	72.71	62.79	0.27	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4483	75.01	61.47	0.36	G+Q+Ey+H	Interior
4484	77.78	59.87	0.36	G+Q+Ey+H	Interior
4485	80.07	58.54	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4486	83.75	56.42	1.02	G+Q+Ex+H	Interior
4487	101.83	85.53	0.35	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4488	103.16	87.82	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4489	104.76	90.59	0.29	G+Q+Ey+H	Interior
4490	106.08	92.89	0.31	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4491	107.41	95.18	0.29	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4492	108.49	80.07	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4493	109.89	82.49	0.24	G+Q+Ey+H	Interior
4494	111.32	84.96	0.32	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4495	112.74	87.43	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4496	114.14	89.85	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4497	115.57	92.32	0.53	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4498	111.96	78.07	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4499	113.36	80.49	0.23	G+Q+Ey+H	Interior
4500	114.78	82.96	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4501	116.21	85.43	0.24	G+Q+Ey+H	Interior
4502	117.61	87.85	0.31	G+Q+Ey+H	Interior
4503	119.03	90.32	0.31	G+Q+Ey+H	Interior
4504	120.02	75.03	0.31	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4505	121.34	77.32	0.27	G+Q+Ey+H	Edge
4506	122.94	80.09	0.28	G+Q+Ey+H	Edge
4507	124.27	82.39	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4508	125.59	84.68	0.28	G+Q+Ey+H	Edge
4509	127.19	87.46	0.28	G+Q+Ey+H	Edge
4510	109.01	97.96	0.38	G+Q+Ey+H	Interior
4511	111.66	102.55	0.36	G+Q+Ey+H	Interior
4512	113.26	105.32	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4513	119.82	99.68	0.62	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4514	120.46	92.79	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4515	121.86	95.21	0.32	G+Q+Ey+H	Interior
4516	123.28	97.68	0.31	G+Q+Ey+H	Interior
4517	124.71	100.15	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4518	128.52	89.75	0.28	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4519	129.84	92.05	0.27	G+Q+Ey+H	Edge
4520	131.44	94.82	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4521	132.77	97.11	0.29	G+Q+Ey+H	Interior
4522	113.61	108.92	0.63	G+Q+Ey+H	Interior
4523	118.20	106.27	0.66	G+Q+Ey+H	Interior
4524	122.27	103.92	0.20	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4525	126.11	102.57	0.32	G+Q+Ey+H	Interior
4526	115.41	112.04	0.72	G+Q+Ey+H	Interior
4527	120.00	109.39	0.75	G+Q+Ey+H	Interior
4528	124.07	107.04	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4529	127.53	105.04	0.32	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4530	134.89	100.79	0.32	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4531	128.96	107.51	0.33	G+Q+Ey+H	Interior
4532	130.36	109.94	0.27	G+Q+Ey+H	Interior
4533	138.14	103.82	0.32	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4534	119.83	119.30	0.86	G+Q+Ex+H	Interior
4535	123.21	117.35	0.69	G+Q+Ey+H	Interior
4536	128.32	114.40	0.51	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4537	131.78	112.40	0.48	G+Q+Ey+H	Interior
4538	135.33	110.35	0.71	G+Q+Ey+H	Interior
4539	140.27	107.50	0.21	G+Q+Ey+H	Edge
4540	141.53	109.68	0.28	G+Q+Ey+H	Edge
4541	137.35	113.85	0.26	G+Q+Ey+H	Interior
4542	130.82	118.73	0.23	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4543	120.33	120.17	1.26	G+Q+Ey+H	Interior
4544	123.75	126.10	0.95	G+Q+Ex+H	Interior
4545	124.25	126.96	1.09	G+Q+Ey+H	Interior
4546	126.96	124.25	0.53	G+Q+Ey+H	Interior
4547	126.29	123.09	0.27	G+Q+Ey+H	Interior
4548	132.22	121.16	0.20	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4549	135.68	119.16	0.26	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4550	139.23	117.11	0.23	G+Q+Ey+H	Edge
4551	84.71	55.87	0.97	G+Q+Ex+H	Interior
4552	87.65	54.17	0.08	G+Q+Ex+H	Interior
4553	88.93	63.18	0.70	G+Q+Ey+H	Interior

Çizelge 4.7: (Devam) Temelde zımbalama kontrolü

Düğüm Noktası	GlobalX	GlobalY	Oran	Yük Kombinasyonu	Konum
	m	m			
4554	91.88	61.48	0.36	G+Q+Ey+H	Interior
4555	93.93	65.04	0.12	G+Q+Ey+H	Interior
4556	90.98	66.74	0.41	G+Q+Ey+H	Interior
4557	94.01	71.97	0.14	G+Q+Ey+H	Interior
4558	95.96	75.35	0.19	G+Q+Ey+H	Interior
4559	99.46	81.41	0.57	G+Q+Ey+H	Interior
4560	102.66	79.56	0.54	G+Q+Ey+H	Interior
4561	98.77	73.73	0.21	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4562	103.32	71.10	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4563	106.78	69.10	0.45	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4564	108.58	72.22	0.45	G+Q+Ey+H	Interior
4565	106.82	77.16	0.28	G+Q+Ey+H	Interior
4566	110.28	75.16	0.56	G+Q+Ey+H	Interior
4567	113.96	73.04	0.20	G+Q+Ey+H	Interior
4568	117.64	70.91	0.79	G+Q+Ey+H	Interior
4569	95.99	66.38	0.13	G+Q+Ey+H	Interior
4570	101.39	69.50	0.16	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4571	102.83	62.66	0.13	1.4G+1.6Q+1.6H	Interior
4572	90.82	52.33	0.15	G+Q+Ey+H	Interior
4573	92.73	53.43	0.98	G+Q+Ey+H	Interior
4574	100.77	58.08	1.15	G+Q+Ex+H	Interior
4575	105.77	60.97	0.43	G+Q+Ey+H	Interior
4576	112.72	64.98	0.37	G+Q+Ey+H	Interior
4577	114.96	66.27	0.65	G+Q+Ey+H	Interior
4578	182.63	62.20	0.30	1.4G+1.6Q+1.6H	Edge
4579	27.43	42.25	0.53	G+Q+Ey+H	Interior
4580	52.53	48.20	0.14	G+Q+Ey+H	Interior
4581	134.13	62.20	0.49	G+Q+Ey+H	Edge



Şekil 4.25: Tipik zımbalama donatısı detayı

Tipik olarak 130x130 pedestal etrafına yerleştirilmiş zımbalama donatısı (her yüzde 3 adet $\Phi 25/300$) için elde edilen ilave dayanım hesabı örnek olarak aşağıda gösterilmiştir.

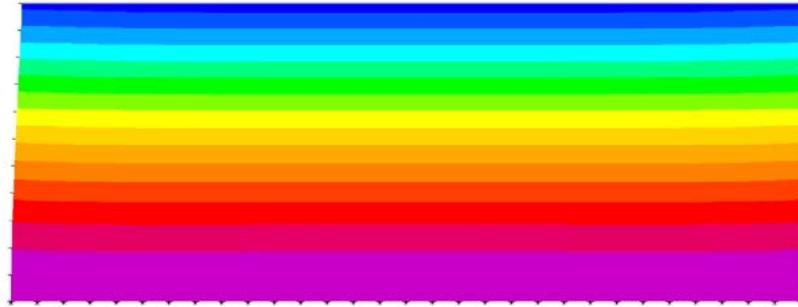
$$V_s = \frac{A_v * f_{yd} * d}{S} = \frac{12 * 491 * 365 * 960}{300} = 6881.9 \text{ kN}$$

4.8 İstinat Duvarı Tasarımı

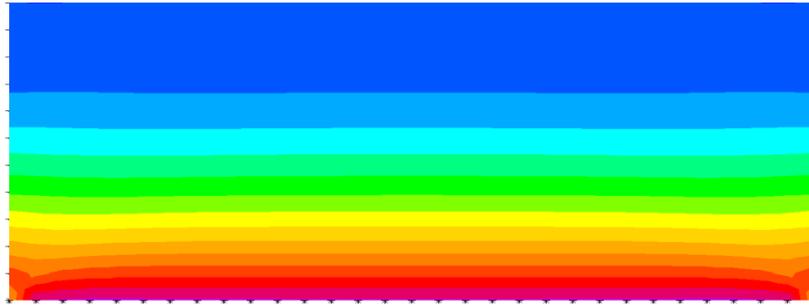
İstinat duvarları yükseklikleri açısından dört farklı gruba ayrılmış ve tasarımları gerçekleştirilmiştir. Dört grup içinde birim uzunluk için analiz modelleri

oluşturulmuştur. Duvar temeli altındaki zemin ise belirlenen yatak katsayısı ile (40000 kN/m³), çekme almayan yay elemanlar vasıtasıyla modellenmiştir.

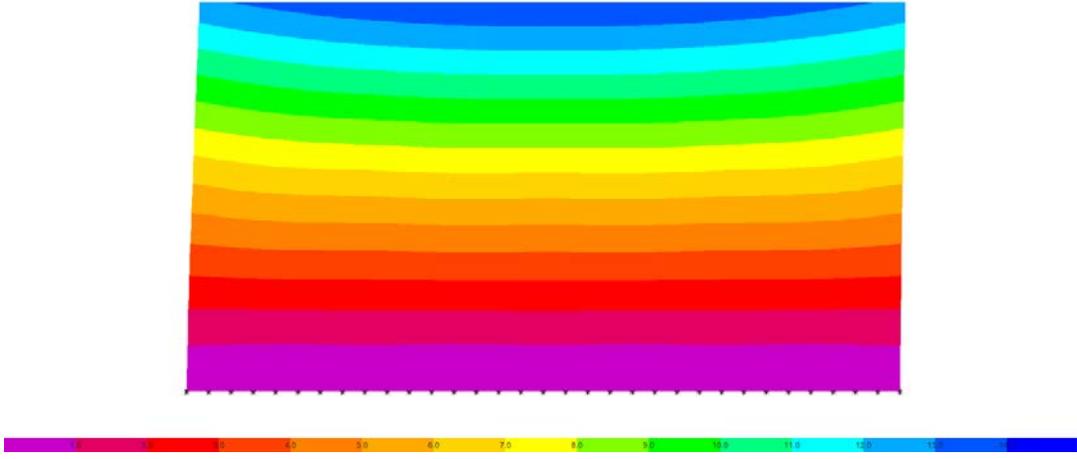
İstinat duvarlarına etkiyen tüm yanal toprak itkisi, sürsarj yükleri ve bunların neticesinde oluşacak deprem etkileri hesaba katılmıştır. Bu yüklerin gerekli kombinasyonları oluşturularak duvar uç deplasmanları ve donatı tasarımı için gerekli kesit tesirleri elde edilmiştir.



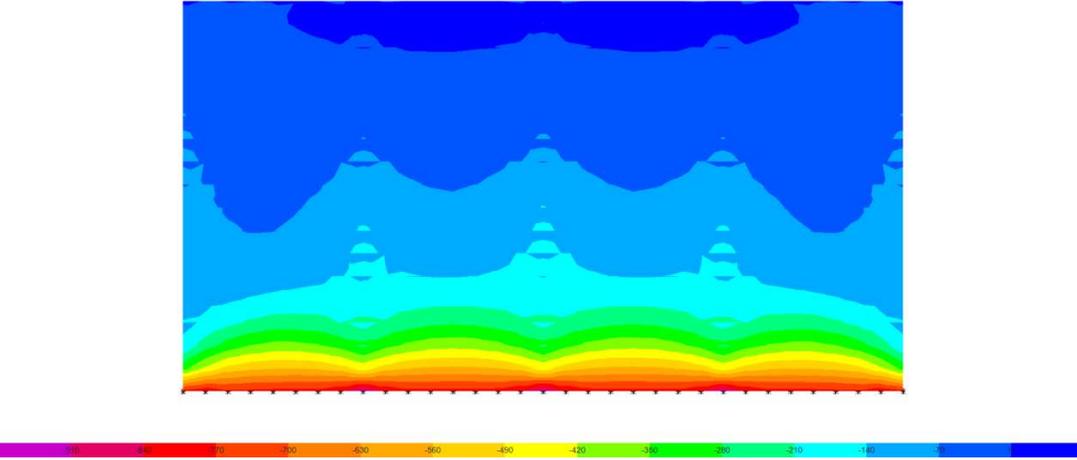
Şekil 4.26: 5.5 m yüksekliğindeki istinat duvarı deplasman grafiği



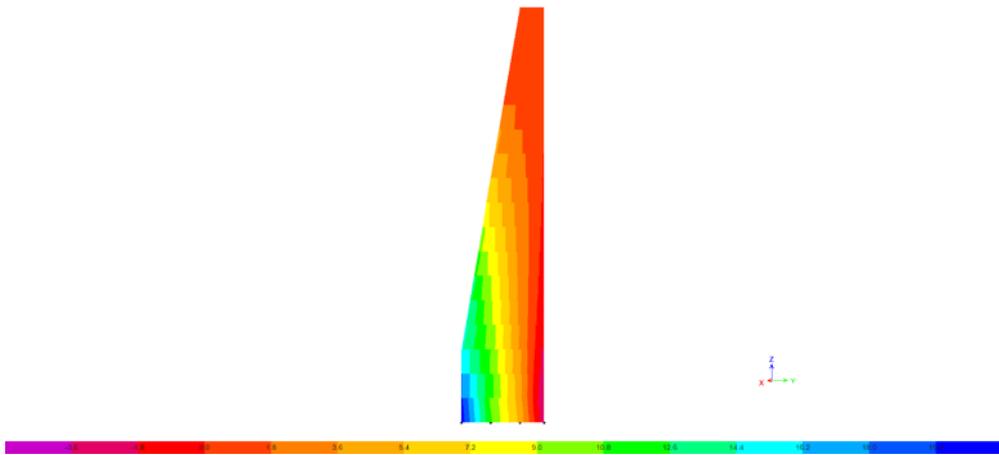
Şekil 4.27: 5.5 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği



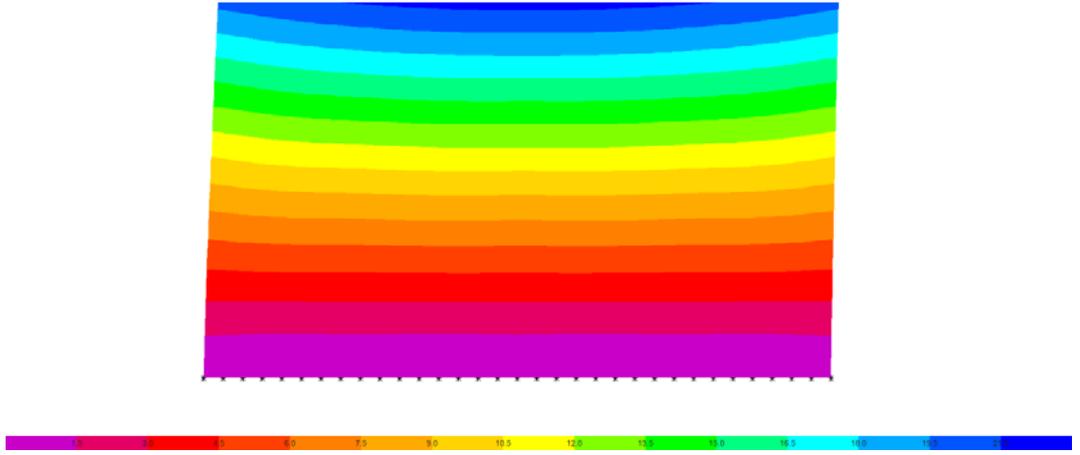
Şekil 4.28: 8.6 m yüksekliğinde istinat duvarı deplasman grafiği



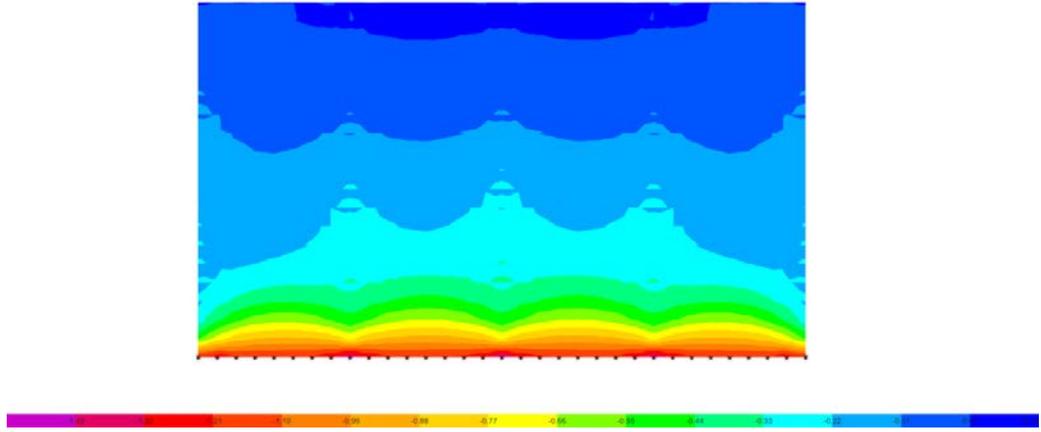
Şekil 4.29: 8.6 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği



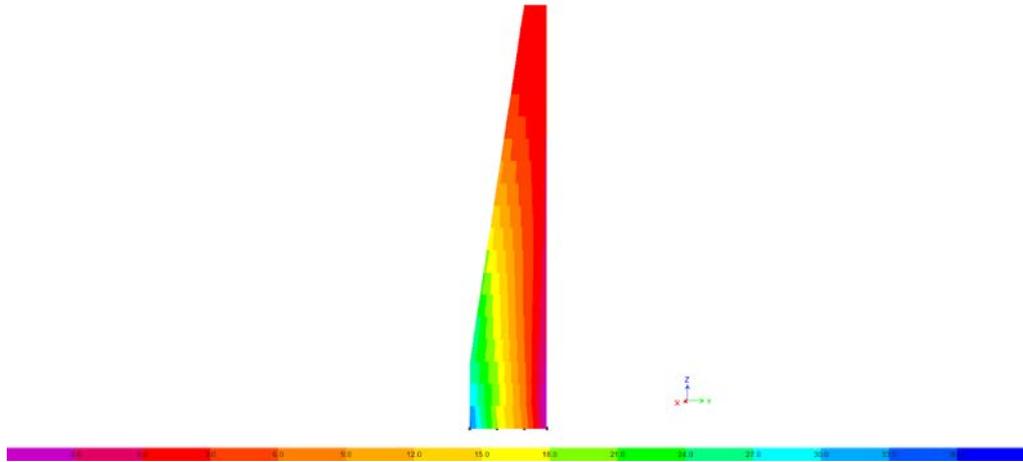
Şekil 4.30: 8.6 m yüksekliğindeki istinat duvarı payandalarında oluşan çekme gerilmeleri



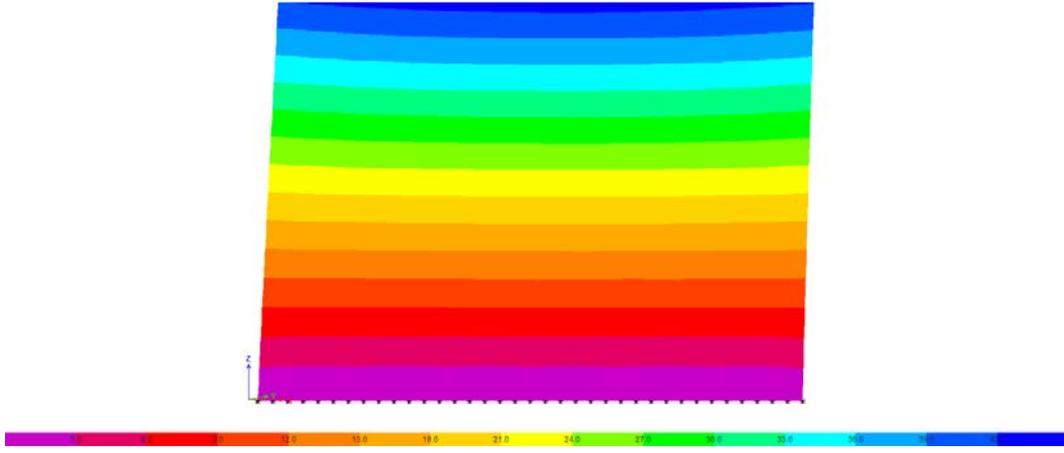
Şekil 4.31: 9.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı deplasman grafiği



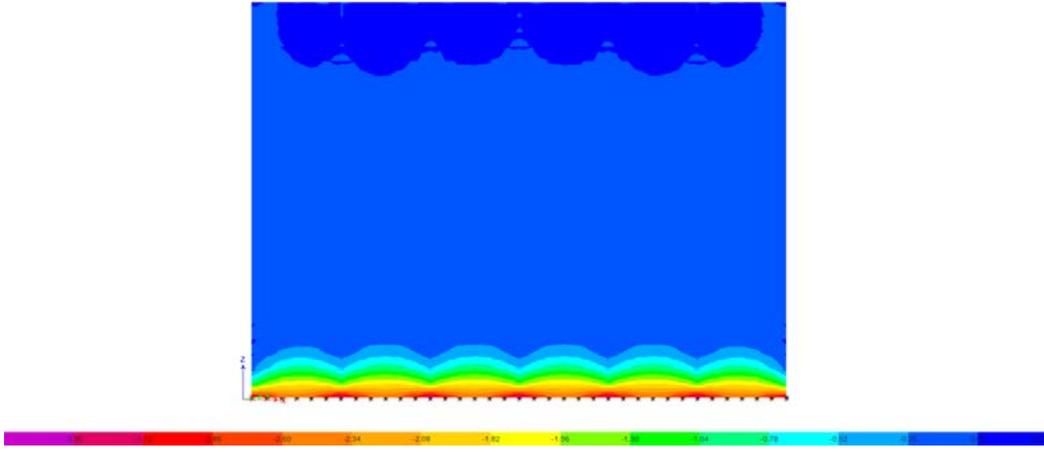
Şekil 4.32: 9.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği



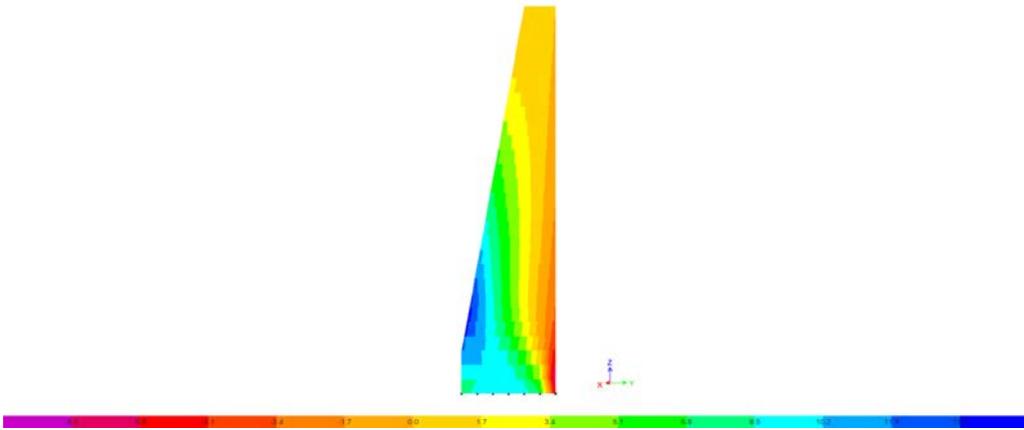
Şekil 4.33: 9.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı payandalarında oluşan çekme gerilmeleri



Şekil 4.34: 13.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı deplasman grafiği



Şekil 4.35: 13.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı tasarım eğilme momenti grafiği



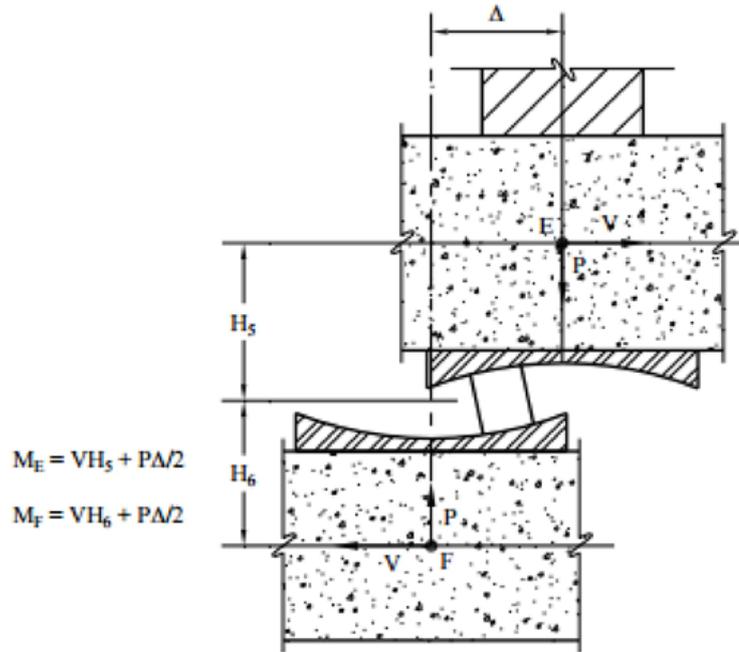
Şekil 4.36: 13.4 m yüksekliğindeki istinat duvarı payandalarında oluşan çekme gerilmeleri

5. PROJEDE KULLANILAN İZOLATÖRLERİN İNCELENMESİ

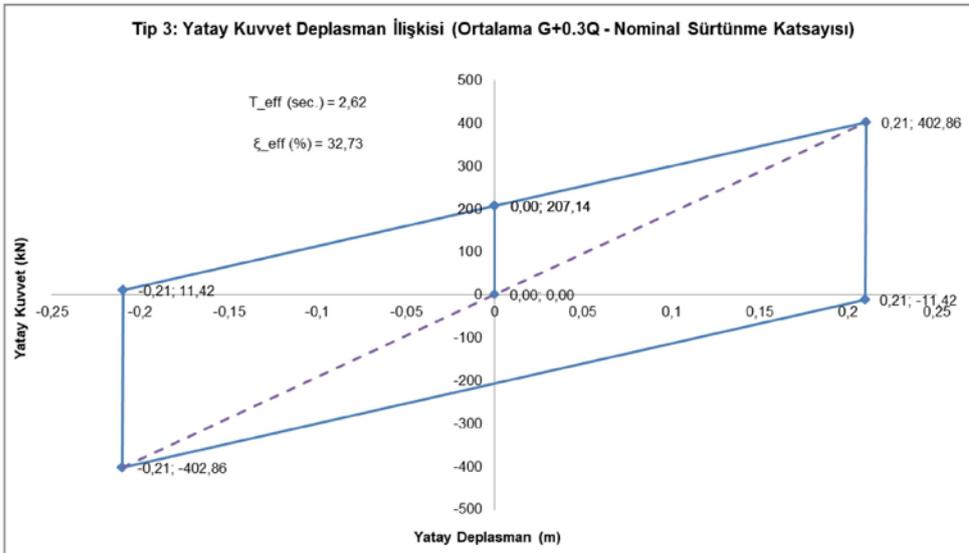
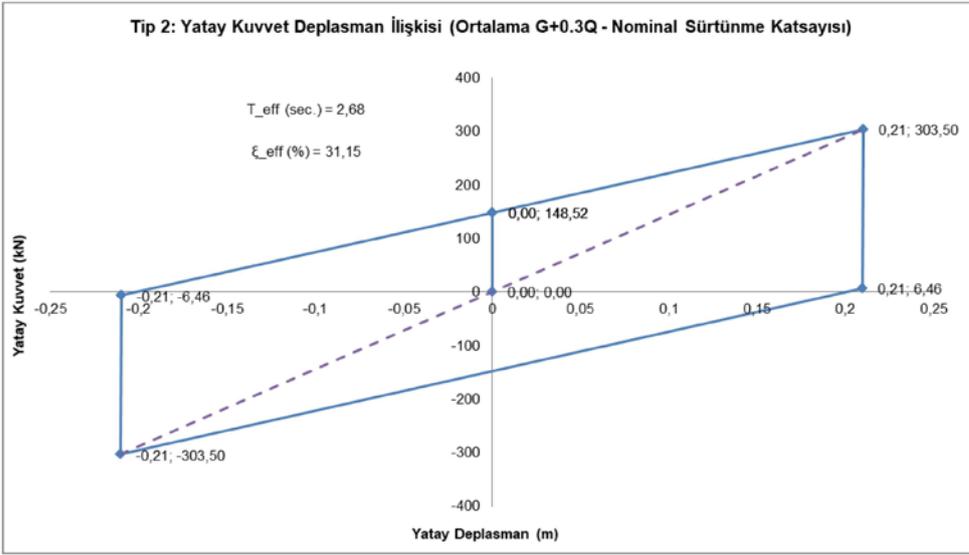
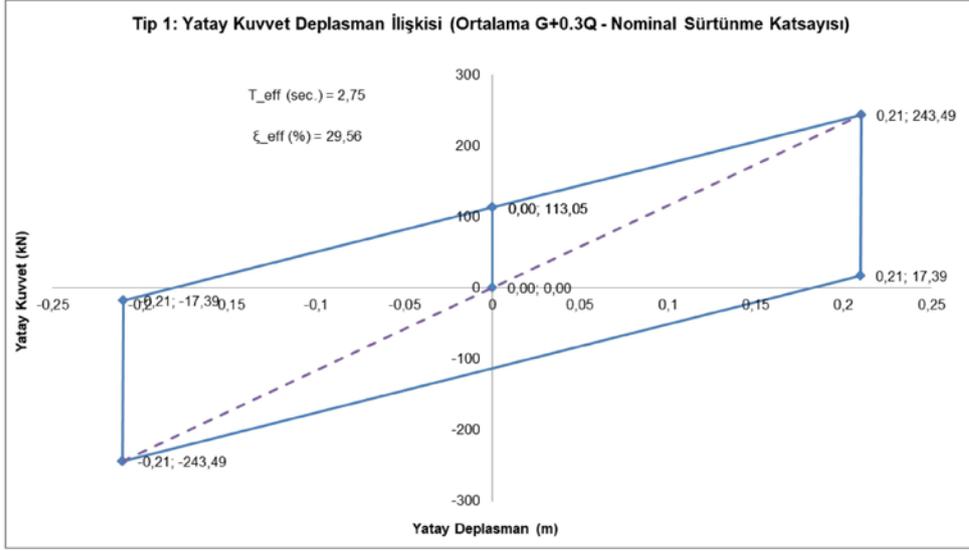
Eksenel yük seviyelerine göre 3 farklı izolatör kullanılmıştır. Bu izolatörlerin eksenel yük kapasitelerini ve bunlara bağlı olarak beklenen nominal sürtünme katsayılarını Tablo 5.1’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.1: İzolatörlerin eksenel yükleri ve bu yüklerde beklenen nominal sürtünme katsayıları

İzolatör Tipi	Maks. G+0.3Q (kN)	Ortalama G+0.3Q (kN)	Ort. 1.2G+Q+E _{MCE} (kN)	μ _{dyn} (Maks. G+0.3Q) %	μ _{dyn} (Ort. G+0.3Q) %	μ _{dyn} (Ort. 1.2G+Q+E _{MCE}) %
TDP 4000/210/4	3156	2174	4164	4.15	5.20	3.51
TDP 5600/210/4	4811	2583	6219	3.95	5.75	3.38
TDP 8300/210/4	6320	3262	8598	4.25	6.35	3.53



Şekil 5.1: P-δ Etkisi (FEMA P-751) (double dish sliding isolator)



Şekil 5.2: İzolatörlerin Ort. G+0.3Q eksenel yükleri altında davranış modelleri

Proje kapsamında kullanılacak olan 408 adet izolatör, ön görülen eksenel yüklere göre belirlenen 3 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 verilmiştir.

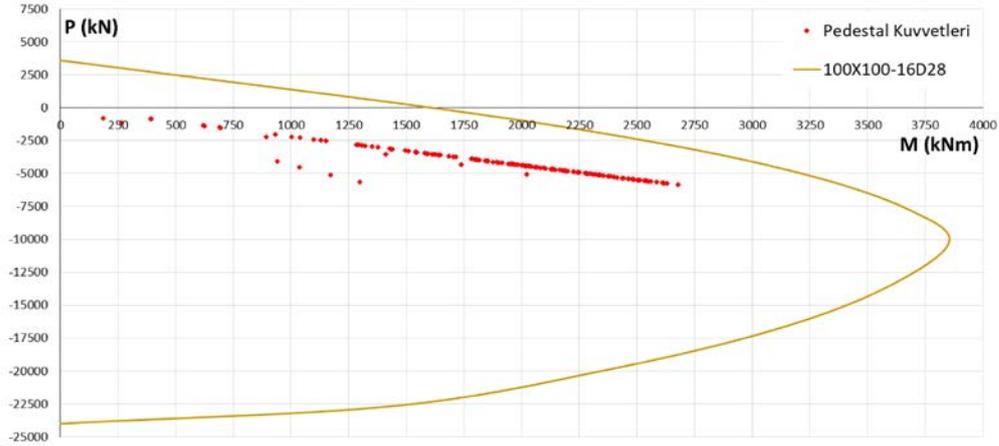
Çizelge 5.2: İzolatör teknik verileri ve geometrik özellikleri

TEKNİK VERİLER			
	TDP 4000/210/4	TDP 5600/210/4	TDP 8300/210/4
Toplam Adet	146	107	155
Maks. eksenel yük, $N_{ULS} (1.2G+1.6Q)$	5623 kN	7250 kN	10012 kN
Ort. Eksenel yük, $N_{st} (1.2G+1.6Q)$	4164 kN	3930 kN	4471 kN
Maks. Eksenel yük, $N_{ULS} (1.2G+Q+E_{MCE})$	4934 kN	7894 kN	14540 kN
Ort. Eksenel yük, $N_D (1.2G+Q+E_{MCE})$	3311 kN	6219 kN	8598 kN
Maks. Eksenel yük, $N_{SM} (G+0.3Q)$	3156 kN	4811 kN	6320 kN
Ort. Eksenel yük, $N_{SO} (G+0.3Q)$	2174 kN	2583 kN	3262 kN
Nominal dinamik sürtünme katsayısı, μ	%4.0	%4.0	%4.0
Deplasman kapasitesi	± 210 mm	± 210 mm	± 210 mm
Eşdeğer eğrilik yarıçapı, R_{eq}	3500 mm	3500 mm	3500 mm
GEOMETRİK ÖZELLİKLER			
Destek plakası dış çapı	540 mm	590 mm	660 mm
İzolatörün en büyük genişliği	700 mm	790 mm	900 mm
İzolatör yüksekliği	100 mm	117 mm	132mm, 229mm
Ankraj civatası özellikleri	12*M20 (Cl. 10.9)	12*M27 (Cl. 10.9)	12*M30 (Cl. 10.9)
Grout özellikleri	$t \geq 40$ mm $f_c \geq 70$ MPa	$t \geq 40$ mm $f_c \geq 70$ MPa	$t \geq 40$ mm $f_c \geq 70$ MPa
Önerilen kolon özellikleri	100x100 cm $f_c \geq 40$ MPa	110x110 cm $f_c \geq 40$ MPa	130x130 cm $f_c \geq 40$ MPa

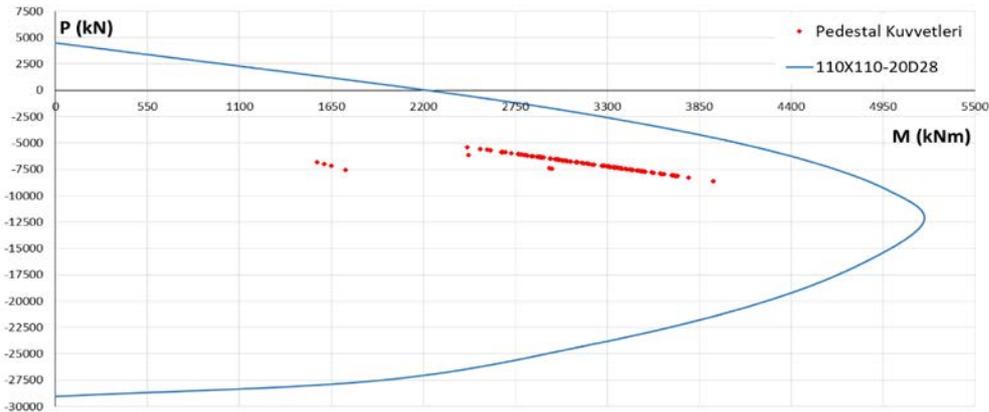
5.1 Pedestal Tasarımı

Zaman tanım alanında analizlerin sonuçları kullanılarak izolatörlerde oluşan eksenel kuvvetler; DD-1 deprem seviyesinde $R=1.5$, DD-2 deprem seviyesinde

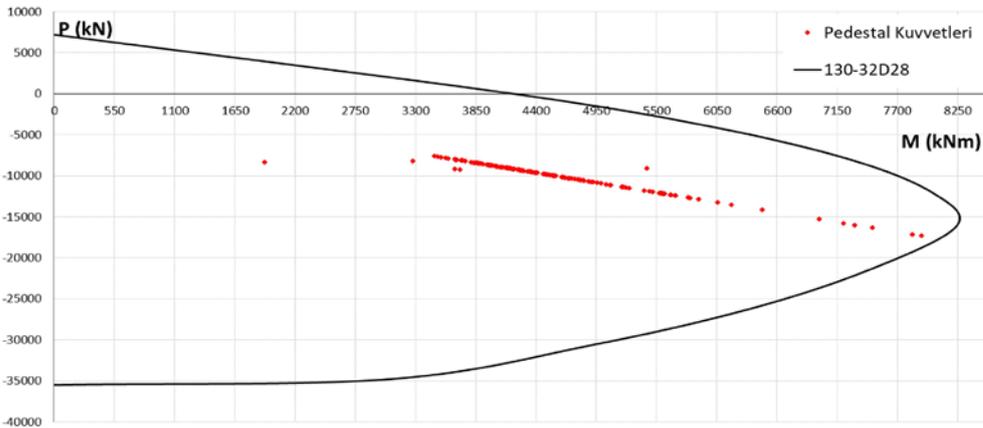
ise $R=1$ katsayıları ile pedestal tasarımında kullanılmıştır. Pedestallerin tasarım kuvvetleri hesaplanırken $P-\delta$ etkileri de hesaba katılmıştır. Çift yüzeyli sürtünmeli sarkaç tipi izolatörlerin doğası gereği ekzantirisite nedeniyle oluşan $P-\delta$ etkilerinin yarısı alt yüzeye, yarısı ise üst yüzeye etkimektedir.



Şekil 5.3: Tip-1 izolatörlere karşılık gelen pedestallere ait P-M diyagramı



Şekil 5.4: Tip-2 izolatörlere karşılık gelen pedestallere ait P-M diyagramı



Şekil 5.5: Tip-3 izolatörlere karşılık gelen pedestallere ait P-M diyagramı

5.2 Üst Yapı Tasarımı

Üst yapıda, yapısal elemanların tasarımı için spektrum analizi kullanılmıştır. Sahaya özel oluşturulan tasarım spektrumu kullanılarak, deprem etkileri yük kombinasyonlarına katılmıştır. İzolatör seviyesinin üzerindeki taban kesme kuvveti, izolatör teknik şartnamesinde verilen değere (0.114W) denkleştirilerek deprem kuvvetleri kalibre edilmiştir.

Çizelge 5.3: Kat kütleleri ve üst yapıda kullanılan deprem etkisi için kat kesme kuvvetleri (R=1.5)

Kat	Kat Kütleleri	Kat Kesme Kuvvetleri (R=1.5)	
	P kN	V _x kN	V _y kN
+35.30	23955	2895	3114
+31.50	70037	8298	8856
+27.00	111134	12624	13270
+22.50	234861	24676	26599
+18.00	384431	38140	40554
+13.50	509909	46750	48902
+9.00	629155	53336	54927
+4.50	750717	59449	60447
±0.00	877204	66189	66866
-4.50	1051751	78134	79227

Çizelge 5.4: DD-1 depremi seviyesinde yapı periyotları

Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	2.80	0.00	0.28	0.00	0.28	0.68	0.68
2	2.77	0.96	0.01	0.96	0.29	0.00	0.68
3	2.75	0.01	0.68	0.96	0.97	0.28	0.96
4	1.28	0.00	0.00	0.96	0.97	0.00	0.96
5	1.27	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.96
6	1.16	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.96
7	1.10	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
8	1.09	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
9	0.99	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
10	0.97	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
11	0.90	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
12	0.86	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
13	0.81	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
14	0.79	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
15	0.75	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
16	0.66	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
17	0.59	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
18	0.55	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
19	0.32	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
20	0.28	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
21	0.26	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
22	0.25	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
23	0.20	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
24	0.18	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
25	0.18	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
26	0.13	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
27	0.10	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
28	0.06	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
29	0.03	0.01	0.02	0.98	0.99	0.00	0.97
30	0.03	0.02	0.01	1.00	1.00	0.00	0.97

Çizelge 5.5: DD-2 depremi seviyesinde yapı periyotları

Mode	Period	UX	UY	Sum UX	Sum UY	RZ	Sum RZ
1	1.69	0.18	0.00	0.18	0.00	0.68	0.68
2	1.65	0.46	0.23	0.64	0.23	0.17	0.85
3	1.64	0.22	0.63	0.86	0.86	0.03	0.87
4	1.27	0.01	0.00	0.87	0.86	0.00	0.88
5	1.25	0.01	0.04	0.88	0.90	0.02	0.89
6	1.15	0.00	0.01	0.88	0.91	0.00	0.90
7	1.08	0.00	0.01	0.88	0.92	0.01	0.91
8	1.07	0.03	0.00	0.91	0.92	0.00	0.91
9	0.99	0.00	0.00	0.91	0.92	0.00	0.91
10	0.97	0.01	0.01	0.92	0.93	0.00	0.91
11	0.88	0.02	0.00	0.94	0.93	0.00	0.91
12	0.86	0.00	0.00	0.94	0.93	0.00	0.91
13	0.80	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00	0.92
14	0.78	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00	0.92
15	0.75	0.00	0.00	0.94	0.94	0.00	0.92
16	0.59	0.01	0.00	0.95	0.94	0.05	0.97
17	0.54	0.00	0.03	0.95	0.97	0.00	0.97
18	0.51	0.02	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
19	0.32	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
20	0.28	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
21	0.25	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
22	0.24	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
23	0.20	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
24	0.19	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
25	0.16	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
26	0.13	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
27	0.10	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
28	0.06	0.00	0.00	0.97	0.97	0.00	0.97
29	0.03	0.02	0.00	0.99	0.98	0.00	0.97
30	0.03	0.00	0.02	0.99	1.00	0.00	0.97

Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerin yapılması sonucu elde edilen izolasyon seviyesi üzerinde hesaplanan kat kesme kuvvetleri ve ortalama izolatör deplasman değerleri alttaki tablolarda verilmiştir. Ayrıca tüm izolatörler için hesaplanan eksenel kuvvetler de verilmiştir.

Çizelge 5.6: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD-1)

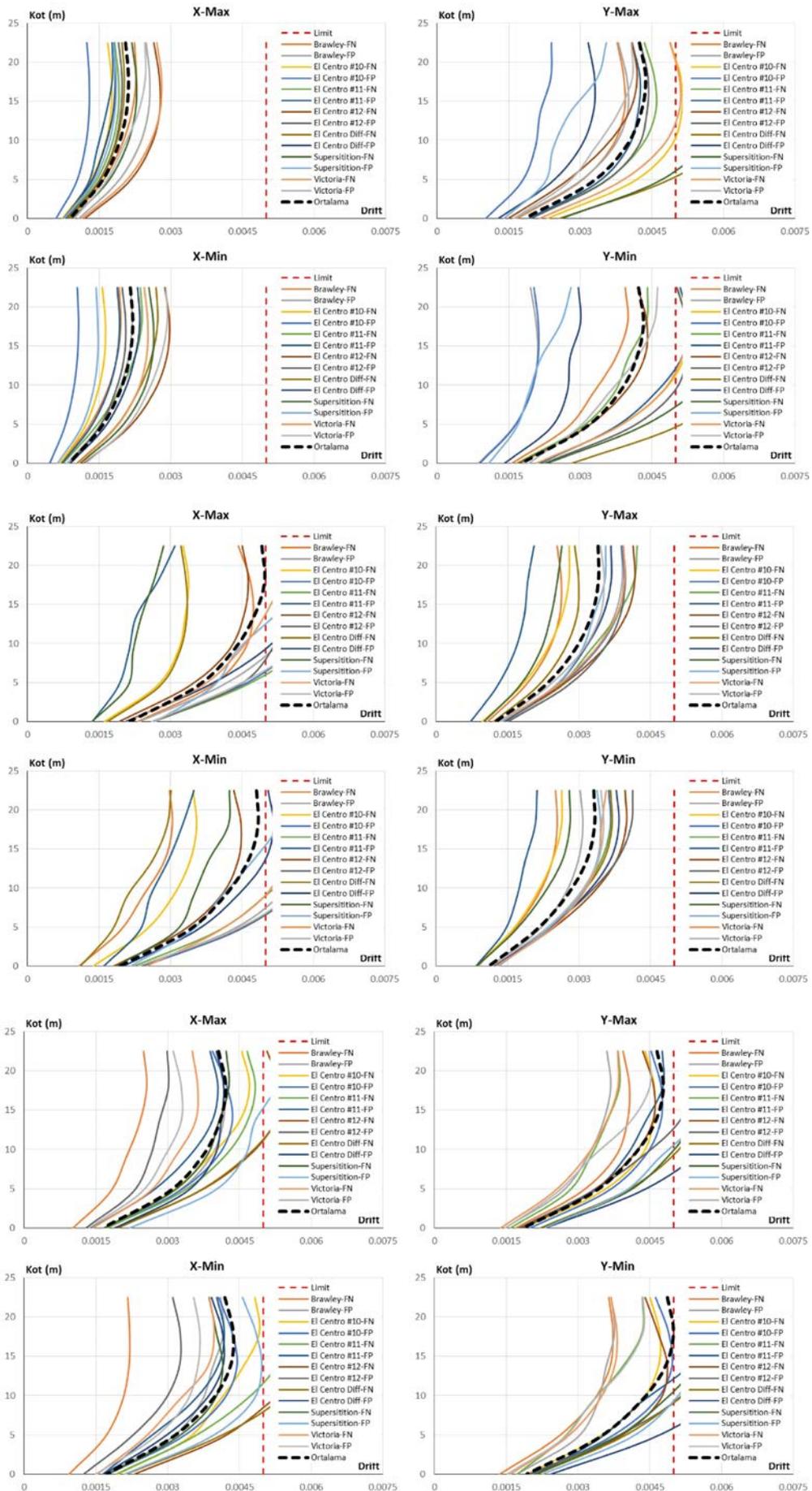
Taban Kesme Kuvvetleri (izolatör üstü)					W (kN)	1054160
Story	Load Case/Combo	P	VX	VY	VX	VY
		kN	kN	kN	%	%
-4.5	Brawley - FN Max	1053793	84189	66856	8.0	4.9
-4.5	Brawley - FN Min	1052074	-103651	-52083	9.8	8.1
-4.5	Brawley - FP Max	1053514	67636	85188	6.4	9.7
-4.5	Brawley - FP Min	1052119	-52211	-102146	5.0	5.9
-4.5	El Centro #10 - FN Max	1053708	90868	62616	8.6	6.2
-4.5	El Centro #10 - FN Min	1052166	-75834	-65075	7.2	8.6
-4.5	El Centro #10 - FP Max	1053611	62216	90181	5.9	7.0
-4.5	El Centro #10 - FP Min	1052206	-65346	-74238	6.2	7.2
-4.5	El Centro #11 - FN Max	1054238	74299	75973	7.0	7.4
-4.5	El Centro #11 - FN Min	1050984	-73123	-78455	6.9	7.2
-4.5	El Centro #11 - FP Max	1055064	76855	75725	7.3	7.0
-4.5	El Centro #11 - FP Min	1050991	-78694	-73958	7.5	6.5
-4.5	El Centro #12 - FN Max	1053779	74723	68021	7.1	4.9
-4.5	El Centro #12 - FN Min	1051994	-76405	-51799	7.2	6.9
-4.5	El Centro #12 - FP Max	1053852	69470	72263	6.6	7.1
-4.5	El Centro #12 - FP Min	1051856	-49615	-75285	4.7	5.7
-4.5	El Centro Diff - FN Max	1054165	75833	60577	7.2	6.8
-4.5	El Centro Diff - FN Min	1051757	-132857	-71623	12.6	7.2
-4.5	El Centro Diff - FP Max	1053788	59217	75656	5.6	12.7
-4.5	El Centro Diff - FP Min	1051592	-69157	-134308	6.6	7.8
-4.5	Superstition - FN Max	1054519	73541	82499	7.0	6.6
-4.5	Superstition - FN Min	1050204	-65397	-69494	6.2	7.0
-4.5	Superstition - FP Max	1054479	82634	73671	7.8	6.2
-4.5	Superstition - FP Min	1051008	-68942	-65145	6.5	5.7
-4.5	Victoria - FN Max	1055050	78713	60031	7.5	6.5
-4.5	Victoria - FN Min	1050432	-74393	-68985	7.1	7.6
-4.5	Victoria - FP Max	1055361	56865	80063	5.4	7.0
-4.5	Victoria - FP Min	1050438	-69315	-74192	6.6	0.0

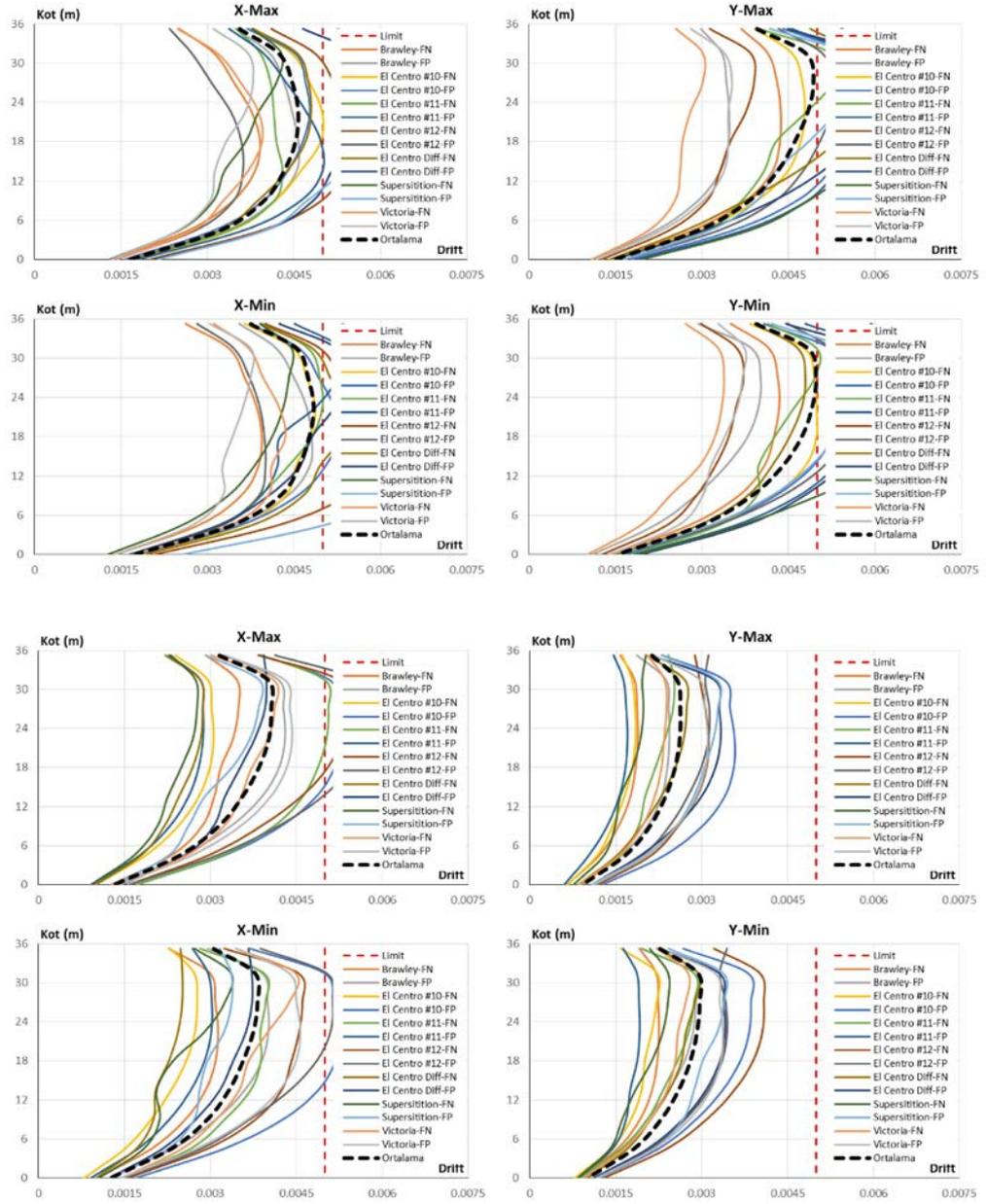
Çizelge 5.7: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle elde edilen taban kesme kuvvetleri (DD-2)

Taban Kesme Kuvvetleri (İzolator üstü)					W	1054160
Story	Load Case/Combo	P	VX	VY	VX	VY
		kN	kN	kN	%	%
-4.5	Brawley - FN Max	1055099	97898	103753	9.3	9.3
-4.5	Brawley - FN Min	1051078	-116161	-97946	11.0	9.3
-4.5	Brawley - FP Max	1054372	106241	97577	10.1	10.9
-4.5	Brawley - FP Min	1051504	-100002	-115395	9.5	8.8
-4.5	El Centro #10 - FN Max	1054143	116279	93175	11.0	9.8
-4.5	El Centro #10 - FN Min	1051554	-90057	-103674	8.5	10.9
-4.5	El Centro #10 - FP Max	1054290	95208	115326	9.0	8.9
-4.5	El Centro #10 - FP Min	1051673	-101756	-93668	9.7	10.3
-4.5	El Centro #11 - FN Max	1055630	127291	108545	12.1	10.6
-4.5	El Centro #11 - FN Min	1050100	-104244	-111424	9.9	12.1
-4.5	El Centro #11 - FP Max	1056550	107817	127230	10.2	10.0
-4.5	El Centro #11 - FP Min	1047604	-106927	-105001	10.1	9.5
-4.5	El Centro #12 - FN Max	1055494	107549	100083	10.2	8.8
-4.5	El Centro #12 - FN Min	1050861	-106787	-92653	10.1	9.1
-4.5	El Centro #12 - FP Max	1055936	101821	96368	9.7	10.3
-4.5	El Centro #12 - FP Min	1050336	-93726	-108303	8.9	9.8
-4.5	El Centro Diff - FN Max	1056869	86454	103388	8.2	9.1
-4.5	El Centro Diff - FN Min	1049801	-148538	-95402	14.1	8.1
-4.5	El Centro Diff - FP Max	1055789	102984	85870	9.8	13.9
-4.5	El Centro Diff - FP Min	1050319	-91511	-146385	8.7	11.9
-4.5	Superstition - FN Max	1056955	95931	124971	9.1	9.6
-4.5	Superstition - FN Min	1048922	-100615	-101418	9.5	9.7
-4.5	Superstition - FP Max	1057327	125103	102270	11.9	9.8
-4.5	Superstition - FP Min	1049100	-100249	-103695	9.5	9.5
-4.5	Victoria - FN Max	1059764	96857	100481	9.2	10.4
-4.5	Victoria - FN Min	1046519	-115822	-109389	11.0	9.2
-4.5	Victoria - FP Max	1058139	98840	96580	9.4	11.1
-4.5	Victoria - FP Min	1047250	-110449	-116727	10.5	0.0

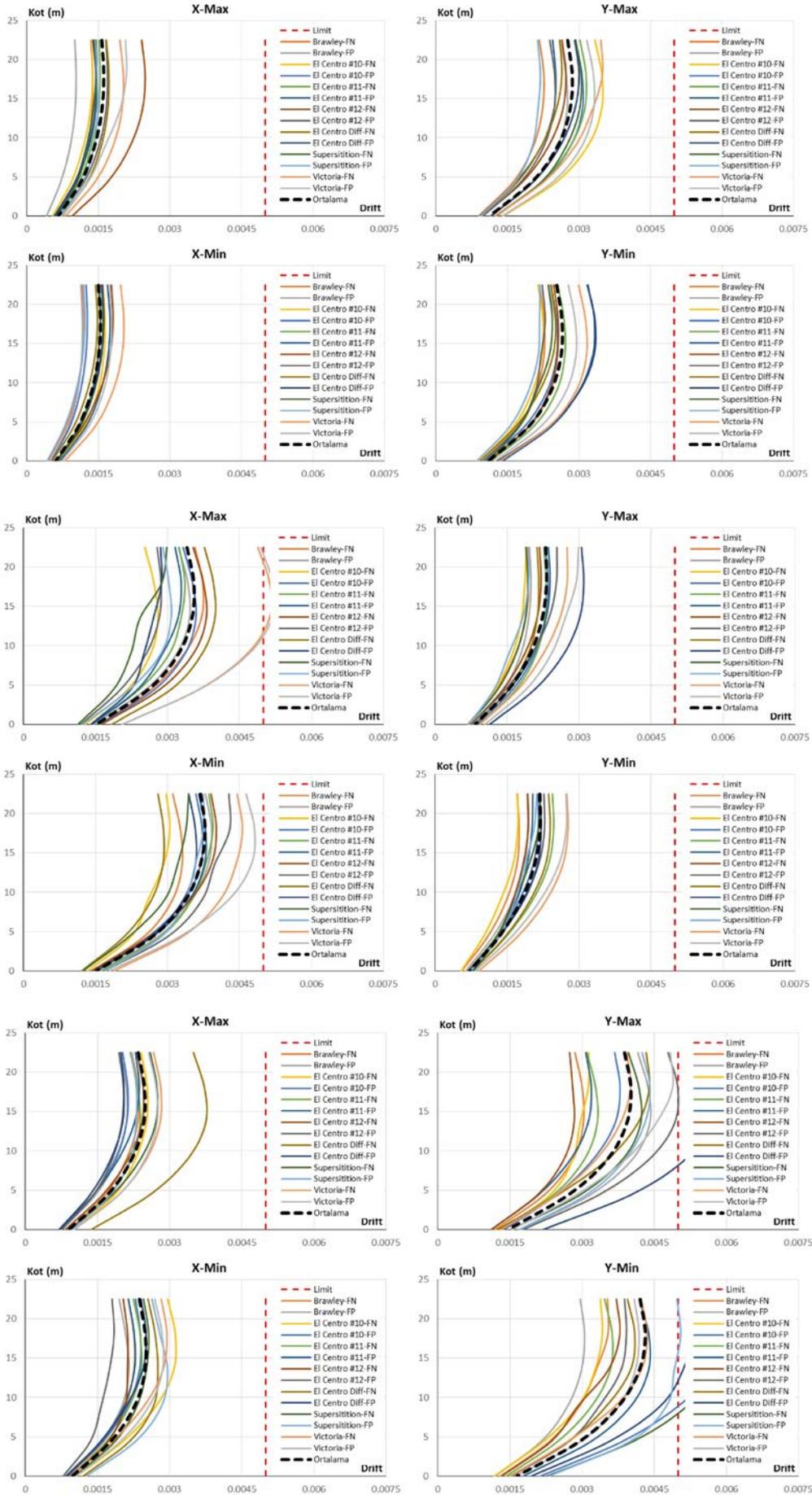
Çizelge 5.8: Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerle elde edilen ortalama deplasman değerleri

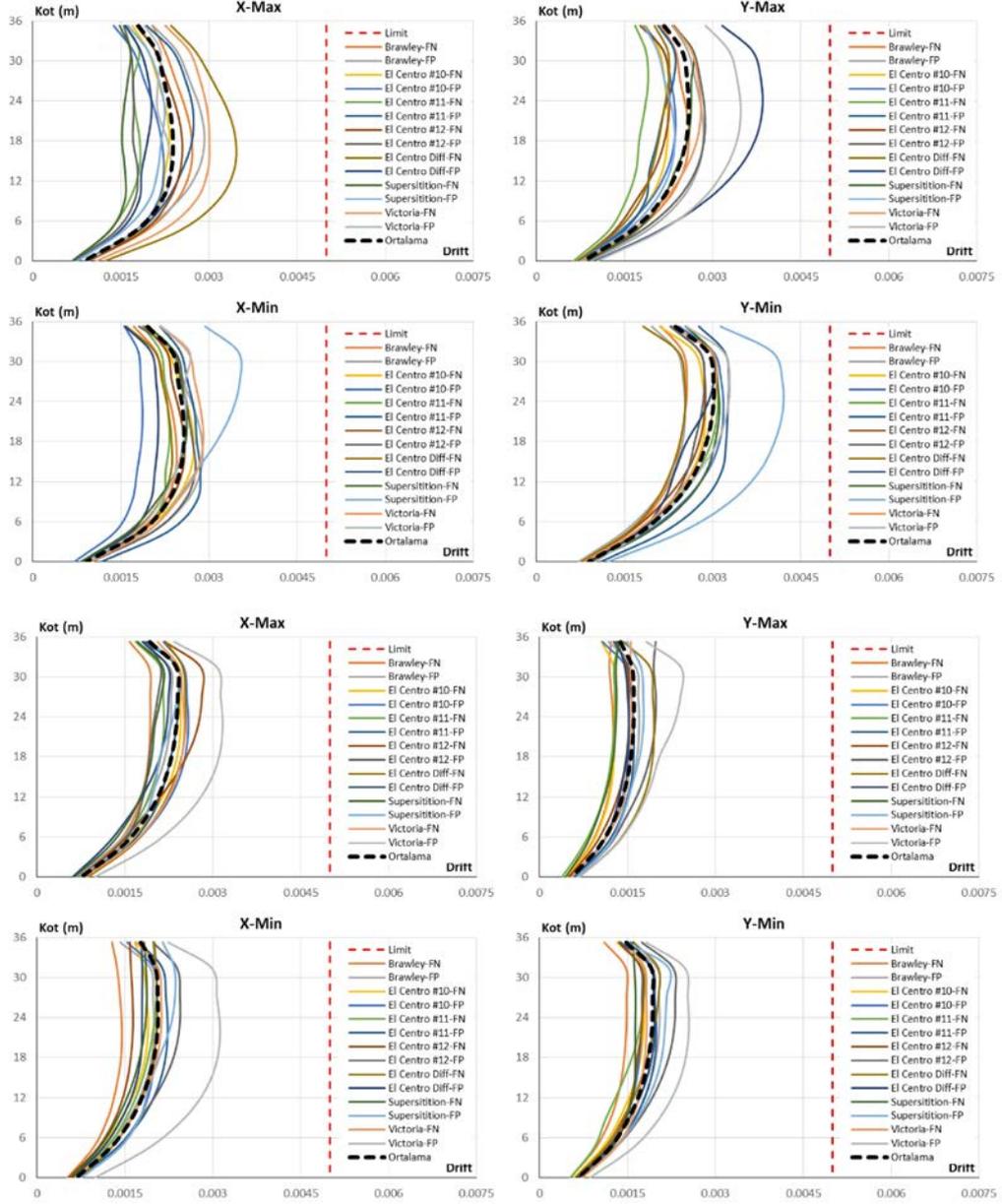
Deprem seviyesi	Ortalama izolator deplasman (mm)
DD-1	187
DD-2	107





Şekil 5.6: Blok DD-2 deprem seviyesinde görel kat ötelemeleri

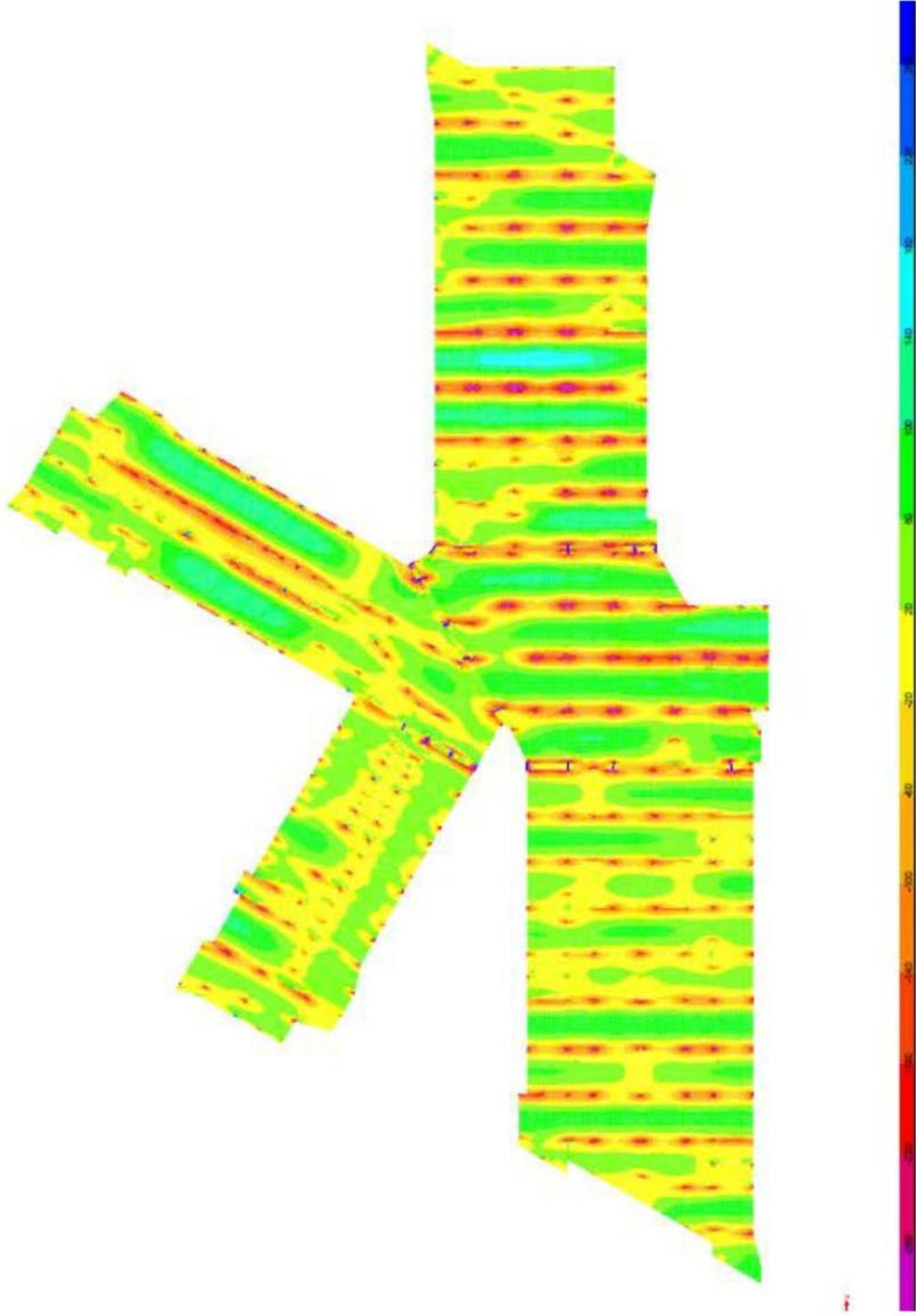




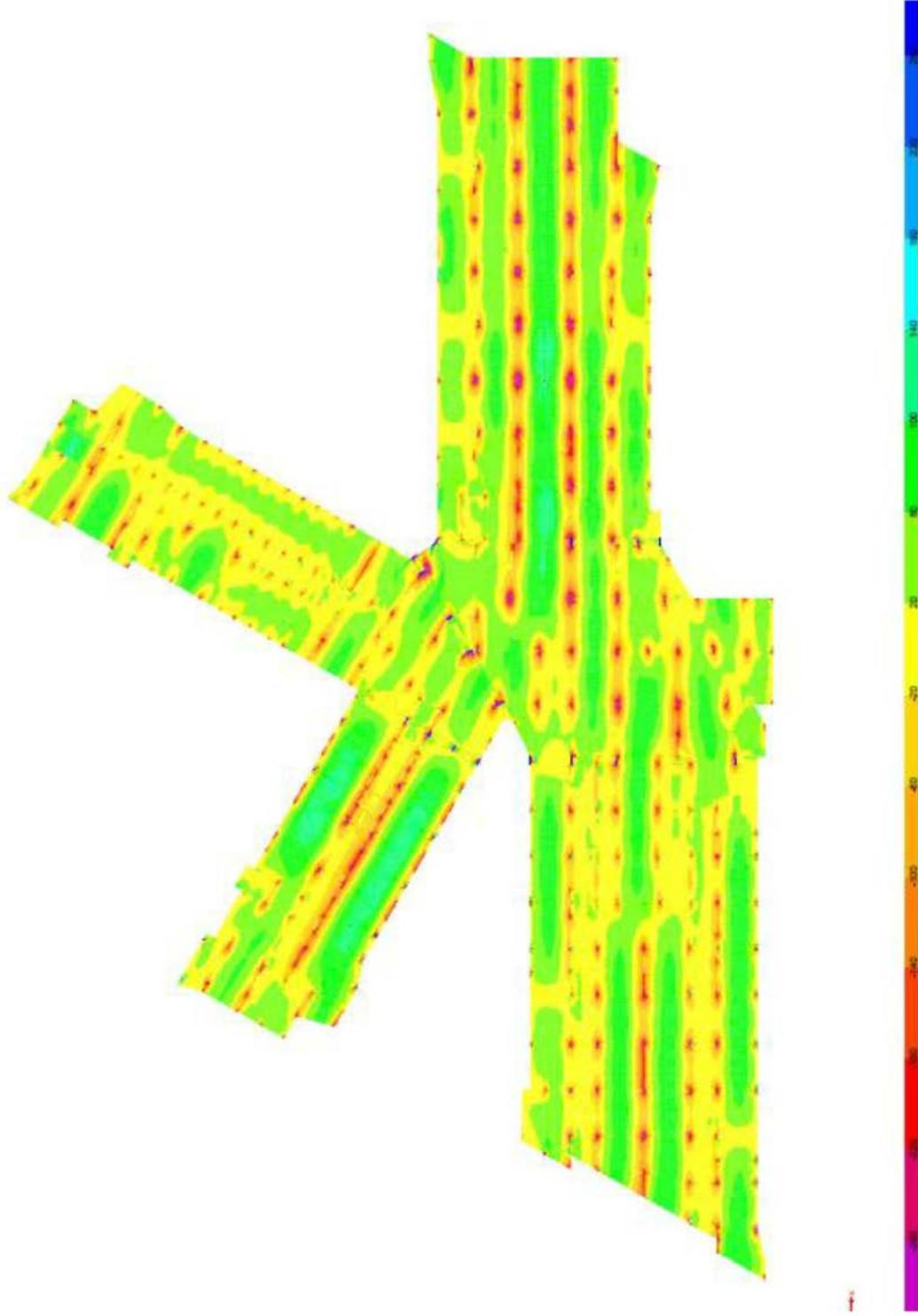
Şekil 5.7: Blok DD-1 deprem seviyesinde görel kat ötelemeleri

5.3 İzolatör Üstü Döşeme 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 $\Phi 18/150$ alt ve üst ana donatı belirlenmiştir. Ana donatılar ile sağlanan kapasitenin aşıldığı yerlerde ise ilave donatılar eklenmiştir. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’de her iki doğrultuda tasarım eğilme momenti diyagramları gösterilmiştir.



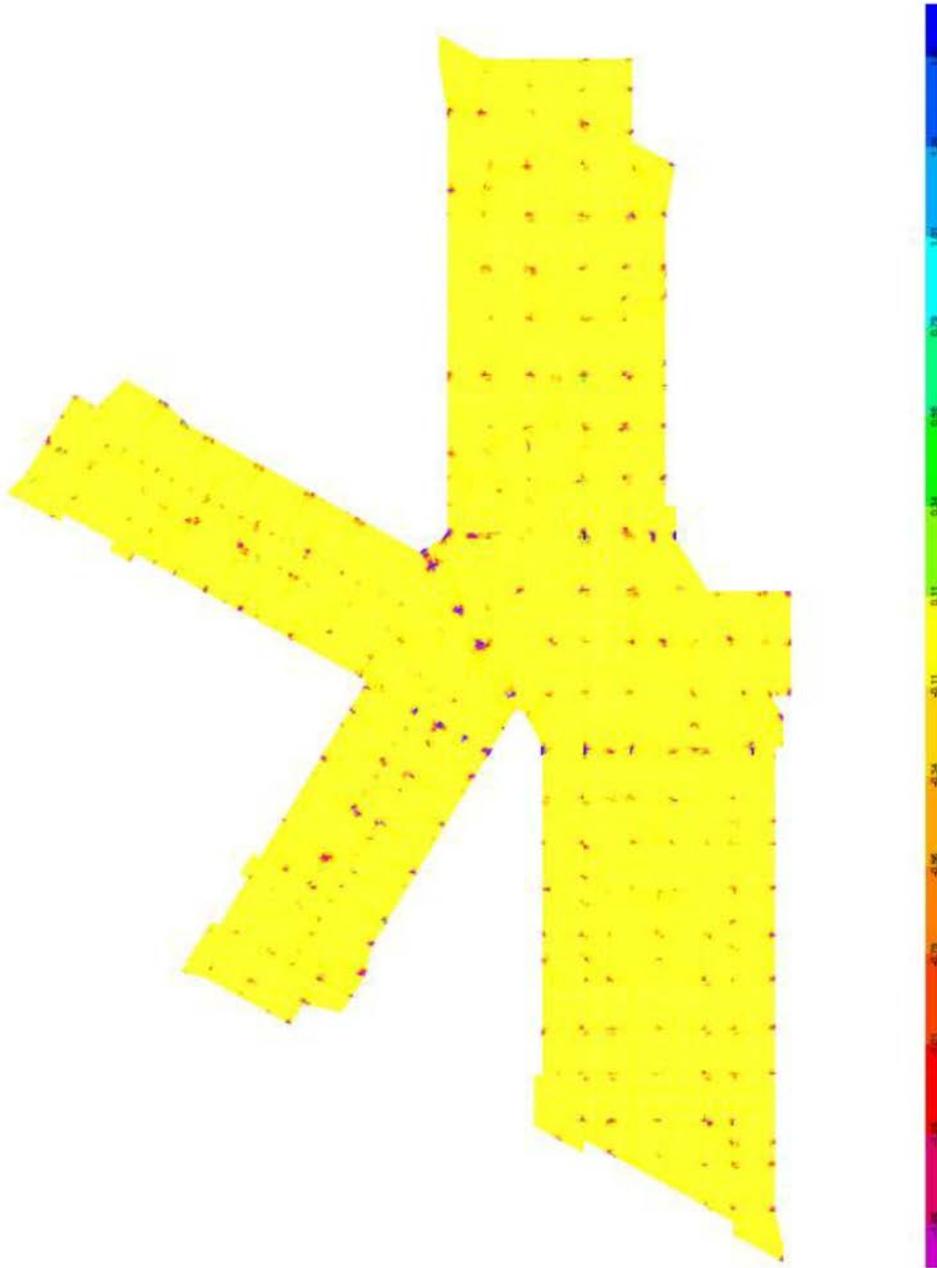
Şekil 5.8: İzolatör üstü döşemede 11 doğrultusunda tasarım eğilme momenti diyagramı



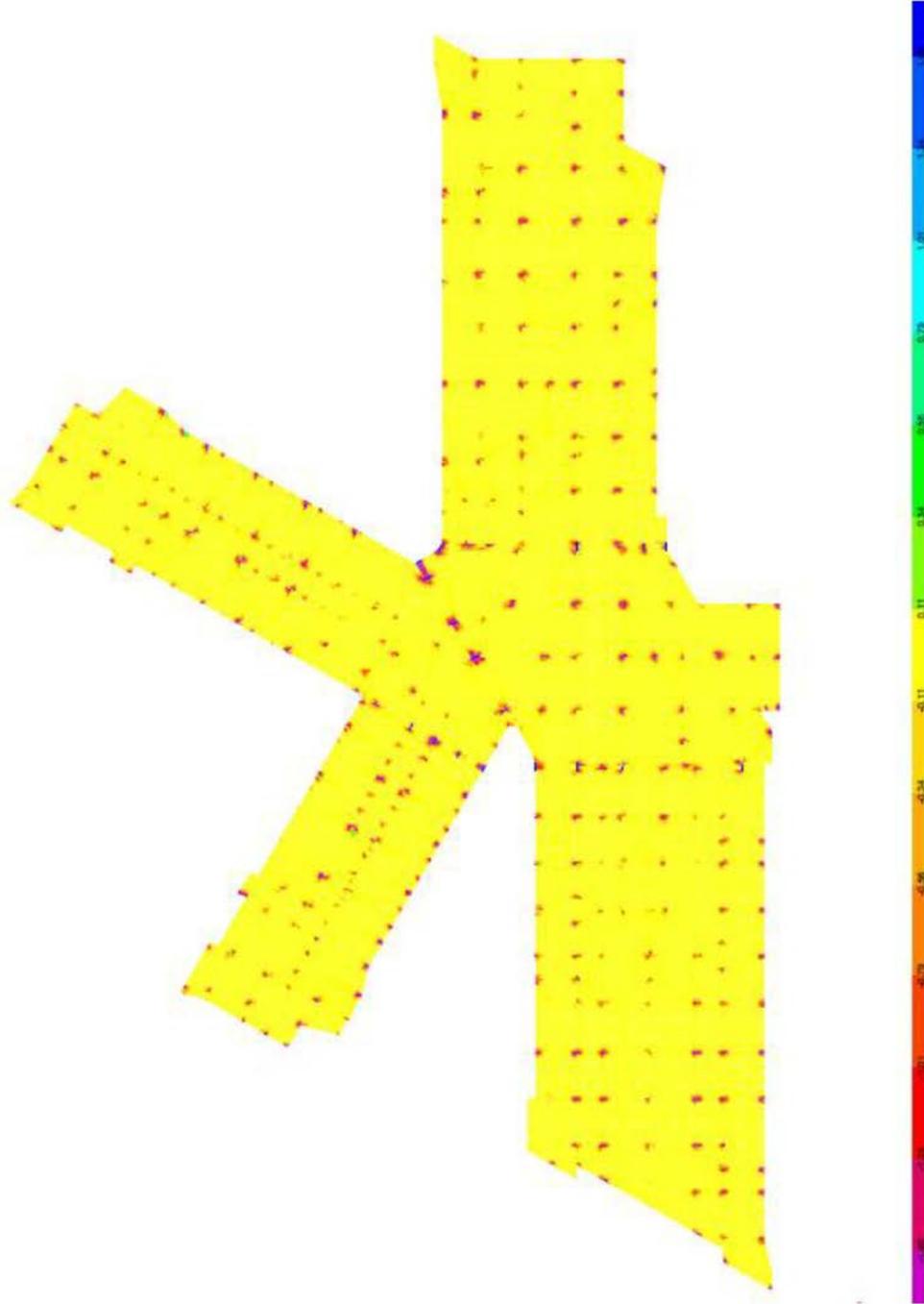
Şekil 5.9: İzolatör üstü döşemede 22 doğrultusunda tasarım eğilme momenti diyagramı

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 yöntemde 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 τ_{pd} değeri, kolon veya perde yüzünden $d/2$ mesafede hesaplanacaktır. Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de her iki doğrultuda kayma gerilmeleri gösterilmiştir.



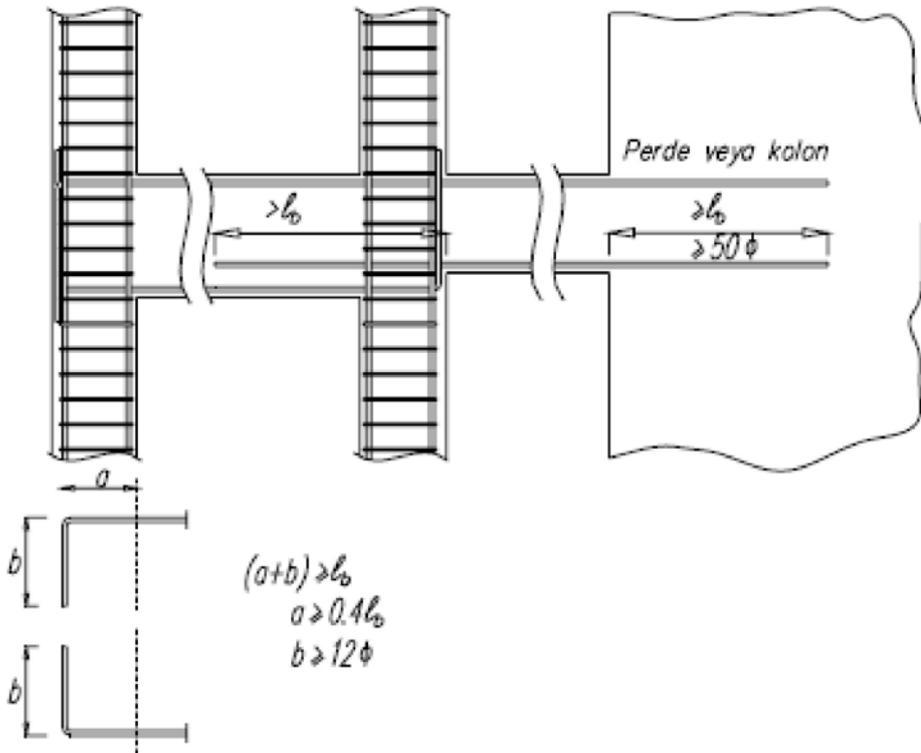
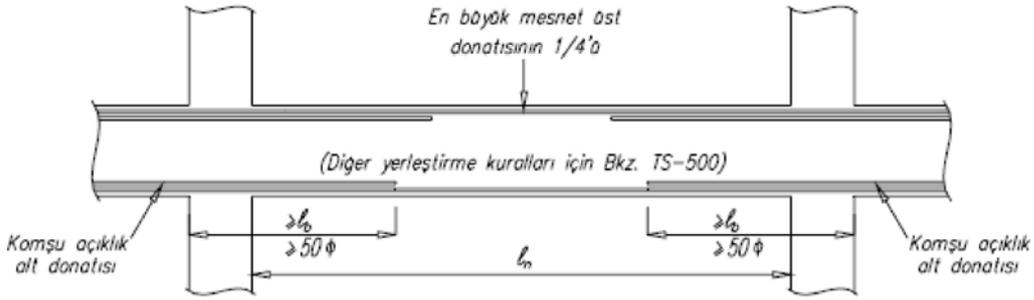
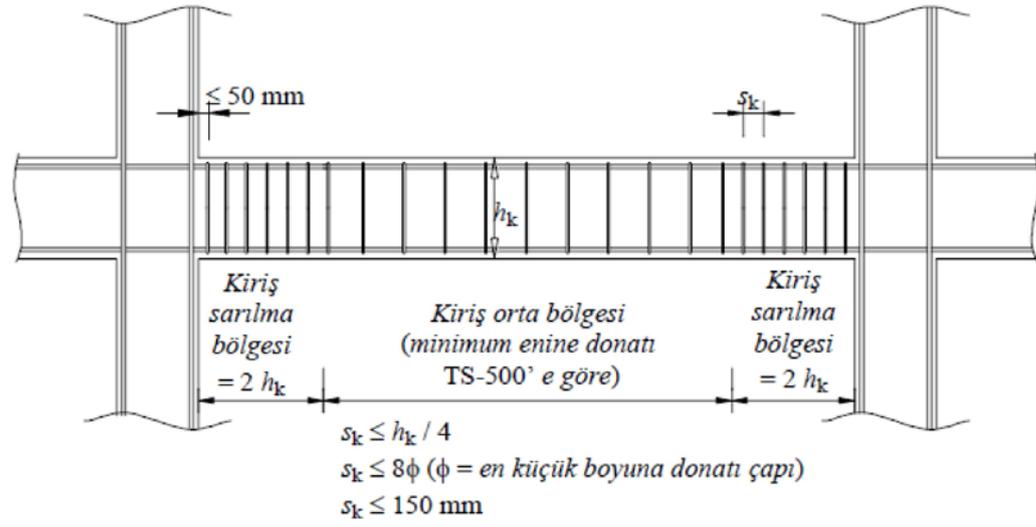
Şekil 5.10: İzolatör üstü döşemede 13 doğrultusunda düzlem içi kayma gerilmeleri



Şekil 5.11: İzolatör üstü döşemede 23 doğrultusunda düzlem içi kayma gerilmeleri

5.4 Kirişlerin Tasarımı

DBYBHY-2007 ve TS500-2000’de verilen tasarım kriterlerine göre izolatör üstü kirişler ‘Süneklik Düzeyi Normal’ kirişler için gerekli kurallara uyarak boyutlandırılmıştır.

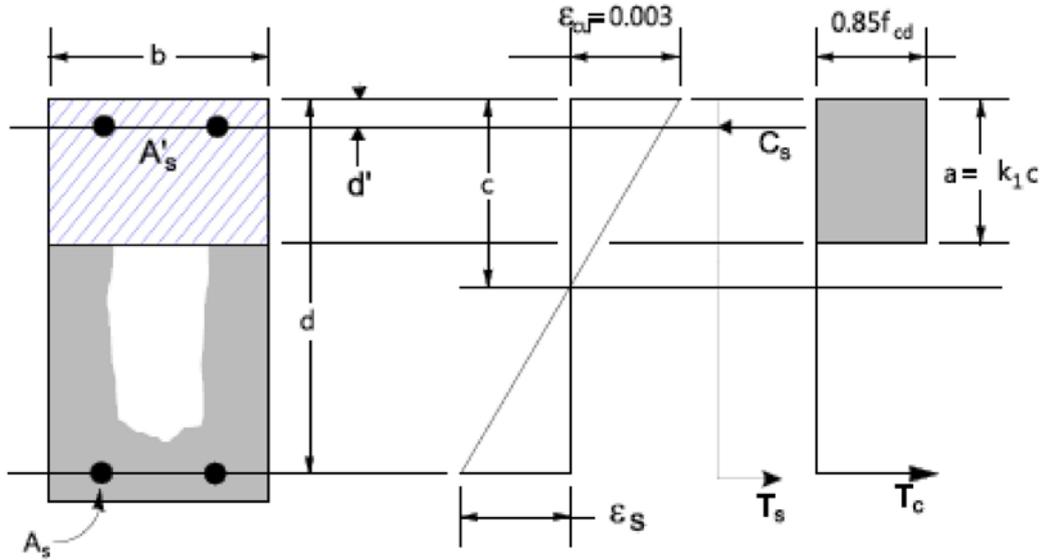


Şekil 5.12: DBYBHY 2007 Genel Kiriş Tasarım Kuralları

Bu kurallar doğrultusunda ± 0.00 kotunda yer alan tipik bir kiriş için [K02-1-38] tasarım hesapları aşağıda gösterilmiştir.

Çizelge 5.9: K02-1-38 kirişi tasarım iç kuvvetleri ve seçilen donatılar

	Mesnet Bölgesi	Açıklık Bölgesi	Kesme Tasarımı
K02-1-38	-267.6 kNm	133.8 kNm	226.4 kN
Seçilen Donatı	5 Φ 16 + 2 Φ 20	5 Φ 20	3* Φ 10/150-200



Şekil 5.13: Kiriş Açıklığı İçin Serbest Cisim Diyagramı (ETABS Manuel)

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

$$k_1 = 0.85 - 0.006(f_{ck} - 25)$$

$$k_1 = 0.85 - 0.006(35 - 25) = 0.79$$

$$a = A_s / 0.85 b w * f_{yd} / f_{cd}$$

$$a = 1570 / (0.85 * 500) * 365 / 23.33 = 57.8 \text{ mm}$$

$$M_r = A_s f_{yd} (d - a/2)$$

$$M_r, açıklık = 304 \text{ kNm} > M_d, açıklık \text{ OK}$$

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

$$V_d \leq 0.22 f_{cd} b w d$$

$$226.4 \text{ kN} \leq 1437 \text{ kN} \text{ OK}$$

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

$$V_r = V_c + V_w$$

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d$$

$$V_c = 0.8 V_{cr}$$

$$V_c = 203.9 \text{ kN}$$

$$V_w = A_{sw}/s * f_{ywd} * d$$

$$V_w = 3 * 79 / 200 * 365 * 640$$

$$V_w = 242.2 \text{ kN}$$

$$V_r = 446.1 \text{ kN} > 226.4 \text{ kN OK}$$

5.5 Perdelerin Tasarımı

Perde duvarların kesme tasarımı için Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Yönetmelik (2017-Taslak)'de belirtildiği üzere tasarım kesme kuvvetleri, dayanım fazlalığı katsayısı ile arttırılarak hesaba katılmıştır. Sürtünme kesmesi kontrolleri için; kesitte 0.9G mertebesinde sürekli düşey basınç yükü bulunacağı kabulü ile kesme kuvvetini güvenle aktarabilecek düşey donatı miktarı hesaplanıp, yeterli donatı miktarının kesitte yerleştirildiği tespit edilmiştir.

Tevzi donatısı hesabı:

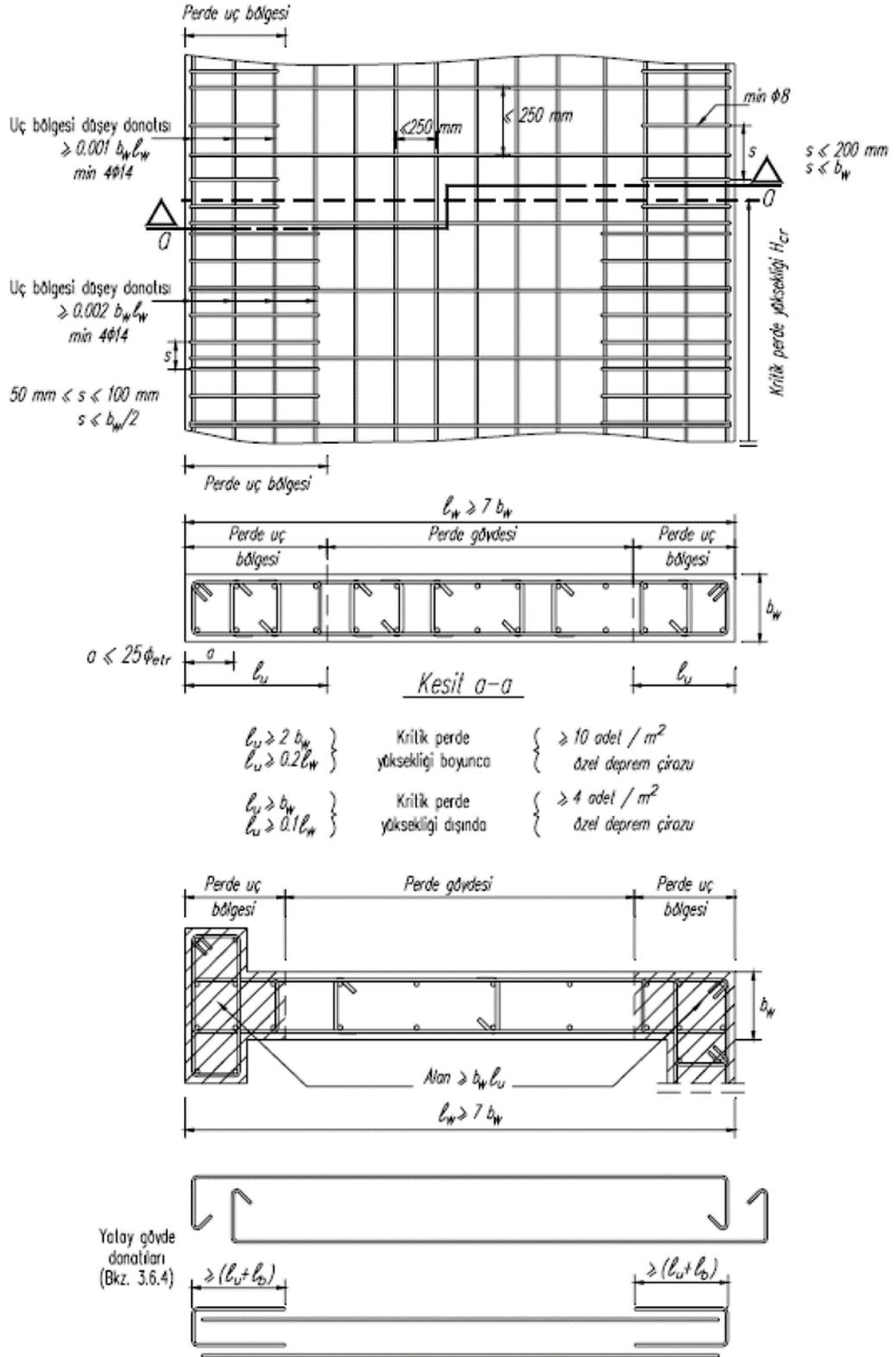
$$D * V_d = V_c + V_w$$

$$V_c = 0.65 * A_{ch} * f_{ctd}$$

$$V_w = A_{ch} * \rho_{sh} * f_{ywd}$$

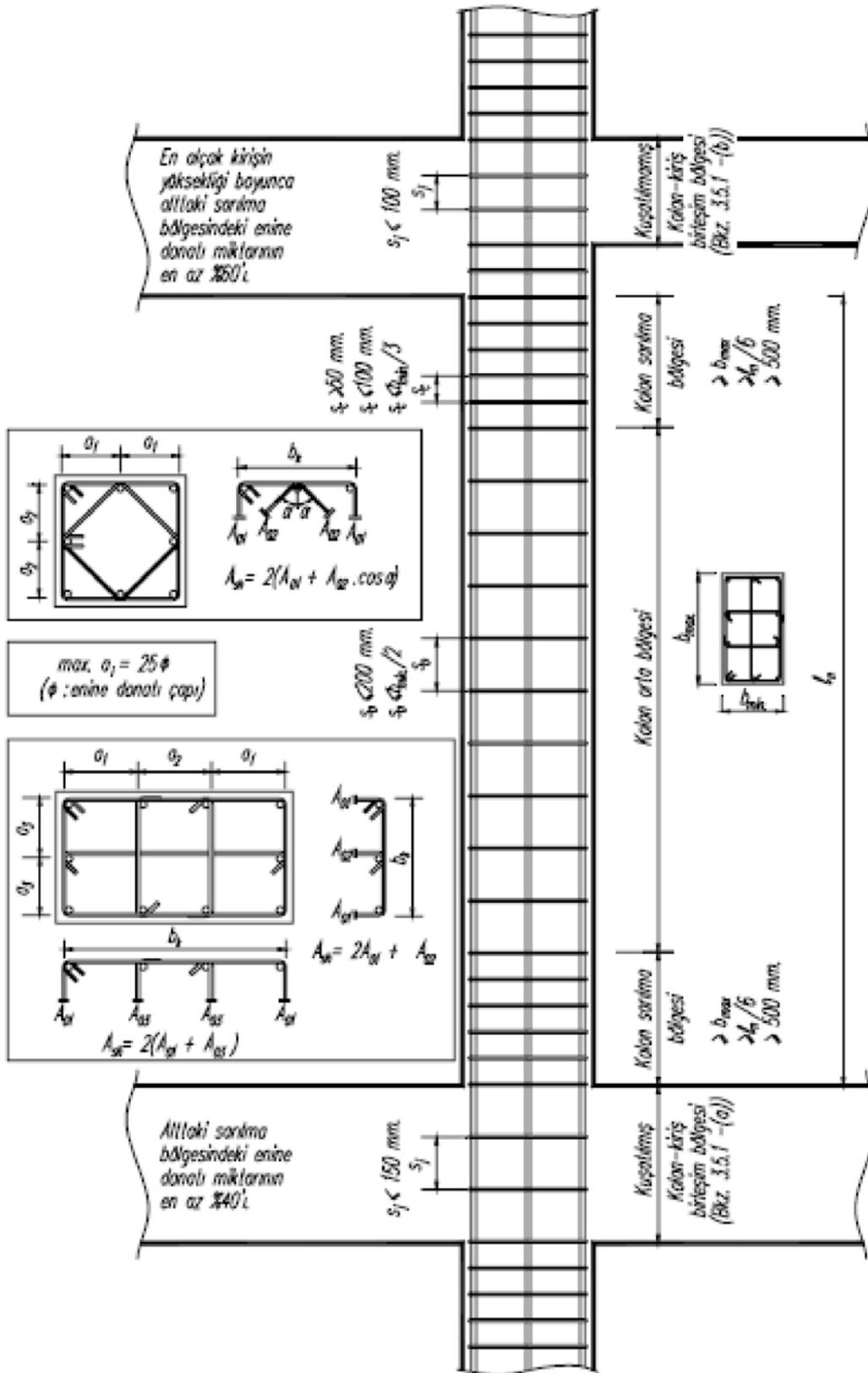
Sürtünme kesmesi hesabı:

$$V_r = 0.9G * \mu + A_{wf} * f_{yd} * \mu$$



Şekil 5.14: DBYBHY 2007 Perde detaylandırma kriterleri

5.6 Kolonların Tasarımı



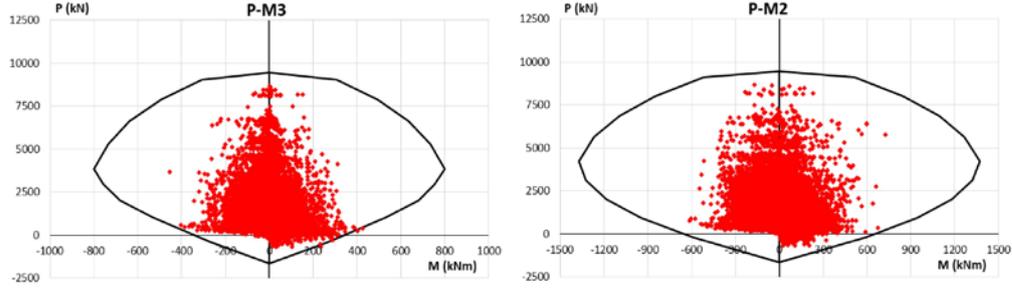
Şekil 5.15: DBYBHY 2007 Kolon detaylandırma kriterleri

Üst yapıdaki 5 blokta bulunan bazı kolonlar için düşey yükler altında ve depremli durumda aksenal kuvvet/kapasite kontrolleri Tablo 5.10'da gösterilmiştir.

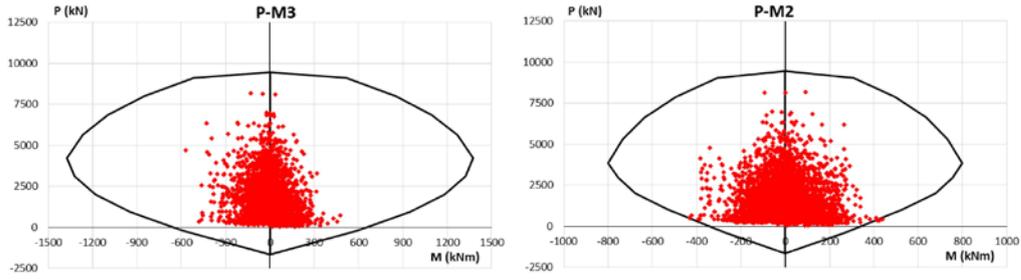
Çizelge 5.10: Kolonlarda düşey yük altında ve deprem etkisi altında aksenal yük kontrolü

Kolon	Kat	Adı	Kesit	A_c (m ²)	1.4G+1.6Q (kN)	$N_d/0.6f_{ck}A_c$	Durum	G+Q+E(kN)	$N_d/0.5f_{ck}A_c$	Durum
C100	35.3	2635	C50X100	0.50	345	0.03	Yeterli	301	0.03	Yeterli
C101	35.3	2636	C50X100	0.50	335	0.03	Yeterli	332	0.04	Yeterli
C102	35.3	2637	C100X40	0.40	245	0.03	Yeterli	251	0.04	Yeterli
C106	35.3	2638	C80X40	0.32	133	0.02	Yeterli	146	0.03	Yeterli
C107	35.3	2639	C80X40	0.32	362	0.05	Yeterli	337	0.06	Yeterli
C108	35.3	2640	C50X100	0.50	746	0.07	Yeterli	676	0.08	Yeterli
C109	35.3	2641	C50X100	0.50	647	0.06	Yeterli	601	0.07	Yeterli
C110	35.3	2642	C50X100	0.50	459	0.04	Yeterli	432	0.05	Yeterli
C111	35.3	2643	C40X80	0.32	239	0.04	Yeterli	311	0.06	Yeterli
C113	35.3	2644	C50X100	0.50	243	0.02	Yeterli	349	0.04	Yeterli
C114	35.3	2645	C50X100	0.50	363	0.03	Yeterli	367	0.04	Yeterli
C115	35.3	2646	C50X100	0.50	353	0.03	Yeterli	354	0.04	Yeterli
C116	35.3	2647	C50X100	0.50	278	0.03	Yeterli	257	0.03	Yeterli
C126	35.3	3826	C100X50	0.50	357	0.03	Yeterli	369	0.04	Yeterli
C127	35.3	3827	C100X50	0.50	345	0.03	Yeterli	294	0.03	Yeterli
C129	35.3	3828	C100X50	0.50	469	0.04	Yeterli	417	0.05	Yeterli
C130	35.3	3829	C100X50	0.50	639	0.06	Yeterli	593	0.07	Yeterli
C131	35.3	3830	C100X50	0.50	736	0.07	Yeterli	644	0.07	Yeterli
C132	35.3	3831	C40X80	0.32	365	0.05	Yeterli	323	0.06	Yeterli
C133	35.3	3832	C40X80	0.32	136	0.02	Yeterli	147	0.03	Yeterli
C137	35.3	3833	C100X50	0.50	285	0.03	Yeterli	262	0.03	Yeterli
C138	35.3	3834	C100X50	0.50	350	0.03	Yeterli	330	0.04	Yeterli
C139	35.3	3835	C100X50	0.50	363	0.03	Yeterli	339	0.04	Yeterli
C140	35.3	3836	C100X50	0.50	208	0.02	Yeterli	320	0.04	Yeterli
C150	35.3	3386	C40X80	0.32	221	0.03	Yeterli	258	0.05	Yeterli
C151	35.3	3387	C190X40	0.76	636	0.04	Yeterli	555	0.04	Yeterli
C152	35.3	3388	C40X80	0.32	352	0.05	Yeterli	346	0.06	Yeterli
C153	35.3	3389	C50X90	0.45	432	0.05	Yeterli	353	0.04	Yeterli
C154	35.3	3390	CC100	0.79	639	0.04	Yeterli	616	0.04	Yeterli
C155	35.3	3391	C50X90	0.45	374	0.04	Yeterli	415	0.05	Yeterli
C156	35.3	3392	C90X50	0.45	447	0.05	Yeterli	394	0.05	Yeterli
C181	35.3	2648	C40X140	0.56	285	0.02	Yeterli	712	0.07	Yeterli
C100	31.5	2614	C50X100	0.50	837	0.08	Yeterli	726	0.08	Yeterli
C101	31.5	2615	C50X100	0.50	824	0.08	Yeterli	815	0.09	Yeterli
C102	31.5	2616	C100X40	0.40	580	0.07	Yeterli	594	0.08	Yeterli
C104	31.5	2617	C80X40	0.32	592	0.09	Yeterli	531	0.09	Yeterli
C105	31.5	2618	C50X100	0.50	663	0.06	Yeterli	655	0.07	Yeterli

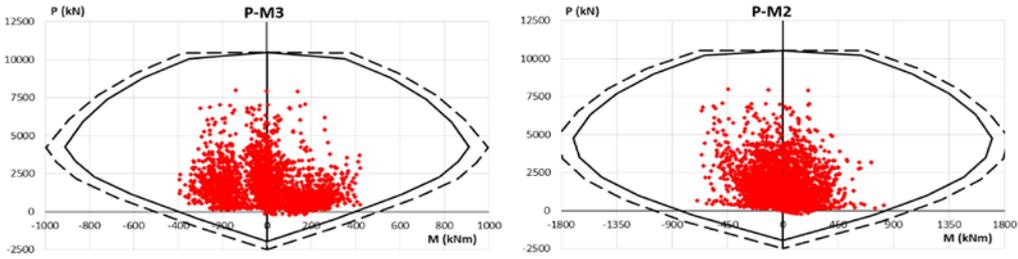
Üst yapıdaki 5 blokta bulunan bazı kolonlar için örnek olması açısından P-M diyagramları her bir kesit için ayrı olarak aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



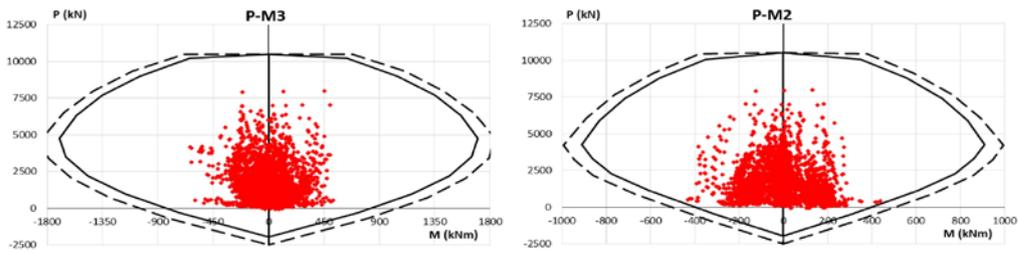
Şekil 5.16: 50 x 90 kesiti için P-M diyagramları



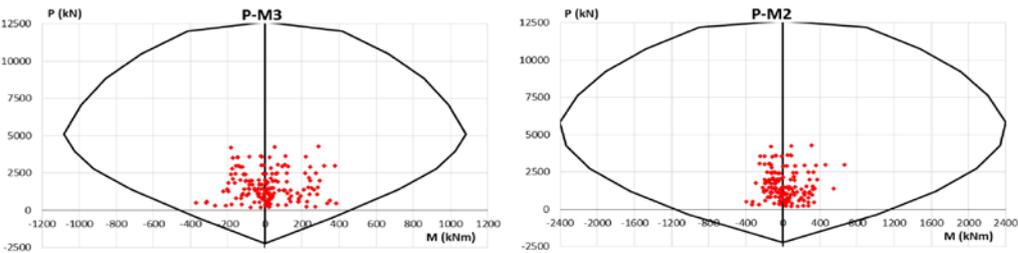
Şekil 5.17: 90 x 50 kesiti için P-M diyagramları



Şekil 5.18: 50 x 100 kesiti için P-M diyagramları



Şekil 5.19: 100 x 50 kesiti için P-M diyagramları



Şekil 5.20: 50 x 120 kesiti için P-M diyagramları

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hastane binasının tasarımı 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

a) Ön tasarım:

Üst yapı için detaylı lineer bir model oluşturuldu ve deprem kuvveti olarak 0.10W'luk taban kesme kuvveti uygulanarak taşıyıcı sistem elemanlarının ön boyutları belirlendi. TS-500, DBYBHY-2007 ve Deprem Etkisi Altında Binaların Tasarımı İçin Yönetmelik (2017-Taslak) kullanılarak ön tasarım gerçekleştirildi. 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 belirlendi. Yapı mimari planlarına göre düşey yükler belirlenip, önceden belirlenen kriterler ile modal analiz yardımıyla deprem kuvvetleri hesaplanarak ilgili yönetmeliklerde verilen yük kombinasyonları kullanılmıştır.

b) Ön tasarımın doğrulanması:

Bu aşamada izolatörlerin nonlineer özellikleri ve temel/zemin parametreleri dikkate alınarak analizler tekrarlandı. Depremsellik kısmında açıklanan deprem kayıtları kullanılarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri yapıldı. Her bir kayıt 2 farklı yön için dikkate alındı ve toplamda DD-1 ve DD-2 için 28 farklı doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak analiz yapıldı. Üst yapı lineer olarak modellendi ve sönüm oranı %5 alındı. 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 amaçlandı. İzolatörlerin kapasitesi ve taşıyıcı sistemi oluşturan yapının yeterliliği kontrol edildi.

c) Ayrıntılı tasarım:

2. aşamada elde edilen analiz sonuçlarına göre, yapı elemanlarının detay tasarımı yapıldı. Ayrıca izolatörlerin altında bulunan pedestal elemanların tasarımında P- Δ etkileri hesaba katıldı.

Sonuç olarak yapı için öngörülen performans hedefleri aşağıda listelenmiştir:

- Tasarımda depremde kesintisiz kullanım / minimum hasar
- Tasarımda depremde yapısal olmayan elemanlarda kullanım
- Maksimum 0.2g kat ivmesi
- Maximum 0.005 katlar arası görelî ötelenme
- Göz önüne alınan en büyük depremde üst yapıda minimum yapısal hasar
- Göz önüne alınan en büyük depremde izolâtör ve izolâtör altı seviyelerde operasyonel kullanım

Olası bir depremde (DD-2), izolâtörlerin üst sınır özellikleri kullanılarak, izolâtör katı seviyesinin üzerinde oluşacak 0.114W'luk taban kesme kuvveti altında yapının kullanımı amaçlanmaktadır. Ayrıca izolâtörlerin alt sınır özellikleri kullanılarak en büyük depremde (DD-1) 21 cm'lik deplasman kapasitesi amaçlanmıştır ve yine MCE'de en büyük görelî kat ötelenme oranı 0.01 olarak hedeflenmiştir. Son olarak ise, izolâtör seviyesinde en büyük sönüm oranı %30 ile sınırlandırılmıştır. Kullanılan çift küresel yüzeyli sürtünmeli sarkaç tipi deprem yalıtım izolâtörleri, tasarım deplasmanı yüksek olan projelerde kullanılmak üzere üretilmiştir. Bu seviyelerdeki tasarım deplasmanları, genellikle aktif faylara yakın sahalardaki yapılar için hesaplanan değerlerdir. TDP'de (TİS Double Pendulum) 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. TDP, kayıcı elemanın hem alt hem de üst destek plakası üzerinde hareket etmesi ile yatay deplasman ihtiyacını karşılar. TDP'de her iki plaka da yatay harekete katkı sağladığı için tek küresel yüzeyli sarkaç tipli çelik izolâtöre göre daha yüksek yatay deplasman kapasitelerine ulaşmak mümkündür ve bu nedenlerden dolayı Türkiye şartlarında bu izolâtörlerin kullanılması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Torunbalci N.** (2003). "Earthquake protective systems in civil engineering structures - evolution and application." Latini G, Brebbia C.A, Editors. Earthquake Resistant Engineering Structures IV, Southampton, Boston: WIT Press.
- Torunbalci N.** (2004). Seismic Isolation and Energy Dissipating Systems in Earthquake Resistant Design, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, B.C., Canada
- Olariu I.** (1995). "Passive control and base isolation". Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering. Vienna, Austria, Rotterdam:AA Balkema.
- Clark PW, Aiken ID, Nakashim M.** (1995). The Kobe Earthquake as a Trigger for Implementing New Seismic Design Technologies in Japan." conducted by SIE Inc., Earthquake Engineering Research Institute and National Science Foundation.
- Zasiah Tafheem, Tanvir Ahmed Arafat, Amlan Chowdhury and Ashique Iqbal.** (2015). Seismic Isolation Systems in Structures- the State of Art Review, Proceedings of 11th Global Engineering, Science and Technology Conference.
- Nobuo Murota, Maria Q. Feng and Gee-Yu Liu.** (2005). Experimental and Analytical Studies of Base Isolation Systems for Seismic Protection of Power Transformers.
- Coşkun E.** Yapıların Depreme Karşı Korunmasında Etkin Bir Çözüm Sismik İzolasyon, İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Michael D. Symans.** Seismic Protective Systems: Seismic Isolation
- Ülker Mühendislik.** (2017). Bilecik Devlet Hastanesi Yapısal Tasarım Raporu

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Bihter Dönmez

Doğum Tarihi ve Yeri: 11.01.1993 / Fatih

E-posta : bihterdonmeziu@gmail.com

Öğrenim Durumu

Yüksek Lisans: : İstanbul Aydın Üniversitesi
: İnşaat Mühendisliği 2015-2019

Lisans: : İstanbul Üniversitesi
: Çevre Mühendisliği 2012-2015

Lise: : Gaziosmanpaşa Anadolu Lisesi
: Fen Bilimleri 2007-2011

Mesleki Deneyim

SERKON A.Ş. : Proje ve Satış Mühendisi
Şubat 2017-Halen



