

T.C.
ADİYAMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OTOPARKLARDA SİSMİK İZOLASYON UYGULAMASININ YAPILARIN
DİNAMİK PERFORMANSINA ETKİSİ**

Hilal Betül BAŞARAN

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADİYAMAN, 2021

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTOPARKLARDA SİSMİK İZOLASYON UYGULAMASININ YAPILARIN DİNAMİK PERFORMANSINA ETKİSİ

Hilal Betül BAŞARAN

Adıyaman Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murat PALA
Yıl: 2021, Sayfa Sayısı 89

Jüri : Prof. Dr. Murat PALA
: Prof. Dr. Abdulkadir ÇEVİK
: Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÜNSAL

Çalışmamız yedi bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde; çalışmanın amacı, önemi ve yöntemi üzerinde durulmaktadır. İkinci bölümde, bu konu hakkında daha önceden yapılmış olan önceki çalışmalar kısmı yer almaktadır. Üçüncü bölümde, deprem, depreme dayanıklılık, sismik aktivite, süneklik, rijitlik, sismik izolasyon ve otopark gibi kavramlara ilişkin kavramsal çerçeveye yer verilmektedir. Dördüncü bölümde, normal yapılar ve sismik izolatörlü yapıların deprem performansları kıyaslanmakta ve sismik izolasyonlu yapıların Türkiye'de ve dünyada incelenmesinin yanında, sistemin özellikleri, sınıflandırılması, depreme karşı dayanıklılık ölçütleri ve Yönetmelik koşullarından bahsedilmektedir. Beşinci bölümde, otoparklardan söz edilmekte, Yapı Elemanlarının Davranışları, tasarımları ve depreme dayanıklılıkları tahlil edilmektedir. Altıncı bölümde, çalışmanın konusuna ilişkin yapılan 5 katlı otopark SAP2000 bilgisayar programında, yeni yürürlüğe giren 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği ele alınıp çizilerek gerekli izolatörler eklenmiştir. İzolatör eklenerek analizi yapılmış olan otoparkın araç doluluk oranlarına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Yedinci bölümde ise ortaya çıkan sonuçlar ve öneriler sıralanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Otopark, Deprem Performansı, Sismik Aktivite, Normal Yapı, Sismik İzolatörlü Yapı, Süneklik, Dayanım, Rijitlik,

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECT OF SEISMIC ISOLATION APPLICATION ON THE DYNAMIC PERFORMANCE OF CONSTRUCTIONS IN PARKING LOTS

Hilal Betül BAŞARAN

Adiyaman University
The Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering

Supervisor : Prof.Dr. Murat PALA
Year : 2021, Page 89

Jury : Prof. Dr. Murat PALA
: Prof. Dr. Abdulkadir ÇEVİK
: Dr. Öğr. Üyesi İsmail ÜNSAL

This research consists of seven chapters. The aim, significance and method of the research are emphasized in the first part. The second part includes previous related literature on the topic in this research. In the third part, the conceptual framework of notions such as earthquake, earthquake resistance, seismic activity, ductility, rigidity, seismic isolation and parking is given. In the fourth part, the earthquake performances of normal structures and structures with seismic isolators are compared and in addition to the examination of seismic isolated structures in Turkey and in the World, the characteristics of the system, its classification, earthquake resistance criteria and the conditions of the Regulation are mentioned. Parking lots are mentioned and the behaviors, designs and earthquake resistance of the Building Elements are analyzed in the fifth part. In the sixth part, the newly enacted 2018 Turkish Building Earthquake Regulation was drawn and the necessary isolators were added in the SAP2000 computer program for the 5-storey car park, which was carried out in this study. Vehicle occupancy rates of the parking lot which were analyzed by adding an insulator were compared. In the seventh part, the results and recommendations are listed.

Key Words: Parking Lot, Earthquake Performance, Seismic Activity, Normal Structure, Seismic Isolator Structure, Ductility, Strength, Rigidity,

BEYAN

"Otoparklarda Sismik İzolasyon Uygulamasının Yapıların Dinamik Performansına Etkisi" başlıklı tezimde çalışmaların tamamen akademik kurallara ve etik değerlere sadık kalınarak yürütüldüğünü ve yazımda yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ayrıca alıntılardan bilimsel etiğe uygun atıf yaparak yararlanmış olduğumu beyan ederim.

Hilal Betül BAŞARAN

İmza

TEŞEKKÜR

"Otoparklarda Sismik İzolasyon Uygulamasının Yapıların Dinamik Performansına Etkisi" başlığı altında incelenecek bu çalışma boyunca bana yardım, eleştiri ve katkılarıyla desteğini esirgemeyen hocam Prof. Dr. Murat PALA' ya teşekkür etmeyi kendime bir borç bilirim.

Bugünlere gelmemde büyük emeği geçen, benden gerek maddi gerekse manevi hiçbir şekilde desteklerini esirgemeyen sevgili ailem; babam Mehmet DURMUŞ' a, biricik annem Yasemin DURMUŞ' a, kardeşlerime ve eşim Mehmet BAŞARAN' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
ABSTRACT	II
BEYAN	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
RESİMLER DİZİNİ	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR	XII
1. GİRİŞ.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	6
3.1. Deprem ve Depreme Dayanıklılık	6
3.2. Deprem Performansı	7
3.3. Sismik Aktivite	8
3.4. Sismik İzolasyon.....	9
3.5.Sismik İzolatörlü Yapı	10
3.6. Rijitlik	11
3.7. Süneklik	13
3.8. Otopark	15
4. NORMAL YAPILAR VE SİSMİK İZOLATÖRLÜ YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARI	17
4.1. Normal Yapılar	17
4.1.1. Tasarımları	18
4.1.2. Şiddetli Depremlere Olan Dayanıklılıkları ve Buna Yardım Eden Ursurlar	19
4.2.Sismik İzolatörlü Yapılar Hakkında Kısa Bilgi	22
4.2.1. Kavram Analizi ve Sistemin Özellikleri	24
4.2.2. Sismik İzolasyon Sistemlerinin Tasarımı.....	25

4.2.3.Sismik İzolasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması	28
4.2.4. Depreme Dayanıklılıkları	31
4.2.5. Yönetmelik Koşulları	32
4.2.6. Türkiye'de ve Dünyada Gelişimi.....	33
5. OTOPARKLAR	40
5.1. Otopark Hakkında Genel Bilgi	40
5.1.1. Yapı Elemanlarının Davranışları Açısından Otoparklar	41
5.1.2. Tasarımları	42
5.1.3. Depreme Dayanıklılıklarını Etkileyen Unsurlar	43
6. MATERİYAL ve YÖNTEM	45
6.1. Yapı Genel Bilgileri.....	45
6.2. Normal Yapının Tasarlanması	47
6.3. Sismik İzolatörlü Yapının Tasarlanması.....	56
6.3.1. Sismik İzolatörün Boyutlandırılması	57
6.3.2. Etkin Rijitlik ve İzolatör Yer Değiştirme Hesabı.....	57
6.4. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	62
6.5. Araç Yükünün Eklenmesi	71
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR.....	83
KİŞİSEL BİLGİLER	89

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Sünekliği etkileyen faktörler.....	14
Çizelge 4.1 Normal yapıların özellikleri.....	19
Çizelge 4.2 Türkiye'de kullanılan bazı sismik izolasyonlu yapılar ve izolasyon türleri.....	34
Çizelge 6.1 Yapı genel bilgileri.....	46
Çizelge 6.2 Yük tipleri ve yükleme durumları.....	52
Çizelge 6.3 Yük kombinasyonları.....	52
Çizelge 6.4 İzolatör boyutlandırılmasında kullanılacak değerler.....	58
Çizelge 6.5 Modal katkı faktörleri.....	64
Çizelge 6.6 Yapının modlara göre dağılımı.....	71
Çizelge 6.7 X yönü kat ötelemeleri.....	74
Çizelge 6.8 Y yönü kat ötelemeleri.....	75
Çizelge 6.9 X yönü görelî kat ötelemeleri.....	77
Çizelge 6.10 Y yönü görelî kat ötelemeleri.....	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Deprem oluşum mekanizması.....	6
Şekil 3.2 Deprem enerjisinin yapıya etkileri.....	8
Şekil 3.3 Sismik izolasyon ve enerji sönümleme sistemleri.....	10
Şekil 3.4 Atatürk Havalimanı dış hatlar terminali.....	11
Şekil 3.5 Rijit ve esnek yapı görünümü.....	12
Şekil 3.6 Çelik kolon altına yerleştirilmiş izolatörler.....	13
Şekil 3.7 Süneklik.....	14
Şekil 3.8 Araç park yerlerine göre kolon dizilimleri.....	16
Şekil 4.1 Depreme dayanıklı tasarım.....	18
Şekil 4.2 Dikilitaş altyapısı.....	20
Şekil 4.3 Marmara Depremlerinde meydana gelen ağır hasar ve çökmeler.....	21
Şekil 4.4 Klasik yapı ve sismik izolasyonlu yapı.....	23
Şekil 4.5 Sisteme ilişkin özellikler.....	25
Şekil 4.6 Deprem yalıtımlı yapıların tasarımı.....	27
Şekil 4.7 Kauçuk esaslı sismik izolatörler.....	29
Şekil 4.8 Sürtünme esaslı sismik izolatörler.....	30
Şekil 4.9 Sönümlendirme cihazlı yapıya ait basit bir tasarım örneği.....	31
Şekil 4.10 Gözlemlenen deprem ivmeleri.....	32

Şekil 4.11 Isparta Şehir Hastanesi (solda) üç boyutlu mimari görseli ve (sağda) sismik izolasyon katı mimari planı.....	35
Şekil 4.12 Manisa Eğitim ve Araştırma Hastanesi (solda) mimari genel görünüm ve (sağda) üst yapı blokları ve tipik kesit görüntüsü.....	36
Şekil 4.13 Antalya Havalimanı terminal binası.....	36
Şekil 4.14 The Foothill Communities Law and Justice Center binasının arka tarafı (solda) ve izolatör görünümü (sağda).....	37
Şekil 4.15 Kobe Depremi öncesi ve sonrası Japonya'da sismik izolasyon.....	38
Şekil 4.16 Yeni Zelanda parlamento binaları.....	39
Şekil 5.1 Otopark.....	40
Şekil 5.2 Tek yönlü caddede otopark giriş çıkış tasarımı	42
Şekil 5.3 Bitişik düzende park imkanı sağlayan döşemeler (solda) ve ekspres Çıkışlar için rampası olan eğimli döşemeler (sağda).....	43
Şekil 5.4 Çelik yapılarda tipik birleşim detayları.....	44
Şekil 6.1 Düzce Depremi X yönü ivme spektrumu.....	53
Şekil 6.2 Düzce Depremi Y yönü ivme spektrumu.....	53
Şekil 6.3 Hesaplanan periyot değerinin modlara göre değişimi.....	63
Şekil 6.4 Kolonların alt ucuna katlara göre aktarılan yükler (kN).....	65
Şekil 6.5 Alt kolon maksimum kesme kuvveti (kN).....	67
Şekil 6.6 Alt kolon maksimum moment değeri (kN.m).....	67
Şekil 6.7 X yönü kat ötelemeleri.....	68
Şekil 6.8 Y yönü kat ötelenmeleri.....	69

Şekil 6.9 X yönü görelî kat ötelemeleri.....	70
Şekil 6.10 Y yönü görelî kat ötelemeleri.....	70
Şekil 6.11 Yapının Mod1' e göre periyot değeri.....	72
Şekil 6.12 Normal yapıda katlara gelen kesme kuvveti.....	72
Şekil 6.13 İzolatörlü yapıda katlara gelen kesme kuvveti.....	73
Şekil 6.14 Yapının Mod1' e göre periyot değeri.....	74
Şekil 6.15 X yönü kat ötelemeleri.....	75
Şekil 6.16 Y yönü kat ötelemeleri.....	76
Şekil 6.17 X yönü kat görelî ötelemeleri.....	77
Şekil 6.18 Y yönü görelî kat ötelemeleri.....	78

RESİMLER DİZİNİ

Resim 6.1 Üç boyutlu yapı görünüşü.....	47
Resim 6.2 S420 için donatı malzeme özellikleri.....	48
Resim 6.3 Malzeme özellikleri tanımlanmış kolon ve kiriş yapısı.....	48
Resim 6.4 Response Spektrum eğrisine ait ivme değerleri.....	50
Resim 6.5 Spektrum eğrisi grafiği.....	51
Resim 6.6 Deprem kaydının spektrum eğrisiyle eşleştirilmesi.....	54
Resim 6.7 Düzce Depreminin X ve Y yönü ivme - zaman değerleri.....	55
Resim 6.8 Düzce Depreminin X ve Y yönü hız - zaman değerleri.....	55
Resim 6.9 Düzce Depreminin X ve Y yönü yer değiştirme - zaman değerleri.....	55
Resim 6.10 Sismik izolatör tanımlanmış yapının 3 boyutlu görünüşü.....	56
Resim 6.11 Sismik izolatörlü yapının toplam ağırlığı.....	57
Resim 6.12 Sürtünmeli sarkaç izolatör U2 ve U3 değerleri.....	62
Resim 6.13 Normal yapı kesme kuvveti diyagramı (kN).....	66
Resim 6.14 Sismik izolatörlü yapı kesme kuvveti diyagramı (kN).....	66

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Km	: Kilometre
kN	: Kilonewton
mt	: Metre
°	: Derece

Kısaltmalar

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
C.	: Cilt
Cz	: Hareketli Yük Azaltma Katsayısı
Çev.	: Çeviren
D	: Ulaşılan Maksimum Yerdeğiştirme
Der	: Dergisi
D_Y	: Başlangıç Akma Yerdeğiştirmesi
E_c	: Elastisite Modülü
Ex	: X Yönünde Deprem Yüğü
Ey	: Y Yönünde Deprem Yüğü
F	: Maksimum Yatay Kuvvet
Fak	: Fakültesi
f_{ck}	: Karakteristik Basınç Dayanımı
f_{ctk}	: Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı
FEMA	: Federal Emergency Management Agency
f_{yk}	: Donatı Sınıfı
G	: Ölü Yüğü
I	: Bina Önem Katsayısı
İBB	: İstanbul Büyükşehir Belediyesi
k	: Zemin Yatak Katsayısı
k_e	: Etkin Rijitlik

K_{eff}	: Efektif Yatay Rijitlik
LTD	: Limited
MEB	: Milli Eğitim Bakanlığı
Mim	: Mimarlık
Müh	: Mühendislik
n	: Hareketli Yük Katsayısı
P	: Düşey Kuvvet
$R_a(T)$	: Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı
R_c	: Etkin rijitlik yarıçapı
Q	: Hareketli Yüğü
s.	: Sayfa
S.	: Sayı
$S_{ae}(T)$	: DD-2 yer hareketi için yatay elastik tasarım spektral ivmesi
$S_{aR}(T)$	: Azaltılmış Tasarım Spektral İvmesi
S_{DS} ve S_{D1}	: Tasarım İvme Katsayısı
S_S ve S_1	: Harita Spektral İvme Katsayıları
T	: Doğal Titreşim Periyodu
T_A ve T_B	: Yatay Tasarım Köşe Periyotları
T.C.	: Türkiye Cumhuriyeti
T_D	: Tasarım Periyodu
T_M	: Maksimum Periyot
TMH	: Türkiye Mühendislik Haberleri
TS	: Türk Standartları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UK	: Birleşik Krallık
V.d.	: Ve diğerleri
W_d	: Tüketilen enerji
β_e	: Etkin Sönüm Oranı
μ_e	: Etkin Sürtünme Katsayısı

1. GİRİŞ

Depremler sayesinde meydana gelen sismik aktiviteler, depremlerin şiddetine göre değişim göstermektedir. Elbette her bir yapının aynı şiddetteki depremde etkilenme düzeyi de bazı değişkenlere göre farklılık barındırmaktadır. Burada binanın yapı malzemeleri, bulunduğu yer, izolatörlü veya izolatörsüz olması gibi birçok farklı unsur ön plana çıkmaktadır. Çalışmamız içerisinde ise normal yapı ile sismik izolatörlü yapının otoparklar üzerinde nasıl bir dinamik performans gösterdiği tahlil edilmektedir.

Çalışmamızın amacı, sismik izolatörlü yapılar ile normal yapılar arasındaki farkların tespit edilmesinden meydana gelmektedir. Normal yapıların oluşumları, yapı tasarımları ve depreme karşı dayanıklılıkları çeşitli parametreler aracılığı ile incelenmektedir. Buna karşın sismik izolatörlü yapıların depreme olan dirençleri ve şiddetli depremlerde gösterdikleri performans günümüz teknolojileri bünyesinde ele alınmaktadır. Sismik izolatör olarak tasarlanmış olan otoparka ayrıca araç yükü yüklenerek bunların dinamik açıdan nasıl bir performans sağlayacağı açıklanmaya çalışılmaktadır.

Yapılarda sismik izolatörlerin kullanılması yapıya birçok alanda olumlu etki etmektedir. Deprem anındaki şekil değiştirmeler kopmalar daha çok sismik izolatörlerde meydana geldiğinden dolayı bu bölgeye daha fazla dikkat edilmektedir. Buraya gerekli müdahaleler yapılarak yapının deprem direncinde artış sağlaması amaçlanmaktadır. Bunun için de bu aşamada hangi tür izolatör kullanılması gerektiğine iyi karar verilmelidir. Çalışmamızda Sürtünmeli sarkaç izolatörü (Friction Isolator) kullanarak yapımızın deprem performansını normal yapıyla birlikte ele alıp değerlendirmeye çalıştık.

Çalışmamızın önemi irdelendiğinde, aktif fay hatlarının yaygın olduğu Türkiye coğrafyasında yapıların tasarımlarının incelenmesi ön plana çıkmaktadır. Normal yapılar ile sismik izolatörlü yapıların otoparklarda araç yükü etkisinde yapıya hangi durumlarda ne kazandırdığı incelenmektedir.

Çalışmamız içerisinde nitel araştırma yöntemine başvurulmaktadır. Kavramsal analizlere gidilmekte ve birincil kaynakların kullanılmasına özen gösterilmektedir.



2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Pan ve Kelly (1983), Kauçuk Mesnetli taban izolasyonuna sahip yapıyı dinamik açıdan incelemiştir. Rijitlik ve Kütle Merkezi arasındaki burulmadan kaynaklı eksantirisiteyi incelemiştir [1].

Maria O. Moroni, Mauricio Sarrazin ve Ruben Boroschek (1998), Şili'de taban üzerine izole edilmiş binada deneyler yapmışlardır. Bu deneyi yaparken Yüksek Sönümlü Kauçuk İzolatör kullanarak 4 katlı bir bina üzerinde deneyler yapmışlardır. Bu deneyi yaparken binanın yakınlarına bir ivme ölçeği yerleştirmişler ve yerleştirilen ivme ölçekleri ile son 3 yılda 24 adet farklı şiddette deprem kaydı oluşturmuşlardır. Daha sonra bu ivme kayıtlarını sismik izole edilmiş bina üzerinde kullanılmaya başlanılmış ve maksimum ivme değerlerini bulunmuştur [2].

Çağlar (2002), çalışmasında yapı elemanlarının rijitliğini azaltılıp, titreşim periyodunun belirli bir aralığa getirilerek deprem kuvvetinin en aza indirilebileceğini açıklamıştır. Bunun için de sismik izolatör kullanılmasının gerekliliği üzerinde durmuştur. Sismik izolatörlerin başlangıçta hastane, okul, askeri binalar vb. özel yapıların deprem anında hasar almaması için öncelikli olarak uygulanması gerektiğini savunmuştur [3].

Baştuğ (2004), mevcut bir betonarme binaya kauçuk mesnet, kurşun saplamalı kauçuk mesnet ve sürtünmeli sarkaç mesnet UBC yönetmeliğinde öngörülen hükümler doğrultusunda Visual Basic programlama dili ile tasarlayarak statik analizini yapıp daha sonra ankastre mesnetli betonarme bina ile zaman tanım alanında lineer olmayan analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır [4].

Yücesoy (2005), 5 katlı olarak tasarlanmış örnek bir bina önce ankastre temelli daha sonra sismik izolasyonlu olarak analiz edilmiştir. İzmit ve Erzincan depremlerine ait ivme kayıtları kullanılarak deprem altında analizleri yapılmıştır. Taban izolasyonunda kurşun çekirdekli kauçuk izolatör kullanılarak mevcut yönetmeliklere göre boyutlandırılıp ve piyasada mevcut firmalar tarafından üretilen izolasyon mesnetinin özellikleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Boyutlandırılan

izolasyonun ankastre temelli binaya göre avantajları ve dezavantajları, yer değiştirmeleri, kat ötelenmeleri, periyotları, moment değerleri karşılaştırılmıştır [5].

Tolay (2006), izolasyonlu ve ankastre mesnetli 2 adet yapı modeli ele alınarak bu yapılar Sta4CAD bilgisayar programıyla çözülmüş her iki yapı modelinin daha sonradan maliyet karşılaştırması yapılmıştır [6].

Pekgökgöz, Gürel, Kömür ve Çılı (2007), 1.derece deprem bölgesinde olan 6 katlı bir yapı ele alıp sabit tabanlı ve sismik izolatör tabanlı olması durumlarını inceleyip toplam yapı maliyetlerini karşılaştırmıştır [7].

Soyluk (2010), düşeyde ve planda düzensizlik durumunu içeren L şeklinde kalıp planına sahip düzensiz bir yapı ele alarak 3 şekilde modellemiştir. Bu modellenen şekiller; Ankastre tabanlı, kurşun kauçuk mesnetli ve yüksek sönümleyici kauçuk mesnetlidir. Erzincan deprem kaydı kullanılarak zaman tanım alanında dinamik analiz yapılarak normal yapılar ve sismik izolatörlü yapılar deprem performansı açısından karşılaştırılmıştır [8].

Güner (2012), perdeli ve çerçevesli taşıyıcı sisteme sahip 8 katlı bir hastane binası öncelikle klasik yöntemle göre daha sonra kurşun çekirdekli kauçuk izolatöre göre çözülmüştür. ETABS programı kullanılarak tasarlanan bu yapıların dinamik karakteristiklerinin karşılaştırılmasının yapılması ve sismik izolatörlerin karakteristik özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır [9].

Li, Yong (2014), Kaliforniya Yüksek Hızlı Demiryolu (CHSR) protatip köprü yatağı sismik izolatörlü ve sismik izolatörsüz şekilde tasarlanıp gerekli maliyet ve yerdeğiştirme hesabı karşılaştırılmıştır [10].

Karakurt (2015), sismik izolatörün kullanımına bağlı olarak kat adedi etkisinin yapısal davranışa etkisini belirlemek için 5,10 ve 15 katlı yapılara tek yüzeyi sürtünmeli sarkaç izolatörü tanımlayarak kat etkisinin deprem performansı üzerinde etkisini incelemiştir [11].

Sevim (2016), betonarme perdeli çerçevesli taşıyıcı sistemi sahip bir hastane binası hem ankastre mesnetli hem de sismik izolatörlü olarak SAP2000 paket

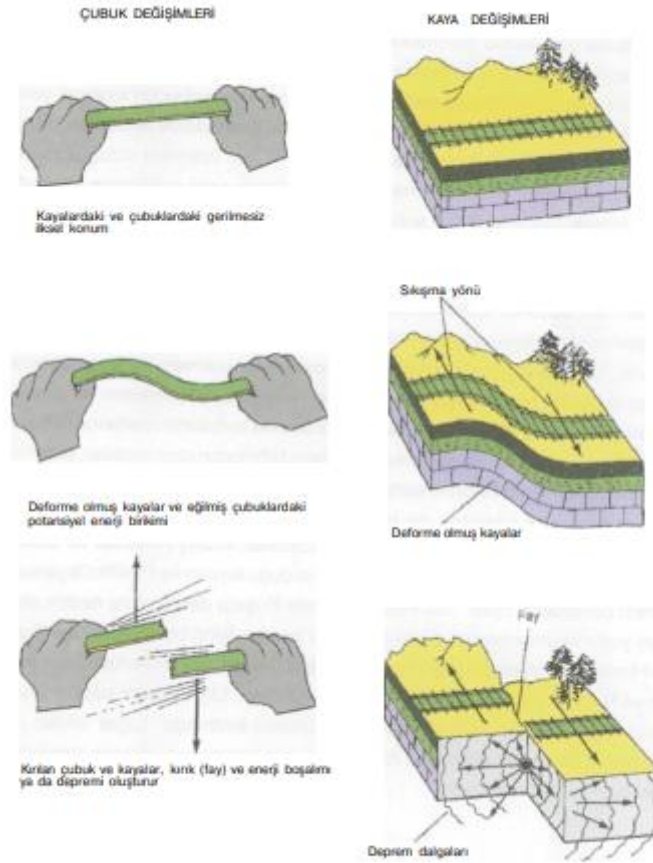
programında tasarlanmıştır. Sismik izolatör olarak yüksek sönümlü kauçuk mesnet tercih edilmiştir. Daha sonra bu model 1980 Loma Prieta ve 1999 Kocaeli Depremi uygulanarak çözülmüş ve modelde bazı düğüm noktalarında kesit boyunca oluşan etkiler ve yer değiştirme değerleri karşılaştırılmıştır [12].

Türk (2019), perdeli- çerçevesel taşıyıcı sisteme sahip bir sağlık merkezi binası, taşıyıcı elemanları boyutlandırılarak 6, 12 ve 18 kat için ankastre mesnet, kurşun çekirdekli kauçuk izolatör ve sürtünmeli sarkaç izolatör eklenerek 9 farklı model oluşturulmuştur. SAP2000 programında tasarlanan bu elemanların davranış sonuçlarında hangi katta daha etkili olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır [13].

3. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

3.1. Deprem ve Depreme Dayanıklılık

Yerkabuğunda kırılmalar söz konusu olduğunda, titreşimler aniden ortaya çıkmakta ve dalgalar halinde geçtikleri tüm ortamlarda sarsılmaktadırlar. Bu olaya deprem ismi verilmektedir [14].



Şekil 3.1 Deprem oluşum mekanizması [15]

Depremler, hafif sarsıntılar ile başlamakta ve yer içinden gelen top sesleriyle devam etmektedir. Sarsıntı aniden şiddetlendikten sonra en yüksek seviyesine ulaşmaktadır. En büyük hasarı oluşturduktan sonra yavaşlamakta ve hafif

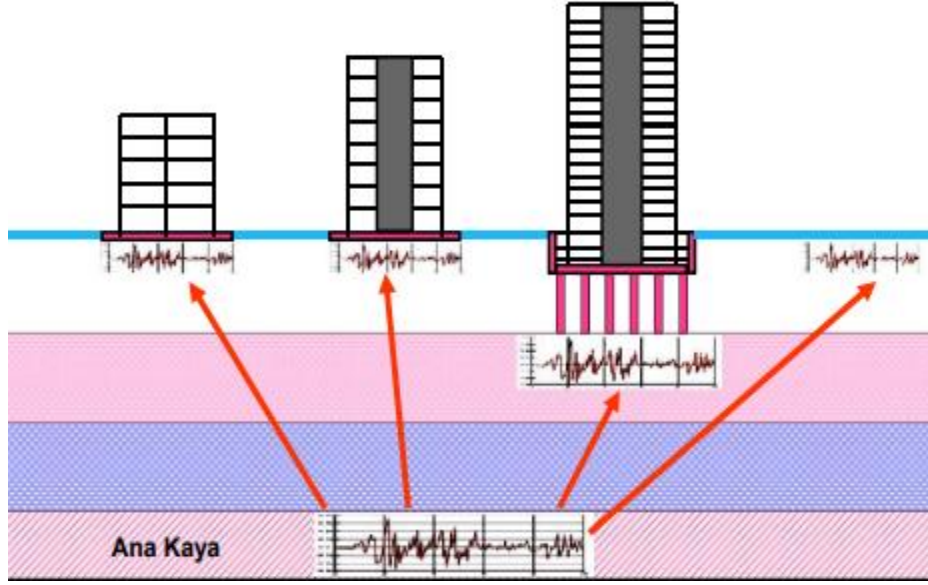
sarsıntılarla devam etmektedir. Büyük bir deprem meydana geldiğinde yüzlerce kilometrelik çatlaklar ve yarıklar oluşmaktadır [16].

Betonarme yapılar, depreme karşı yığma yapılara göre çok daha fazla dayanıklıdır. Kristal ve katmanlı bir yapısı olmayan tuğla ve harçtan oluşan yığma yapı elemanlarının sünek davranması olarak dışıdır. Tuğla duvarlar, gevrek yapı elemanlarıdır. Bu nedenle tuğla duvarlar betonarme gibi donatılı yığma yapı olarak yapılırsa, sünek bir nitelikleri olmaktadır. Kalıcı deformasyon yaparak deprem enerjisi tüketme güçleri, betonarme yapılara göre çok azdır. Bu bakımdan 1. derece deprem bölgelerinde zemin ve birinci kat olmak üzere en çok iki katlı yapılabilirler. 2. ve 3. derece deprem bölgelerinde 3 katlı, 4. derece deprem bölgelerinde 4 katlı yapılabilirler. İstenirse bir de bodrum katları olabilir. Tuğla yığma yapıların konut dışında, içinde çok sayıda insan bulunabilen okul, cami, sağlık evi, işyeri gibi amaçlı yapılar olmaması gerekir. Burada verilen ayrıntılara uyularak yapılmış tuğla yığma yapıların deprem dayanımları biraz daha yüksektir [17].

Türkiye’de yapıların büyük bir oranı yığma olarak yapılmaktadır. Yığma yapılar bazı açılardan üstün olmalarına karşın, çok ağır olmaları ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelendirilmezler. Ancak ekonomik koşullar karşısında, Türkiye’de yığma yapı yapımı devam edeceğinden, bu yapıların elden geldiğince depreme dayanıklı yapılması, depremlerdeki davranışlarının bilinmesi ve deprem dayanımlarının artırılması gerekir [18].

3.2. Deprem Performansı

Deprem performansı tanımlanmak istendiği takdirde, deprem etkisi altına giren yapıda meydana gelebilecek hasar seviyesini ve yaptığı dağılıma bağlı olarak saptanan yapı güvenliği durumunu ifade ettiği görülmektedir. Deprem enerjisinin yapıya olan etkileri analiz edilmek istendiğinde;



Şekil 3.2 Deprem enerjisinin yapıya etkileri [19]

Depremler, bir yapının belirli bir bölgesinin yük taşıma kapasitesi aşıldığında, o bölgedeki bir yapısal elemanın önemli ölçüde hasar görmesine neden olabilecek büyüklükte iç gerilmeler oluşturmaktadır. Bu, yapının kısmen veya tamamen yıkılmasına sebep olabilmektedir. Yapısal performansı etkileyen bir diğer etken de yapıların temellerinde, zeminin dayanımının yeterli olmaması veya yer altı suyu seviyelerindeki değişimlerden kaynaklanan farklı oturmalaradır. Bu şekilde oluşan temel oturmaları strüktürel elemanlarda çok büyük iç gerilmeler yaratır. Bu kuvvetler belirli bir yapı elemanının hasar görmesine veya tüm yapının çökmesine neden olabilir [20].

3.3. Sismik Aktivite

Deprem olayı meydana geldiğinde, depreme ilişkin frekans, tür ve büyüklükten bahsedilmektedir. Tüm bu veriler ise sismik aktiviteyi meydana getirmektedir [21].

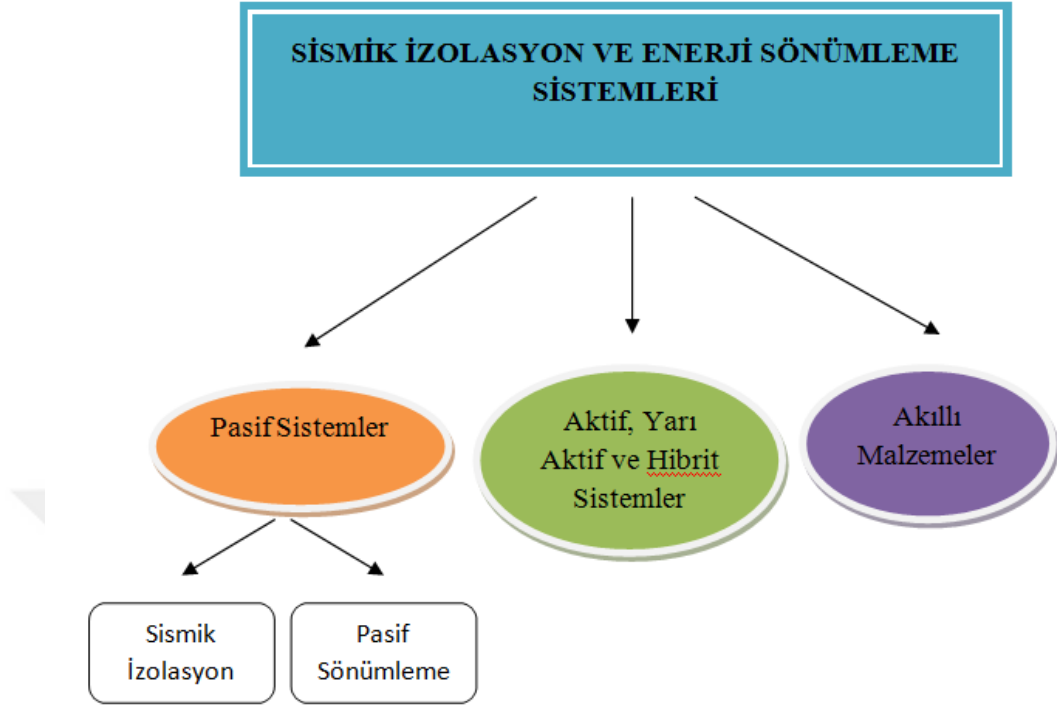
Depremselliğin tanımlanmasında, depremlerin meydana gelmesiyle ortaya çıkan alana ve zamana karşılık gelen sismik aktivitelerdir [22]. İlerleyen

zamanlarda ise sismik aktivite kavramı daha fazla kullanılarak depreme ilişkin çeşitli aydınlatıcı veriler gündeme gelmiştir [23].

Bu açıklamalar ışığında her bir fay hattının kendi yapısına göre çeşitli sismik aktiviteler ürettiği ve bu aktivitelerinse uzmanlar tarafından yıllarca araştırılarak bazı karakteristiklerin çıkarıldıkları bilinmektedir.

3.4. Sismik İzolasyon

Taşıyıcı sisteme ait doğal periyot, depreme karşı yapının gösterdiği tepkiyi belirleyen en önemli unsurlardan kabul edilmektedir. Doğal periyotun bağlı olduğu unsurlar; yanal rijitlik, sönümlenme ve yapı kütlesi olmaktadır. Bahsedilen kriterler, yapıya ilişkin yüklerden bağımsız ve yapının doğal özellikleri olmaktadır. Bu özellikler aracılığı ile yapılan hesaplamalara ise doğal periyot ismi verilmektedir [24].

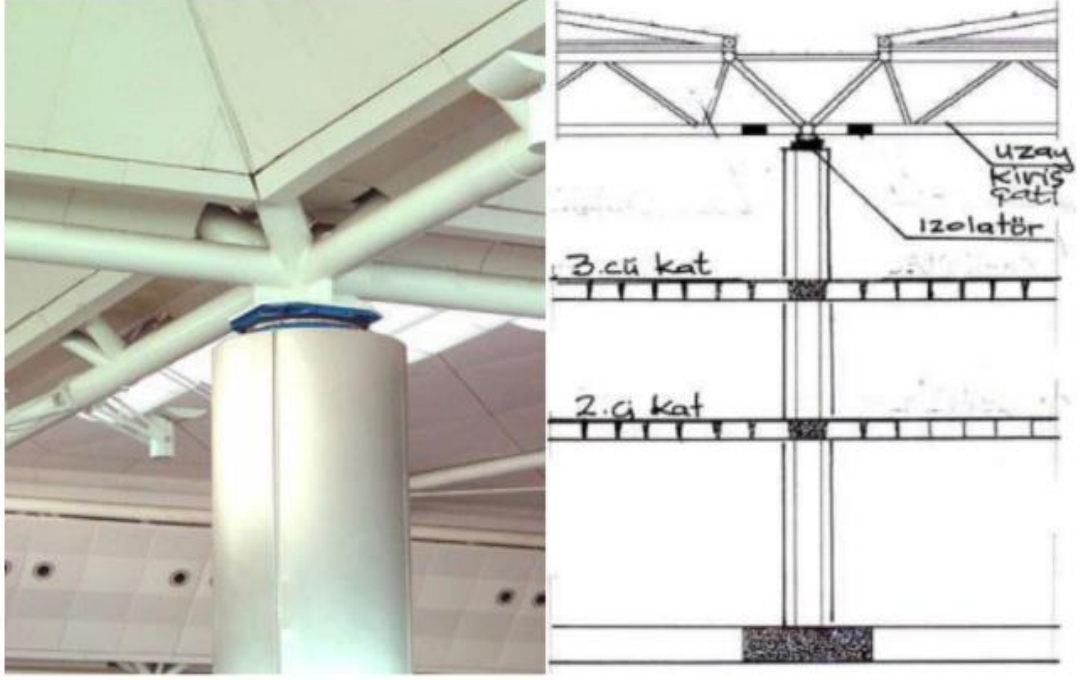


Şekil 3.3 Sismik izolasyon ve enerji sönümlleme sistemleri [25]

Sismik izolasyon genel manada tanımlanmak istendiğinde, deprem ivmesi ve yapıyla alakalı özellikler dikkate alınmak suretiyle, yapının sönümü ve periyodunu arttırarak, yapıya ilişkin rijitliği azaltarak, daha küçük ölçekteki deprem kuvvetlerinin yapıya erişmesini sağlamaktır. Bunun yanında, şiddetli depremlerde hasarın en aza indirilmesini ve küçük-orta şiddetli depremlerde ise hasarların önlenmesini sağlamaktadır [26].

3.5.Sismik İzolatörlü Yapı

Sismik izolasyon yöntemiyle birlikte, belirli ölçülerde yer değiştirebilen donanımlar yerleştirmek sureti ile zemin ile yapı arasındaki etkileşimin azaltılması ve yatayda esnek ve düşeyde ise rijit donanımlarla üst yapının yer hareketinden ayrılması sağlanmaktadır [27].

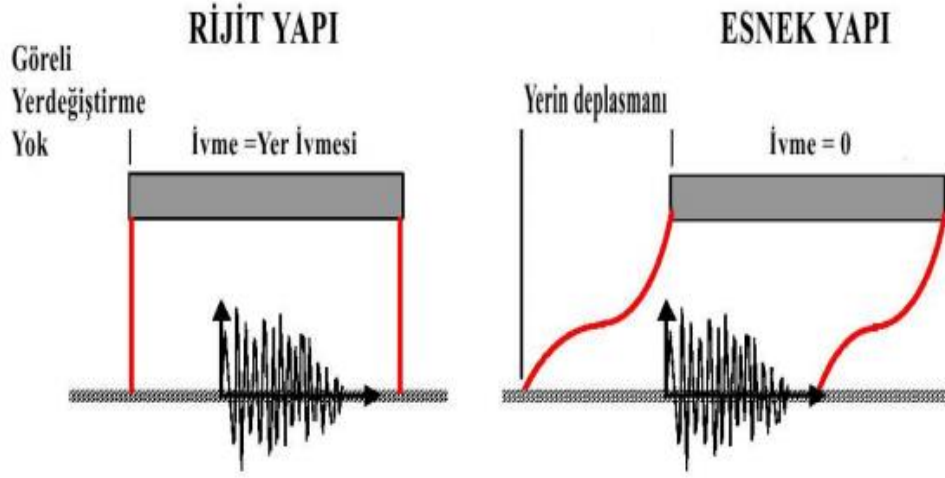


Şekil 3.4 Atatürk Havalimanı dış hatlar terminali [28]

Sismik izolasyonlu yapıların yaygınlıkla görüldüğü ülkeler arasında; ABD, Japonya, İtalya, Çin Halk Cumhuriyeti ve Yeni Zelanda yer almaktadır [26]. Sismik aktivite ve sismik izolasyonlu yapılardan kısaca bahsettikten sonra, konu ile ilişkili bir diğer kavram olan rijitlik üzerinde durulmasında fayda görülmektedir.

3.6. Rijitlik

Bir cisim kuvvet etkisi altındayken şekil değiştirmeye karşı fiziki manada direnç oluşturduğunda oluşan bu dirence "rijitlik" adı verilmektedir. Kütleleri başka noktalara bağlayan cisimlerde yer değiştirmeler söz konusu olduğunda, kütlelerin yer değiştirmesindeki en büyük etkenlerden biri gerçekleşmektedir. Rijitlik, katılık veya sertlik olarak da ifade edilmektedir. Bu noktada, cismin yük altındayken uğradığı etkiyle bu etki neticesinde ortaya çıkan değişimi ifade etmektedir [29].



Şekil 3.5 Rijit ve esnek yapı görünümü [30]

Yapılarda yeterli rijitliğin sağlanması amaçlanmaktadır. Yeterli rijitlik ile yapının çeşitli yer değiştirmeleri sınırlandırılmak istenmektedir. Yumuşak kat oluşumu ile yapı hasar görebilmekte veya yıkılabilmektedir. Bu noktada çeşitli biçimlerde meydana gelebilecek ötelenmelerin engellenmesi adına yeterli rijitlik önem taşımaktadır. Yeterli rijitlikle birlikte [31];

- Şekil değiştirmeden kaynak bulan ikinci derece momentlerin olabildiğince küçültülmesi,
- Sıklıkla gündeme gelen depremlerde oluşan kaplama ve sıvalarda görülen kırılma ve çatlak hasarlarını önlemek,
- Yapı periyodunu değiştirmek suretiyle yapı davranışını etkilemek söz konusu olmaktadır.

Rijitliğin artırılmasının büyük önem taşıdığı açıktır. Örnek verilecek olduğunda, özellikle taşıyıcı olmayan elemanlarda gündeme gelebilecek hasarın kontrol altına alınması hedeflenmektedir. Bu durum ise, yapılarda bulunan katların birbirlerine göre rölatif yatay ötelenmesini sınırlandırarak gerçekleşmektedir. Rijitliğin artırılmasıyla yüksek katlı binalarda deprem esnasında, düşey manadaki

yüklerin ikinci merteye etki ve yansımalarını sınırlandırmak adına kullanılmaktadır [32].



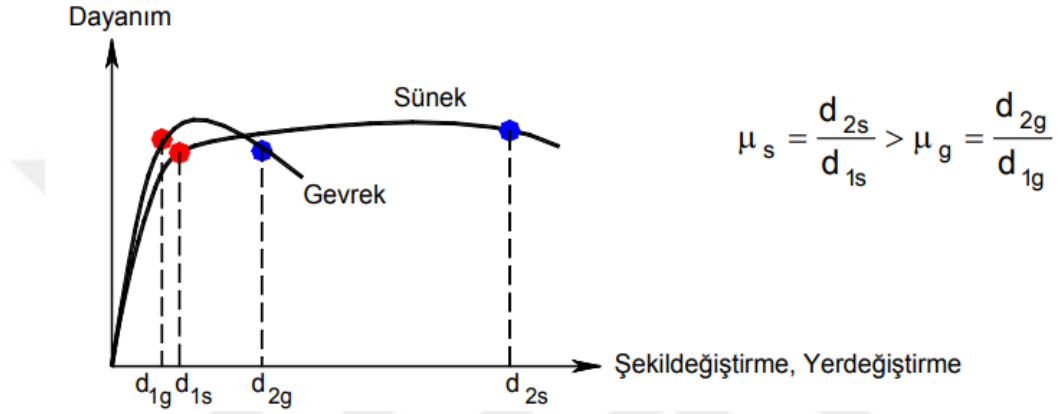
Şekil 3.6 Çelik kolon altına yerleştirilmiş izolatörler [33]

Sismik izolasyon uygulaması esnasında sıklıkla karşılaşılan sorun kat ile deplasmanlara ait ivmelerin aynı anda azaltılmasının gerekliliğidir. Şekil 3.6' da da görüldüğü üzere, bunu sağlama konusundaki en iyi yöntem, zeminle ve yapı arasına rijit bir izolasyonun yerleştirilmesidir. Bu noktada çelik levhaların elemana ilişkin düşey rijitliği arttırmak adına kullanıldığı görülmektedir.

3.7. Süneklik

Yer değiştirme veya şekil değiştirme durumunun dayanımda ciddi manada bir azalma söz konusu olmadan yapabilme özelliği "süneklik" olarak tarif edilmektedir. Gevrek, sünek olmayan manasına gelmektedir. Gevrek davranış ise dayanımın ani

bir biçimde kaybedildiği davranış şeklindedir. Sünekliğin artış göstermesiyle birlikte enerji tutabilme özelliğinde de artış olduğu görülmektedir. Farklı bir tanımlama kapsamında süneklik; en büyük yer değiştirmenin elastik yer değiştirmeye bölünmesi şeklindedir [34].



Şekil 3.7 Süneklik [34]

Betonarme yapılar, depreme karşı davranışları açısından yatay yük taşıyıcı sistemleri açısından iki ana gruba ayrılmaktadırlar. Bunlar; süneklik düzeyi açısından yüksek sistemler, süneklik düzeyi açısından normal sistemlerdir.

Çizelge 3.1 Sünekliği etkileyen faktörler [35]

Basınç Donatısı Miktarı	Özellikle kirişlerde
Çekme Donatısı Miktarı	Özellikle kirişlerde
Etriye Miktarı	Kolonlar ve kirişlerde
Yapı Elemanının Maruz Kaldığı Normal Kuvvet Düzeyi	Özellikle kolonlarda
Malzeme Dayanımının Düzeyi	Kolonlar ve kirişlerde

Sünekliğin bilinmesi iki sebepten dolayı önem taşımaktadır. Bunlar [36];

- Süneklik, yapı hasar görmeden evvel ne denli deformasyona maruz kalacağını tasarımcıya göstermektedir.
- İmal aşamasında ise metale verilebilecek deformasyon miktarı sünelik tarafından belirtilmektedir.

3.8. Otopark

Artan ulaşım kapasitesiyle bağlantılı olarak park ihtiyacında da büyük artışlar görülmektedir. Bu durumla minimum alan ile maksimum aracı kapsamayı hedeflemektedir. 20. yüzyılın başlarından itibaren ise çok katlı otoparklara rastlanmaktadır.

Otoparklar çeşitli türlere ayrılmak istendiğinde [37];

- Yol kenarı otoparkları,
- Yol dışı otoparkları,
- Katlı otoparklar ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3.8 Araç park yerlerine göre kolon dizilimleri [38]

Binalarının bodrumlarının otopark olarak kullanıldığı yerlerde, levha ve kabul elemanların kullanılmasıyla ayrıntılı sonlu elman modellemesi öneriler içerisinde. Bunun nedeni, geçiş döşemelerinde ve bodrumda meydana gelebilecek dayanım kayıpları ve rijitliğin önlenmesidir [39].

4. NORMAL YAPILAR VE SİSMİK İZOLATÖRLÜ YAPILARIN DEPREM PERFORMANSLARI

4.1. Normal Yapılar

Bu bölüm içerisinde normal yapılar genel hatlarıyla analiz edilmekte, tasarımlarından bahsedilmekte ve depreme olan dayanıklılıkları üzerinde çeşitli tartışmalara gidilmektedir.

Belirlenmiş olan ihtiyaçları karşılamak adına, yapı metotlarına uygun bir biçimde ve türlü malzemelerle inşa edilen tesislere normal yapılar adı verilmektedir [39].

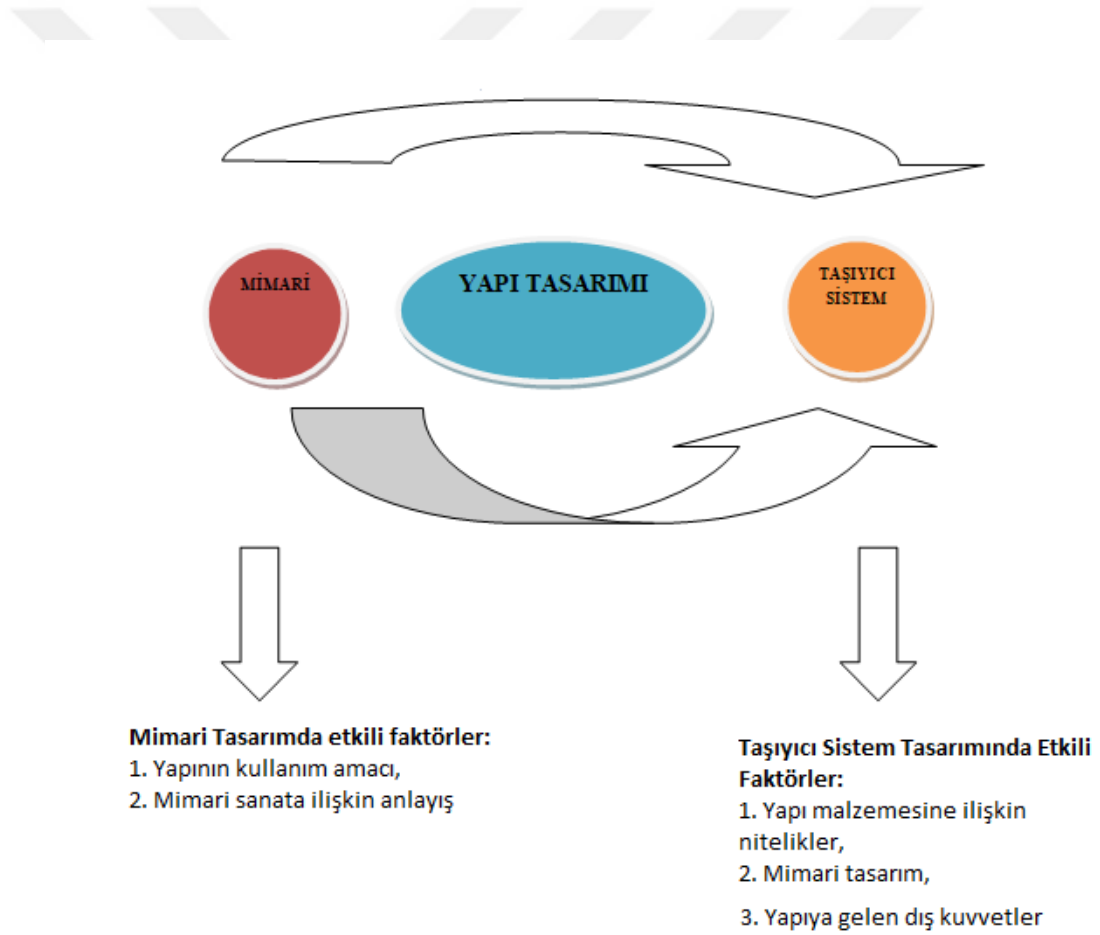
Yapılar görsele göre tasnif edilmek istendiğinde; normal yapılar, yüksek yapılar ve gökdelenler ön plana çıkmaktadır. Çalışmamız bünyesinde ise normal yapılardan ve özelliklerinden ve sismik izolasyonlu yapılarla arasındaki farklardan bahsedilmektedir.

Normal yapılarda amaçlanan, şiddetli depremlerde topyekün göçme ve can kaybının önlenmesi şeklindedir. Bu yapılar sayesinde birçok ülkede can kayıpları önlenmiş ancak binlerce ağır hasarlı binanın ülkenin sosyal ve ekonomik yapısına ağır bedeller ödediği açıktır [40]

Normal yapılardan kısaca bahsettikten tasarımları üzerinde durulması önem arz etmektedir. Bundan sonraki kısımlarda ise normal yapıların depreme dayanıklılığı ile sismik izolasyonlu yapıların dayanıklılıkları kıyaslanmaktadır.

4.1.1. Tasarımları

Bu noktada gündeme gelen tasarım anlayışları çerçevesinde ilk olarak, hafif şiddetli bir deprem olduğunda yapıda hiçbir hasarın olmaması gerekli görülmektedir. Orta şiddetli bir deprem söz konusu olduğunda ise onarılabilir ve hafif olmak koşuluyla yapısal elemanlarda hasar kabul edilebilir olmaktadır. Son olarak şiddetli bir deprem olduğunda yapısal elemanlarda onarılamayacak boyutta hasarın meydana gelmemesi ve binanın kullanılamaz durumda olmaması istenmektedir [41].



Şekil 4.1 Depreme dayanıklı tasarım [42]

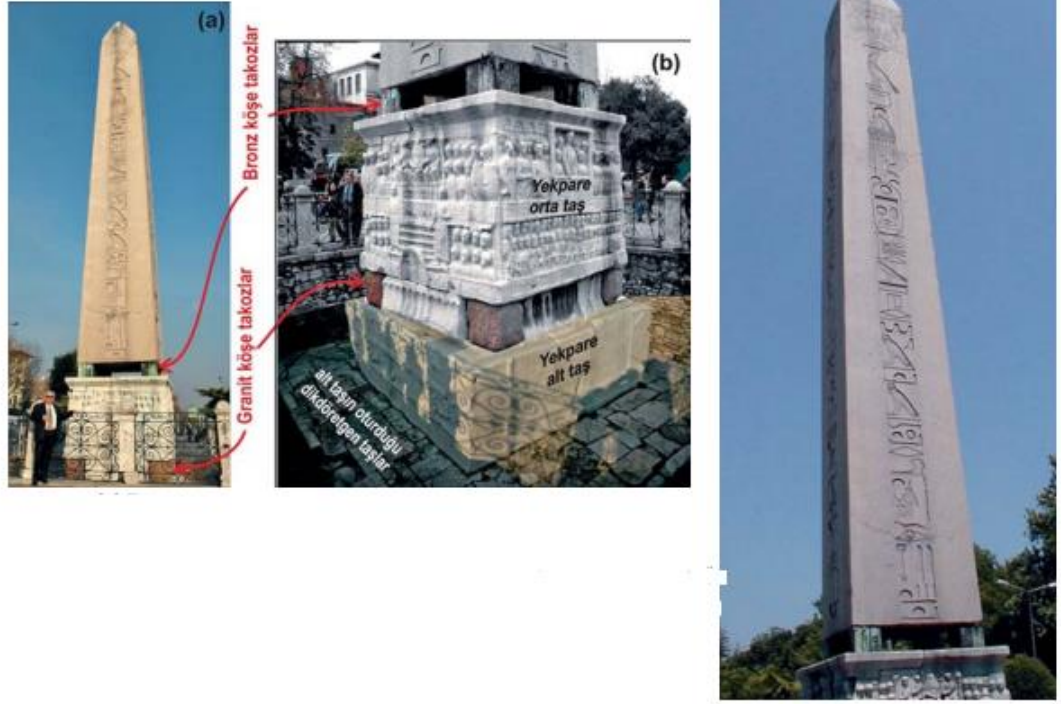
4.1.2. Şiddetli Depremlere Olan Dayanıklılıkları ve Buna Yardım Eden Unsurlar

Yapıların depreme dayanıklı olabilmeleri adına bazı parametrelerin söz konusu olması gerekmektedir. Bunlar ayrıntılarıyla ele alınmak istendiğinde Çizelge 4.2 öne çıkmaktadır.

Çizelge 4.1 Yapıların depreme dayanıklılığı için gerekli parametreler [43]

Rijitlik ve Dayanım	Düşey ve yatay rijitlik yapılar adına olmazsa olmazlardır. Özellikle yatay rijitlik ve dayanım zaruridir. Düşey yapıda rijitliğe sahip olarak inşa edilen yapılarda, depremler beraber yatay yükler de binmektedir. Böylelikle Yatay dayanım da ön plana çıkmaktadır.
Planda ve Düşeyde Düzenlilik	Binaların depremde fazla hasar almamaları adına enerji ve itkinin her yere eşit dağılmasını, tek bir yere enerji birikimi olmamasını istemektedirler. Binanın depreme dayanıklılık sergilemesi adına enerjinin planda ve düşeyde düzenli biçimde dağılması gerekli olmaktadır.
Yedekli Tedbirler	Binaları depreme dayanıklı hale getiren tedbirlere alternatifler oluşturulması gerekmektedir. Bunun nedeni ise biri işe yaramadığında diğerine başvurulmasıdır.
Temel	Binanın sahip olması gereken diğer öge temeldir. Zemin özelliklerinin uzmanlar tarafından iyi tahlil edilmesi ve temelin buna göre oluşturulması büyük önem

	taşımaktadır.
Kesintisiz Yük Zinciri	Binanın tüm elemanlarının sağlam bir zincir şeklinde bütünleşmesi adına kesintisiz yük zinciri gereklidir. Bina bünyesinde farklı güç noktaları oluşturulduğunda, şiddetli sarsıntılarda depremin gücü ve enerjisinin dağılmasına ve zararın azaltılmasına imkan sunmaktadır.



Şekil 4.2 Dikilitaş altyapısı [44]

Yapının depreme dayanıklı olmasını sağlayan unsurlardan süneklik incelenmek istendiğinde, sünekliğin sağlanması adına bazı koşulların söz konusu olması gereklidir. Bunlar arasında [45];

- Donatıya ilişkin oranın sınırlandırılması,
- Enine spiral veya etriye kullanımı,
- Kuvvetli kolon ve zayıf kiriş,
- Kolon ve kirişlerin bağlantı noktalarında sık biçimde etriye kullanılması,
- Yeterli kenetlenme ve yeterli aderans yapılması yer almaktadır.

Deprem olması durumunda yapım ve tasarım kuruları çevresel etmenlerle de birleştğinde yapıya ilişkin taşıyıcı sistemde bazı zayıflıklar meydana gelmektedir. Depremde hasarın oluşmasına olanak sunan bir diğer etmen de yapıya ilişkin fonksiyonun değiştirilmesidir. Hasarların yıkıcı olmasına imkan sunan diğer etmenler ise; depreme uygun biçimde yapılmamış tasarım, denetime ilişkin kusurlar, işçilik ve kullanılan gereçler olmaktadır [46].



Şekil 4.3 Marmara Depremlerinde meydana gelen ağır hasar ve çökmeler [46]

Binaların sismik performansları üzerinde olumsuz etki yaratan yapısal düzensizliklerdir. Örnek verilecek olunduğunda, can güvenliğini tehlikeye atan risk grubu içerisinde sayılabilecek ağır kapalı çıkmalara ve kısa kolonlara sahip yumuşak katlı yapılarıdır [47].

Yapılarla ilişki çeşitli özelliklerin depreme dayanıklılığı arttırıp azaltmasının yanında, yapının bulunduğu zemin de büyük öneme sahiptir. Zemin sorunu özellikle

yeni yapılaşmaya açılan alanlarda sıkıntı yaratmaktadır. Bahsedilen alanlar adına öne çıkan sorunlar arasında [46];

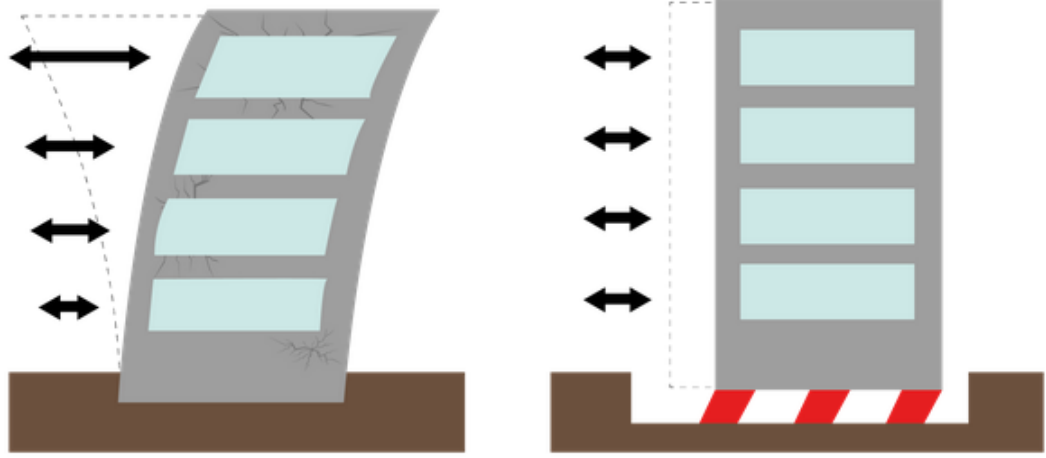
- Eskiye nazaran az katlı yapılaşmada daha az imar hakkı,
- Çok katlı yeni yapıların depreme dayanıklı biçimde yapılmasının maliyeti arttırması,
- Yapı yasaklarının başlamasıyla birlikte kamulaştırmaların artması söz konusu olmaktadır.

Bu sorunları dikkate almayan politikalar izlemek, depremlere engel olmanın ötesinde depremlerine etkisi ve yıkıcılığını arttırmaktadır. Bu nedenle de dikkate alınması gereken sorunlar olarak gündeme gelmektedirler.

Tüm bu verilerin ardından, sismik izolatörlü yapılar hakkında bilgi edinmek konu bütünlüğünü sağlaması açısından önemli kabul edilmektedir. Bu noktada; kavram analizlerine, sisteme ilişkin özelliklere, izolasyon sistemlerinin sınıflandırılmasına, mekanik manada karakteristik özelliklerine, depreme dayanıklılıklarına, Yönetmelik koşullarına ve Türkiye' de ve dünyada gelişimine göz atmak faydalı olmaktadır.

4.2.Sismik İzolatörlü Yapılar Hakkında Kısa Bilgi

Klasik yapılarla sismik izolasyonlu yapılar deprem esnasındaki hareketleri ve verdikleri tepkiler açısından birbirlerinden farklıdırlar. Şekil 3.4' te klasik yapı ile sismik izolasyonlu yapı örneği incelenmektedir.



Şekil 4.4 Klasik yapı ve sismik izolasyonlu yapı [46]

Sismik izolatörlü yapılara ilişkin Türkiye'de fazlaca uygulama olmadığı açıktır. Ancak bahsedilen yapılara ilişkin kavramsal çerçevenin analiz edilmesi ve sismik izolatörlü yapılara ilişkin çeşitli sistemsel özellikleri ele alınması konuya ışık tutmaktadır.

Sisteme ilişkin özellikler sayesinde bazı faydaların ön plana çıktığı kabul edilmektedir. Bunlar içerisinde [48];

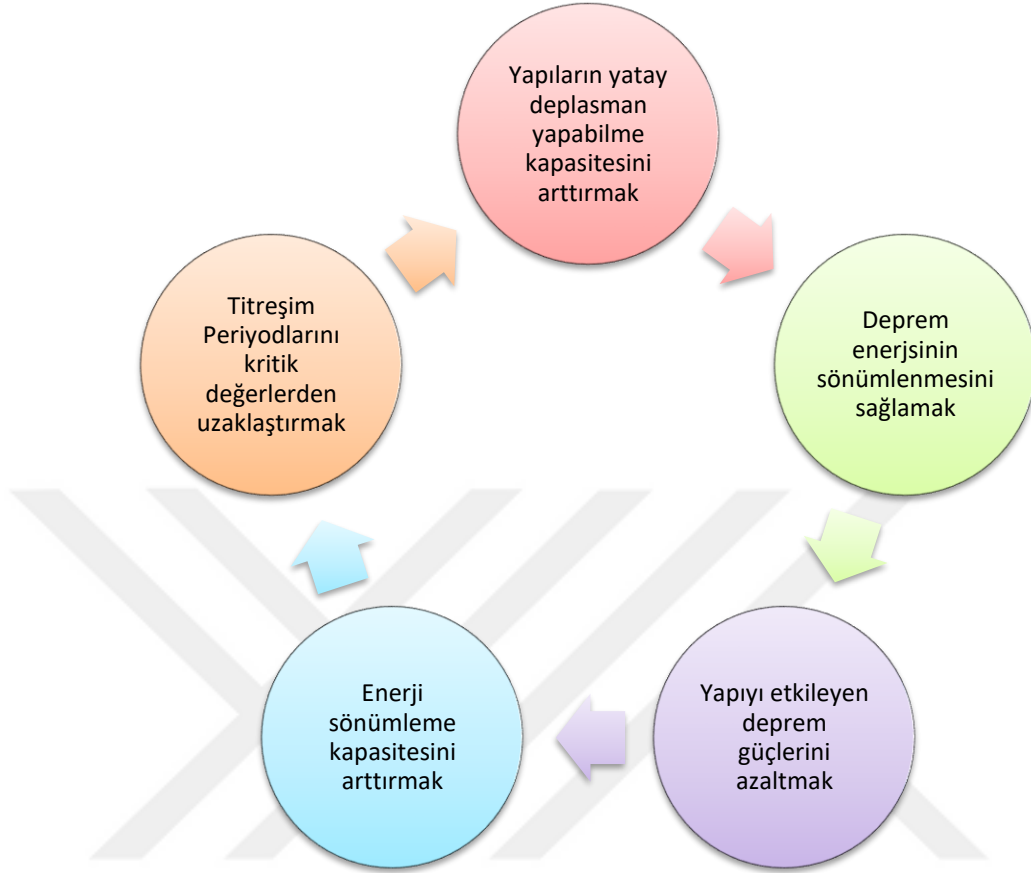
- Yüksek can güvenliği sağlaması,
- Yapıya ilişkin mimari elemanlar ve taşıyıcı sistemde en az deprem hasarının oluşması,
- Yapının çok şiddetli bir deprem geçirmesine rağmen hemen kullanım imkanı sunması,
- Ulaşım yapılarında süreklilik sunması,
- İş kaybı ve pazar payının korunması,
- Etkin korumanın yapıya ait değerli cihaz ve eşya içeriğine sağlanması,
- Viyadüklerin ve köprülerin zarar almadan kullanıma devam etmesi,
- Ülkelere ilişkin değer ve tarihi değerlerin korunması,

- Yıkılma ve hasar ortaya çıkmadığından onarıma veya bakıma gerek duymaması ve bu nedenle de maliyetsiz olması,
- Ar-Ge projelerinin korunması gibi yararlar sıralanabilmektedir.

4.2.1. Kavram Analizi ve Sistemin Özellikleri

Sismik yapı yalıtımı kavramı analize tabi tutulduğunda, söz konusu yapıların depremlerle meydana gelecek etkilerden korunması adına geliştirilen sistemler oldukları görülmektedir. Sismik yapı yalıtımı ile yapıyı etkisi altına alan güçlerin etkilerinin azaltılması hedeflenmektedir. Depreme dayanıklı bir düzenleme yaklaşımı olan bu yaklaşım, binaların periyodunu uzatarak azaltmak suretiyle işlerlik kazanmaktadır [49].

1876 yılında sismik izolasyon kavramı ilk olarak Tokyo Üniversitesi Mühendislerinden John Milne tarafından kullanılmıştır. 1876-1895 yılları arasında Milne, yapının altına çelik bilyeler yerleştirmiş ve çeşitli deneylere imzasını atmıştır [50].



Şekil 4.5 Sisteme ilişkin özellikler [51]

Sismik izolasyon sisteminin özellikleri daha ayrıntılı biçimde ele alınabilmek adına sınıflandırılarak incelenmektedir.

4.2.2. Sismik İzolasyon Sistemlerinin Tasarımı

Yalıtıcı tasarlanırken eşdeğer statik yöntem kullanılır. Verilen bir deprem spektrumu için yalıtım sisteminin oluşturacağı yer değiştirmeler ve kesme kuvvetleri hesaplanarak yalıtım birimlerinin satın alma süreci başlatılır.

Yalıtıcı tasarımı yapıldıktan sonra üst yapının tasarımına geçilir. Üst yapı yalıtıcıya göre daha detaylı bir şekilde tasarlanır. Bina modeli alınarak Mod Birleştirme Yöntemi (Response Spektrum) yöntemi kullanılır.

Yapı eleman boyutları ve yalıtıcı boyutlarını boyutlandırdıktan sonra yönetmelik tarafından kabul edilen şartların uygulanması lazım. Bu şartlar uygulandıktan sonra bazı yöntemlerin uygulanması gerekiyor. Bu yöntemler şunlardır;

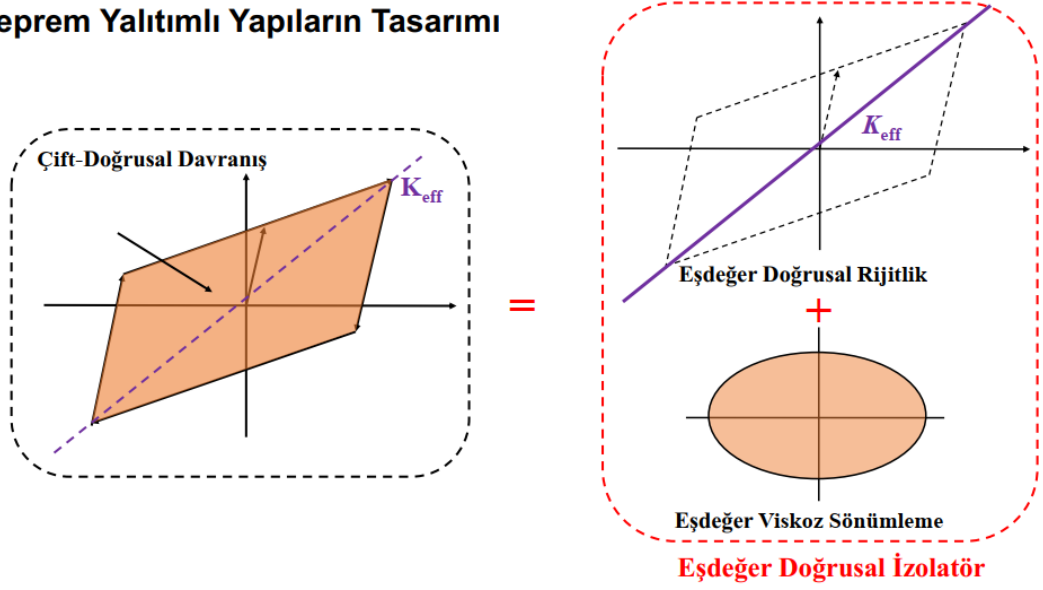
4.2.2.1. Eşdeğer Statik Yöntem

Yanal bir yapının altında bulunan izolatörlerin verilen çevrimsel yükleme altında izolatör seviyesi çok esnek davranacak ve izolatörde doğrusal olmayan bir davranış meydana gelecektir. İzolatörden farklı olarak üst yapıda doğrusal olmayan bir davranış sergilenecektir. Bu nedenle verilen bir kuvvet altında yapı lineer davranış gösterip bir noktadan sonra sanki akıyormuş gibi bir davranış gösterecek ve çevrimsel bir davranış ortaya koyacaktır.

Yalıtıcı modeli doğrusal olduğu zaman analiz yöntemleri, tahminler ve kontroller çok kolaylaşır. Bundan dolayı yalıtıcı tasarımı çok daha rahat olur. Çünkü, daha üst yapı tasarımı net bir şekilde bu aşamada elimizde bulunmamaktadır.

Eşdeğer statik yöntemde, doğrusal olmayan çift doğrusal davranışı eşdeğer doğal rijitlik ve eşdeğer viskoz sönümlemenin birleşimi olarak eşdeğer doğrusal davranış olarak tanımlanır (Şekil 4.6).

Deprem Yalıtımlı Yapıların Tasarımı



Şekil 4.6 Deprem yalıtımlı yapıların tasarımı [52]

Tasarım periyodu (T_D) ve maksimum periyot (T_M) aşağıdaki denklemden bulunur.

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_{Dmin} \cdot g}} \quad (4.1)$$

$$T_M = 2\pi \sqrt{\frac{w}{K_{Mmin} \cdot g}} \quad (4.2)$$

Şekil 4.6'dan da anlaşılacağı gibi oluşan efektif yatay rijitlik (K_{eff}) değeri aşağıdaki gibi yapı ağırlığı ve tasarım periyodu baz alınarak bulunur.

$$K_{ef} = \frac{w}{g} \times \left(\frac{2\pi}{T_D} \right)^2 \quad (4.3)$$

Verilen bir yükleme döngüsündeki etkin rijitlik (k_e), söz konusu döngüde uygulanan maksimum yatay kuvvetin (F) ulaşılan maksimum yatay yerdeğiştirmeye (D) bölünmesi ile elde edilecektir [53].

$$k_e = \frac{F}{D} = \frac{P}{R_c} = \frac{\mu_e * P}{D} \quad (4.4)$$

Burada μ_e , etkin sürtünme katsayısını R_c ise etkin eğrilik yarıçapını ifade etmektedir.

Etkin sönüm oranı β_e , aşağıdaki denklemde belirtildiği gibi bir yerdeğiştirme döngüsünde tüketilen enerjinin (W_d), $2\pi FD$ değerine bölünmesiyle elde edilecektir [43].

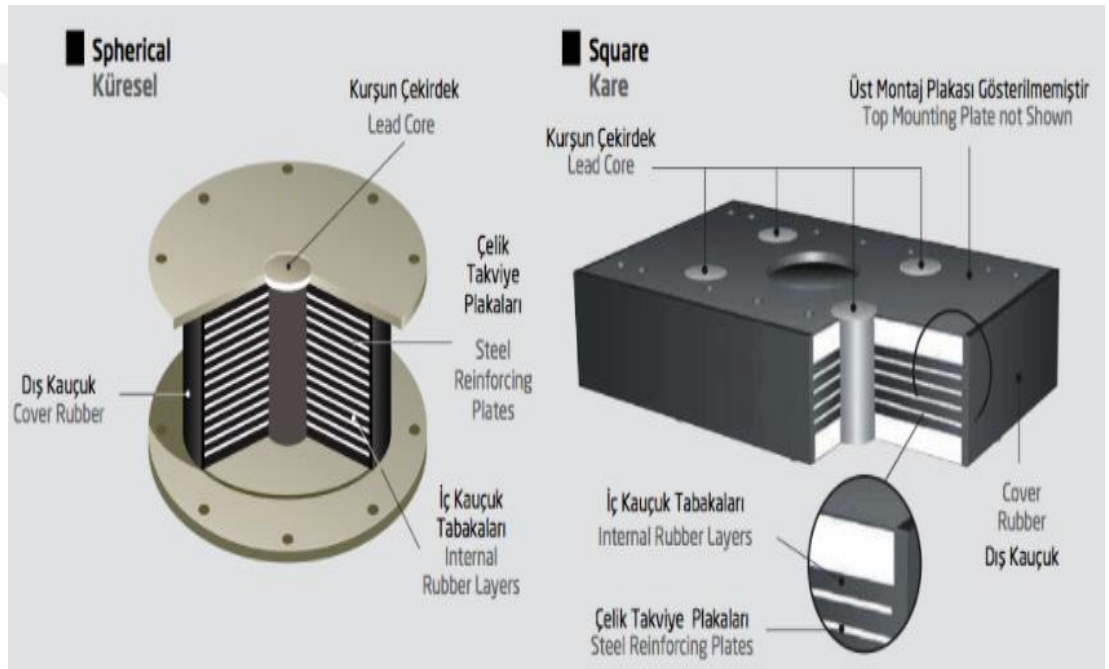
$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{W_d}{FD} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + \frac{D}{R_c}} \right] \quad (4.5)$$

4.2.3. Sismik İzolasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması

Sismik izolasyonlar, sürtünme üzerine kurulu ve bu sürtünme üzerinden enerji sönümlene özelliğine sahip konkav bir yüzey kullanarak periyot uzamasını sağlayan bir tür yalıtıcı olarak kullanılır.

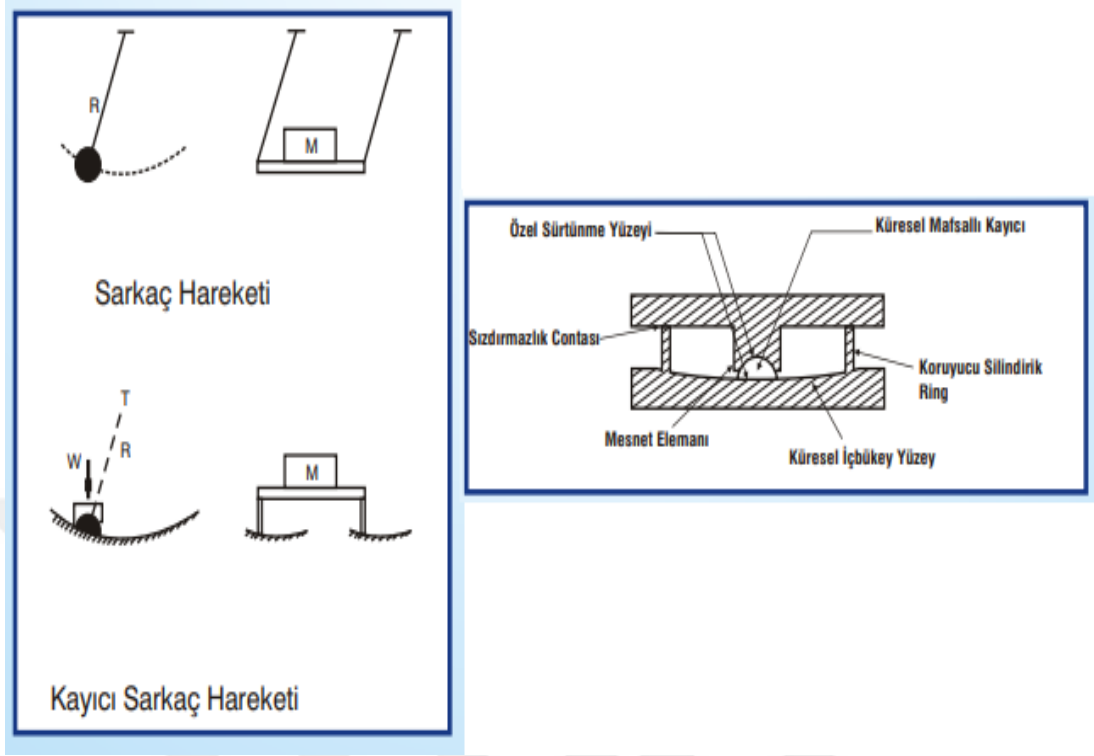
Sismik izolasyon sistemleri sınıflandırıldığında üç ana kategori gündeme gelmektedir. Bunlar; kauçuk esaslı sismik izolatörler, sürtünme esaslı sismik izolatörler ve sönümlendirici cihazlardır.

Kauçuk izolatörler, yastık veya takoz olarak da nitelenebilmektedirler. Doğal kauçuktan yapılan bu izolatörlere, mekanik, çekme ve ozon dayanımları, sönüm ve rijitlik arttırıcı katkı maddeleri eklenmektedir. Kauçuk hazırlandığında rulo şekli verilmektedir. Birkaç milimetrelik daire biçimde kesimi yapılmaktadır. Kauçuklar ise kat kat koyulmaktadır. Aralarına ise birkaç milimetrelik çelik levhalar yerleştirilmektedir. Yüzeylere ise yapıştırıcı maddeler eklenmektedir [49].



Şekil 4.7 Kauçuk esaslı sismik izolatörler [48]

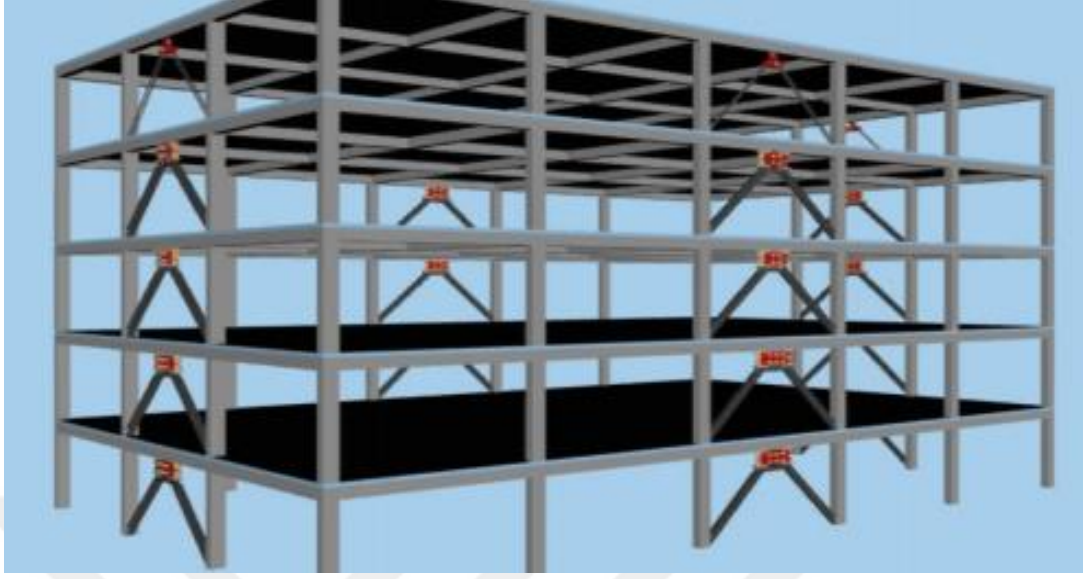
Kauçuk izolatör sistemlerinden kayıcı tabakalı sistemin en son geliştirilen izolatörleri ise sürtünme esaslı sismik izolatörlerdir. Bir deprem yaşandığında tekrar eski durumuna dönmeme söz konusu ise bu izolatörlerin devreye giren bir mekanizması bulunmaktadır [54].



Şekil 4.8 Sürtünme esaslı sismik izolatörler [51]

Sürtünme esaslı sismik izolatörlerin kullanım alanları mercek altına alındığında; hastaneler, köprüler, viyadükler, havaalanları, stadyumlar, kamu binaları, okullar, yapıların depreme karşı güçlendirilmesi, okul binaları, müzeler, tarihi ve kültürel binalar, endüstri yapıları, konutlar ve enerji tankları karşımıza çıkmaktadır [51].

Sönümlendirici cihazlar ise trafik, sert rüzgârlar, deprem ve benzer olayların binalarda yaratacağı hasarı kontrol etmek amacıyla geliştirilmiş sistemler olmaktadır. Çeliğe ilişkin plastik deformasyon bu sistemler sayesinde dinamik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürmektedir [49].



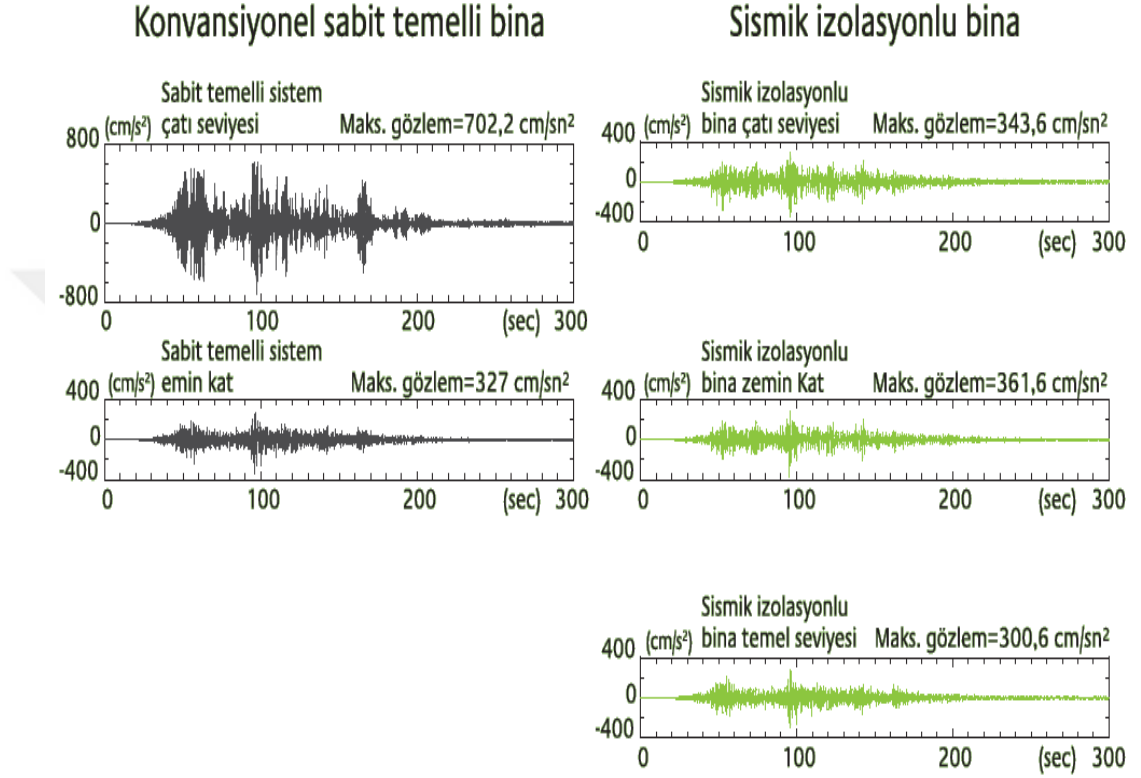
Şekil 4.9 Sönümlendirme cihazlı yapıya ait basit bir tasarım örneği [49]

4.2.4. Depreme Dayanıklılıkları

Yapı davranışının beklenenden sapmasına neden olan birçok faktör söz konusu olmaktadır. Bunlardan bazıları; malzemeye ilişkin özellikler, zemin koşulları, yer hareketleri, matematik modellerin tutarlılığı ve işçilik şeklindedir. Sismik izolasyonun uygulandığı yapılarda ise sapmalar daha az olmakta ve yapı daha yüksek güvenli bir sismik davranış göstermektedir. Bu nedenle sismik izolasyonlu yapılarda bazı performans hedefleri bulunmaktadır. Örneğin [50];

- Gerek hafif ve gerekse orta şiddete sahip depremlerde binaya ilişkin içeriklerde hasar olmadan direncin gösterilmesi,
- Şiddeti büyük olan depremlerde;
 - ✓ İzolasyon sisteminde göçme yaşanmadan,
 - ✓ Yapısal elemanlarda ciddi hasarlar oluşmadan,
 - ✓ Konfor fonksiyonlarında büyük karışıklık meydana gelmeden,
 - ✓ Yapısal olmayan bileşenlerdeyse büyük hasarlar oluşmadan direnme söz konusu olmaktadır.

Şekil 4.10' da konvansiyonel sabit temelli bina ile sismik izolasyonlu binanın gözlemlenen deprem ivmelerine yer verilmiştir.



Şekil 4.10 Gözlemlenen deprem ivmeleri [55]

4.2.5. Yönetmelik Koşulları

Türkiye'de "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ile deprem bölgelerindeki yapıların yapım esaslarına ilişkin teknik konulara yer verilmektedir. Yönetmeliğe ilişkin 5.2 no' lu kapsamın içeriği bu konu hakkında açıklayıcı bilgiler sunmaktadır.

5.2.1 - Bu Yönetmelik hükümleri, yeni yapılacak binalar için olduğu kadar; aynı zamanda değiştirilecek, büyültülecek, deprem öncesi veya sonrasında onarılacak ya da güçlendirilecek binalar için de geçerlidir.

5.2.2 - Bu Yönetmelik hükümleri, betonarme (yerinde dökülmüş ve öngerilmeli veya öngerilmesiz (prefabrike) binalar, çelik binalar ve bina türü yapılar ile ahşap,yığma kagir ve kerpiç binalar için geçerlidir.

5.2.3 - Binalar ve bina türü yapılar dışında, tasarımının bu Yönetmelik hükümlerine göre yapılmasına izin verilen bina türü olmayan diğer yapılar, Bölüm 6' da, 6.12 ile tanımlanan yapılarla sınırlıdır. Bu bağlamda; köprüler, barajlar,liman yapıları, tüneller, boru hatları, enerji nakil hatları, nükleer santraller, doğalgaz depolama tesisleri gibi yapılar, tamamı yer altında bulunan yapılar ve binalardan farklı hesap ve güvenlik esaslarına göre projelendirilen diğer yapılar bu Yönetmeliğin kapsamı dışındadır.

5.2.4 - Yapı taşıyıcı sistemini deprem hareketinden yalıtma amacı ile temelleri ile zemin arasında özel sistem ve gereçlerle donatılan veya diğer aktif ve pasif kontrol sistemleri bulunan binalar için bu Yönetmelik hükümleri uygulanamaz.

5.2.5 - Her türlü kapsam dışı yapılara uygulanacak esaslar, kendi özel yönetmelikleri yapılmıncaya dek, yapımları denetleyen Bakanlıklar tarafından çağdaş uluslararası standartlar göz önünde tutularak özel olarak saptanacak ve projeleri bu esaslara göre düzenlenecektir.

4.2.6. Türkiye'de ve Dünyada Gelişimi

Türkiye'de ve dünyada sismik izolasyonlu yapıların gelişim süreci incelenmek istendiğinde, çeşitli örneklere yer verilmesi sağlıklı olmaktadır. Türkiye'de sismik izolasyonlu yapıların gelişim süreci ile başlanmak istendiğinde karşımıza Çizelge 4.3 çıkmaktadır.

Çizelge 4.2 Türkiye'de kullanılan bazı sismik izolasyonlu yapılar ve izolasyon türleri [54]

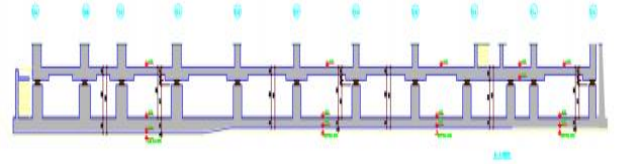
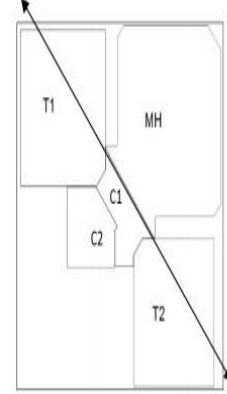
SİSMİK İZOLASYONUN KULLANILDIĞI YAPI	DEPREM BÖLGESİ	ZORUNLULUK	İZOLATÖR TÜRÜ
Kocaeli Üniversitesi Hastanesi	1	Var	FPS
Antalya Havalimanı Terminal Binası	2	Yok	LRI
Erzurum Eğitim ve Araştırma Hastanesi	2	Var	LRI
Erzurum Sağlık Kompleksi	2	Var	FPS
Van Merkez Sağlık Kampüsü	2	Var	FPS
Sabiha Gökçen Havaalanı Terminal Binası	1	Yok	FPS
Marmara Üniversitesi Başbüyük Hastanesi	1	Var	FPS
Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi	1	Var	FPS
Lütfi Kırdar Eğitim ve Araştırma Hastanesi	1	Var	FPS
Grand Tarabya Otel	1	Yok	FPS
TAG Atatürk Köprüsü	1	Yok	LRI



Şekil 4.11 Isparta Şehir Hastanesi (solda) üç boyutlu mimari görseli ve (sağda) sismik izolasyon katı mimari planı [56]

Isparta'nın deprem bölgesi içerisinde yer aldığı düşünüldüğünde, sismik izolasyonun önemi bir kere daha ön plana çıkmaktadır. Burada 903 tane çift sürtünme yüzeyli sarkaç izolatör kullanılmıştır.

Şekil 4.11' de ise Manisa Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nin mimari genel görünümü ve üst yapı blokları ve tipik kesit görüntüsüne yer verilmiştir. Burada ise 734 tane izolatör kullanılmıştır. Bu uygulamada kauçuk esaslı kurşun çekirdekli mesnetlere yer verilmiştir. İzolatörlerin otopark katı olarak kullanımda olan bodrum katı tavanında yer aldığı bilinmektedir. Ayrıca burada bulunan sismik izolasyon sistemi monolitik biçimde tasarlanmış bulunmaktadır.



Şekil 4.12 Manisa Eğitim ve Araştırma Hastanesi (solda) mimari genel görünüm ve(sağda) üst yapı blokları ve tipik kesit görüntüsü [56]



Şekil 4.13 Antalya Havalimanı terminal binası [54]

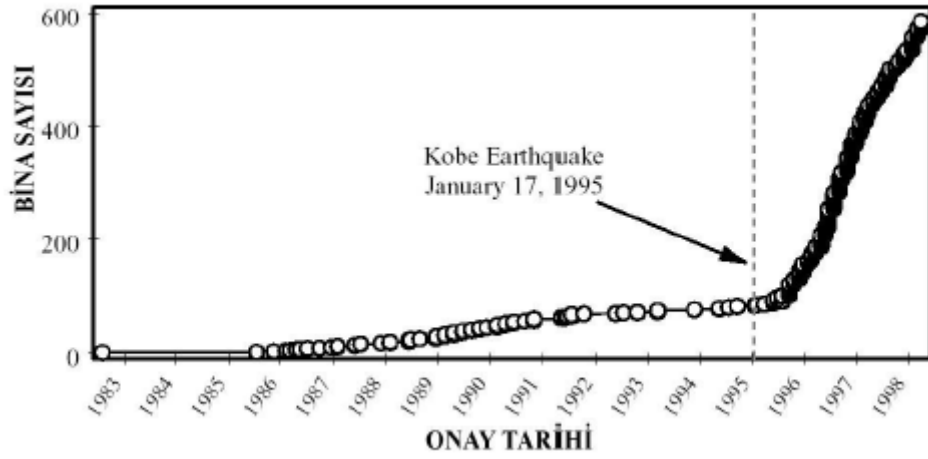
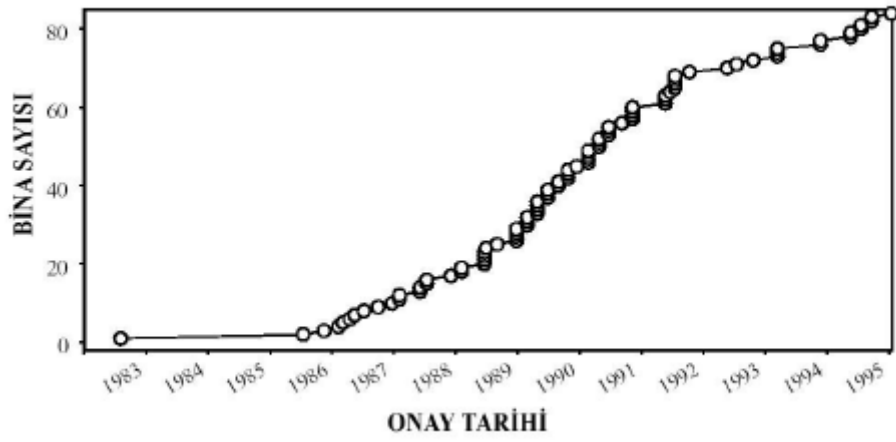
Şekil 4.13' de Antalya Havalimanı Terminal Binası gösterilmektedir. Bölge 4. derece deprem bölgesiyken 2. derece deprem bölgesi içerisine alınmıştır. Böyle bir durum söz konusu olduğunda ise güçlendirmeye gidilmiştir. Binada 500 tane kurşun çekirdekli kauçuk izolatör tipi kullanılmış bulunmaktadır.

Dünyada sismik izolasyonun gelişim süreci ve ortaya çıkardıkları incelenmek istendiğinde ABD'deki uygulamalardan söz etmek mantıklı olmaktadır. ABD'de köprülerin yapılardan 4 kat daha fazla güçlendirme çalışmasına gittiği görülmektedir. Yeni yapılar ile güçlendirilmiş yapıların sayısı ise başa baş gitmektedir. The Foothill Communities Law and Justice Center, ABD'nin ilk sismik izolasyonlu yapısı olmaktadır. Burada çelik yapı, 98 tane yüksek sönümlü kauçuk üzerine yerleştirilmiştir. Ayrıca yapı 8.3 şiddetindeki depreme dayanabilecek biçimde projelendirilmiştir [57-58].



Şekil 4.14 The Foothill Communities Law and Justice Center binasının arkatarafı(solda) ve izolatör görünümü (sağda) [59]

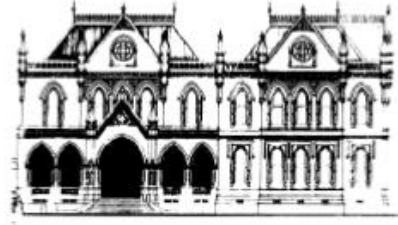
1986 yılında ise Japonya'daki ilk sismik izolasyon uygulaması iki katlı betonarme bir binaya uygulanmıştır. Burada altı tekil temelin altına altı elastomer mesnet yerleştirilmesi söz konusu olmuştur. [60].



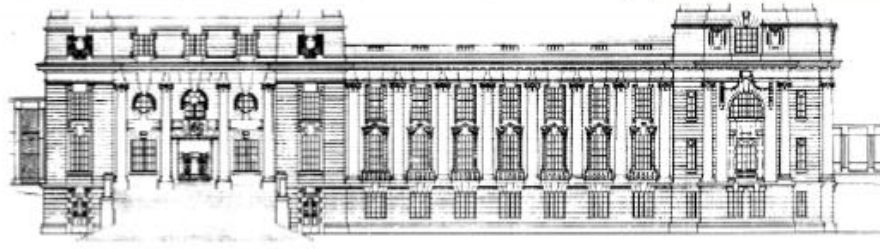
Şekil 4.15 Kobe Depremi öncesi ve sonrası Japonya'da sismik izolasyon [60]

Deprem öncesindeki üç yıl içerisinde 15 sismik izolasyon onayı alınmışken, deprem sonrasındaki üç yıl içerisindeyse yaklaşık 450 sismik izolasyon onayı alınmıştır.

Dünyadan sismik izolasyon uygulamalarına bir örnek de Yeni Zelanda Parlamento Binaları olmaktadır. Bahsedilen binalar yığma binalardır. Ayrıca 7.3 şiddetindeki bir depreme dayanacak biçimde tasarlanmışlardır [57].



New Zealand Parliament Library



New Zealand Parliament House

Şekil 4.16 Yeni Zelanda parlamento binaları [30]

5. OTOPARKLAR

5.1. Otopark Hakkında Genel Bilgi

Otopark kavramına ilişkin tanımlama yapmak gerektiğinde, tasarlanma amacı veya mülkiyet şekli bağlamında şahsi veya kamuya açık biçimde kullanımının park edecek olan araçlara ayrılmış yer veya tesislere verilen isim olduğu görülmektedir [61].



Şekil 5.1 Otopark [62]

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Otopark Yönetmeliği'nde otoparkların düzenlenmesi hakkındaki ölçütler incelendiğinde [63];

- Otoparka ilişkin tefrişten sonra kalan mesafe, minimum rampa genişliğini sağlamak zorundadır.
- Otoparka ait giriş kapısı yüksekliği 2.00 m 'den az olmamalıdır.

- Hiçbir yer de otoparklara ait iç yükseklik 2.00 m 'den az 3.50 m 'den çok olmamalıdır. Bünyesinde atölye bulundurduğu takdirde ise en fazla 4.50 m olabilmektedir.
- Rampa eğimi umumi otoparklarda % 15'ten fazla olmamaktadır. Bunun dışındakilerde ise % 20'yi geçmemelidir.
- Rampa genişliği en az 2.75 m olmalıdır.
- Yapılacak 90°'lik dönüşler açısından umumi otoparklarda giriş-dönüş yolu genişlikleri 7.00 m'nin altına düşmemelidir. Bunun dışındakilerde ise 6.00 m'den az olmamalıdır.
- Manevra alanı dışında otopark tefrişinde, binek otolar adına 5 x 2.5 m ve otobüs ve kamyonlar içinse 4 x 12 m ölçüsü kabul edilmektedir.

5.1.1. Yapı Elemanlarının Davranışları Açısından Otoparklar

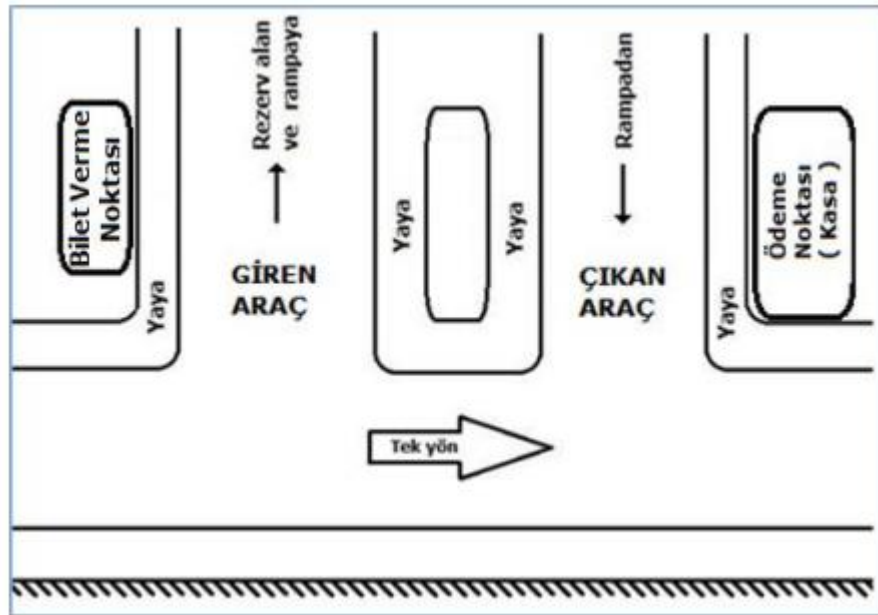
Yapı elemanlarının davranışları açısından otoparklar incelenmek istendiğinde ise çeşitli örnekler gündeme gelmektedir.

Otopark tasarımında dikkat edilmesi gereken bazı unsurlar söz konusu olmaktadır. Bunlardan bir tanesi bağlantı şeritlerinin mümkün olduğunca kısa tutulmasıdır. Bir diğer unsur ise rampalara ayrılan alanın olabildiğince azaltılmasıdır. Çeşitli cephe elemanları ile yapıya ilişkin monotonluğun azaltılması planlanmaktadır. Yangın güvenliği açısından dış duvarların açık tutulması da önemli bir ayrıntı olmaktadır [64].

5.1.2. Tasarımları

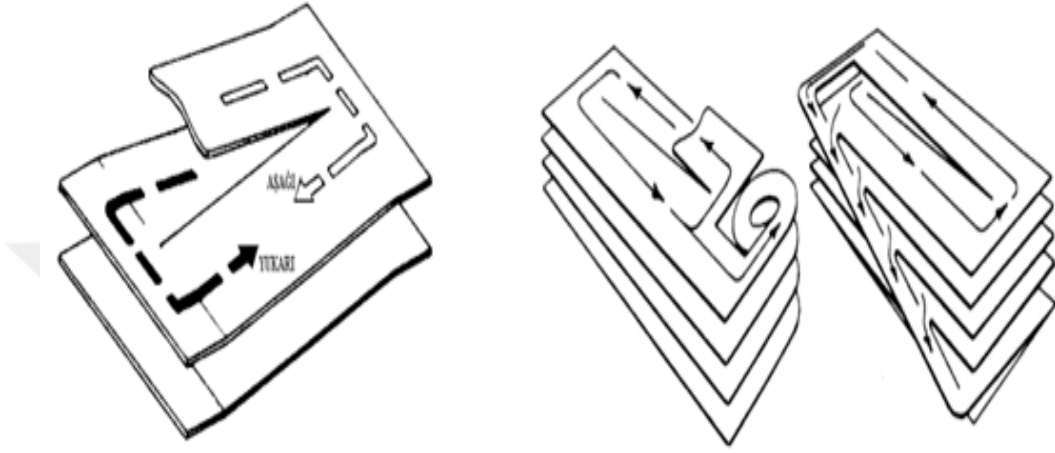
Otopark tasarımlarından bahsetmeden evvel otopark türlerinin incelenmesi mantıklı olacaktır. Sınıflandırma yapılmak istendiğinde; yol kenarı otoparkları, yol dışı otoparklar, katlı otoparklar gündeme gelmektedir [65]. Konumuz temelinde katlı otoparklar üzerinde daha fazla incelemeye gidilmektedir. Çok katlı otoparklara olan ilginin ve ihtiyacın artmasında, artan nüfus, yer gereksinimi, arsa kıtlığı ve diğer enderler yatmaktadır.

Bu noktada çok katlı otoparkların tasarımları üzerinde durulmak istendiğinde, yapının tamamlandıktan sonra büyük aksaklıklar ortaya çıkarmaması adına tasarım kurallarının dikkatlice planlanması, uygulanması ve kuralların dışına çıkılmaması gereklidir. Burada otoparkların zemin altı veya zemin üstü tesis edilmesi söz konusu olabilmektedir. En çok 5 katlı olmasına özen gösterilmektedir. Acil durumların söz konusu olabileceği düşünüldüğünden merdiven de yapılmaktadır [66].



Şekil 5.2 Tek yönlü caddede otopark giriş çıkış tasarımı [66]

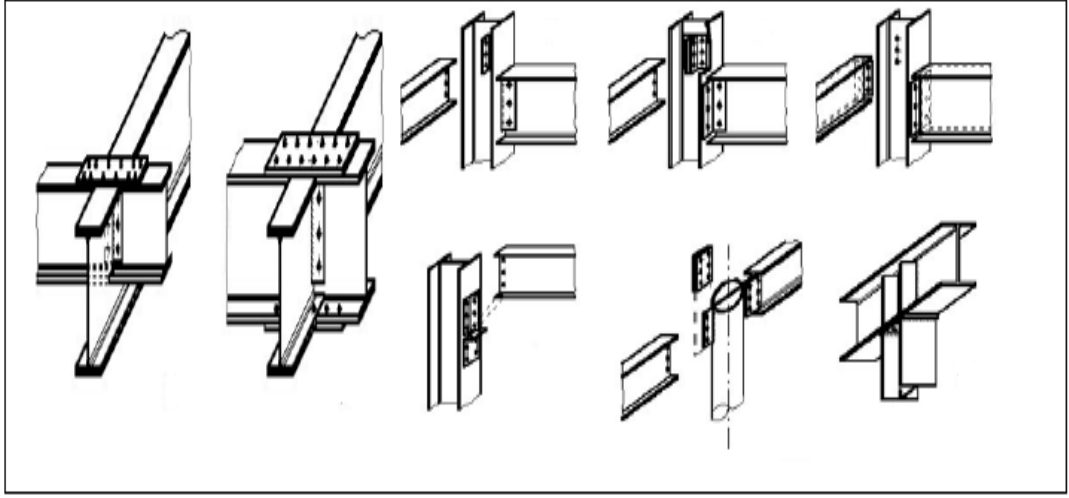
Otopark tasarımında bir diğer önemli unsur da rampalar olmaktadır. Çeşitli özellikleri ile rampalar Şekil 4.3'te gösterilmektedir.



Şekil 5.3 Bitişik düzende park imkânı sağlayan döşemeler (solda) ve ekspres çıkışlar için rampası olan eğimli döşemeler (sağda) [67]

5.1.3. Depreme Dayanıklılıklarını Etkileyen Unsurlar

Otoparklarda depreme dayanıklılıklarını etkileyen unsurlar araştırıldığında, çelik taşıyıcı elemanlar kullanılarak yapılan otoparklarda, deprem ve benzeri nedenlerle oluşan yatay kuvvet ve etkilerin döşemelerden geçmek suretiyle yatay taşıyıcı düşey çapraz ya da perde duvarlara iletildiği görülmektedir [64]. Otoparkların dayanıklılıkları tasarımlarına göre değişim gösterirken, yapı elemanları ve bu elemanların kullanımına bağlı olarak da depreme olan dayanıklılıklarında farklılıklar görülmektedir.



Şekil 5.4 Çelik yapılarda tipik birleşim detayları [64]

6. MATERYAL ve YÖNTEM

6.1. Yapı Genel Bilgileri

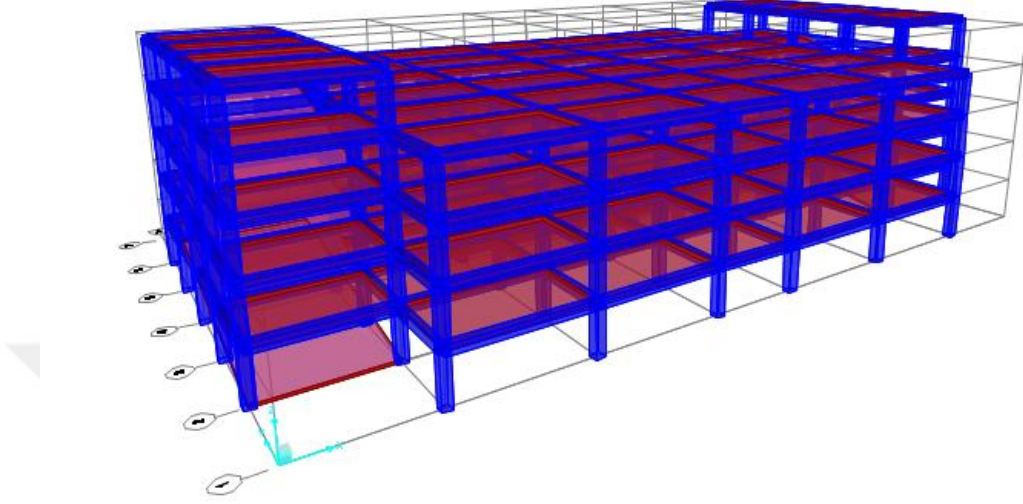
Bu çalışma kapsamında aynı projeye sahip iki yapının karşılaştırılması ele alınmıştır. Birinci modelde ele alınan yapı izolatör eklenmeden Normal Yapı olarak çözülmüş. İkinci yapı ise sismik izolatör eklenerek Sismik İzolatörlü Yapı olarak çözülmüştür. Daha sonra bu iki yapıya aynı deprem yükleri tanımlanıp Deprem Performansı açısından karşılaştırılması yapılmıştır. Kullanılan deprem yükleri ise TBDY-2018' de yer alan koşullar doğrultusunda ele alınmıştır.

Bu iki yapı SAP2000 V22.2.0 paket programı kullanılarak tasarlanmıştır. Tasarımda kullanılan Yapı Genel Bilgileri aşağıdaki Çizelge 6.1' de verilmiştir. Bu kullanılan parametreler her iki yapıda ortak olan parametrelerdir.

Çizelge 6.1 Yapı genel bilgileri

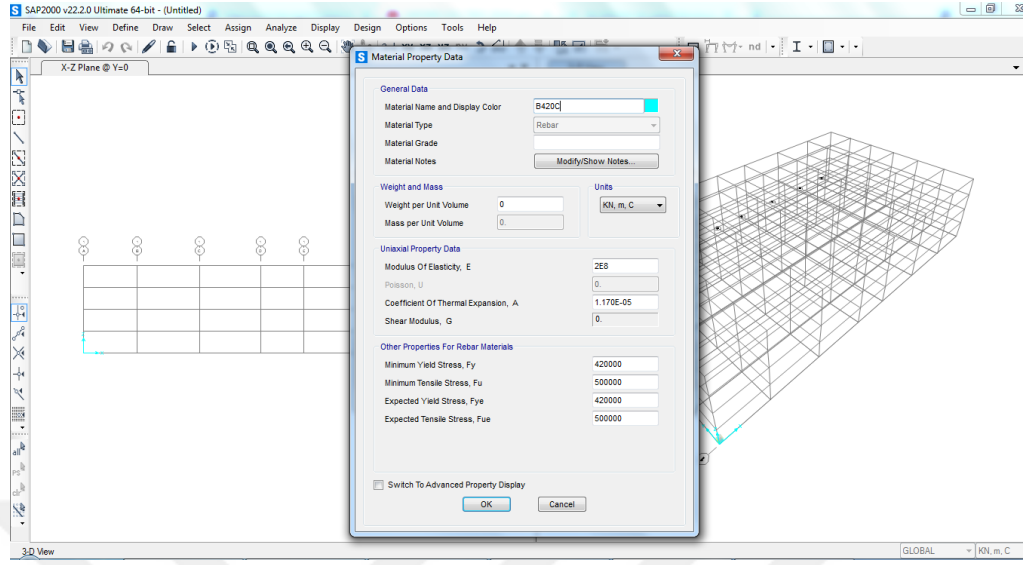
Kat Adedi	5
Bina Kullanım Amacı	Otopark
Bina Kullanım Sınıfı(BKS)	2
Bina Önem Katsayısı(I)	1
Hareketli Yük Katsayısı(n)	0,60
Hareketli Yük Azaltma Katsayısı (Cz)	1
Yerel Zemin Sınıfı	ZD
Zemin Yatak Katsayısı (k)	30000 kN/m ³
Beton Sınıfı	C25
Karakteristik Basınç Dayanımı (f_{ck})	25 MPa
Eşdeğer Küp (200 mm) Basınç Dayanımı	30 Mpa
Donatı Sınıfı (f_{yk})	420 MPa
Karakteristik Eksenel Çekme Dayanımı (f_{ctk})	1.8
28 Günlük Elastisite Modülü (E_c)	30000
Döşeme Kalınlığı	20 cm
Kolon Boyutları	60cm x 60cm
Kiriş Boyutları	45cm x 60cm
Ölü Yük (G)	3.5 kN / m ²
Hareketli Yük (Q)	5 kN / m ²

6.2. Normal Yapının Tasarlanması



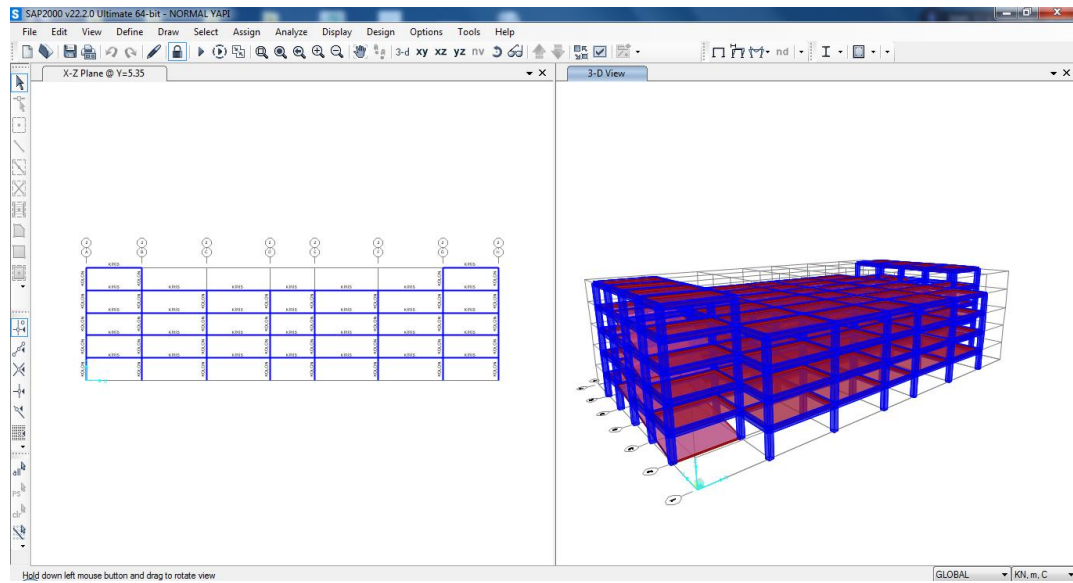
Resim 6.1 Üç boyutlu yapı görünüşü

Boyuna ve enine donatılar için kullanılacak olan S420 donatı malzeme özellikleri SAP2000 V22.2.0 paket programında yönetmeliğin öngördüğü değerlere göre tanımlanır (Resim 6.2). Bu sistemde donatının ağırlığı (Weight per Unit Volume) dolu gövdeli kiriş kesitinde dikkate alındığından, birim hacim ağırlığı 0 olarak ele alınmıştır. Donatıya ait elastisite modülü ile Minimum Akma Dayanımı (Minimum Yield Stress, F_y) ve Minimum Kopma Dayanımı (Minimum Tensile Stress, F_u) değerleri TS500-2000 standardından alınmıştır [68].



Resim 6.2 S420 için donatı malzeme özellikleri

Kullanılacak olan malzeme özellikleri tanımlandıktan sonra kesit özellikleri (kolon, kiriş ve döşeme) tanımlanır. Bu değerler tanımlanırken yöne dikkat edilmelidir. Aksi taktirde sonuçlar yanlış çıkabilir. Burada ayrıca kesit donatıları(etriye, çiroz ve donatı aralıkları) eklenmiştir.



Resim 6.3 Malzeme özellikleri tanımlanmış kolon ve kiriş yapısı

Yükleme durumlarına geçmeden önce, mod birleştirme yöntemine göre gerçekleştirilecek dinamik analizde kullanılacak spektrum eğrisi oluşturabilmek ve deprem yükünü tanımlayabilmek için AFAD' ın sitesinde bulunan Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması sayfasından deprem bilgileri alınıp spektrum tanımlaması yapılacaktır.

Deprem Yer Hareket Düzeyi: DD-2 (50 yılda aşılma olasılığı %10 olan (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan deprem yer hareket düzeyi

Yerel Zemin Sınıfı: ZD (Orta sıkı-sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakları) değerleri girilerek haritadan nokta seçilip enlem ve boylam değerleri girilir. Değerleri hesaplama tılandıktan sonra Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu karşımıza çıkmaktadır.

Bu raporda çıkan değerler TBDY-2018' e uyarlanarak aşağıdaki değerler bulunur.

Yatay deprem etkisi altında azaltılmış tasarım ivme spektrumu Denklem 6.1'deki formülden bulunur.

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (6.1)$$

Göz önüne alınan herhangi bir deprem yer hareketi düzeyi için yatay elastik tasarım ivme spektrumu' nun ordinatları olan yatay elastik tasarım spektral ivmeleri $S_{ae}(T)$, doğal titreşim periyoduna bağlı olarak yerçekimi ivmesi [g]cinsinden Denklem. (3.2)' de tanımlanmıştır [43].

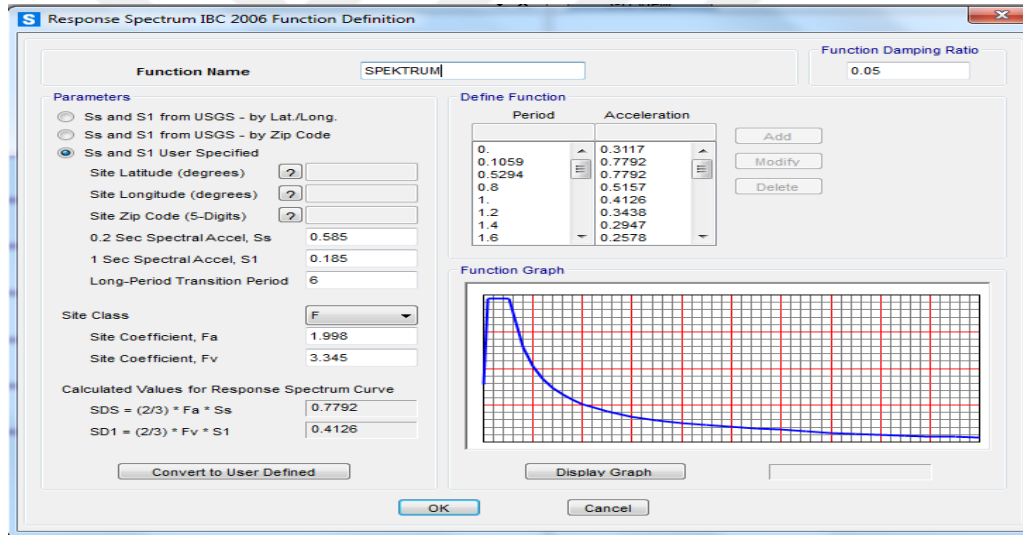
$$S_{ae}(T) = \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_A}\right) S_{DS} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

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

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

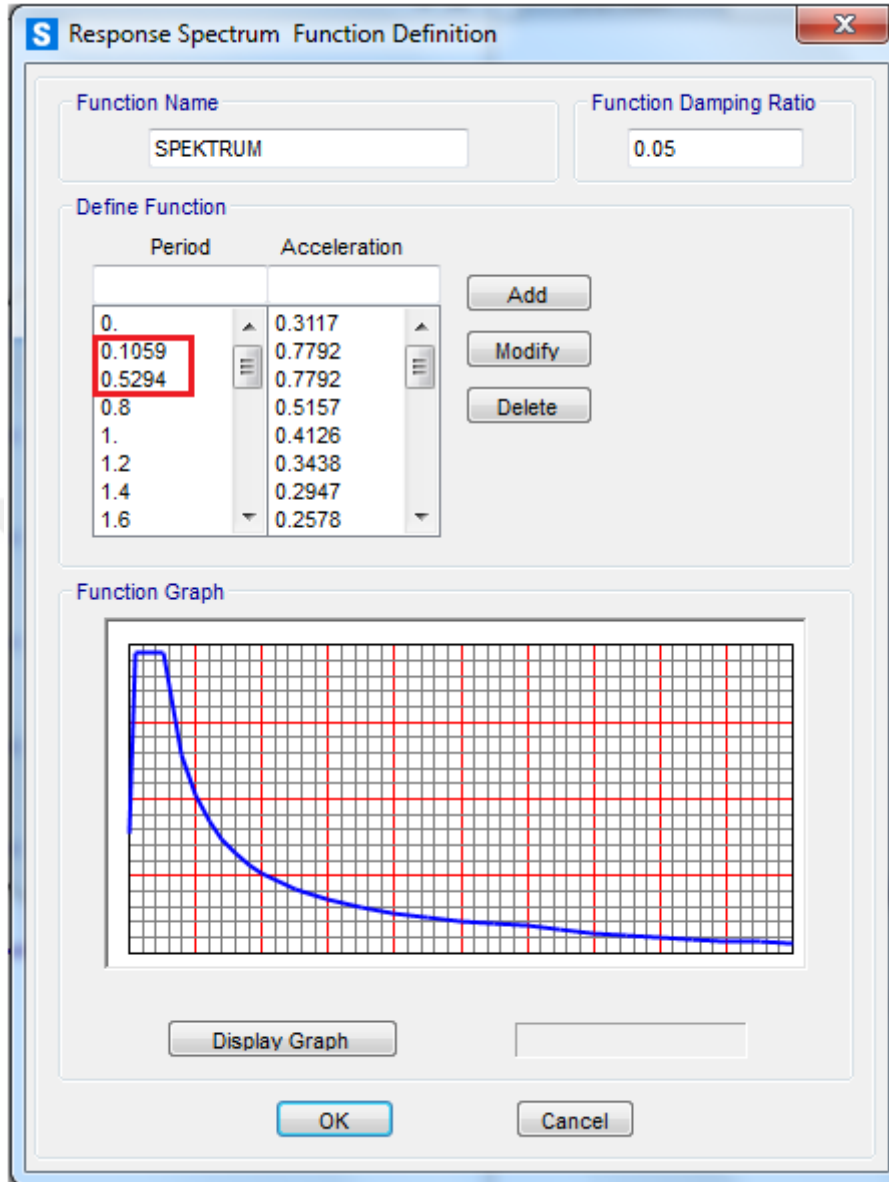
$$S_{ae}(T) = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (T_L \leq T)$$
(6.2)

Sismik Tehlike Haritası Detay Raporu'nda $T_L = 6s$ olarak çıkmıştır. Rapordan alınan gerekli değerler aşağıdaki resimdeki gibi tanımlanmıştır.



Resim 6.4 Response Spektrum eğrisine ait ivme değerleri

Bu değerler girildikten sonra yatay tasarım spektrumu köşe periyotları olan T_A ve T_B tasarım ivme kayıtları Resim 6.5 spektrum eğrisi grafiğinden (kırmızı ile gösterilen kısım) okunmaktadır.



Resim 6.5 Spektrum eğrisi grafiği

$$T_A = 0.1059$$

$$T_B = 0.5294$$

Spektrum eğrisi tanımlandıktan sonra Yük Tipleri (Load Patterns), Yükleme Durumları (Load Cases) ve Yük Birleşimleri (Load Combinations) oluşturulur. Malzemelere atanan yükler Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3' de gösterildiği şekildedir.

Çizelge 6.2 Yük tipleri ve yükleme durumları

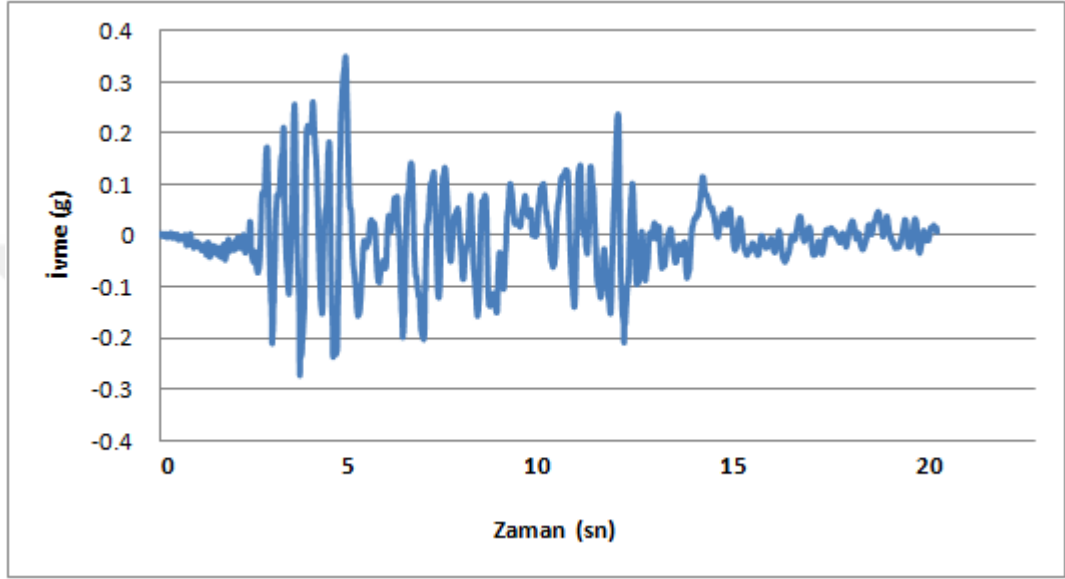
Load Patterns	Load Cases
G (Ölü Yük)	G
Q (Hareketli Yük)	Q
Ex (x yönünde deprem yükü)	Ex
Ey (y yönünden deprem yükü)	Ey
YATAY (düzce depremi ham datası)	YATAY
	MODAL

Yönetmelikte verilen karakteristik yüklere belirli değerler verilerek tasarım etkileri ve yük kombinasyonları oluşturulur. Bu yük kombinasyonlarının oluşturulmasının amacı yüklerin hepsi aynı anda aynı etkiyi sağlayamadığından dolayı farklı zamanlarda farklı yükler etkiyerek yapının güvenliğini sağlamaktır. Yalıtım birimlerinde kullanılacak yüklerin hesabında TBDY - 2018' de **Bölüm 14.10.3. Yalıtım Birimi Deneylerinde Kullanılacak Yük Birleşimleri** başlığı altındaki yük bileşimleri kullanılacaktır. Kullanılacak olan yük kombinasyonları Çizelge 6.3' de verilmiştir.

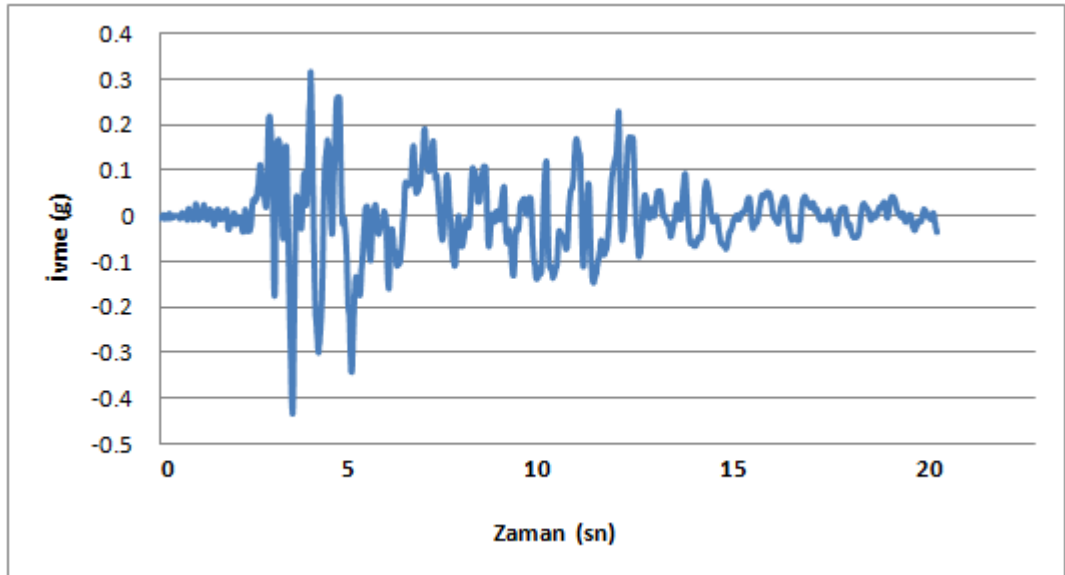
Çizelge 6.3 Yük Kombinasyonları

Load Combinations
1.4G+1.6Q
G+0.5Q
1.2G+0.5Q+Ex
1.2G+0.5Q-Ex
1.2G+0.5Q+Ey
1.2G+0.5Q-Ey
1.2G+Q+Ex
1.2G+Q-Ex
1.2G+Q+Ey
1.2G+Q-Ey
0.9G+Ex
0.9G-Ex
0.9G+Ey
0.9G-Ey

Dinamik analizde deprem etkisi altında yapının davranışını inceleyebilmek için 12 Kasım 1999 Cuma günü saat 18.57' de Düzce'de 73 km uzunluğunda 30 saniye süren Mw 7.1 büyüklüğündeki depremin dataları alınmıştır.

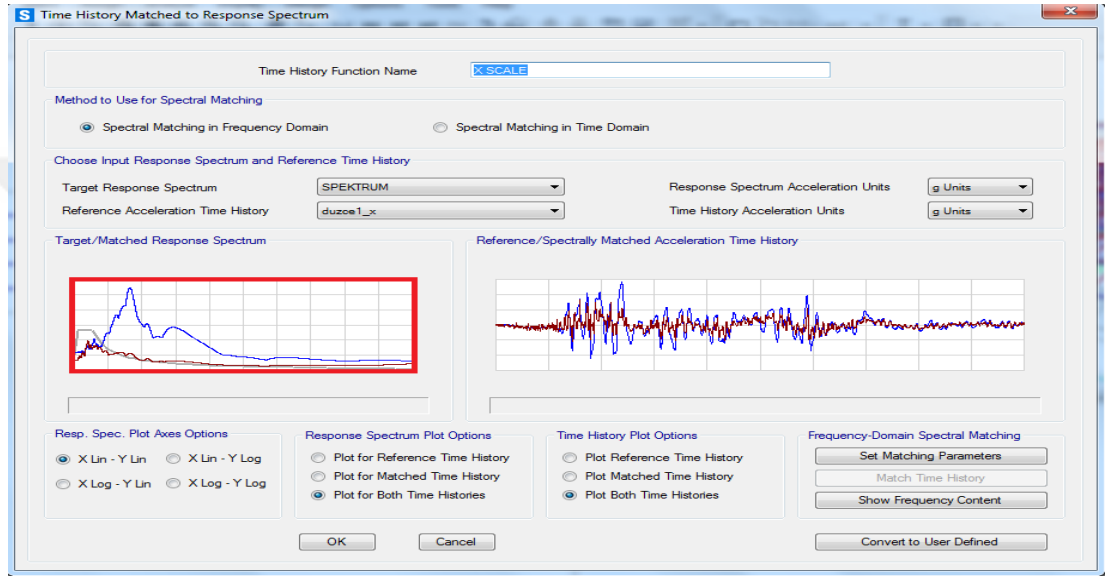


Şekil 6.1 Düzce depremi X yönü ivme spektrumu



Şekil 6.2 Düzce depremi Y yönü ivme spektrumu

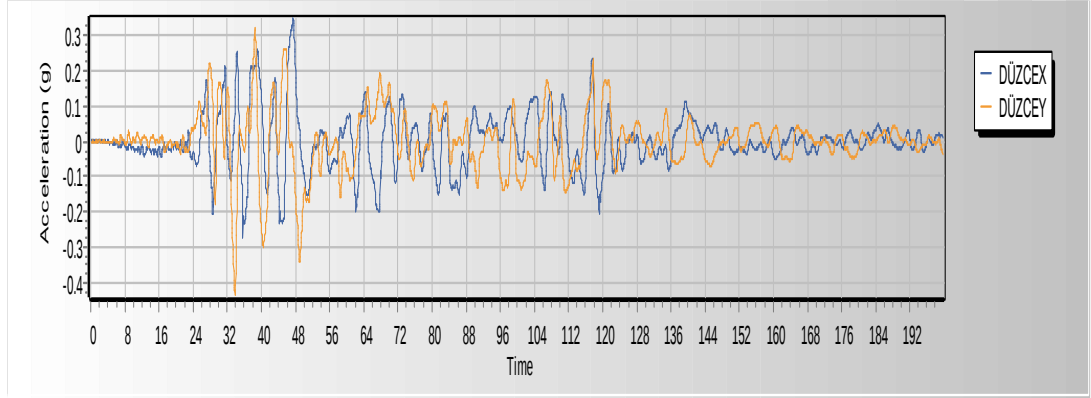
Bu datalar Time History'de tanımlanarak gerçek bir deprem altında binanın nasıl bir tepki göstereceği ölçülecektir. Daha sonra Time History' de tanımladığımız deprem kaydını TBDY - 2018' e göre oluşturulan Spektrum eğrisiyle eşleştirmemiz gerekiyor. Bunu yapmamızdaki amaç deprem kaydının çok büyük ya da çok küçük çıkmasını engellemektir.



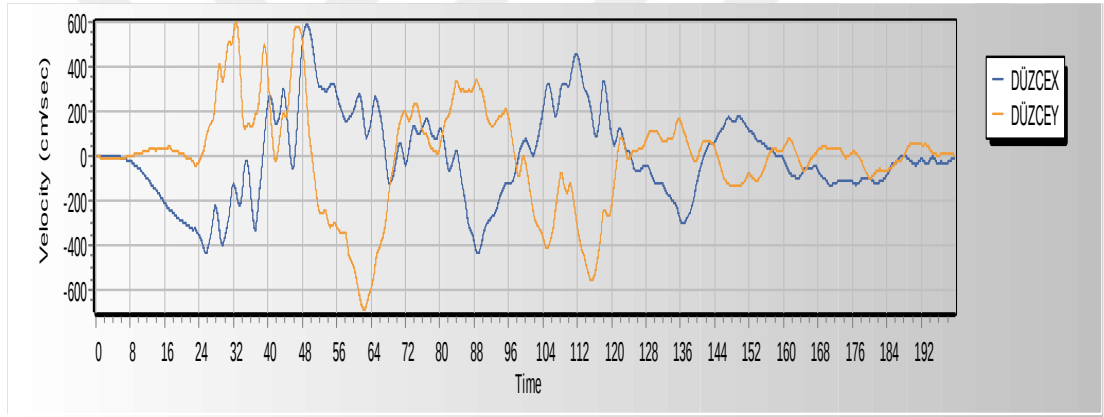
Resim 6.6 Deprem kaydının spektrum eğrisi ile eşleştirilmesi

Gerçek deprem kaydındaki ivme değerlerinin solda gördüğümüz (kırmızı renkli) gibi spektrum eğrisiyle eşleştiriyoruz. Yani iki ivme değerini de aynı birime çevirmiş oluyoruz. Bu eşleştirmeler eğer yapılmazsa Load Case' de tanımladığımız deprem kuvvetleri yanlış sonuçlar verebilecektir.

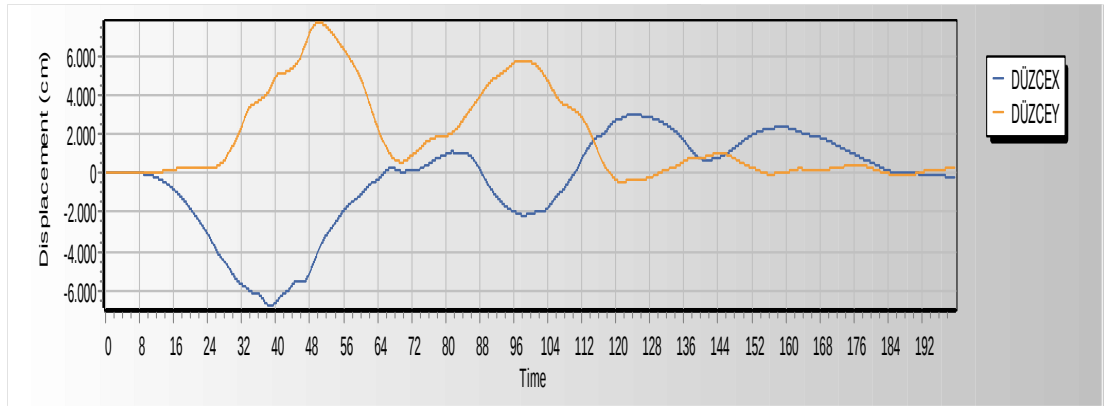
Aynı birimlere çevrilmiş olan Düzce depremine ait ivme - zaman, hız - zaman ve yerdeğiştirme - zaman spektrumları grafikleri aşağıda verilmiştir.



Resim 6.7 Düzce depreminin X ve Y yönü ivme - zaman değerleri



Resim 6.8 Düzce depreminin X ve Y yönü hız - zaman değerleri

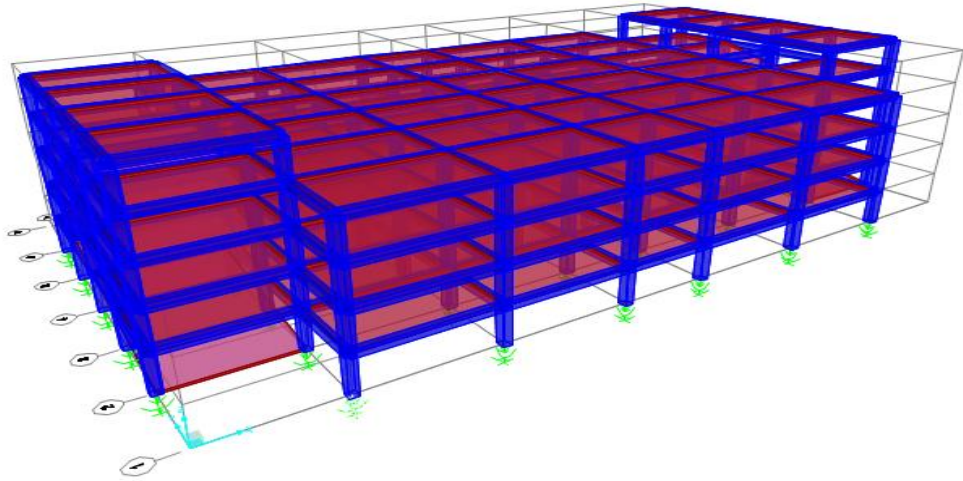


Resim 6.9 Düzce depreminin X ve Y yönü yer değiştirme - zaman değerleri

6.3. Sismik İzolatörlü Yapının Tasarlanması

İzolatör seçimi yapılırken söz konusu izolatörün ne derece yanal deplasmana dayanabileceği ölçülüp tasarlanmalıdır. Çünkü izolatörlü yapılarda yalıtım seviyesi üst yapıya göre daha esnek, üst yapı ise yalıtım seviyesine göre daha rijit bir özellik gösterir. Bu nedenle yapıyı enerji sönümleyebilme kabiliyeti olan bir yanal ivme hareketi ile izole ediyoruz. Sönümleyicilerde büyük yer değiştirmeler yalıtım seviyesinde gerçekleşiyor ve çok çok küçük yer değiştirmeler yapıda gerçekleştiğinden dolayı yapıda herhangi bir doğrusal olmayan davranış oluşmadığı için yapıda herhangi bir hasar meydana gelmiyor. Doğrusal olmayan davranış izolatör seviyesinde meydana geliyor. O nedenle şiddetli bir deprem anında yapıda herhangi bir hasar beklenmiyor. Bu izolatörlerin birden fazla depremi karşılayabilecek şekilde üretimi yapılmaktadır.

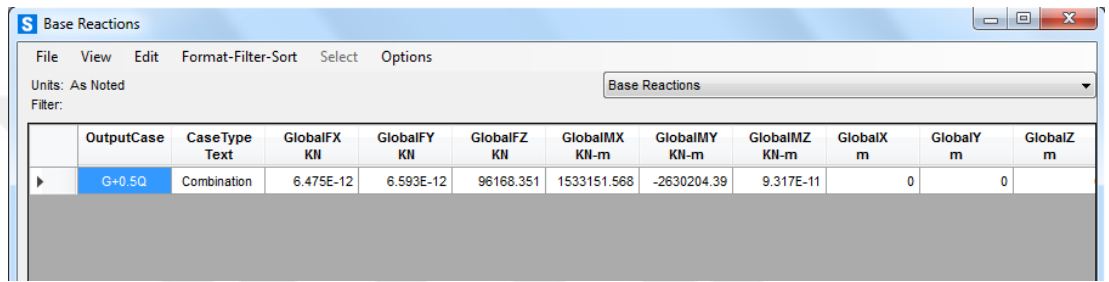
Spektrum yapımıza gelen taban kesme kuvvetinin ya da deprem kuvvetinin yapı kütlesine oranı olarak ifade edilmektedir. Yani bir tür normalleştirilmiş deprem kuvvetidir. Bu prensip kullanılarak sismik yalıtım ile normalleştirilen deprem kuvvetleri çok büyük oranda düşürebilmektedir.



Resim 6.10 Sismik izolatör tanımlanmış yapının 3 boyutlu görünüşü

6.3.1. Sismik İzolatörün Boyutlandırılması

Sismik izolatörlü yapının boyutlandırılabilmesi için yapının toplam ağırlığının bulunması gerekmektedir. Bunun için SAP2000 programında Display > Show Tables sekmesinden ekrana gelen Choose Tables for Display penceresinden Base Reactions' tan yapının toplam ağırlığı bulunur.



OutputCase	CaseType	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
G+0.5Q	Combination	6.475E-12	6.593E-12	96168.351	1533151.568	-2630204.39	9.317E-11	0	0	0

Resim 6.11 Sismik izolatörlü yapının toplam ağırlığı

Resim 6.11' de de görüldüğü gibi yapının toplam ağırlığı 96168.351 kN olarak bulunmuştur. Bu çıkan sonuca göre sismik izolatör tasarımı yapılmaktadır. Buradaki toplam ağırlık tüm izolatörlere gelen toplam ağırlıktır. İzolatör tasarımı yapılırken tek bir izolatöre etkiyen yük tasarımı olarak işlem yapılmaktadır. Bu nedenle yapıya gelen toplam yük yapıda kullanılan izolatör sayısına bölünerek tek bir izolatöre gelen yük hesaplanmaktadır [69].

6.3.2. Etkin Rijitlik ve İzolatör Yer Değiştirme Hesabı

Başlangıç rijitliği, hesaplarda çok yüksek bir değer olan sanal bir rijitliktir. İkincil rijitlik Denklem (6.3)' de belirtildiği gibi düşey kuvvetin (P) eğri yüzeyli sürtünmeli yalıtım birimi kayma yüzeylerinin etkin eğrilik yarıçapına (R_c) bölünmesi ile belirlenecektir [43].

$$k_2 = \frac{p}{R_c} \quad (6.3)$$

Verilen bir yükleme döngüsündeki etkin rijitlik (k_e), Denklem (6.4)' de belirtildiği gibi söz konusu döngüde uygulanan maksimum yatay kuvvetin (F) ulaşılan maksimum yer değiştirmeye (D) bölünmesi ile elde edilecektir [43].

$$k_e = \frac{F}{D} = \frac{p}{R_c} + \frac{P \mu_e}{D} \quad (6.4)$$

Etkin sönüm oranı β_e Denklem (6.5)' de belirtildiği gibi bir yerdeğiştirme döngüsünde tüketilen enerjinin (W_d), $2\pi FD$ değerine bölünmesi ile elde edilecektir [43].

$$\beta_e = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{W_d}{FD} \right] = \frac{2}{\pi} \left[\frac{\mu_e}{\mu_e + \frac{D}{R_c}} \right] \quad (6.5)$$

Etkin sönüm oranı % 30 değeri ile sınırlı olacaktır [43].

TBDY - 2018' de belirtilen bu denklemlerden yola çıkarak gerekli işlemler yapılarak izolatör boyutlandırılması yapılır. Bizim boyutlandırdığımız izolatör çeşidi Sürtünmeli Sarkaç (FPS) izolatörüdür. TBDY - 2018'de bulunan bu izolatöre ait denklemler kullanılarak izolatör boyutlandırılması yapılmaktadır. Bu izolatör boyutlandırılması yapılırken ele alınacak değerler Tablo 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.4 İzolatör boyutlandırılmasında kullanılacak değerler

Sembol	Değer
μ_e	0.096
R_c	4.5 m
D	0.30
P	1849.39kN
D_Y	0.00254

İterasyon 1 :

$$k_e = \frac{1849.39}{4.5} + \frac{0.096 \times 1849.39}{0.30} = 1002,78 \text{ kN}$$

$$\beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0.096}{0.096 + \frac{0.30}{4.5}} \right] = 0.376 > 0.30 \text{ olduğundan } \beta_e = 0.30 \text{ alınır.}$$

$$B = \left(\frac{\beta_e}{0.05} \right)^{0.30} = \left(\frac{0.30}{0.05} \right)^{0.30} = 1.71$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P}{g k_e}} = 2\pi \sqrt{\frac{1849.39}{9.81 \times 1002.78}} = 2.72 \text{ s}$$

Resim 6.4' de Response Spektrum eğrisine ait ivme değerlerinden 2.72 s değerindeki periyoda karşılık gelen ivme değeri $S_{ae}(T) = 0.1529 \text{ g}$ olarak bulunur.

$$S_a = \frac{S_{ae}(T)}{B} = \frac{0.1529}{1.71} = 0.089 \text{ g}$$

$$S_a = \omega^2 S_d$$

$$S_d = \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 S_a = \left(\frac{2.72}{2\pi} \right)^2 \times 0.089 \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.16 < D_{seçilen} = 0.30 \text{ m}$$

olduğundan;

$D_{seçilen} = 0.16$ alınarak işlemler tekrarlanır.

İterasyon 2 :

$$k_e = \frac{1849.39}{4.5} + \frac{0.096 \times 1849.39}{0.16} = 1520.61 \text{ kN}$$

$$\beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0.096}{0.096 + \frac{0.16}{4.5}} \right] = 0.46 > 0.30 \text{ olduğundan } \beta_e = 0.30 \text{ alınır.}$$

$$B = \left(\frac{\beta_e}{0.05} \right)^{0.30} = \left(\frac{0.30}{0.05} \right)^{0.30} = 1.71$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P}{g k_e}} = 2\pi \sqrt{\frac{1849.39}{9.81 \times 1520.61}} = 2.21 \text{ s}$$

Resim 6.4' de Response Spektrum eğrisine ait ivme değerlerinden 2.21 s değerindeki periyoda karşılık gelen ivme değeri $S_{ae}(T) = 0.189 \text{ g}$ olarak bulunur.

$$S_a = \frac{S_{ae}(T)}{B} = \frac{0.189}{1.71} = 0.11 \text{ g}$$

$$S_a = \omega^2 S_d$$

$$S_d = \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 S_a = \left(\frac{2.21}{2\pi} \right)^2 \times 0.11 \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.13 < D_{seçilen} = 0.30 \text{ m}$$

olduğundan;

$D_{seçilen} = 0.13$ alınarak işlemler tekrarlanır.

İterasyon 3 :

$$k_e = \frac{1849.39}{4.5} + \frac{0.096 \times 1849.39}{0.13} = 1776.68 \text{ kN}$$

$$\beta_e = \frac{2}{\pi} \left[\frac{0.096}{0.096 + \frac{0.13}{4.5}} \right] = 0.49 > 0.30 \text{ olduğundan } \beta_e = 0.30 \text{ alınır.}$$

$$B = \left(\frac{\beta_e}{0.05} \right)^{0.30} = \left(\frac{0.30}{0.05} \right)^{0.30} = 1.71$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{P}{g k_e}} = 2\pi \sqrt{\frac{1849.39}{9.81 \times 1776.68}} = 2.046 \text{ s}$$

Resim 6.4' de Response Spektrum eğrisine ait ivme değerlerinden 2.046 s değerindeki periyoda karşılık gelen ivme değeri $S_{ae}(T) = 0.203 \text{ g}$ olarak bulunur.

$$S_a = \frac{S_{ae}(T)}{B} = \frac{0.203}{1.71} = 0.12 \text{ g}$$

$$S_a = \omega^2 S_d$$

$$S_d = \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 S_a = \left(\frac{2.046}{2\pi} \right)^2 \times 0.12 \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 0.12 < D_{seçilen} = 0.30 \text{ m}$$

olduğundan;

$D_{seçilen} = 0.12$ alınarak işlem sonlandırılır.

Bu işlemler sonunda ;

$$k_e = 1776.68 \text{ kN}$$

$$\beta_e = 0.30 \text{ olarak alınır.}$$

$$K = \frac{\mu \times P}{D_Y} = \frac{0,096 \times 1849,39}{0,00254} = 69898,20 \text{ kN}$$

Gerekli işlemler yapıldıktan sonra seçilen değerler SAP2000 programına Resim 6.12' deki gibi tanımlanmaktadır ve analiz yapılmaktadır.

The image shows two side-by-side screenshots of the 'Link/Support Directional Properties' dialog box in SAP2000. The left window is for 'U2' direction and the right is for 'U3' direction. Both windows show the same input values: Property Name 'FPS', Direction 'U2' (left) or 'U3' (right), Type 'Friction Isolator', NonLinear 'Yes', Effective Stiffness '1776.68', Effective Damping '0.3', Shear Deformation Location 'Distance from End-J' '0.3', Stiffness '69898.2', Friction Coefficient, Slow '0.096', Friction Coefficient, Fast '0.096', Rate Parameter '1.', and Net Pendulum Radius '4.5'.

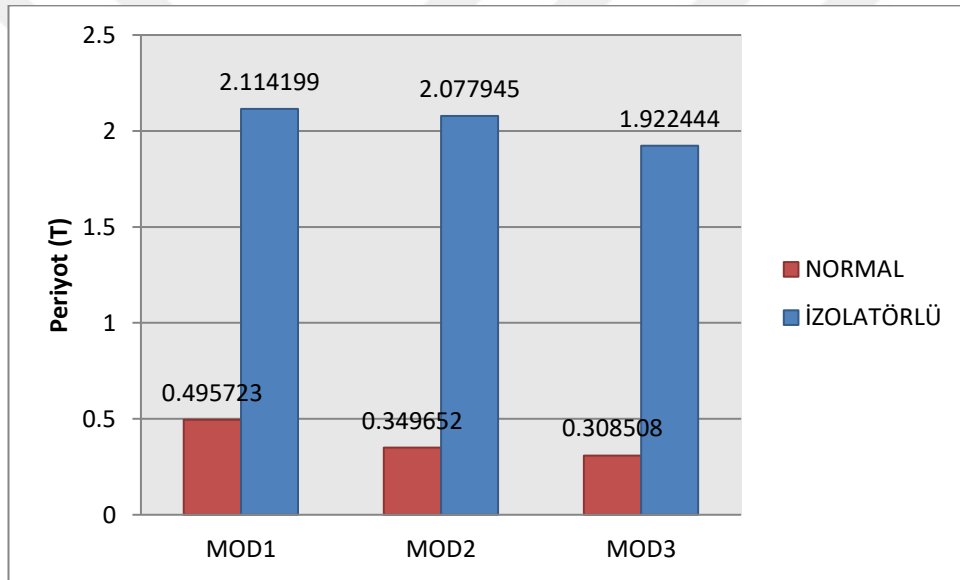
Resim 6.12 Sürtülmeli sarkaç izolatör U2 ve U3 değerleri

6.4. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deprem esnasında binanın nasıl bir salınım şeklinde geleceğini bilemediğimiz için çeşitli salınım şekilleri kullanılarak sonuç elde etmeye çalışılmaktadır. Bu

salınım şekilleri de periyotla elde edilmektedir. Bu salınım şekilleri oluşturulurken binanın rijitliği ve kütlesi önem arz etmektedir. Yatay yüklerin bir önemi yoktur. Burada düşey yükler altında ve binanın elemanlarının rijitliğinden kaynaklı, binanın rijitliği önem arz etmektedir. Yani kısacası binanın periyodu deprem yüküne bağlı değildir.

Analizi yapılmış olan normal yapı ve sismik izolatörlü yapının MOD' lara göre periyot değerleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.3 Hesaplanan periyot değerinin modlara göre değişimi

Burada Mod1, yapının X yönündeki periyodunu, Mod2 Y yönündeki periyodunu ve Mod3 ise burulmayı ifade etmektedir. Mod3' te yapının hangi yönde burulduğu belli olmamaktadır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemi ile birbirine etkileyen X ve Y doğrultusunda Düzce Depremi uygulanarak analizi yapılmış yapının Mod değişimine bakıldığında sismik izolatörlü yapıda periyodun daha fazla olduğu görülmektedir. Yani izolatör yapıya gelen periyodu artırarak yapının daha az zarar almasını sağlamaktadır. Tüm

hasar izolatör seviyesinde gerçekleşmektedir. Yapı üst bölgelerine periyot artması sayesinde enerji sönmülmüş şekilde iletilmektedir. Kısacası periyot uzaması ile yapıya gelen deprem kuvvetleri önemli ölçüde düşürülmektedir.

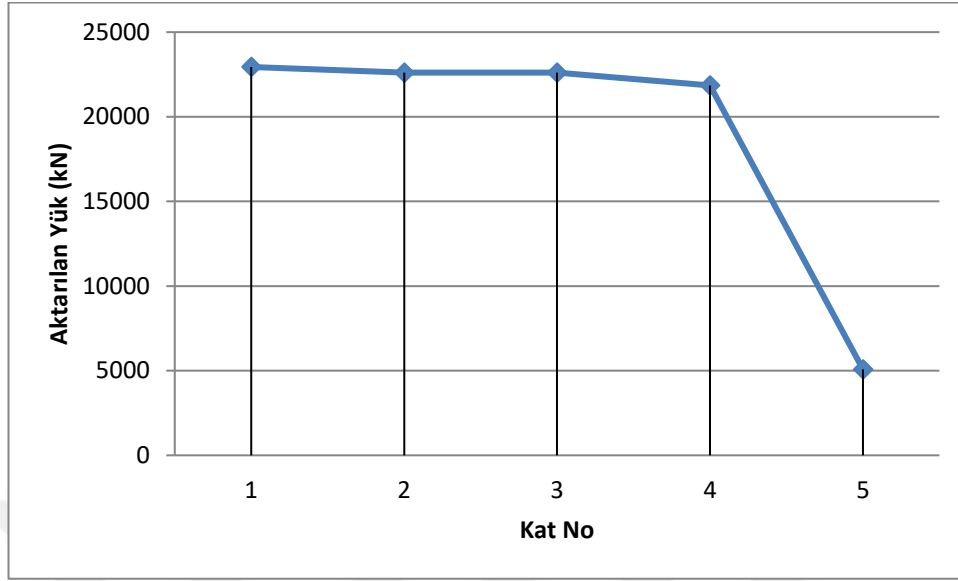
Elde edilen mod değerlerinin yapısal davranışa etkisini ölçmek için kullanılan Modal katkı faktörleri aşağıdaki çizelgede verilmiştir. Buradan modal katkı faktörlerine bakılarak binanın hangi yönde salınım yaptığı bulunabilmektedir.

Çizelge 6.5 Modal katkı faktörleri

MOD	NORMAL YAPI			SİSMİK İZOLATÖRLÜ YAPI		
	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
MOD1	0.82459	5.69E-19	1.198E-17	0.99925	0	0
MOD2	5.125E-20	0.83736	3.917E-05	0	0.99979	1.65E-08
MOD3	0.00045	1.52E-18	1.663E-18	2.33E-05	0	0
MOD4	0.09456	4.16E-16	8.692E-18	0.00062	8.64E-19	4.77E-20
MOD5	3.43E-15	3.79E-05	0.00027	0	0.00016	0.00013
MOD6	1.616E-16	0.07237	1.187E-05	1.23E-07	2E-17	2.03E-14
MOD7	0.0006	2.09E-18	1.108E-15	2.08E-18	1.24E-09	0.001
MOD8	1.065E-15	0.00843	2.601E-07	5.23E-05	8.98E-19	4.22E-16

Meydana gelen deprem kuvvetinin her yapıya katılımı farklı şekilde olmaktadır. Bir yapıya gelen deprem yükü her mod için farklı bir oran meydana getirmektedir.

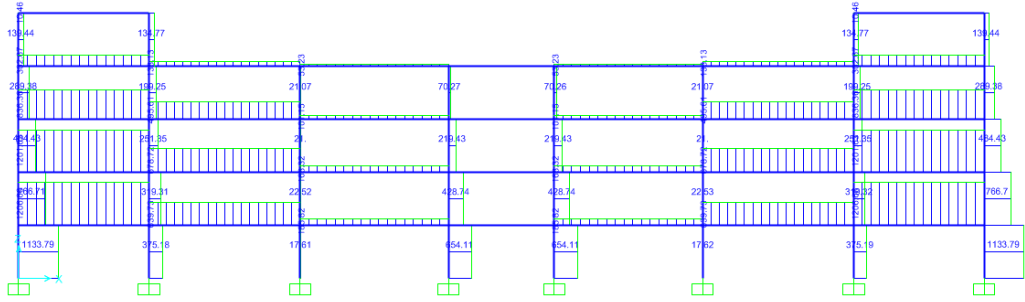
Tablodan da anlaşıldığı üzere normal yapı MOD1 X doğrultusundaki harekete %82 katkı yapmıştır. Sismik izolatörde ise MOD1 X doğrultusundaki katkı %99 olarak ölçülmüştür. İlk iki modda da görüldüğü gibi normal yapının kütle katılım oranı yüksekken sonraki modlarda giderek azaldığı görülmektedir. Sismik izolatörlü yapıdaki kütle katılım oranının normal yapıya göre MOD1 X doğrultusunda %17daha fazla olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşıyor ki izolatör yapıya gelen deprem yükünü kendine çekerek üst yapıya iletilmesini engelleyip daha az hasar meydana gelmesini sağlamaktadır.



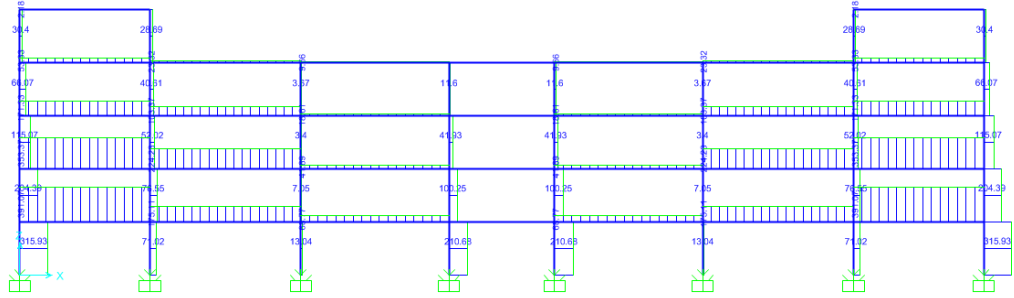
Şekil 6.4 Kolonların alt ucuna katlara göre aktarılan yükler (kN)

Alt kolonlar daha taşıyıcı durumda olduğu için üst kolonlara aktarılan yük giderek azalmaktadır. Normal yapıda tüm yük kolonlara aktarılmakta ve yapı belli bir depremden sonra çatlama seviyesine gelmektedir ve hasar boyutu ciddi oranda artmaya başlamaktadır. Fakat sismik izolatör kolonlara gelen yükü sönümlediğinden ve yük oranını azalttığından dolayı meydana gelen deprem karşısında hasar oranını düşürmektedir. Yaptığı sönümleme sayesinde üst katlara deprem yükü aktarımı azalmaktadır (Şekil 6.4).

Yapıda Ex yükünde meydana gelen kesme kuvvetleri incelendiğinde normal yapının mesnet kısımlarında meydana gelen kesme kuvvetinin sismik izolatörlü yapıya göre yaklaşık 5 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Buradan da anlaşılaacağı üzere sismik izolatör yaptığı yer değiştirme sayesinde kesme kuvvetini azaltıp daha az hasar meydana gelmesini sağlamaktadır.



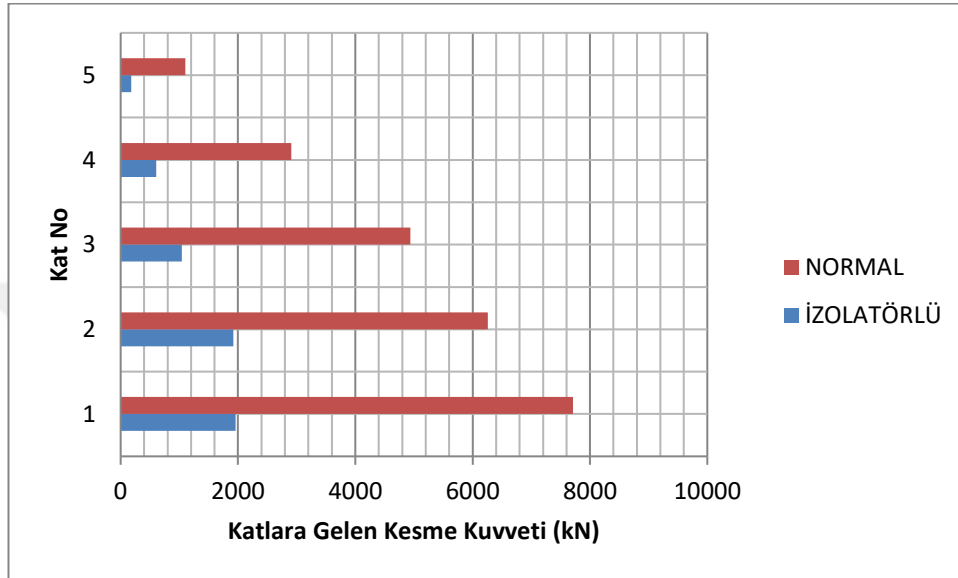
Resim 6.13 Normal yapı kesme kuvveti diyagramı (kN)



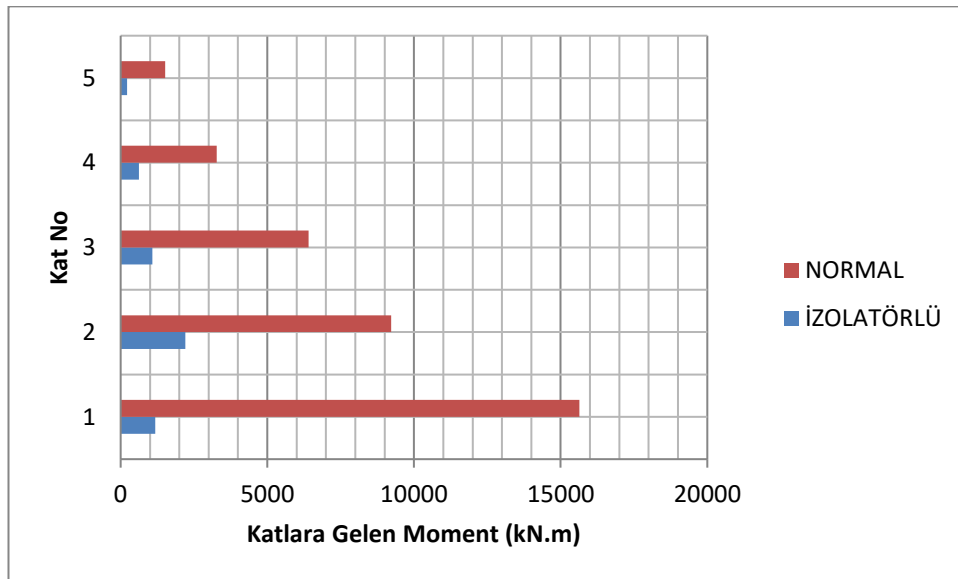
Resim 6.14 Sismik izolatörlü yapı kesme kuvveti diyagramı (kN)

Yapı X-Z planı ele alınıp 2 nolu akstaki alt kolonlarda meydana gelen maksimum kesme kuvvetine bakıldığında normal yapıda 1. katta 7709.668 kN' luk bir kuvvet meydana gelirken aynı şekilde sismik izolatörde 1. katta 1959.5 kN' luk bir kesme kuvveti meydana gelmektedir. Yani normal yapıda sismik izolatöre göre yaklaşık 4 kat daha fazla bir kesme kuvveti meydana gelmektedir. Bu normal yapıda meydana gelen fazla kesme kuvveti yapıyı zorlayarak yapının deprem anında belirli bir performans göstermeyerek yapının çatlamasına hatta daha da ileri giderek yapının çökmesine neden olacaktır. Sismik izolatörlü binada ise bina belirli yükü sönümleyip katlara aktardığından katlarda kesme kuvveti azalmaktadır. Sismik izolasyonda hedef, binada herhangi bir kullanım kaybı olmadan kesintisiz kullanımı sağlamaktır. Bu nedenle bina bu hedefe ulaşmış olacaktır. Şekil 6.5 ve Şekil 6.6' da normal yapı

ve sismik izolatörlü yapıya ait kesme kuvveti ve moment değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir.



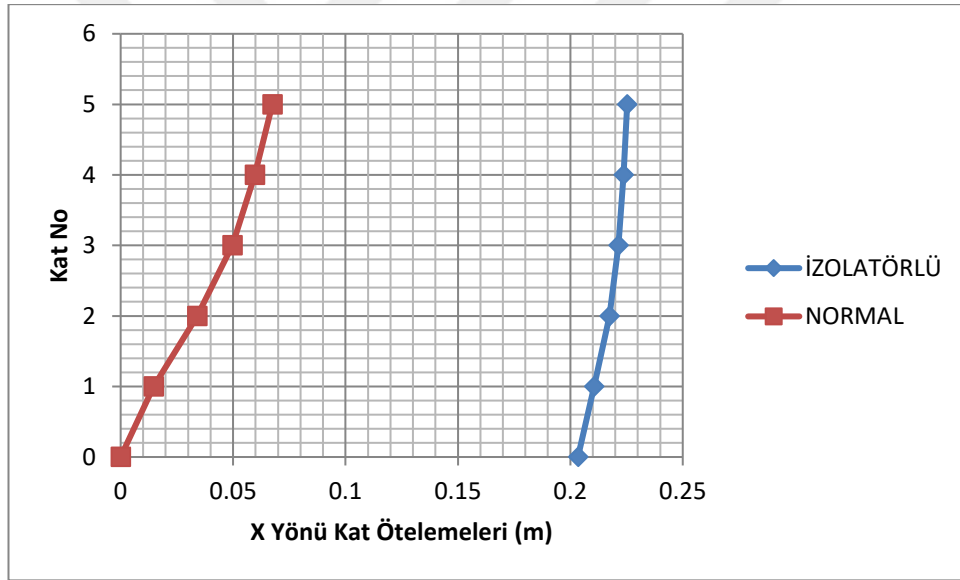
Şekil 6.5 Alt kolon maksimum kesme kuvveti (kN)



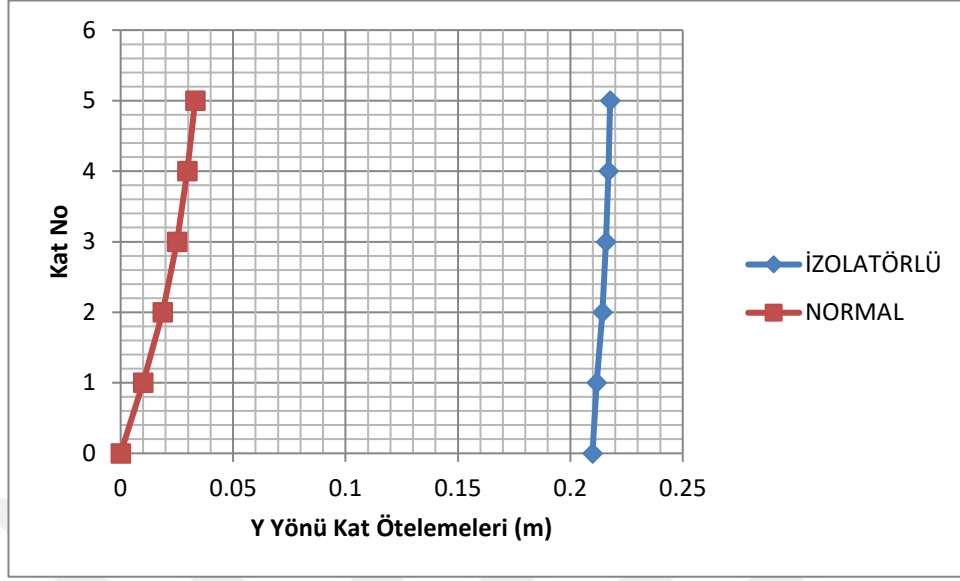
Şekil 6.6 Alt kolon maksimum moment değeri (kN.m)

Bir binada hasarı oluşturan asıl davranış görelî kat ötelenmeleridir. Görelî kat ötelemeleri deprem anında oluşan hasarın temel nedenidir. Yapıların performans açısından kıyaslaması yapıldığında görelî kat ötelemeleri bu konuda bize önemli fikirler vermektedir.

Yapıda X-Z planında 2 nolu aksta kolonun alt kısmında X ve Y yönünde meydana gelen görelî kat ötelemeleri karşılaştırması Şekil 6.7 ve Şekil 6.8' de verilmiştir.



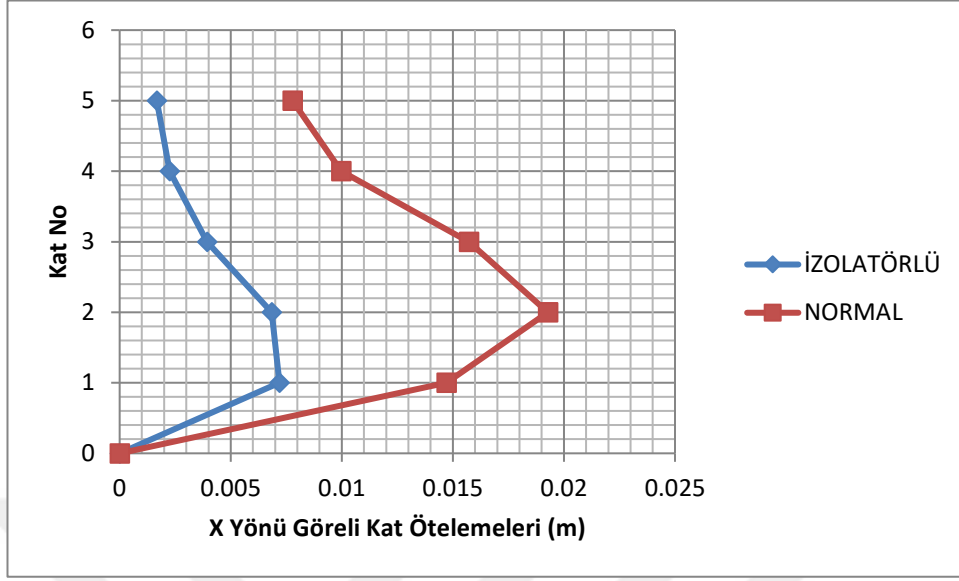
Şekil 6.7 X yönü kat ötelemeleri



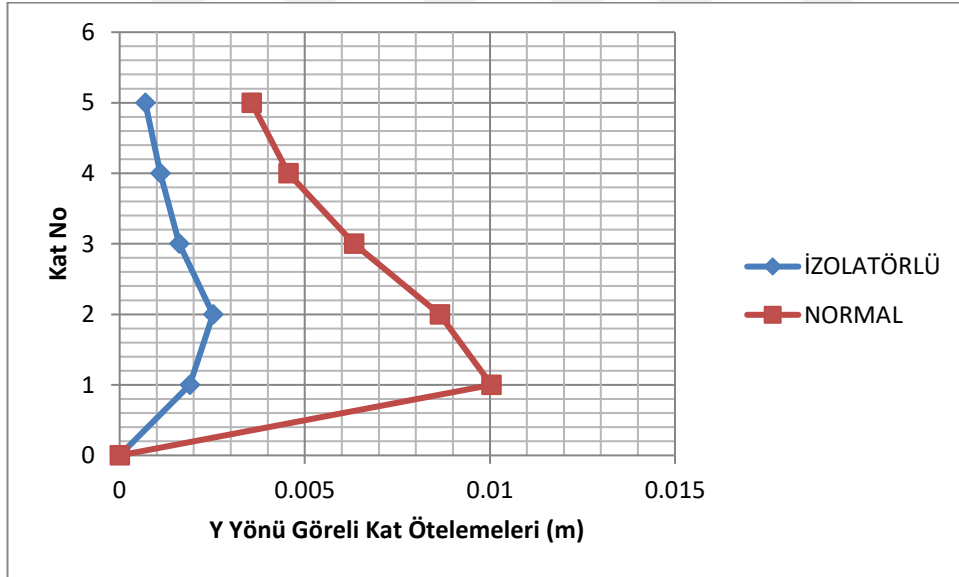
Şekil 6.8 Y yönü kat ötelemeleri

Analiz sonuçlarına göre izolatörlü yapıda üst yapıya bakacak olursak, üst yapı rijit bir kütleymiş gibi ileri geri bir salınım hareketi yaparak katlar arasında herhangi bir görece deformasyon oluşturmamaktadır. Bu nedenle yapısal elemanlarda hiçbir hasar meydana gelmemektedir. Sismik izolatörlü bina temel çalışma prensibine uyarak, binanın kendisini deformasyona uğratmak yerine, rijit bir kütle hareketi oluşturup ileri geri salınım yaparak bu izolatörlerin üzerinde enerjiyi sönmülmektedir. Normal yapıda ise kat ötelemelerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Bu da yapının performans açısından daha fazla zorlanacağı anlamına gelmektedir.

Normal yapı ve sismik izolatörlü yapının X ve Y yönündeki görece kat ötelemeleri aynı artış miktarında (0.005 aralıklarla) ele alındığında bu farkın daha belirgin bir şekilde görüldüğü Şekil 6.9 ve Şekil 6.10'da belirtilmektedir.



Şekil 6.9 X yönü göreli kat ötelemeleri



Şekil 6.10 Y yönü göreli kat ötelemeleri

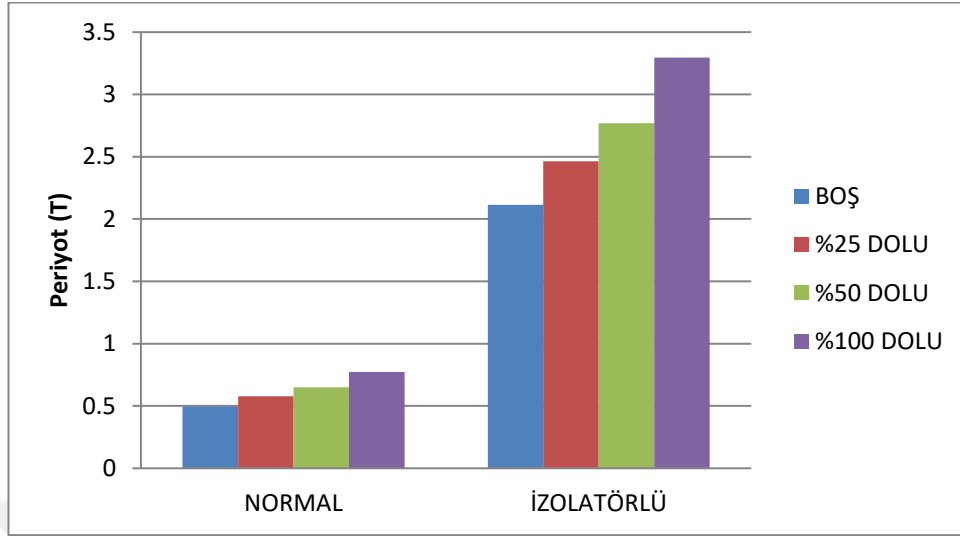
6.5. Araç Yükünün Eklenmesi

Otoparklar, büyük şehirlerde insan ve araç sayısının artmasıyla zorunlu hale gelmeye başladı. Artan zorunluluk nedeniyle pahalı bir kaynak haline gelmeye başlayan otoparklar artık yapısal tasarımı ve güvenilirlik açısından da önemlilik arz etmeye başladı. Bu nedenle herhangi bir deprem karşısında araçların günümüz fiyatları düşünüldüğü zaman araçlarda meydana gelebilecek hasarı en aza indiregebilmek için yapılan çalışmalar gittikçe artmaktadır. Bu çalışmadaki amaç da bu doğrultuda gerçekleşmektedir.

Normal ve sismik izolatör eklenerek analizi yapılmış olan otoparka araç yükleri yüklenerek bu yüklerin boş, %25 dolu, %50 dolu ve %100 dolu olduğunda otoparka dinamik açıdan nasıl bir etki sağlayacağı incelenmeye çalışılıp analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

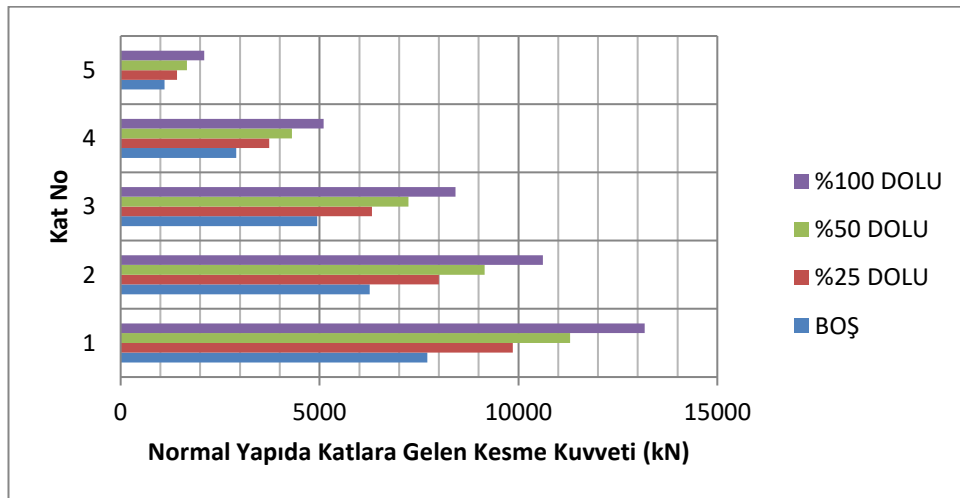
Çizelge 6.6 Yapının modlara göre dağılımı

		MOD1	MOD2	MOD3
NORMAL	BOŞ	0.495723	0.349652	0.308508
	%25 DOLU	0.578121	0.407932	0.356868
	%50 DOLU	0.650159	0.458872	0.399418
	%100 DOLU	0.774388	0.546698	0.473178
İZOLATÖRLÜ	BOŞ	2.114199	2.077945	1.922444
	%25 DOLU	2.463519	2.421148	2.219367
	%50 DOLU	2.769119	2.721408	2.481007
	%100 DOLU	3.296394	3.239488	2.935135

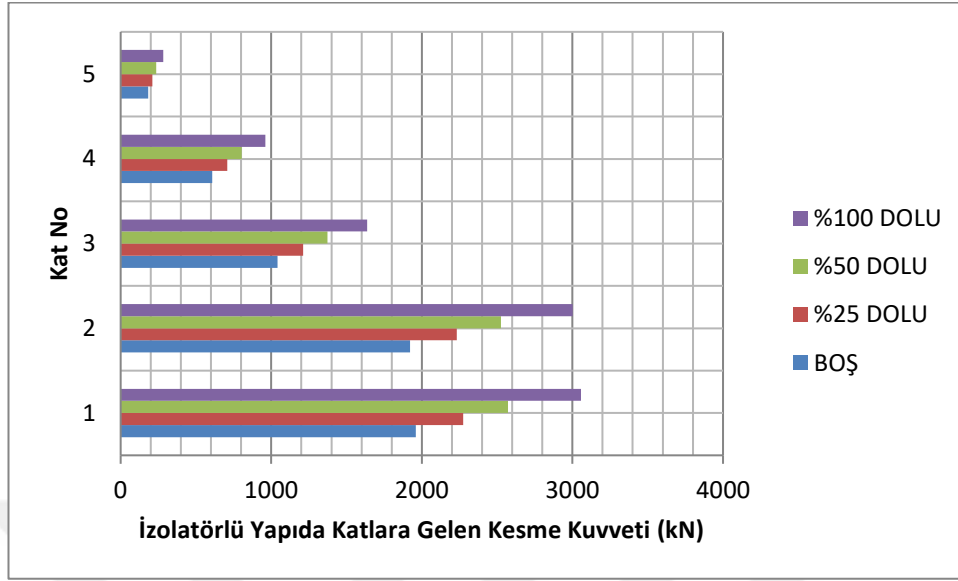


Şekil 6.11Yapının Mod1' e göre periyot değerleri

Modal analiz sonuçlarını yapının kütlesi ve rijitliği etkilemektedir. Araç yükü eklendikçe döşemelerde meydana gelen kütle arttığından araçların doluluk oranı arttıkça yapının modlara göre periyodu da gittikçe artmaktadır(Şekil 7.3). Bu periyot değeri sismik izolatörlü yapıda yapıya gelen hasarı önlemek adına daha belirgin bir şekilde artmaktadır. Yani kısacası sismik izolatör yapıya gelen hasarın büyük bir kısmını sönümleyerek üst yapıya aktarmaktadır. Buradan da görülüyor ki sismik izolatörlü yapıda normal yapıya göre hasar daha az oluşmaktadır.

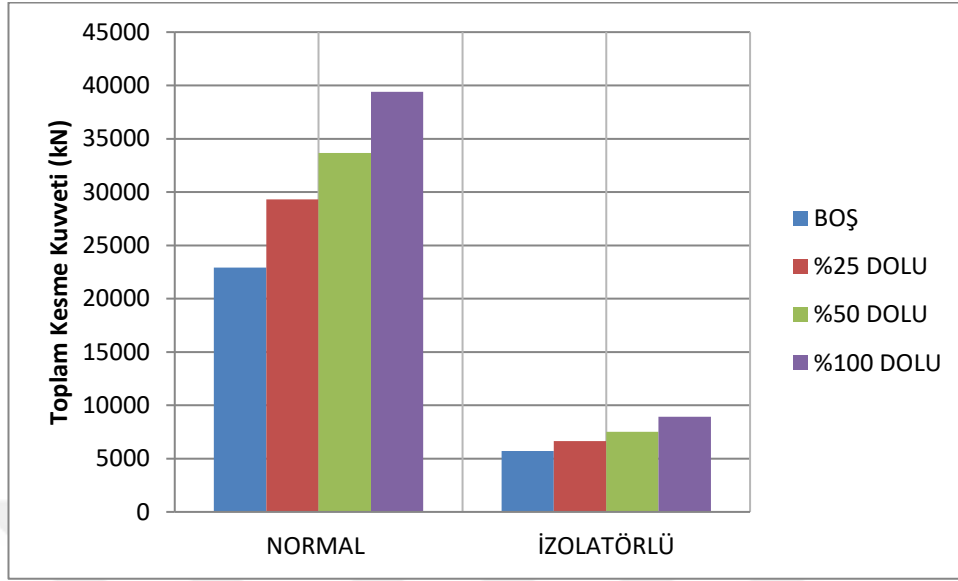


Şekil 6.12 Normal yapıda katlara gelen kesme kuvveti



Şekil 6.13 İzolatörlü yapıda katlara gelen kesme kuvveti

Araç boşken normal yapıda birinci katta meydana gelen kesme kuvveti 7709.668kN iken ikinci katta 6258.164 kN, üçüncü katta 4940.97 kN, dördüncü katta 2906.664 ve beşinci katta ise 1100.176 kN olduğu görülmektedir. Araç doluluk oranı arttıkça kesme kuvveti değerlerin gittikçe arttığı Şekil de görülmektedir. Bu nedenle yapıda meydana gelen fazla kesme kuvveti yapıyı zorlamaktadır. Otoparka sismik izolatör eklendiği zaman bu yapıdaki kesme kuvveti değerlerinin gittikçe azaldığı görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi araç boşken otopark sismik izolatörlü olarak tasarlandığında birinci katta 1959.5 kN, ikinci katta 1922.362, üçüncü katta 1042.078 kN, dördüncü katta 608.09 kN ve son olarak ise beşinci katta 182.184 kN olduğu görülmektedir. Yapıya izolatör eklendiğinde, normal yapıya göre kesme kuvvetinin yaklaşık 4 katı kadar azaldığı görülmektedir. Diğer dikkat edilmesi gereken bir diğer noktada sismik izolatörlü yapılarda izolatör yapının büyük çoğunlukla kesme kuvvetini alt katlarda barındırdığından dolayı üst katlarda çok fazla bir kesme kuvveti olmadığı görülmektedir. Bu da yapının daha az hasar almasını sağlamaktadır.



Şekil 6.14 Katlara gelen toplam kesme kuvveti

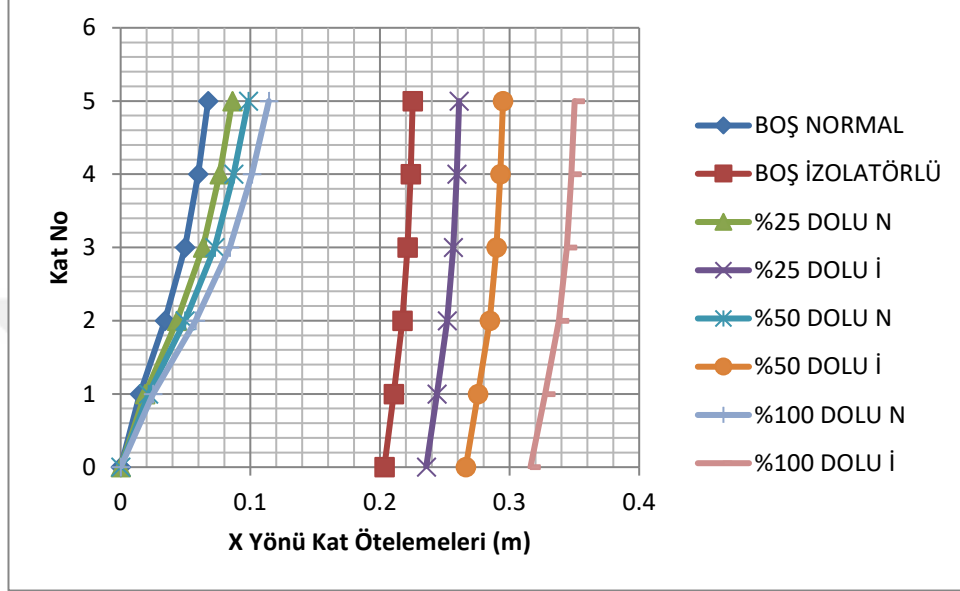
Normal ve sismik izolatörlü yapıda meydana gelen toplam kesme kuvvetinin araç doluluk oranlarına göre meydana gelen araç yükü artışından dolayı gittikçe arttığı görülmektedir.

Normal yapı ve sismik izolatörlü yapı X yönü kat ötelemelerine bakıldığında ötelemelerin kat sayısı arttıkça belirgin olarak arttığı görülmektedir (Çizelge 7.2).

Çizelge 6.7 X yönü kat ötelemeleri

Kat No	BOŞ		%25 DOLU		%50 DOLU		%100 DOLU	
	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR
0	0	0.20339	0	0.23571	0	0.266236	0	0.316136
1	0.014715	0.210583	0.018814	0.244055	0.021543	0.275668	0.025062	0.327343
2	0.033995	0.217425	0.043445	0.251998	0.04971	0.284649	0.057707	0.338019
3	0.049722	0.221362	0.063529	0.256569	0.072658	0.289818	0.084247	0.344164
4	0.059699	0.223618	0.076275	0.25919	0.087233	0.292781	0.101145	0.347688
5	0.067486	0.225284	0.086152	0.261109	0.098514	0.294943	0.114296	0.350245

Normal yapı ve sismik izolatörlü yapı X yönü kat ötelemeleri Çizelge 7.5' te gösterilmiştir. İzolatörlü yapıda kat ötelemelerinin daha az olduğu görülmektedir.

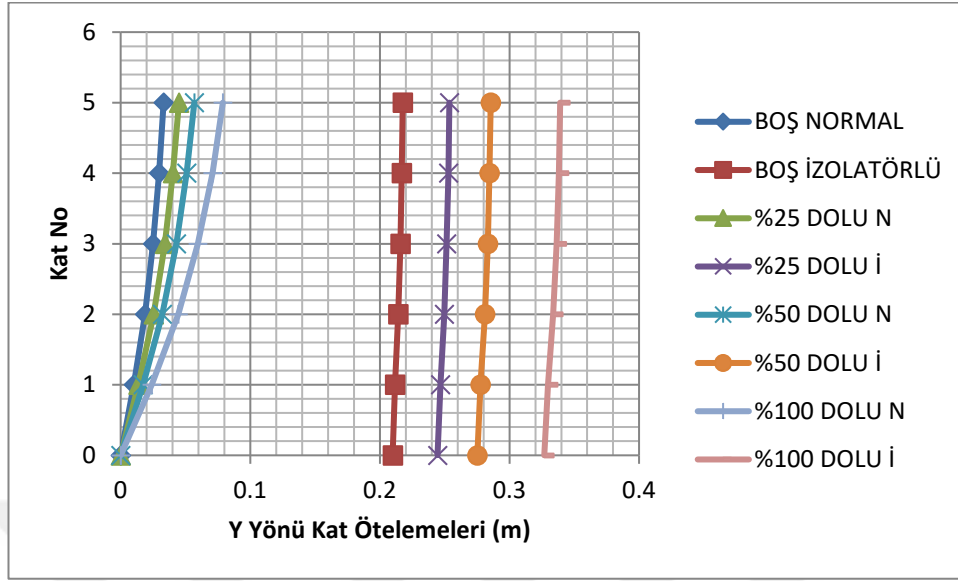


Şekil 6.15 X yönü kat ötelemeleri

Yapı Y yönü kat ötelemelerinin araç doluluk oranlarına göre değişimi Çizelge 7.3' de gösterilmektedir.

Çizelge 6.8 Y yönü kat ötelemeleri

Kat No	BOŞ		%25 DOLU		%50 DOLU		%100 DOLU	
	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR
0	0	0.209851	0	0.244495	0	0.275232	0	0.326871
1	0.010041	0.211743	0.01365	0.246713	0.017259	0.277738	0.023951	0.329858
2	0.018686	0.214265	0.025401	0.249659	0.032116	0.281059	0.044565	0.333809
3	0.025013	0.215878	0.033999	0.251555	0.042986	0.283203	0.059643	0.33637
4	0.029567	0.216979	0.040273	0.252843	0.050978	0.284657	0.070828	0.338101
5	0.033131	0.217675	0.044994	0.253636	0.056855	0.285538	0.078852	0.339132



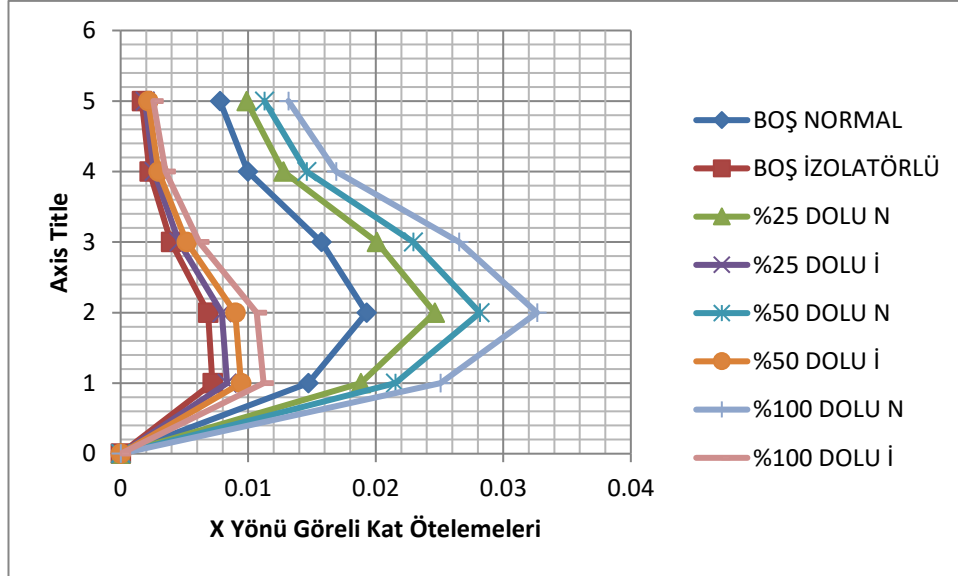
Şekil 6.16 Y yönü kat ötelemeleri

Bu değerlerden ve grafiklerden anlaşılacağı üzere normal yapıda meydana gelen X ve Y yönündeki kat ötelemeleri daha belirgin bir şekilde aradaki fark artarak devam ederken sismik izolatörlü yapıda katlar arasında meydana gelen ötelemelerin birbirine daha yakın olduğu görülmektedir. Bu da yapının deprem karşısında daha az yer değiştirme hareketi yaparak yapının daha az hasar almasını sağlamaktadır. Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise izolatörlü yapıda zemin katta meydana gelen yer değiştirmenin fazla olmasıdır. Bunun nedeni ise herhangi bir sarsıntı halinde, izolatör meydana gelen enerjiyi ileri geri salınım hareketi yaparak söndümlendirebilme yetisine sahip olmasıdır.

Bir yapıda asıl hasarı belirleyen görelî kat ötelemeleridir. Görelî kat ötelemeleri bir katın bir önceki kata göre fazladan yapmış olduğu deplasman olarak nitelendirilmektedir. Normal yapı ve sismik izolatörlü yapıda meydana gelen görelî kat ötelemeleri değişimi Çizelge 7.4 ve Şekil 7.7' de verilmiştir.

Çizelge 6.9 X yönü göreli kat ötelemeleri

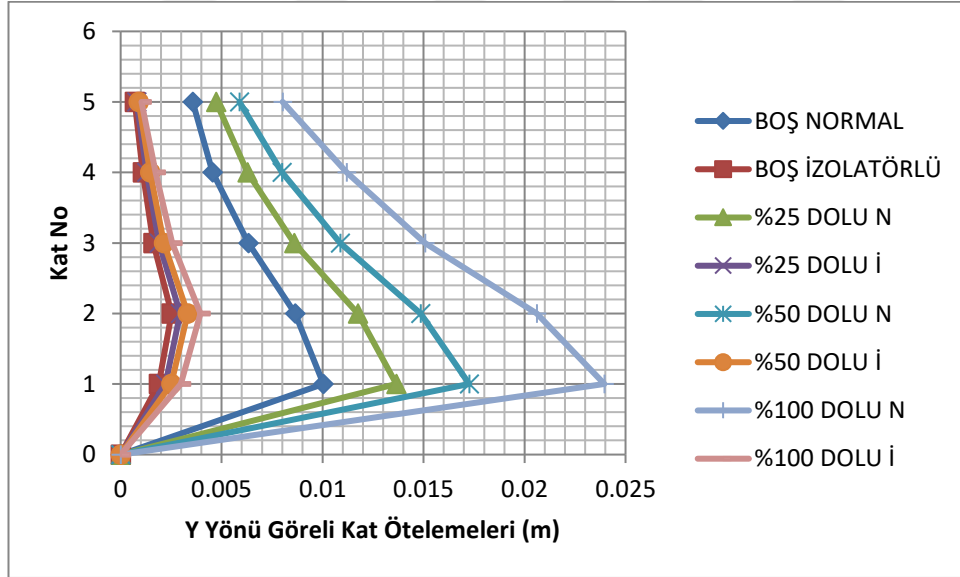
Kat No	BOŞ		%25 DOLU		%50 DOLU		%100 DOLU	
	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.014715	0.007193	0.018814	0.008345	0.021543	0.009432	0.025062	0.011207
2	0.01928	0.006842	0.024631	0.007943	0.028167	0.008981	0.032645	0.010676
3	0.015727	0.003937	0.020084	0.004571	0.022948	0.005169	0.02654	0.006145
4	0.009977	0.002256	0.012746	0.002621	0.014575	0.002963	0.016898	0.003524
5	0.007787	0.001666	0.009877	0.001919	0.011281	0.002162	0.013151	0.002557



Şekil 6.17 X yönü göreli kat ötelemeleri

Çizelge 6.10 Y yönü göreli kat ötelemeleri

Kat No	BOŞ		%25 DOLU		%50 DOLU		%100 DOLU	
	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR	NORMAL	İZOLATÖR
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.010041	0.001892	0.01365	0.002218	0.017259	0.002506	0.023951	0.002987
2	0.008645	0.002522	0.011751	0.002946	0.014857	0.003321	0.020614	0.003951
3	0.006327	0.001613	0.008598	0.001896	0.01087	0.002144	0.015078	0.002561
4	0.004554	0.001101	0.006274	0.001288	0.007992	0.001454	0.011185	0.001731
5	0.003564	0.000696	0.004721	0.000793	0.005877	0.000881	0.008024	0.001031



Şekil 6.18 Y yönü kat ötelemeleri

Yapılan analizler ve grafikler incelendiğinde sismik izolatörlü yapılarda genel olarak üst yapıya bakacak olursak, üst yapı rijit bir kütle gibi davranarak gelen

yüklemeler karşısında çok fazla bir görelî deformasyon oluşturmamaktadır. Bu nedenle mevcut deprem karşısında hasar çok az olmaktadır. Sismik izolatör kullanılarak tasarlanan otoparklarda X ve Y yönünde meydana gelen görelî kat ötelemeleri daha az olduğundan yapı dinamik performans yönünden daha az zorlanacaktır. Bu da otoparkların dinamik performansa katkısını önemli ölçüde etkilemektedir.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Şiddetleri yüksek veya düşük olmasına bakılmaksızın farklı etkilere sahip olan depremler incelendiğinde, yapı tasarımlarına ne denli dikkat edilmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Geçmişten günümüze birçok yapı türü mevcuttur. Ancak gelişmeler ve ihtiyaçlar temelinde yapı tasarımlarında geliştirmelere gidilmektedir.

Yapıların depreme olan dayanıklılıklarını arttıran etmenlerin tespit edilmesi ve buna bağlı olarak inşa edilmeleri büyük önem arz etmektedir. Bu noktada normal yapılar ile sismik izolatörlü yapılar arasındaki ayrım daha net biçimde ortaya çıkmaktadır. Normal yapı tasarımlarının depreme dirençleri ile sismik izolatörlü yapıların depreme olan dirençleri arasında büyük farklılıklar mevcuttur. Bu farklar bazı durumlarda ölümlere, mal kayıplarına ve toplumsal felaketlere neden olabilmektedir.

Çalışmamız içerisinde farklı otopark türleri tasnif edilmiştir. Bu otoparkların normal yapılar olarak veya sismik izolatörlü yapılar olarak inşa edilmeleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca otoparklara %25, %50 ve %100 araç doluluk oranlarına göre araç yüklemesi yapılmıştır. SAP2000 v22.2.0 paket programında tasarlanıp analizi yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırılma sonuçlarına göre;

Yapının periyodu normal yapıda 0.495 saniye ölçülürken sismik izolatörlü yapıda ise periyot 2.114 saniye ölçülmektedir. İzolatörsüz olarak tasarlanan otoparklarda %25, %50 ve %100 doluluk oranlarına göre yapının periyodunun sırasıyla 0.578, 0.650 ve 0.774 saniye olarak ölçüldüğü görülmektedir. Aynı şekilde izolatör eklenerek oluşturulan otoparklarda %25, %50 ve %100 doluluk oranlarına göre yapının periyodunun sırasıyla 2.463, 2.769 ve 3.296 saniye olarak

ölçülmektedir. Buradan da görülüyor ki sismik izolatörlü yapı binanın periyodunu uzatarak, deprem sırasında oluşacak hem kuvvetleri hem de ivmeleri azaltmaktadır. Kısacası periyot arttıkça spektral ivme değerlerinde azalma meydana gelmektedir.

Normal yapıda kullanılan tasarım spektrumu 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde tanımlandığı haliyle %5 sönüm oranı için elde edilen spektrum eğrisidir. Sismik izolatörlü yapıda ise bu sönüm oranı değişmektedir. Yine Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde sismik izolatörlü yapılarda etkin sönüm oranının %30 ile sınırlı olması yapıda ivme değerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu da izolatörlü yapılara deprem anında ayrıca katkı sağlamaktadır.

Ayrıca normal yapıda kolonlara gelen kesme kuvvetinin, sismik izolatörlü yapının yaklaşık 4 katı olduğu görülmektedir. Bu da deprem anında normal yapının çok daha fazla kesme kuvveti aldığını göstermektedir.

Görelî kat ötelenmelerindeki fark da oldukça belirgin olarak görülmektedir. Yani bu da gösteriyor ki sismik izolatörlü yapılar bu farkı indirgeyerek deprem yükünün büyük çoğunluğunu kendi bünyesine barındırıp üst yapıya iletilmesini engelleyerek yapının daha az hasar görmesini sağlıyor. Bu nedenle yapıların sismik izolatörlü olarak tasarlanmaları neticesinde depreme olan dayanımlarının arttığı, büyük tehlikeler karşısından koruyucu rol oynadığı sonucuna varılmıştır.

Otoparkların genellikle alt katlarda veya bodrum katlarında yapılandırıldıkları düşünüldüğünde, felaketlerin önlenmesi adına sismik izolatörlü yapılara yönelmesi gerektiğinin değeri bir kez daha gündeme gelmektedir. Yaklaşık 300 araçlık olan bu otoparkımızda araçların genel olarak fiyatı da düşünüldüğünde meydana gelecek şiddetli bir depremde maddî hasarın çok büyük olacağı kaçınılmazdır. Bu nedenle

bizim bu otoparkımızda sismik izolatör kullanmamız deprem anında hasarımızı en aza indirmek açısından önemlidir. Yapımız 5 katlı olmasına rağmen kolonlarda ve kirişlerde hasar az olsa da içerisinde barındırdığı araçların maliyetinin yüksek olduğu düşünüldüğünde yapının sismik izolatörlü olarak tasarlanması daha uygun olarak değerlendirilebilir.

Çalışmamızın diğer eserlere kaynaklık etmesi ve bu denli önem arz eden bir konunun daha fazla gündeme getirilerek çeşitli araştırma ve geliştirme çalışmalarının yapılması amaçlanmaktadır. Ayrıca toplumun bu konuda bilinçlendirilmesi ve karar vericilerin bu noktalarda hassas davranarak çeşitli Yönetmelik ve mevzuatları buna göre revize etmesi zaruri görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Pan, T.C. And Kelly, J.M., " Seismic response of torsionally coupled base isolated building", Earthquake Engineering And Structural Dynamics, 11:749-770 (1983).
- [2] Moroni, M. O., Sarrazin, M. And Boroschek, R., "Experiments on a baseisolated building in Santiago, Chile", Engineering Structures, 20(8): 720-725 (1998).
- [3] C.M. Çağlar, "Yapılarda taban izolasyon sistemleri", Yüksek lisans tezi, İTÜ, 2002.
- [4] B.K. Baştuğ, "Yapı sistemlerinde depreme karşı sismik izolatör kullanılması", Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2004.
- [5] A. Yücesoy, "Sismik izolatörler ile depreme dayanıklı yapı tasarımı", Yüksek lisans tezi, Mustafa Kemal Atatürk Üniversitesi, 2005.
- [6] A. Tolay, "Sismik izolasyon sistemlerinin maliyet analizi", Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2006.
- [7] R.K. Pekgökgöz, M.A. Gürel, M. Kömür ve F. Çılı, "Sismik taban yalıtım sistemi uygulanmış bir binada maliyet analizi", Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 25, Sayı 3, 2007.
- [8] A. Soyluk, "Sismik taban izolatörü Kullanımının mimari tasarıma etkisi, Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, 2010.
- [9] G. Güner, "Bir hastane yapısının klasik yöntemle ve sismik izolatör kullanılarak tasarımının dinamik yönden karşılaştırılmasının yapılması", Yüksek lisans tezi, İTÜ, 2012.
- [10] L. Yong, "Probabilistic performance-based optimum seismic design of seismic isolation for California high-speed rail prototype bridge", Yüksek lisans tezi, California, 2014.
- [11] P. Karakurt, "Sismik izolatörlü binalarda kat adedi etkisi", Yüksek lisans tezi, Niğde Üniversitesi, 2015.
- [12] E. Sevim, "Sismik izolatörlerin bina türü yapıların deprem davranışına etkisi", Yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 2016.

- [13] H. A. Türk, "Çok katlı betonarme yapılarda farklı sismik izolatör sistemlerin ve kat adedinin deprem davranışına etkisi", Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi, 2019.
- [14] "Deprem", <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/tr/>. [Erişim tarihi: 12-Nisan-2021].
- [15] Federal Emergency Management Agency (FEMA), Earthquakes, Naturel Science Teachers Associations, ABD, p. 159, 1999.
- [16] B.C. Işık, 1990, Depremler ve Türkiye, Yıldız Teknik Üniversitesi, s. 103, https://www.hkmo.org.tr/resimler/ekler/TD92_54dda4b1ba34c6f_ek.pdf,
- [17] A. İnangu ve H. Kırbaş, "Anadolu levhası üzerinde Kütahya'nın deprem tehlikesi", Süleyman Demirel Üniversitesi X. Mühendislik Sempozyumu, Bildiriler Kitabı I, Isparta, ss. 279-293, 1999.
- [18] N. Bayülke, Yığma Yapılar, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1992.
- [19] M. Düzgün, ve Ö. Bozdağ, "Betonarme Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi", İnşaat Mühendisleri Odası Sempozyumu, Manisa Şubesi, s. 2-3, 2013.
- [20] H. T. Örmecioğlu, "Tarihi yapıların yapısal güçlendirilmesinde ana ilkeler ve yaklaşımlar", Politeknik Dergisi, 1 (3), ss. 233-237, 2010.
- [21] "Deprem Nedir?", 2015, <http://www.akilyapidenetim.com.tr/deprem-nedir.html>. [Erişim tarihi: 12-Nisan- 2021].
- [22] M. Bath, "Intensity Relations for Swedish Earthquake", Tectonophysics, 67(1-2), pp. 163-173, 1980.
- [23] W. Ullman, ve R. Maaz, "A Heuristic Function for Seismic Energy Density of an Earthquake", Gerl Beltr, Geophys, 75, pp. 378-382, 1966.
- [24] E. Atımtay, Çerçevesi ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı-Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri, Ankara, 2001.
- [25] M. Dicleli, "Sismik İzolasyon ve Enerji Emici Sistemlerle İlgili Teknik Gelişmeler ve Sismik Performansı İyileştirme Amaçlı Özel Uygulamalar", Deprem Yatılımı Yöntemleri ve Uygulamaları Sempozyumu, Ankara, s. 4, 2013.

- [26] E. Coşkun, Yapıların Depreme Karşı Korunmasında Etkin Bir Çözüm: Sismik İzolasyon, İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, s. 4, 2020.
- [27] M. J. N. Priestley, M. C. Calvi, Kowalsky, M.J., Displacement-Based Seismic Design of Structures IUSS Press, Pavia, p. 660, 2007.
- [28] Kan, Ö., ve Kaymaz, K., Zengin, B., ve Özcan, M., "Türkiye'deki Depreme Dayanıklı Yapıların Sismik İzolasyon Tiplerinin İncelenmesi", Bilim ve Gençlik Dergisi, Munzur Üniversitesi, Tunceli, 5(1), s. 85, 2017.
- [29] "Rijitlik Nedir?", İnsapedia, 2018, <https://insapedia.com/rijitlik-nedir/>, [Erişim tarihi: 20-Nisan- 2021].
- [30] Özpalanlar, C.G., Depreme Dayalı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon ve Enerji Sönümleyici Sistemler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 10, 2004.
- [31] Arslan, M.E., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımının Temel İlkeleri, 2020, <https://deprem.duzce.edu.tr/Dokumanlar/deprem/Dosyalar/Mehmet%20Emin%20Arslan.pdf>, [Erişim tarihi: 21-Nisan- 2021].
- [32] Yerlici, V., ve Huş, H., Yapı Dinamiğine Giriş, Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, İstanbul, 2007.
- [33] Aldemir, E., ve Aydın, E., "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Yeni Yaklaşımlar", Türkiye Mühendislik Haberleri (TMH), Sayı 435, s. 85, 2005.
- [34] Darılmaz, K., Yeterli Sünekliğin Sağlanması, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, s. 10, 2015, https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/f094e10cacdb894_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=6, [Erişim tarihi: 24-Nisan- 2021].
- [35] Özkul, B., Yapı Elemanlarının Davranışı, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, s. 11, 2020.
- [36] Ay, F., Malzeme Bilgisi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ders Notu, 2016.
- [37] Taş, C., Kent İçi Otoparklarının Planlama ve Yönetim Uygulamalarının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 9, 2012.

- [38] Yemez, K., Şendağ, E., "Çok Katlı Otopark Yapıları, İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü", Yapı İstanbul Dergisi, 5. Sayı, s. 1, 2010.
- [39] Milli Eğitim Bakanlığı, (MEB), İnşaat Teknolojisi, Deprem ve Dayanımı, Ankara, s. 8, 2013.
- [40] Kelly, T.E., Base Isolations of Structures, Design Guidelines, Holmes Consulting Group LTD. New Zealand, 2001.
- [41] Özpalanlar, C.G., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon ve Enerji Sönümleyici Sistemler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, s. 8, 2004.
- [42] Bilecik Üniversitesi, "Yapısal Hasarlar", 2017, <http://w3.bilecik.edu.tr/insaat-en/wp-content/uploads/sites/118/2017/10/3-YAPILARDA-HASAR-DEPREME-DAYANIKLI-YAPILARIN-M%C4%B0MAR%C4%B0-TASARIM-%C4%B0LKELELER%C4%B0.pdf>, [Erişim tarihi: 29-Nisan- 2021].
- [43] Çelik Sezer, İ., "Depreme Dayanıklı Yapılara Yönelik Yeni Teknolojiler", *TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi*, s. 34, 2019.
- [44] Kaplan, S.A., (2009). "Deprem Yıkamadığı Yapılar", *TMH* 453, s. 59, https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/16156_51_06.pdf, [Erişim tarihi: 29-Nisan- 2021].
- [45] Uzun, U., (2015). "Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı", https://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18028_08_30.pdf, [Erişim tarihi: 30-Nisan- 2021].
- [46] Akıncıtürk, N. (2003). "Ülkemizdeki Deprem Etkileri ve Yapısal Tasarımda Alınması Gereken Önlemler", U.Ü. Müh. Mim. Fak. Mimarlık Bölümü, Bursa.
- [47] İnel, M., Özman, H.B., Bilgin, H., "Türkiye'de Yaşanan Deprem Hasarları ve Yapı Stoğunun Değerlendirilmesi", Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007.
- [48] Yıldırım, H., "Sismik Temel İzolasyonu ve Temel Uygulama Alanları", 2016. <https://www.hafzullah.com/sismik-temel-izolasyonu-ve-uygulama-alanlari-153>, [Erişim tarihi: 30-Nisan- 2021].
- [49] Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), İnşaat Teknolojisi, Deprem İzolatör Sistemleri, Ankara, s. 3, 2011.

- [50] Tezcan, S., ve Cimilli, S., Seismic Base Isolation, Yüksek Öğretim Eğitim ve Araştırma Vakfı, İstanbul, 2002.
- [51] "Deprem Yıkıcı Etkilerinden Korunmanın Bir Yolu Var", 2020, http://dokaendustri.com.tr/pdf/eski/deprem_yalitim_brosuru.pdf, [Erişim tarihi: 03-Mayıs- 2021].
- [52] Deprem Yalıtımlı ve Söndürücülü Yapıların Tasarımında Doğrular ve Yanlışlar, 2020, https://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/5e4e393aed8802c_ek.pdf?tipi=79&turu=X&sube=3 [Erişim tarihi: 03-Mayıs-2021]
- [53] TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, Mart 2018.
- [54] Kan, Ö., Kaymaz, K., Bilgin, B., Mehmet, M., "Türkiye'deki Depreme Dayanıklı Yapıların Sismik İzolasyon Tiplerinin İncelenmesi", Bilim ve Gençlik Dergisi, C. 5, S. 1, s. 93, 2017.
- [55] "Sismik İzolatör Çeşitleri", 2018, https://depremitisolasyon.com/urunler/?gclid=Cj0KCQjw8IaGBhCHARIsAGIRRYozvDYoQzyWrfDvvxbeF7987a1Mh4g0AqUqM2guLI6mZqwkY-9T1ssaAi26EALw_wcB, [Erişim tarihi: 09-Mayıs- 2021].
- [56] Akyüz, U., Caner, A., Yakut, A., Özdemir, S., "Türkiye'deki Sismik İzolasyon Uygulamalarının İncelenmesi", 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2017.
- [57] Komodromos, P., Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures, WIT Press, UK, 2000.
- [58] Erkal, A., ve Tezcan, S., Seismic Base Isolation, Yüksek Öğretim Eğitim ve Araştırma Vakfı, İstanbul, 2002.
- [59] Kelly, J.M., ve Konstantinidis, D.A., Mechanics of Rubber Bearings for Seismic and Vibration Isolation, First Edition, 2007.
- [60] Clark, P.W., Aiken, I.A., New Design Technologies, The 1995 Kobe (Hyogo-ken Nanbu) Earthquake as a Trigger For Implementing New Seismic Design Technologies in Japan to appear in: Lessons Learned Over Time, Learning From Earthquakes, Volume III Earthquake Engineering Research Institute, 1999.

- [61] Naasra, Y., Guide to Traffic Engineering, New York, Practice-Parking Organization for Economic Co-Operation and Development, New York, 1988.
- [62] "Otopark Yönetmeliği", 2018,
<http://www.samsunproje.com/2018/02/27/otopark-yonetmeligi-22-subat-2018/>
[Erişim tarihi: 18-Mayıs- 2021].
- [63] İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), "İstanbul Otopark Yönetmeliği" 2017,
<https://www.ibb.istanbul/Uploads/2017/3/otopark-yonetmeligi.pdf>, [Erişim tarihi: 21-Mayıs- 2021].
- [64] Yemez, K., ve Şendağ, E., "Çok Katlı Çelik Otopark Yapıları", Yapı İstanbul Dergisi, İstanbul Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, s. 2, 2010.
- [65] Taş, C., Kent İçi Otoparkların Planlama ve Yönetim Uygulamalarının İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2012.
- [66] TS 10551, Şehir İçi Yollar-Otoyollar İçin Otopark Tasarım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü (TSE), Ankara, 1992.
- [67] Chiara, J., ve Callender, J., Time Saver Standarts for Building Types, Mc Graw Hill International Eddition, Architecture Series, 3. Edition, 1990.
- [68] Altunışık A, Ateş Ş ve Adanur S, İnşaat Mühendisliğinde SAP2000 Uygulamaları, Dynamic Academy, Trabzon, 2018.
- [69] G. Güner, "Bir hastane yapısının klasik yöntemle ve sismik izolatör kullanılarak tasarımının dinamik yönden karşılaştırılması", Yüksek lisans tezi, İstanbul teknik üniversitesi, 2012.