



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**BETONARME YAPILARDA KULLANILAN SİSMİK
YALITIM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK
İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Emreca KÖROĞLU

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi Sertaç Tuhta

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**BETONARME YAPILARDA KULLANILAN SİSMİK YALITIM
SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Emreca KÖROĞLU

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi. Sertaç TUHTA

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Emrecan KÖROĞLU tarafından, **Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA** danışmanlığında hazırlanan **BETONARME YAPILARDA KULLANILAN SİSMİK YALITIM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 13.1.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı		Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Varol KOÇ Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	☒ ☐	Kabul Ret
Üye (Danışman)	Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA Ondokuz Mayıs Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	☒ ☐	Kabul Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Furkan GÜNDAY Giresun Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı	☒ ☐	Kabul Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

13 /01 / 2023
Emrecan KÖROĞLU

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: BETONARME YAPILARDA KULLANILAN SİSMİK YALITIM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 19.07.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : %17

Tek kaynak oranı : %4 çıkmıştır.

13 /01 / 2023
Dr. Öğr. Üyesi. Sertaç TUHTA

ÖZET

BETONARME YAPILARDA KULLANILAN SİSMİK YALITIM SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

Emreca KÖROĞLU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Ocak/2023

Danışman: Dr.Öğr.Üyesi Sertaç TUHTA

Dünyanın oluşumundan bu zamana kadar sismik hareketler sürekli olarak etkili olmuştur. Bazen büyüklüğü ve şiddeti hissedilmeyecek kadar az olurken bazen de çok yüksek büyüklükte ve şiddette gerçekleşmiş ve birçok can ve mal kaybına sebep olmuştur. Ülkemiz dünyada bu sismik hareketlerin aktif olarak gerçekleştiği bir bölgede yer almaktadır. Ülkemizin alan bakımından %92' si nüfus bakımından ise %95' i deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır.

Yurdumuz, eski zamanlarda olduğu gibi günümüzde de ciddi depremlerle karşılaşmış ve bu depremler çok fazla can ve mal kaybına neden olmuştur. Dünyada ve ülkemizde engellenemez doğal afetler arasında yer alan depremlerin etkilerini en aza indirmek için geleneksel yapılar üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucu ortaya çıkan teknikler her ne kadar etkili olsa da yapıların depremden korunması ihtiyacını tam olarak karşılayamamıştır. Gelişen teknolojinin de yardımıyla daha ileri izolasyon yöntemleri ortaya atılmıştır. Bu yöntemlerde amaç, sadece yapının yıkılmasını engellemek değil aynı zaman da yapının devamlılığını sağlamaktır. Bu yöntemlere sismik izolasyon yöntemleri adı verilmektedir.

Bu çalışmamızda klasik yapı tasarımının dezavantajları, sismik izolasyon yöntemlerinin gelişimi, sismik izolasyon yöntemlerinin dünyada ve ülkemizdeki uygulamaları, yapılarda kullanılan sismik izolasyon yöntemleri, sismik izolasyon sistemlerinden pasif kontrol, aktif kontrol, yarı-aktif kontrol ve karma kontrol sistemlerinin çeşitlerinden bahsedilmiş ve bu yapılan uygulamalar detaylıca incelenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemiyle SAP2000 programında 5 katlı bir betonarme yapı ankastre mesnetli olarak tasarlanmıştır. Bu yapıya, ayrı ayrı sırasıyla izolatör ve sönümleyici eklenerek bu yöntemlerin yapıya etkileri hesaplanmıştır. İlk 5 periyoda göre, yer değiştirmeleri, maksimum ve minimum moment ve kesme kuvvetleri hesaplanmış ve bu sonuçlar ankastre mesnetli yapının sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde izolatör ve sönümleyicinin klasik yöntemle göre yapıyı daha güvenli tarafta bıraktığı hesaplamalarımızda görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Sismik izolasyon sistemleri, Aktif kontrol, Pasif kontrol, Betonarme yapılar, Periyot

ABSTRACT

COMPARATIVE INVESTIGATION OF SEISMIC INSULATION SYSTEMS USED IN REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

Emreca KÖROĞLU
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering
Master, January/2023
Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sertaç TUHTA

Since the formation of the world, seismic movements have been constantly effective. Sometimes its size and severity were so small that it was not felt, sometimes it was of very high magnitude and severity, causing many loss of life and property. Our country is located in a region where these seismic movements occur actively in the world. 92% of our country in terms of area and 95% of population is on the earthquake zone.

Our country has faced serious earthquakes today as it was in the past, and these earthquakes have caused a lot of loss of life and property. Many studies have been carried out on traditional structures in order to minimize the effects of earthquakes, which are among the unavoidable natural disasters in the world and in our country. Although the techniques that emerged as a result of these studies were effective, they could not fully meet the need for the protection of structures from earthquakes. With the help of developing technology, more advanced isolation methods have been put forward. The purpose of these methods is not only to prevent the collapse of the structure, but also to ensure the continuity of the structure. These methods are called seismic isolation methods.

In this study, the disadvantages of classical building design, the development of seismic isolation methods, the applications of seismic isolation methods in the world and in our country, seismic isolation methods used in buildings, types of seismic isolation systems such as passive control, active control, semi-active control and mixed control systems are mentioned and these applications are discussed in detail. examined. A 5-storey reinforced concrete structure was designed with a fixed support in the SAP2000 program using the finite element method. The effects of these methods on the structure were calculated by adding an insulator and damper to this structure, respectively. According to the first 5 periods, displacements, maximum and minimum moments and shear forces were calculated and these results were compared with the results of the fixed support structure. When the analysis results are examined, it is seen in our calculations that the insulator and damper leave the structure on the safer side compared to the classical method.

Keywords: Seismic isolation systems, Active control, Passive control, Reinforced concrete structures, Period

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim süresince bilgilerinin ışııyla beni aydınlatan, en yorgun zamanlarımda bana desteğini esirgemeyen, pes etmemeyi öğreten, fikirlerimin oluşmasına katkı sağlayan ve bu çalışmamı keyif alarak yapmamı sağlayan değerli büyüğüm değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TUHTA' ya

Bu tez çalışmamda bana bilgilerini aktaran, benden desteğini esirgemeyen değerli büyüğüm, değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Furkan GÜNDAY' a,

Eğitim öğretim hayatım boyunca bana katkıları olabilen tüm hocalarım ve tüm arkadaşlarım ve tüm dostlarıma,

Lisans ve Yüksek Lisans öğrenimim boyunca desteklerini esirgemeyen ve bugünlere beni getiren değerli aileme,

Teşekkürlerimi sunarım.

Emreca KÖROĞLU

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Araştırması.....	3
2. GELENEKSEL (KLASİK) YAPI TASARIMI	5
2.1. Geleneksel Yapı Tasarımının Olumsuz Yönleri.....	5
3. SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİ	8
3.1. Sismik İzolasyon Kavramı	8
3.2. Sismik İzolasyon Yönteminin Gelişimi	9
3.3. Dünyada Sismik İzolasyon Uygulamaları.....	10
3.3.1. Amerika.....	10
3.3.1.1. Foothill Toplulukları Hukuk ve Adalet Merkezi	10
3.3.1.2. Salt Lake City ve İlçe Binası	11
3.3.1.3. San Fransisco Belediye Binası.....	12
3.3.2. Japonya	12
3.3.2.1. Tohoku Elektrik Enerjisi Şirketinin Bilgisayar Merkezi	13
3.3.3. Çin Halk Cumhuriyeti	14
3.3.4. Yeni Zelanda	14
3.3.4.1. William Clayton Binası	14
3.3.5. Ermenistan.....	15
3.3.6. İtalya	16
3.4. Türkiye’ de Sismik İzolasyon Uygulamaları	17
4. PASİF KONTROL SİSTEMLERİ	20
4.1. Pasif Enerji Sönümleyiciler	21
4.1.1. Metal Sönümleyiciler	21
4.1.1.1. Bal Peteği Sönümleyiciler	21
4.1.1.2. Y Şekilli Kuşaklamalı Sönümleyici	22
4.1.1.3. Noktasal Sönümleyiciler	23
4.1.1.4. ADAS Sönümleyicisi	24
4.1.1.5. RADAS Cihazı	26
4.1.1.6. Şekil Hafızalı Alaşımlar	26
4.1.2. Sürtünmeli Sönümleyiciler	26
4.1.3. Viskoelastik Sönümleyiciler.....	27
4.1.4. Viskoz Sönümleyiciler	30
4.1.5. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler (TMD).....	30
4.1.6. Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler (TLD).....	32
4.2. Taban Yalıtım Sistemleri	32
4.2.1. Kauçuk Esaslı Sistemler.....	33
4.2.1.1. Düşük Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet Sistemi (LDRB)	33
4.2.1.2. Kurşun Çekirdekli Mesnet Sistemi (LRB)	34
4.2.1.3. Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet Sistemi (HDRB)	35
4.2.2. Kayıcı Sistemler	36
4.2.2.1. Sürtünmeli Sarkaç Sistemi (FPS).....	36
4.2.2.2. Esnek Sürtünmeli Taban İzolasyonu	40
4.2.3. Kauçuk-Kayıcı Karma Sistemler	41

4.2.3.1. Fransız Elektrik Sistemi (EDF).....	41
4.2.3.2. EERC Bileşik Sistemi	41
4.2.4. Yay Tipi Sistemler	41
5. AKTİF KONTROL SİSTEMLERİ	43
5.1. Aktif Viskoz Sönümleme Sistemi (AVDS)	45
5.2. Aktif Hava Yastığı Kontrol Sistemi	47
5.3. Aktif Kütle Sönümleyici (AMD).....	48
5.4. Aktif Rijitlik Değiştirici Sistem (AVS)	49
5.5. Aktif Kuşaklama Sistemi (ABS)	51
6. KARMA VE YARI AKTİF KONTROL SİSTEMLERİ.....	52
6.1. Karma Kontrol Sistemleri	52
6.1.1. Karma Kütle Sönümleyici (HMD)	52
6.1.2. Karma Taban İzolasyonu	53
6.2. Yarı Aktif Kontrol Sistemleri.....	53
6.2.1. Değişken-Orifis Sönümleyici	53
6.2.2. Değişken Sürtünmeli Sönümleyici	55
6.2.3. Kontrol Edilebilen Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler	55
6.2.4. Darbe Etkili Yarı Aktif Sönümleyiciler	55
6.2.5. Kontrol Edilebilen Sıvı Sönümleyiciler ve Sistemler	55
6.2.6. Yarı Aktif Hidrolik Sönüm Sistemi (SHD)	57
7. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZ.....	58
7.1. Yapının Tanımı	58
7.2. İzolatörlü Yapının Tasarımı	63
7.3. Sönümleyicili Yapının Tasarımı	69
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	76
9. KAYNAKLAR.....	79
10. ÖZGEÇMİŞ.....	82

SİMGELER VE KISALTMALAR

kN	: Kilonewton
MMaks	: Maksimum moment
VMaks	: Maksimum kesme kuvveti
FMaks	: Maksimum kuvvet
HDNR	: Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk
LRB	: Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör
FPS	: Sürtünmeli Sarkaç Sistemi
ACEC	: American Council of Engineering Companies
TMD	: Ayarlı Kütle Sönümleyicileri
TLCD	:Ayarlanabilir Sıvı Kolon Sönümleyici (Tuned Liquid Column Damper)
TLD	: Ayarlı Sıvı Sönümleyicileri (Tuned Liquid Damper)
ADAS	: Added Damping and Stiffness
RADAS	: Reinforced Added Damping and Stiffness
LDRB	: Düşük Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet Sistemi
HDRB	: Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet Sistemi
EDF	: Electricite-de-France Sistemi
EERC Bileşik Sistemi	: Earthquake Engineering Research Center
AVDS	: Active Viscous Damping System
AMD	: Aktif Kütle Sönümleyici (Active Mass Damper)
AVS	:Aktif Rijitlik Değiştirici Sistem (Active Variable Stiffness System)
VSD	: Rijitlik Değiştirici Cihaz
ABS	: Aktif Kuşaklama Sistemi (Active Bracing System)
HMD	: Karma Kütle Sönümleyici (Hybrid Mass Damper)
ER	: Elektoreolojik
MR	: Magnetoreolojik
SHD	:Yarı Aktif Hidrolik Sönüm Sistemi (Semi-Active Hydraulic Damper).

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Süneklik kavramının şematik olarak gösterimi	6
Şekil 2.2 Yer hareketinin yapıya iletimi	7
Şekil 2.3 Yapıda rijitlik ve esneklik durumuna göre ivme ve yer değiştirme değerleri	7
Şekil 3.1 Ankastre mesnetli olarak tasarlanmış yapı ile sismik izolasyonlu olarak tasarlanmış yapının deprem anındaki hareketi	8
Şekil 3.2 İmperial Oteli	10
Şekil 3.3 Foothill Toplulukları Hukuk ve Adalet Merkezi	11
Şekil 3.4 Salt Lake City ve İlçe Binası	12
Şekil 3.5 Kobe Depremi öncesi Japonya’ da uygulanan sismik izolasyon sistemi	13
Şekil 3.6 Kobe Depremi sonrası Japonya’ da uygulanan sismik izolasyon sistemi	13
Şekil 3.7 Yığma toplu konut	14
Şekil 3.8 William Clayton binası	15
Şekil 3.9 Sismik izolasyonlu Northern Ray Binası	16
Şekil 3.10 Sismik izolasyonlu Dzorap Binası	16
Şekil 3.11 Sismik kodlardan geçerlilik alan ilk toplu konutlar	17
Şekil 3.12 Öğrenciler için deprem sonrası yapılan konutlar	17
Şekil 3.13 Sismik izolatör kullanılmış Aykent Loft Konut Binası	18
Şekil 3.14 Moda Grup Apartmanı	18
Şekil 3.15 Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali	19
Şekil 4.1 Sürtünme arayüzü modeli gösterimi	20
Şekil 4.2 Bal peteği sönümleyici ve sönümleyici yerleşim planı	22
Şekil 4.3 Honeycomb sönümleyici detayı	22
Şekil 4.4 Y şekilli kuşaklamalı sönümleyici	23
Şekil 4.5 Noktasal sönümleyicilerin yerleşim planı	24
Şekil 4.6 Noktasal sönümleyici tipleri ve yerleşimleri	24
Şekil 4.7 ADAS cihazı yerleşim planı	25
Şekil 4.8 ADAS cihazı şekil değiştirmesi	25
Şekil 4.9 Tipik RADAS sönüm cihazları	26
Şekil 4.10 Pall tipi sürtünme sönümleyicisi	27
Şekil 4.11 Viskoelastik sönümleyici	28
Şekil 4.12 Viskoelastik sönümleyiciye etkiyen kuvvetler	28
Şekil 4.13 Viskoelastik sönümleyicinin yerleşim detayı (a)	29
Şekil 4.14 Viskoelastik sönümleyici yerleşim detayı (b)	29
Şekil 4.15 Viskoz sönümleyici	30
Şekil 4.16 Ayarlı kütle sönümleyici (TMD) tipleri	31
Şekil 4.17 Ayarlı kütle sönümleyici (TMD) uygulama gösterimi	31
Şekil 4.18 Ayarlı sıvı sönümleyici (TLD)	32
Şekil 4.19 Düşük sönümlü doğal kauçuk mesnet sisteminin (LDRB) kesiti	34
Şekil 4.20 Kurşun çekirdekli izolatör yapısı	34
Şekil 4.21 Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatör modelleri	36
Şekil 4.22 Sürtünmeli sarkaç sisteminin yer değiştirmesi (a)	37
Şekil 4.23 Sürtünmeli sarkaç sisteminin yer değiştirmesi (b)	37
Şekil 4.24 Sürtünmeli sarkaç sisteminin yer değiştirmesi (c)	38
Şekil 4.25 Sürtünmeli sarkaç sisteminin tipik yapısı	38
Şekil 4.26 Benicia-Martinez Köprüsü’ nde uygulanan sürtünmeli sarkaç mesnetinin açık hali	39
Şekil 4.27 Esnek sürtünmeli taban yalıtım sistemi	40
Şekil 4.28 Yay tipi sistemin serbestlik dereceleri	42
Şekil 4.29 Viskosönümlü yay tipi sistem ve viskosönüm detayı	42
Şekil 5.1 Aktif kontrol sistemi diyagramının gösterimi	44
Şekil 5.2 AVDS cihazı A-A boyuna kesiti gösterimi	46
Şekil 5.3 AVDS cihazı A-A enine kesiti gösterimi	46
Şekil 5.4 AVDS cihazının 7 katlı yapıya uygulanma şeklinin gösterimi	47

Şekil 5.5 Aktif hava yastığı kontrol sistemi deneysel modeli.....	48
Şekil 5.6 Kyobashi Seiwa binası ve AMD cihazlarının yerleşimi	49
Şekil 5.7 AVS sistemi ileri besleme kontrol algoritması.....	50
Şekil 5.8 Aktif rijitlik değiştirici sistem şeması.....	51
Şekil 6.1 Shinjuku Park Tower binasında kullanılan V şekilli HMD cihazı	52
Şekil 6.2 Değişken-Orifis sönümleyici kullanılan köprü	54
Şekil 6.3 Değişken-Orifis sönümleyici	54
Şekil 6.4 Kontrol edilebilen sıvı sönümleyici ana hatları.....	56
Şekil 6.5 LORD firmasının geliştirdiği MR cihazı	56
Şekil 6.6 Yarı aktif hidrolik sönüm sisteminin uygulanması.....	57
Şekil 7.1 Binanın X-Y düzleminde görünümü	58
Şekil 7.2 Binanın X-Z düzleminde görünümü	59
Şekil 7.3 Binanın 3D görünümü	59
Şekil 7.4 Mod 1' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	60
Şekil 7.5 Mod 2' ye göre gösterimi verilen yapının periyodu	60
Şekil 7.6 Mod 3' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	61
Şekil 7.7 Mod 4' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	61
Şekil 7.8 Mod 5' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	62
Şekil 7.9 Ankastre mesnetli yapının MMaks diyagramı gösterimi	62
Şekil 7.10 Ankastre mesnetli yapının VMaks diyagramı gösterimi.....	62
Şekil 7.11 Ankastre mesnetli yapının FMaks diyagramı gösterimi	63
Şekil 7.12 Link Support Property Data gösterimi	63
Şekil 7.13 Link/Support Directional Properties gösterimi (U1)	64
Şekil 7.14 Link/Support Directional Properties gösterimi (U2 ve U3)	64
Şekil 7.15 İzolatörlü yapının x-y düzleminde gösterimi	65
Şekil 7.16 İzolatörlü yapının 3D gösterimi.....	65
Şekil 7.17 Mod 1' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	66
Şekil 7.18 Mod 2' ye göre gösterimi verilen yapının periyodu	66
Şekil 7.19 Mod 3' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	67
Şekil 7.20 Mod 4' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	67
Şekil 7.21 Mod 5' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	68
Şekil 7.22 İzolatörlü yapının MMaks diyagramı gösterimi	68
Şekil 7.23 İzolatörlü yapının VMaks diyagramı gösterimi.....	68
Şekil 7.24 İzolatörlü yapının FMaks diyagramı gösterimi	69
Şekil 7.25 Sönümleyicili yapının Link/Support Property Data gösterimi	70
Şekil 7.26 Sönümleyicili yapının Link/Support Directional Properties gösterimi (U1)	70
Şekil 7.27 Sönümleyicili yapının Link/Support Directional Properties gösterimi (U2)	70
Şekil 7.28 Sönümleyicili yapının Y-Z düzleminde gösterimi	71
Şekil 7.29 Sönümleyicili yapının 3 D gösterimi	71
Şekil 7.30 Mod 1' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	72
Şekil 7.31 Mod 2' ye göre gösterimi verilen yapının periyodu	72
Şekil 7.32 Mod 3' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	73
Şekil 7.33 Mod 4' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	73
Şekil 7.34 Mod 5' e göre gösterimi verilen yapının periyodu	74
Şekil 7.35 Sönümleyicili yapının MMaks diyagramı gösterimi	74
Şekil 7.36 Sönümleyicili yapının VMaks diyagramı gösterimi	74
Şekil 7.37 Sönümleyicili yapının FMaks diyagramı gösterimi.....	75

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 7.1 Yapının genel bilgileri	58
Tablo 7.2 İzolatörler için seçilen parametreler	63
Tablo 7.3 Kullanılan sönümleyicinin SAP2000 programında kullanılabilmesi için seçilen parametreler	69
Tablo 7.4 Ankastre ile izolatörlü yapının modlara göre periyotlarının karşılaştırılması.....	75
Tablo 7.5 Ankastre ile sönümleyicili yapının modlara göre periyotlarının karşılaştırılması..	75
Tablo 7.6 Ankastre ile izolatörlü yapının maksimum ve minimum moment, maksimum ve minimum kesme kuvveti ve yer değiştirmelerinin karşılaştırılması.....	75
Tablo 7.7 Ankastre ile sönümleyicili yapının maksimum ve minimum moment, maksimum ve minimum kesme kuvveti ve yer değiştirmelerinin karşılaştırılması	75



1. GİRİŞ

Deprem hem ülkemiz hem de tüm dünya için ciddi sorunlardan biri olmuştur. Ülkemizin alan bakımından %92' si nüfus bakımından ise %95' i deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır (Şanlı, 2014). Ülkemizde deprem bölgelerinde yaşayan insanlar ve bu bölgelerdeki yapılar ciddi tehdit altındadır. Öncelik insanların güvenliğini sağlamak olsa da yapıların işlevlerine devam edebilmesi de önemlidir.

Dünyada yılda ortalama olarak 700 adet deprem oluşmaktadır. Kentsel alanlarda oluşan depremler çok daha yıkıcı olmaktadır. 1923 yılında Japonya' da gerçekleşen Kanto depreminde 140.000, 1976 yılında Çin'de gerçekleşen Tângshan depreminde ise 240.000 insan hayatını kaybetmiştir. 1995 yılında Japonya'da gerçekleşen Kobe depreminde oluşan ekonomik kayıplar 200 milyar dolardan fazladır. Ülkemizde oluşan ve yaklaşık 18 bin insanın ölmesine neden olan 1999 Kocaeli Depremi' ndeki toplam kayıplar yaklaşık 20 milyar dolar olduğu tahmin ediliyor (Uz, 2007).

Geleneksel yöntemler çoğunlukla kullanılmış olsa da bu yöntemler beklentileri pek karşılayamamıştır. Bu yöntemlerde depremin değişken parametresi üzerinde yeni bilgiler öğrenildikçe güvenliğini arttırmak amacıyla daha dayanıklı yapılar yapılmaktadır. Ancak bu yapılar ne kadar depreme karşı dayanıklı yapılsa da depremden korumamakta ve şiddetli oluşan depremde maddi ve manevi zararlar meydana gelmektedir (Uz, 2007). Son zamanlarda yapıların tasarımda kabul edilen bu hasarların olmaması ve yapının dinamik etkilere karşı daha iyi korunabilmesi için yeni sistemler ortaya çıkmıştır (Uz, 2007). Bu yöntemlerle yapılardaki hasarlar en aza indirilip insanların yaşam standartları en üst düzeye çıkarılması amaçlanmıştır. Bu yöntemler sismik izolasyon yöntemleri olarak adlandırılmaktadır. Pasif izolasyon sistemleri titreşim genliklerinin azaltılıp sönümün artırılması amacıyla kullanılmaktadır. Çatlama, kırılma ve plastik deformasyon yapıdaki sönüm oranını belirleyen bazı mekanik özelliklerdir. Sönüm oranının artmasıyla dinamik etkilerin oluşturduğu titreşim genlikleri azalacak ve bunun sonucunda da hasar oranı azalacaktır. Geleneksel yöntemle yapılan yapılarda rijitlik derecesinin artmasıyla enerji sönüm kapasitesi azalmaktadır. Bu da sonuç olarak titreşim genliklerinin yükselmesi demektir (Öztürk, 2007).

Binalarda kullanılan sismik izolasyon yöntemleri şunlardır:

- Pasif kontrol sistemleri

- Aktif kontrol sistemleri
- Yarı-Aktif kontrol sistemleri
- Karma kontrol sistemleri

Pasif kontrol sistemleri, diğer sistemlerin tersine haricî ilave bir güç kullanılmadan yapılan sistemlerdir. Diğer sistemlere göre daha basit ve ucuz sistemlerdir.

En yaygın kullanılan sistemlerden bir tanesi, kauçuk ve çelik tabakalardan meydana gelen taban izolatörleridir. Taban izolatörleri temel ile kolon arasına yerleştirilir. Deprem sırasında temelden yapıya gelen dinamik etkiyi azaltır. Böylelikle daha az kuvvetten etkilenen yapı, depremden daha az etkilenerek kontrollü bir yumuşaklıkla sallanır (Uz, 2007).

Aktif kontrol sistemlerinde sensörler ve aktüatörler bulunmaktadır. Binadaki sensörler yardımı ile oluşan dış kuvvetleri (deprem, rüzgâr vb.) algılayarak karşı bir tepki kuvveti oluşturur. Aktif kontrol sistemleri sundukları yararlarla birlikte bazı olumsuz durumları da vardır. Kullanılan yüksek teknoloji ve ihtiyaç duyulan yüksek enerji girdisi maliyeti arttırmaktadır. Depremlerde oluşabilecek enerji kesintisi için de sisteme kesintisiz kaynaklar ilave edilir. Ancak bu da maliyeti arttıran etkenlerdendir (Sansarcı, 2002).

Aktif kontrol sistemleri, yüksek ve esnek yapılarda kullanılmaktadır. Pasif kontrol sistemleri ise genellikle alçak ve rijit olan yapılarda kullanılmaktadır (Kasımzade, 2018).

Aktif kontrol sistemlerinin fazla maliyetli olması sebebi ile farklı alternatif sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler hem pasif kontrol sistemleri hem de aktif kontrol sistemlerinin kullanıldığı karma sistemlerdir. Bu sistemlerde hem aktif hem de pasif kontrol sistemlerinin ayrı ayrı çalıştıklarında oluşan dezavantaj ve eksiklikleri gidermek amacıyla birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Pasif kontrol sistemine aktif kontrol sistemini ekleyerek pasif kontrol sisteminin eksikleri giderilebileceği gibi aktif kontrol sistemlerine de pasif kontrol sistemleri eklenerek maliyet azaltılabilmektedir. Bu sistem hem pasif kontrol sisteminin hem de aktif kontrol sisteminin yükünü azaltarak enerji ihtiyacını en aza indirir (Sansarcı, 2002).

Yarı-aktif kontrol sistemleri dış enerji ihtiyacı aktif izolasyon sistemlerine göre daha az olan sistemlerdir. Bu tip sistemler yapısal sisteme mekanik enerji eklemeyiz.

Elektrik kesintisi durumunda akü gibi küçük güç kaynaklarıyla işletilirler. Enerji tasarrufu sağlanması ve aktif sistemlerin performansına yaklaşılması sistemin artılarından sayılabilir (Sansarcı, 2002).

1.1. Literatür Araştırması

Şahin, M., (1999), çalışmasında depreme karşı yapı tasarımında pasif kontrol sistemleri ve aktif kontrol sistemlerini ele almıştır. Bu sistemlerin olumlu ve olumsuz yönlerine değinmiştir.

Batı, M. ve Beyen, K., (2020), çalışmasında 8 katlı yapının dinamik yükler altındaki durumunu incelemiştir. Bu yapıda aktif ve pasif kontrol sistemleri kullanılmış ve yapının davranışına göre karşılaştırma yapılmıştır. Yapı kontrolü için binanın en üst katına ayarlı kütle sönümleyici yerleştirilmiştir. 1999 Kocaeli depremi kaydı altında simülasyon çalışmalarında binada, aktif kontrolün pasif kontrole göre daha başarılı olduğu araştırma sonucunda belirtmiştir.

Ulusoy, S., (2020), çalışmasında yüksek sönümlü kauçuk mesnet modelinin tek başına yanal ötelenmelere karşı dayanıksız olmasından dolayı sistemin yanal ötelenmelere karşı dayanıklılığını arttırmak amacı ile aktif kontrol sistemi ilave edilerek hibrid kontrollü taban izolasyonlu sistem oluşturmuştur. Araştırma sonucunda hibrid kontrollü taban izolasyonlu sistemin yanal ötelenmeleri önemli ölçüde azalttığına değinmiştir.

Günümüze kadar inşaat mühendisliği alanında sürtünme arayüzü olarak kullanılabilecek malzemeler, sürtünme katsayıları ve sürtünme arayüzü sismik yalıtım sistemi ile ilgili konular (Kasımcı vd, 2011; Kasımcı vd, 2013; Kasımcı vd, 2014; Kasımcı vd, 2017; Kasımcı ve Tuhta, 2017; Kasımcı, Şafak vd, 2018) bilimsel çalışmalarında incelenmiş ve ilgili referanslar verilmiştir. Tarihsel olarak denenmiş Horasan harcının sürtünme ara yüzü olarak yer aldığı tarihi yapıya gömülü sismik izolatör modeli (Kasımcı vd, 2011) ve bu izolatör modelinde depremin kısmi olarak geri yükleme özelliğine sahip olduğu (Kasımcı vd, 2013; Kasımcı vd, 2014; Kasımcı ve Tuhta, 2017), doğrudan Coulomb sürtünme formülünde yer almayan sürtünme arayüzü alanı etkisi (Kasımcı, 2002) incelenmiş, bahsedilen bu çalışmalarda devrilme momenti ihmal edilebilir düşük periyotlu önemli (hastane, okul, müze, vb.) yapılar için basit sürtünmeli yeni izolatör modeli sunulmuş, (Kasımcı, Şafak vd, 2018) çalışmasında farklı örneklerle özetlenmiş ve uygulanması önerilmiştir. Bu yöntem uygulanamadığı durumda, elastomerik, sürtünmeli sarkaç vb. gibi periyoda

bağlı sismik temel izolasyon sistemleri üretilmiş ve çeşitli yapılarda kullanılmıştır. Fakat periyoda bağlı sismik temel izolasyon sistemleri uzun periyotlu olan deprem etkilerine karşı korunmasız olmaktadır (Kasımcı, 2002; Kasımcı ve Tuhta, 2004). Bundan dolayı bu eksikleri bulunmayan, yüksek derecede güvenli yeni yapısal izolasyon sistemi (SFSSI) önerilmiştir (Kasımcı vd, 2015; Kasımcı vd, 2015; Kasımcı, Şafak, 2018; Kasımcı ve Tuhta, 2017).



2. GELENEKSEL (KLASİK) YAPI TASARIMI

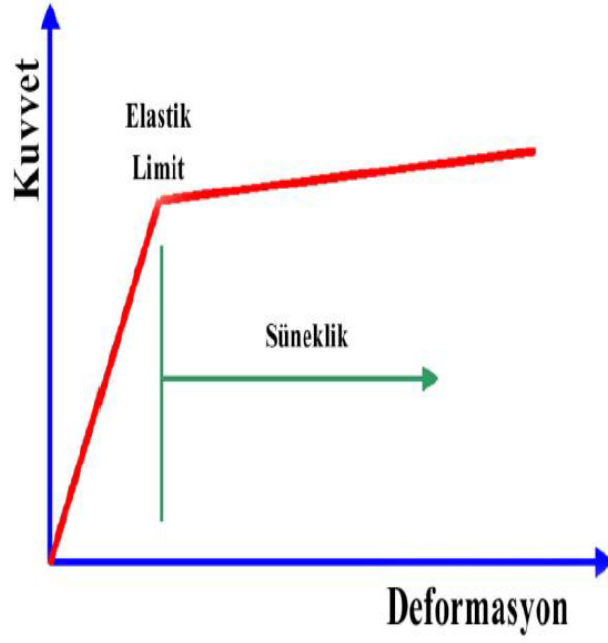
Sismik aktivitesi yüksek bölgelerde geleneksel yapı anlayışına göre hasarsız bir şekilde sismik titreşimleri karşılayan orta ve yüksek yapılar yapılması neredeyse olanaksızdır. Bundan dolayı yönetmeliklere göre yapının çökmemesi ve can kaybının olmaması istenilen bir durumdur. Bu tasarım anlayışı birçok ülkede can kurtarmış olsa da ağır hasarlı ve kullanılamaz durumda olan birçok yapı ülkelerin hem ekonomik hem de sosyal hayatında çok ciddi sıkıntılar oluşturmuştur (Kan vd., 2017).

Geleneksel yapı tasarım anlayışı kısaca şudur:

- Depremlerin hafif şiddetli gerçekleşmesi durumunda yapıda hasar olmamalıdır.
- Depremlerin orta şiddetli gerçekleşmesi durumunda, yapıda hasarın az ve bu hasarın onarılabilir olması şartıyla kabul edilebilir.
- Depremlerin şiddetli gerçekleşmesi durumunda, yapıda onarılamaz seviyede hasar oluşması kabul edilebilir ancak toplu olarak göçme gerçekleşmemelidir (Özpalanlar, 2004).

2.1. Geleneksel Yapı Tasarımının Olumsuz Yönleri

Yapıların, şiddetli depremlere karşı dayanabilecek şekilde tasarımı kolay ve ekonomik değildir. Bu yüzden mühendisler, yönetmeliklerin verdiği izinle sünekliği kullanırlar. Süneklik ise yapının şekil değiştirmeleri karşılama kapasitesine denmektedir. Elastik limit aşıldığında kuvvette oluşan küçük miktardaki artış bile büyük şekil değiştirmelere sebep olacaktır (Özpalanlar, 2004).

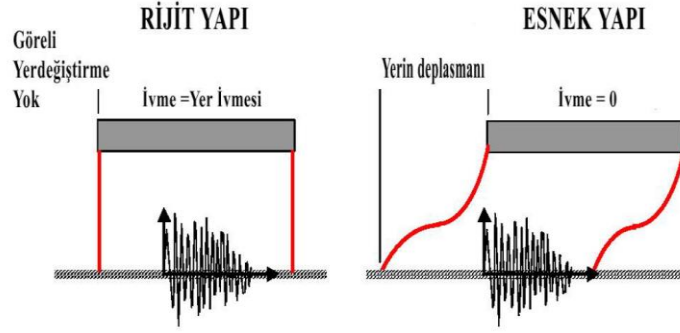


Şekil 2.1 Süneklik kavramının şematik olarak gösterimi (Özpalanlar, 2004)

Elastik limit, yükün etkisi kaybolduğunda kalıcı deformasyon kalmayacak şekilde eski haline geri dönebilen sınır değeridir. Süneklik bölgesine geçme, yapısal elemanlarda hasar demektir. Bu da yapıda yüklere karşı direnç kapasitesinde azalma olduğu anlamına gelmektedir (Özpalanlar, 2004).

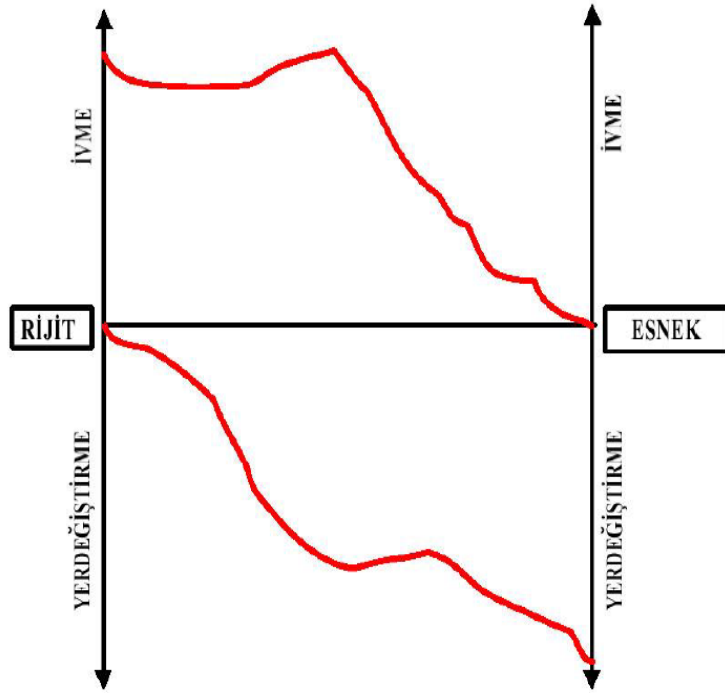
İdeal rijit olan bir yapının doğal periyodu sıfırdır. Bu durumda yapı yer hareketine direkt karşılık verir ve yapı deprem ivmesi ile beraber hareket eder.

Bu durumun tam tersinde ise ideal esnek olan bir yapının doğal periyodu sonsuzdur. Bu yüzden yer hareket hâlinde olsa dahi yapı sabit kalacak ve yapı ile yer arasında görelî bir yer değiştirme oluşacaktır. Yani ivme sıfır, yer değiştirme maksimum olacaktır (Özpalanlar, 2004).



Şekil 2.2 Yer hareketinin yapıya iletimi (Özpalanlar, 2004)

Yapılar gerçekte ne tamamen rijit ne de tamamen esnek durumdadır. Bu yüzden yer hareketine karşı verilen yanıt iki marjinal değer arasında bir yerde olacaktır (Özpalanlar, 2004).

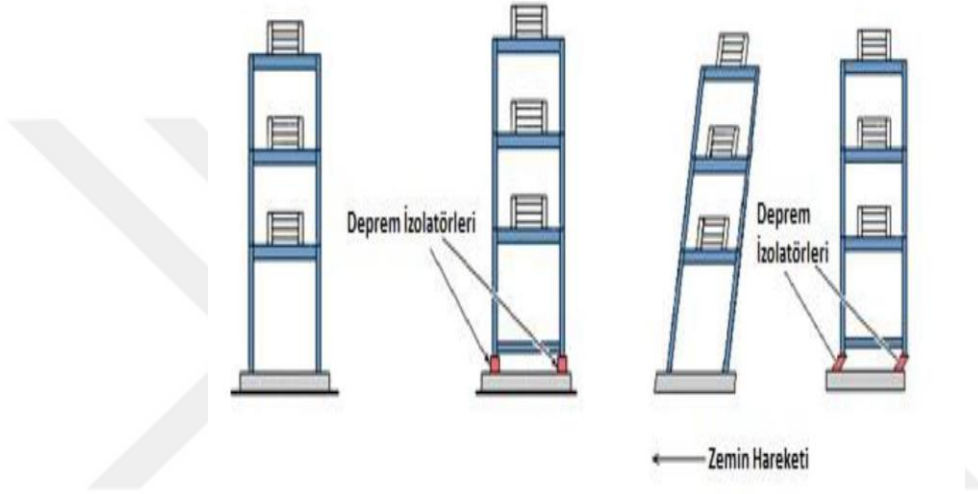


Şekil 2.3 Yapıda rijitlik ve esneklik durumuna göre ivme ve yer değiştirme değerleri (Özpalanlar, 2004)

3. SİSMİK İZOLASYON SİSTEMLERİ

3.1. Sismik İzolasyon Kavramı

100 yıldan fazla zamandır yer titreşimlerinin verdiği zararları azaltmak için çalışmalar yapılmaktadır (Kan vd., 2017). Sismik izolasyon sistemleri yapıların hem deprem anında güvenli bir şekilde kullanılabilmesi hem de depremden sonra yapının hasarsız kalmasını sağlayarak kullanımına devam edilebilmesi amacı ile geliştirilmiştir.



Şekil 3.1 Ankastre mesnetli olarak tasarlanmış yapı ile sismik izolasyonlu olarak tasarlanmış yapının deprem anındaki hareketi (Humbarane, 2017)

Sismik izolasyon yöntemi günümüzde yapıların nispeten hasarsız kalması beklenen depremden hemen sonra da kullanılması gereken hastane, acil yardım merkezi, polis binası, itfaiye, nükleer enerji santralleri ile enerji dağıtım ve haberleşme binaları gibi yapılarda kullanılmaktadır (Kan vd., 2017).

3.2. Sismik İzolasyon Yönteminin Gelişimi

Binlerce yıldır yapıları depremin yıkıcı etkilerine karşı korumak için çalışmalar yapılmaktadır. En eski uygulama yaklaşık 1200 yıl önce yapılan Japon pagodalarıdır. Tomruktan yapılan bu yapılarda, çerçevelerin arasında yüksek sürtünme kuvveti oluşmakta ve böylelikle yüksek miktarda enerji sönmelenmekteydi. Çok büyük titreşim periyotlarına sahip olan bu yapılar kısa periyotlu depremlerde rezonans etkisinden de kurtuluyordu (Uz, 2007).

Yalıtımla ilgili uygulamalara bir diğer örnek olarak Pekin’ de bulunan Kral Zi Jing Ceng’ in sarayı gösterilebilir. Bu yapı kireç taşı ile kaynamış pirinç kabuğundan oluşan yapay bir zemin üzerine inşa edilmiştir. Zeminin yüksek akışkanlık ve yüksek sönm özelliklerinden dolayı iyi bir yalıtım sağlanmaktaydı (Uz, 2007).

Prof. Dr. John Milne 1876-1895 yılları arasında sismik izolatör ile ilgili çalışmalarda bulunmuştur. Önce Dr. Milne yapının tabanına 25 cm çapında olan dökme demir bilyeler yerleştirmiştir. Hafif deprem etkisine karşı başarılı olsa da rüzgâr etkilerine karşı başarılı olamamıştır. Sonra Dr. Milne bu bilyelerin çapını 2.5 cm’ e düşürmüştür. Deprem etkilerine ve rüzgâr etkilerine karşı daha başarılı sonuçlara ulaşmıştır (Özpalanlar, 2004).

Sismik izolasyonun binalarda kullanımı ile ilgili bir diğer çalışma da Amerikalı mimar F. L. Wright tarafından yapılmıştır. Wright’ in 1921 yılında tasarladığı yapı olan Imperial Oteli Japonya’ nın başkenti olan Tokyo şehrinde tamamlanmıştır. Otelin yapıldığı yerde yaklaşık 20 cm kalınlığa sahip iyi bir toprak zemin ve bu zeminin hemen altında ise yumuşak çamur bulunmaktaydı. Wright’ in amacı yapıyı bu yumuşak çamur üzerinde yüzdürerek sismik etkilerden yalıtımdı. Bu düşüncesini de yapıyı yumuşak çamura kadar uzanan kazıklarla bağlayarak gerçekleştirdi. Bu yapı, 1923 Kanto Depremi’ nde çevresinde bulunan birçok bina göçmesine rağmen depremi az-orta hasarla atlattı ve 1968 yılında yıkılarak yerine bir benzeri Japonya’ daki Meiji Mura Müzesinde yeniden yapılmıştır. (Özpalanlar, 2004).



Şekil 3.2 İmperial Oteli (Özpalanlar, 2004)

Sismik izolasyon sistemleri modern anlamda ilk kez, 1969 yılında Yugoslavya'nın Skopje şehrinde bulunan Pestolaci adındaki 3 katlı bir binada uygulanmıştır. Bu bina, modern kauçuk izolatörlerin ilkel hali olan sistemle yalıtılmıştır. Binada kullanılan bu izolatörler, bugün kullanılan izolatörlerden farklı olarak tamamı ile kauçuk bloklardan meydana gelmekteydi. O zamanlar çelik kauçuk blokların çelik levhalar ile güçlendirme düşüncesi henüz tasarlama aşamasındaydı. Bu yüzden çelik tabakalar kullanılmamıştır. Bunun sonucunda kauçuk bloklar yüklerin etkisinde şişmiş ve düşey yönde istenilen rijitlik sağlanamamıştır (Uz, 2007).

Günümüzde, Japonya ile ABD başta olmak üzere Yeni Zelanda ile İtalya bu konuda aşama kaydetmiş olan ülkelerin başlarında gelmektedir. Ülkemizde de bu konuyla ilgili yapılan uygulamalara rastlanmaktadır (Uz, 2007).

3.3. Dünyada Sismik İzolasyon Uygulamaları

3.3.1. Amerika

3.3.1.1. Foothill Toplulukları Hukuk ve Adalet Merkezi

San Bernardino'daki "Foothill Toplulukları Hukuk ve Adalet Merkezi" binası Amerika'da sismik izolasyon sisteminin uygulandığı ilk binadır. Bu çelik yapı dünyada bulunan ilk yüksek sönümlü sismik izolatör uygulamasıdır. Bu yapıda 98 adet

yüksek sönümlü doğal kauçuk kullanılmıştır. Bina, 4 kat, 1 bodrum ve izolatörlerin olduğu bir alt bodrum kattan oluşmaktadır. 15.800 m² lik alana sahip olan bu binanın yaklaşık olarak maliyeti 30 milyon \$' dır. Sismik izolasyon sisteminin oluşturacağı büyük yer değiştirme için, olası burkulma deplasmanları düşünülerek binanın köşe kısımlarından 40 cm' lik derz bırakılmıştır. 1994 yılında inşaatına başlanan yapının yapımı 1 yıl sürmüştür. 8.3 şiddetinde meydana gelen depreme dayanabilecek şekilde yapılmıştır (Özpalanlar, 2004).



Şekil 3.3 Foothill Toplulukları Hukuk ve Adalet Merkezi (Özpalanlar, 2004)

3.3.1.2. Salt Lake City ve İlçe Binası

Salt Lake City ve İlçe Binası, sismik izolasyon uygulanan ilk güçlendirme projesidir. 19. yüzyılın sonlarına doğru 3200 m² alana taş, tuğla ve kumtaşı malzemeleri kullanılarak inşa edilen 5 katlı yapının ortasında 20 kattan oluşan, 69 m yüksekliğinde 4 m² alana sahip, taştan yapılmış bir saat kulesi bulunmaktadır (Özpalanlar, 2004).



Şekil 3.4 Salt Lake City ve İlçe Binası (Özpalanlar, 2004)

Temel ile yapının arasına 447 elastomer mesnet ve dış duvarların altına da kurşun çekirdekli mesnetler yerleştirilmiştir. Sistemin uygulanması ile yapının doğal periyodu 0.5 s' den 2.5 s' ye yükselmiştir. Bu yapı, sismik izolasyonun uygulandığı ilk güçlendirme projesi olmasına karşın, öngörülen bütçe aşılmamış ve istenilen zamanda bitirilebilmiştir (Özpalanlar, 2004).

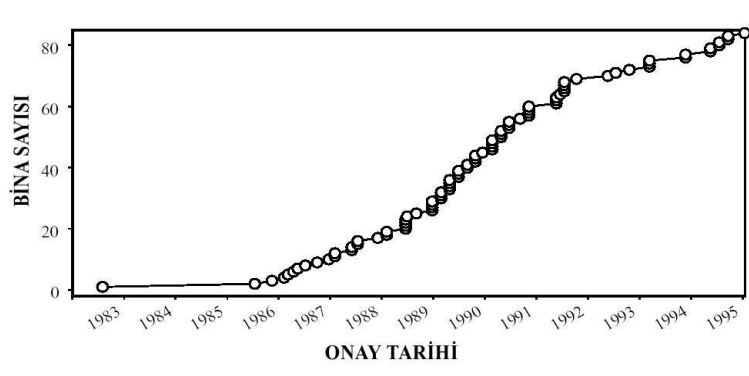
3.3.1.3. San Francisco Belediye Binası

San Francisco Belediye binası, dünyadaki en büyük güçlendirme projesidir. Bu yapı, 1912 yılında yapılmıştır. 1989 yılında gerçekleşen Loma Prieta Depremi' nde yapıda ciddi hasar oluşmuştur. Amaç, tarihi ve mimari değeri olan bu yapının değerlerine zarar vermeden sismik kapasitesini artırmaktır. Bu çelik yapıda 500 elastomer mesnet kullanılmıştır (Özpalanlar, 2004).

3.3.2. Japonya

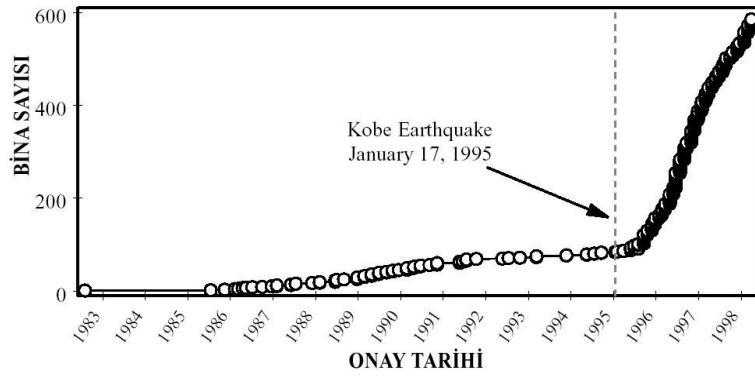
Dünya'da sismik izolasyonlu yapıların en çok kullanıldığı ülkelerden birisi de Japonya' dır. Japonya' da kullanılan ilk sismik izolasyonlu sistem 1982 yılında Yachiyodai Binasında uygulanmıştır (Kök, 2014). 17 Ocak 1995 yılında meydana gelen ve ağır kayıplara sebep olan Hyogo-ken Nanbu Depremi sonrasında Kobe şehrindeki iki sismik izolasyon bulunan yapının depremi hasarsız atlması, bu sisteme

olan güveni arttırmıştır. Bu durum sismik izolasyon kullanılan yapı sayısının artmasında etkili olmuştur. İlk zamanlarda laboratuvarlar, bilgisayar merkezleri, ofisler gibi önemli yapılarda kullanılır iken depremden sonra bu sistem sivil konutlarda da kullanılmıştır (İlerisoy vd., 2019).



Şekil 3.5 Kobe Depremi öncesi Japonya’da uygulanan sismik izolasyon sistemi (Özpalanlar, 2004)

Depremden önce 3 yılda toplam 15 onay verilmişken, depremden sonra ise bu sayı 3 yılda toplam 450 olmuştur (Özpalanlar, 2004).



Şekil 3.6 Kobe Depremi sonrası Japonya’da uygulanan sismik izolasyon sistemi (Özpalanlar, 2004)

3.3.2.1. Tohoku Elektrik Enerjisi Şirketinin Bilgisayar Merkezi

Tohoku Elektrik Enerjisi Şirketinin Bilgisayar Merkezi, Sendai’de 1990 yılında tamamlanmıştır. Yapı tamamlandığında, 10.000 m² lik toplam alanıyla Japonya’ nın en büyük sismik izolasyon binasıydı. 40 adet yüksek sönümlü doğal kauçuk (HDNR) üzerinde mesnetlenmiştir. Bina 1 yıl gibi kısa bir zamanda tamamlanmıştır (Özpalanlar, 2004).

3.3.3. Çin Halk Cumhuriyeti

Çin’ de şehirlerin yaklaşık %80’ i aktif deprem bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgelerde oluşan depremler genel olarak çok şiddetli olmaktadır. Çok sayıda binalar yıkılmış ve çok sayıda can kaybı oluşmuştur. Bu yüzden insanlar güvenli evler talep etmektedirler. Bundan dolayı da Çin’ de sismik izolasyon sistemi kullanımı çok yaygındır. 2001 yılının sonlarına kadar, 400’ den fazla sivil yapıda sismik izolasyon sistemi kullanılmıştır (İlerisoy vd., 2019).

Batı Çin’ de yığma olarak inşa edilen, 7 katlı, 60 grupluk toplu konut en bilinen örnektir (İlerisoy vd., 2019).



Şekil 3.7 Yığma toplu konut (İlerisoy vd., 2019)

Kauçuk mesnet katmanı bodrumun üzerinde bulunmaktadır. Geleneksel sismik dayanımlı yapıya nazaran 4 kattan daha fazla güvenlidir. Çin’ de buna benzer yaklaşık olarak 270 adet yapı inşa edilmiştir (İlerisoy vd., 2019).

3.3.4. Yeni Zelanda

Yeni Zelanda, Japonya gibi sismik izolasyon düşüncesinin doğmasında öncü olmuştur. (Özpalanlar, 2004) Yeni Zelanda’da da sismik izolasyon çalışmaları Malzeme Bilimi ve Sismoloji Mühendisliği gruplarının birleşimi ile 1968 yılında başlamıştır. Araştırma; deneysel, teorik ve sismik izolasyon sistemlerinin uygulanması olarak 3 ana bölümden oluşmuştur. Bu çalışmalardan sonra Yeni Zelanda’ da birçok farklı pasif titreşim kontrol cihazı tasarlanmış, üretilmiş ve satılmıştır (Özdemir vd., 2015).

3.3.4.1. William Clayton Binası

Wellington’ da bulunan bu yapı Yeni Zelanda’ nın sismik izolatörlü ilk binasıdır. Dünyada kurşun çekirdekli kauçuk mesnetin (LRB) uygulandığı ilk yapıdır. 4 katlı

betonarme yapıda 80 adet kurşun çekirdekli kauçuk mesnet (LRB) kullanılmıştır. Uygulanan kuvvetlere ve karşı gelen yer değiştirmelere göre yapının doğal periyodu 0.8-2.0 s arasındadır (Özpalanlar, 2004). (Özdemir vd., 2015) göre yapının doğal periyodu 2.5 s dir. Bina izolasyon seviyesinde yatay yönde 150 mm yer değiştirme yapacak şekilde tasarlanmıştır. (Özdemir vd., 2015) Akma seviyesi yapı ağırlığının %7' si derecesindedir. O zamanlarda bu sistem ile ilgili yeterli tecrübenin olmaması ve yapının Wellington Fayı'na yakın olması sebebi ile tasarım aşamasında oldukça tutucu davranılmıştır (Özpalanlar, 2004).



Şekil 3.8 William Clayton Binası (Özpalanlar, 2004)

3.3.5. Ermenistan

Ermenistan' ın, yüksek kalitede sismik izolatör üretebilmeleri ve düşük maliyetli kauçuk mesnetlerin üretimi için yeterli imkanları bulunmaktadır. Bu ülkede eski binaların güçlendirilmesi ve yeni binaların yapımında sismik izolasyon yöntemi çok uzun zamandır kullanılmaktadır (İlerisoy vd., 2019).

Dünyada kişi başına düşen sismik izole edilmiş bina sayısının en fazla olduğu yer Ermenistan' dır (İlerisoy vd., 2019).

Konut binasında sismik izolasyon kullanımı ilk defa 1996 yılında, depremde ağır hasar gören konut binasının yeniden yapımı sırasında gündeme gelmiştir. 2003 yılından sonra da sismik izolasyon sistemleri çok katlı binalarda yaygın olarak kullanılmıştır. Binalarda bulunan sismik izolasyon düzlemi otopark katlarının üzerine uygulanmıştır (İlerisoy vd., 2019).



Şekil 3.9 Sismik izolasyonlu Northern Ray Binası (İlerisoy vd., 2019)



Şekil 3.10 Sismik izolasyonlu Dzorap Binası (İlerisoy vd., 2019)

3.3.6. İtalya

İtalya, sismik izolasyon sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması konusunda öncü olmuştur. Ancak, tasarım kurallarının eksikliği ve zaman alıcı onay süreçlerinden dolayı sınırlı kullanılmıştır. 2002 yılında San Giuliano Di Puglia’ daki Molise&Puglia Depremi sonrasında 2003 yılında yeni bir ulusal sismik kod kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle de ülkede sismik izolasyon kullanımı 2009’ da gerçekleşen Abruzzo Depremi’ nden sonra hızlanmıştır. Bu depremden sonra sismik izolasyon sistemlerinin konut yapılarında güçlendirme amaçlı kullanımı ve yeni inşa edilen yapılarda uygulanması artmıştır (İlerisoy vd., 2019).



Şekil 3.11 Sismik kodlardan geçerlilik alan ilk toplu konutlar (İlerisoy vd., 2019)

İtalya’ da bulunan bir diğer önemli örnek deprem sonrası öğrencilerin kalması için ahşap, beton, çelik gibi malzemeler kullanılarak yapılmış 184 adetlik prefabrik konut bölgesidir. Yapılar 50 cm kalınlığında 21x57 m boyutunda betonarme platform, platform ise üst noktada sürtünmeli sarkaç tipi izolatörle desteklenen 40 adet kolon tarafından mesnetlenmektedir (İlerisoy vd., 2019).

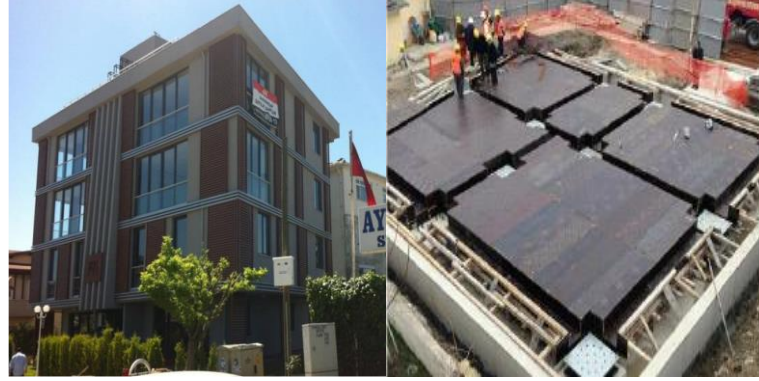


Şekil 3.12 Öğrenciler için deprem sonrası yapılan konutlar (İlerisoy vd., 2019)

3.4. Türkiye’ de Sismik İzolasyon Uygulamaları

Türkiye’ de bugüne kadar birçok deprem meydana gelmiştir ve konumundan dolayı oldukça fazla deprem riski bulunmaktadır. Bu sistemler, 1999 Adapazarı Depremi’ nden sonra birçok yapı türünde kullanılmıştır. Ancak, sivil mimari olan konutlarda, yalnızca 2 örneği bulunmaktadır. Bu örneklerden ilki; 2014 yılının başında tamamlanan Aykent Loft binasında, sismik izolatör kullanılarak depreme karşı güvenli hale getirilmiş olan ilk konut binasıdır. Yapı 12.5 m yüksekliğinde, 4 kat betonarme olarak inşa edilmiştir. Tekil yapı zemin iyileştirilmesi yapılan zeminin üzerinde radye temel kullanılmış ve bu yapı, temel üzerinde emniyet payı yüksek tutularak 12 adet kurşun çekirdekli kauçuk izolatör yerleştirilmiştir. Projenin en başında izolatör kullanma kararı alınmıştır. Bu sebeple izolatörün üretimi ile binanın yapımı

aşamasında bir zamanlama problemi oluşmamıştır. İzolatörün tasarım yer değiştirme kapasitesi 258 mm, maksimum yer değiştirmesi ise 511 mm' dir (İlerisoy vd., 2019).



Şekil 3.13 Sismik izolatör kullanılmış Aykent Loft Konut Binası (İlerisoy vd., 2019)

Yapıda sismik izolasyon teknolojisi kullanılması, yapıya sadece %10 oranında bir maliyet artışı getirmiştir (İlerisoy vd., 2019).

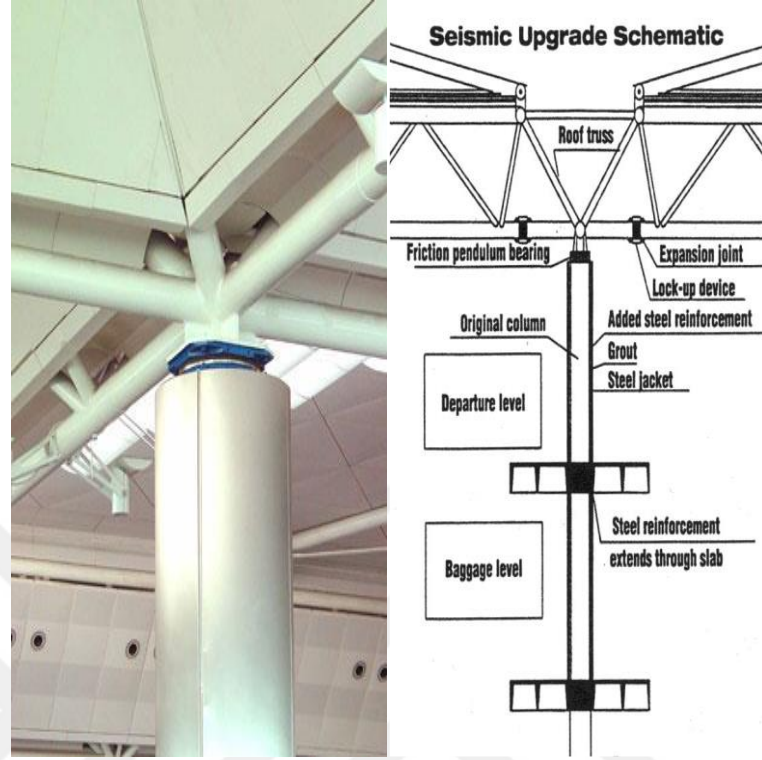
Bir diğer örnek; İstanbul Kadıköy' de bulunan, kentsel dönüşüm kapsamında deprem izolasyonu ile güçlendirilmesi kararı alınan 11 kattan oluşan Moda Grup Apartmanı'dır. Binada güçlendirme kararı alınmasının nedeni binanın yıkılıp yeniden yapılması durumunda 2 kat kaybedilme durumu olmasıdır (Şadan ve Tüzün, 2017). Deprem izolasyon teknolojisi ile yapılan güçlendirmede 33 adet kolon kesilerek üzerlerine, 27 adet kurşun çekirdekli izolatör ve 6 kayıcı mesnet yerleştirilmiştir (İlerisoy vd., 2019).



Şekil 3.14 Moda Grup Apartmanı (İlerisoy vd., 2019)

Türkiye' de ilk sismik izolasyon sistemi uygulaması, Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminalinin Sismik Modernizasyonu Projesi kapsamında yapılmıştır. Yapının boyutu 250 x 225 m' dir. Uzay kafes olarak yapılan çatı ile 7 m yüksekliğe sahip beton kolonların arasına 130 adet sürtümlü sarkaç izolatör yerleştirilmiştir. Proje,

Amerikan Mühendislik Şirketleri Konseyi (ACEC) tarafından 700 aday arasından seçilerek ödüle uygun görülmüştür (Özpalanlar, 2004).



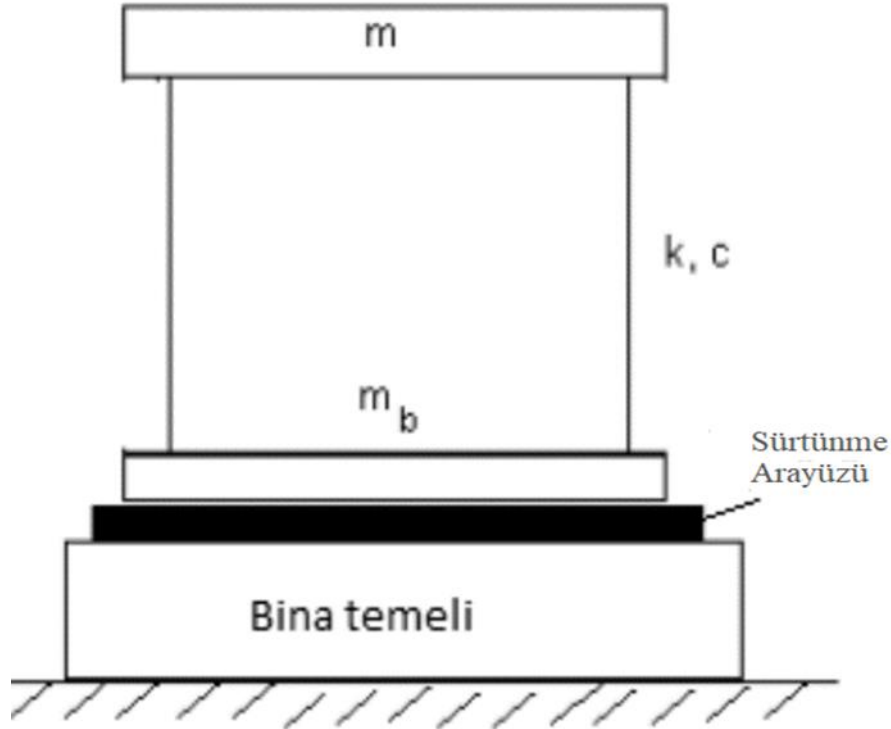
Şekil 3.15 Atatürk Havalimanı Dış Hatlar Terminali (Özpalanlar, 2004)

4. PASİF KONTROL SİSTEMLERİ

Yapıya deprem, şiddetli rüzgâr vb. etkiler etmektedir. Bu etkileri en aza indirebilmek için pasif kontrol sistemleri geliştirilmiştir. Yapı bu sistemler sayesinde dışarıdan gelen etkilere karşı tepki meydana getirerek yapının dayanımının artmasını sağlar (Melik, 2002).

Pasif kontrol sistemleri kolay hesaplanan ve maliyeti az olan sistemlerdir. Haricî güç kaynağına gereksinimleri yoktur ve deprem sırasında güç kesintisinden etkilenmezler. Fakat aktif kontrol sistemlerine göre daha etkisizdir. Yapının ömrü boyunca karşılaşılabileceği deprem şiddetleri dikkate alınarak hesaplanırlar. Tasarlanandan daha şiddetli bir depremle karşılaşılır ise yapıda büyük hasarlar oluşabilir (Melik, 2002).

En basit sismik temel yalıtımı basit sürtünme arayüzü sistemidir. Bu sistemde temel ile üstyapı arasında sürtünme arayüzü bulunmaktadır. Deprem sırasında üstyapı, sürtünme arayüzü vasıtası ile temel üzerinde kayar ve depremde oluşan enerjinin üstyapıya geçmesini kısmi olarak önler. Üst yapı ile temel arasındaki kaymanın modellenmesi Columb sürtünme prensibine göre yapılmaktadır (Abrar, 2018).



Şekil 4.1 Sürtünme arayüzü modeli gösterimi (Abrar, 2018)

Bu sistemler pasif enerji sönümleyiciler ve taban izolasyon sistemleri olarak iki grupta sınıflandırılır.

4.1. Pasif Enerji Sönümleyiciler

Pasif enerji sönümleyicileri deprem rüzgâr gibi dış etkiler karşısında katlar arası yer değiştirmeleri azaltmak ve yapının enerji yutma kapasitesini arttırmak amacıyla kat aralarına uygulanan sistemlerdir (Uz, 2007).

Bu sistemler;

- Metal sönümleyiciler
- Sürtülmeli sönümleyiciler
- Viskoelastik sönümleyiciler
- Viskoz sönümleyiciler
- Ayarlı kütle sönümleyicileri (TMD)
- Ayarlı sıvı sönümleyicileri (TLCD, TLD) (Sansarcı, 2002).

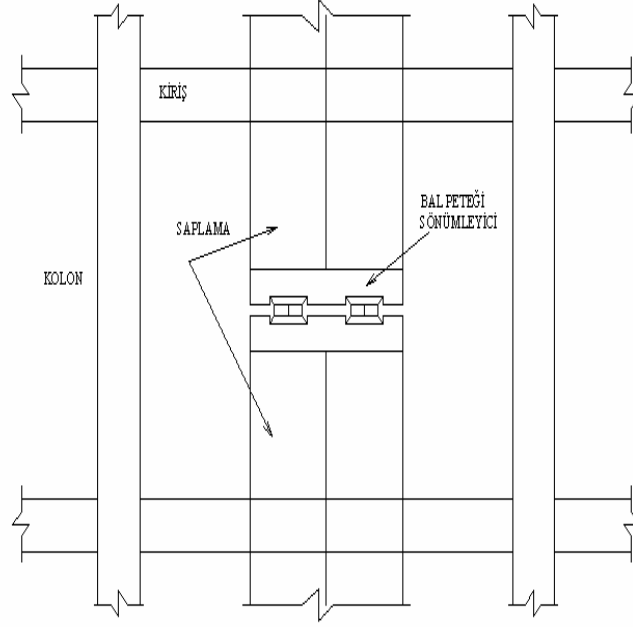
4.1.1. Metal Sönümleyiciler

Yapıya gelen sismik enerjinin sönümlenmesi için etkili yöntemlerden biri metallerin elastik olmayan deformasyonlarından yararlanmaktır. Kullanılan cihazların çoğu üçgen, kum saati ve X şekilleri verilerek yumuşak çelik levhalardan üretilir. Bu şekilde akmanın malzeme içinde hemen hemen uniform yayılması amaçlanmıştır (Sansarcı, 2002).

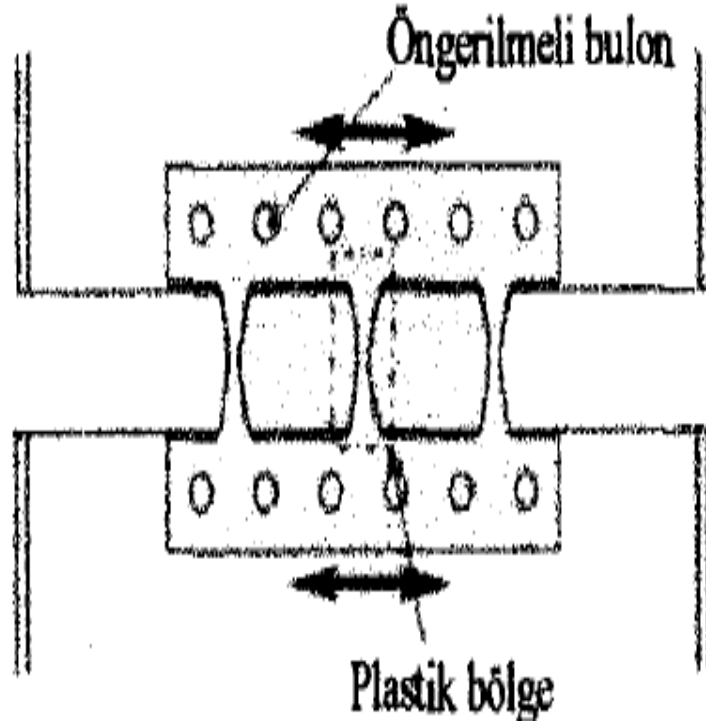
Bazı metal sönümleyici tipleri şunlardır;

4.1.1.1. Bal Peteği Sönümleyiciler

Bu sönümleyiciler ortalarında bal peteği şekline benzer açıklıklar bulundurdıkları için bu isim kullanılmıştır. Yumuşak çelikten üretilirler. Yüksek elastoplastik deformasyon yapabilme özellikleri vardır. Deprem sırasında ana yapısal elemanlardan önce plastik deformasyona uğrayarak açığa çıkan titreşim enerjisini yutar ve binanın tepkisini azaltırlar. Yüksek süneklik ve akma dayanımları vardır. Katlar arasındaki yer değiştirmelerin üzerinde yoğunlaştığı sönümleyiciler tekrarlı olarak akma dayanımlarını aşarlar ve böylelikle titreşim enerjisini yutarlar (Sansarcı, 2002).



Şekil 4.2 Bal peteği sönümleyici ve sönümleyici yerleşim planı (Öztürk, 2007)



Şekil 4.3 Honeycomb sönümleyici detayı (Sansarcı, 2002)

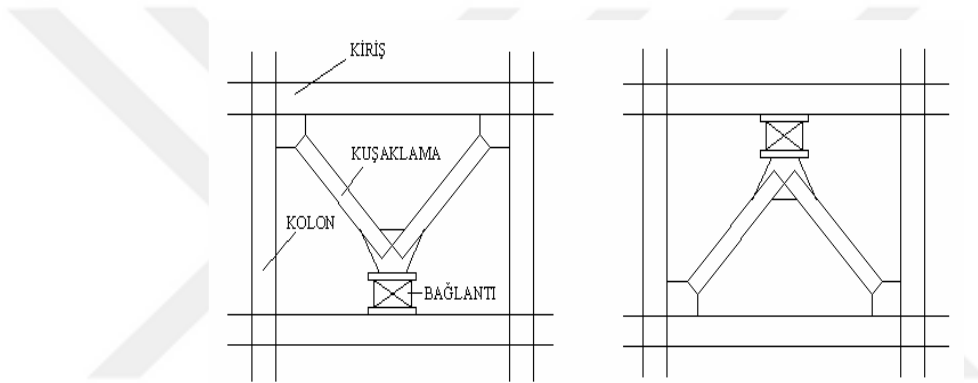
4.1.1.2. Y Şekilli Kuşaklamalı Sönümleyici

İki adet kuşaklama ve kuşaklamalarla kirişin kesişim noktasına yerleştirilen düşey bağlantıdan oluşmaktadır. Bağlantı genellikle düşük akma gerilmeli çelikten üretilmektedir. Güçlü bir depremde bağlantı elemanı kuşaklamalar çökmeden önce

akmaya erişir. Histeretik sönüm özelliği oluşarak yapının ana taşıyıcı sistemine zarar gelmesi önlenir. Kısaca bu sönümleyiciye yatay bir kuvvet etkidiği zaman kayma şekil değiştirmeleri bağlantı elemanında yoğunlaşır. Bu bağlantı elemanı histeretik sönüm özelliği göstererek sismik enerjiyi yutar (Sansarcı, 2002).

Sönümleyicinin performansının iyi olması için aşağıdaki şartlar sağlanmalıdır;

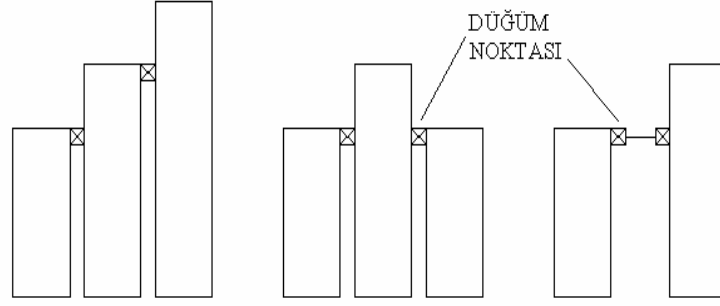
- Bağlantı elemanı yüksek plastik deformasyon kapasitesine sahip olmalıdır.
- Bağlantı elemanı kuşaklamalar çökmeden veya diğer yapısal elemanlarda akma olmadan akmaya ulaşmalıdır.
- Bağlantı elemanı kirişe öngerilmeli vidalarla sabitlenmeli ve gerektiği zaman değiştirilebilmeli (Sansarcı, 2002).



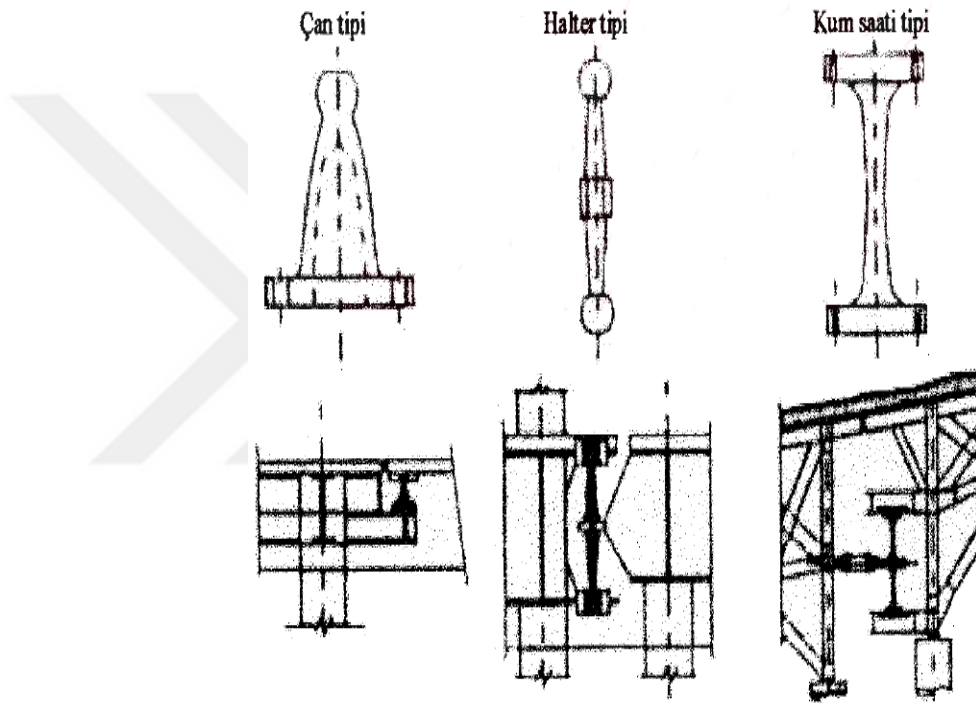
Şekil 4.4 Y şekilli kuşaklamalı sönümleyici (Öztürk, 2007)

4.1.1.3. Noktasal Sönümleyiciler

Yerleşim planına göre üç tip pasif enerji sönümleyen sistemden bahsedilebilir. Birincisinde, sönümleyiciler katlar arasına yerleştirilir. İkincisinde, katlara yerleştirilir. Sonuncu tipte ise komşu binalar arasına yerleştirilir. Bundaki amaç, komşu ve birbiriyle bağlantısı olmayan binaların deprem tepkisini azaltmaktır. İşte bunlar noktasal sönümleyicilerdir. Farklı dinamik karaktere sahip binalara noktasal sönümleyiciler yerleştirilerek rölatif deplasmanların engellenmesi ve titreşim enerjisinin karşılıklı itme ve çekme hareketleriyle emilmesi amaçlanmıştır. Şekil ve mekanik karakterlerine göre 3 tip noktasal sönümleyici vardır. Bunlar çam tipi, halter tipi, kum saati tipi sönümleyicilerdir (Sansarcı, 2002).



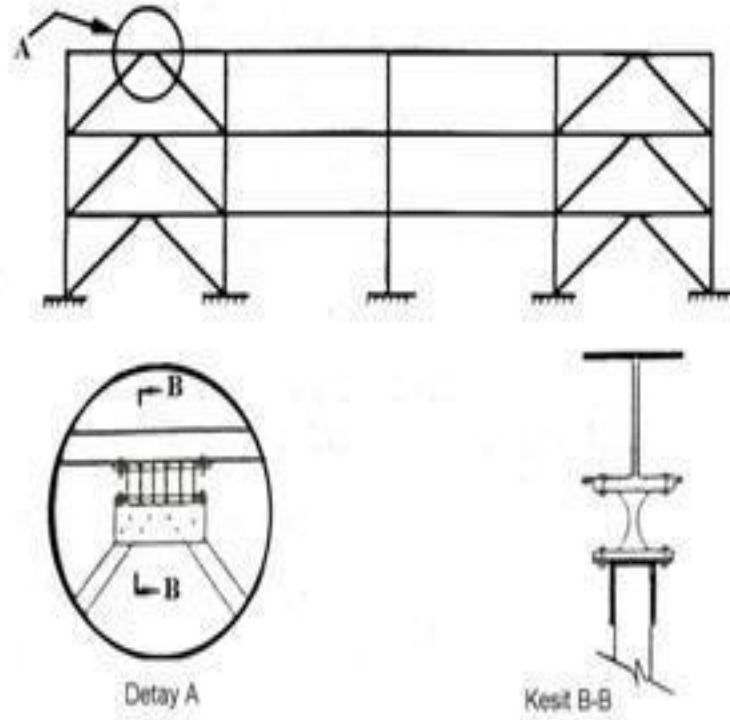
Şekil 4.5 Noktasal sönümleyicilerin yerleşim planı (Öztürk, 2007)



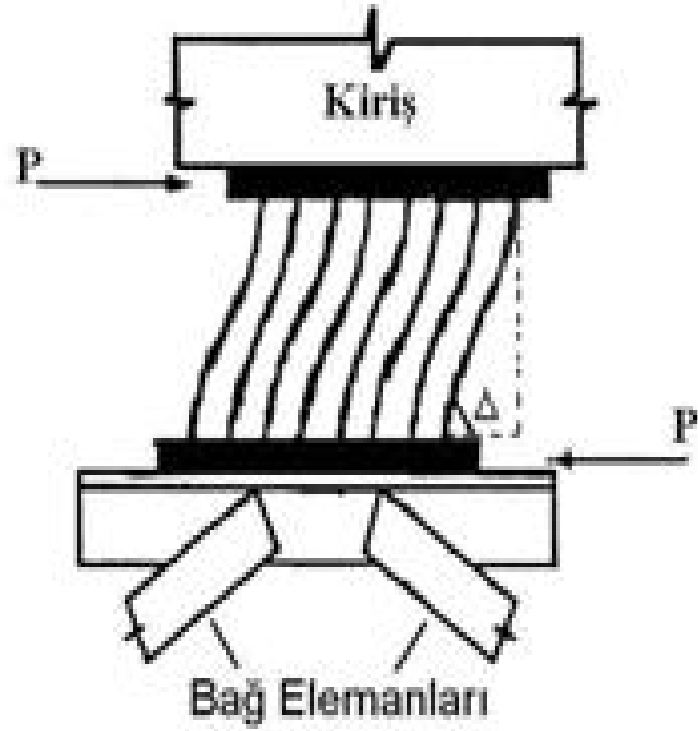
Şekil 4.6 Noktasal sönümleyici tipleri ve yerleşimleri (Sansarcı, 2002)

4.1.1.4. ADAS Sönümleyicisi

ADAS cihazı yapının çerçevesine yerleştirilir. Dinamik etki altında görelî kat ötelemesi ile akma ve dolayısıyla enerji sönümü bu cihazda elde edilir. Bu cihazın en olumlu yönü, deprem sonrasında cihazda hasar oluşursa kolay bir şekilde değiştirilebilmektedir. Bu sistem, Y şekilli kuşaklamalı sistemlere benzer şekilde iki adet kuşaklama ve ADAS cihazından oluşmaktadır (Öztürk, 2007).



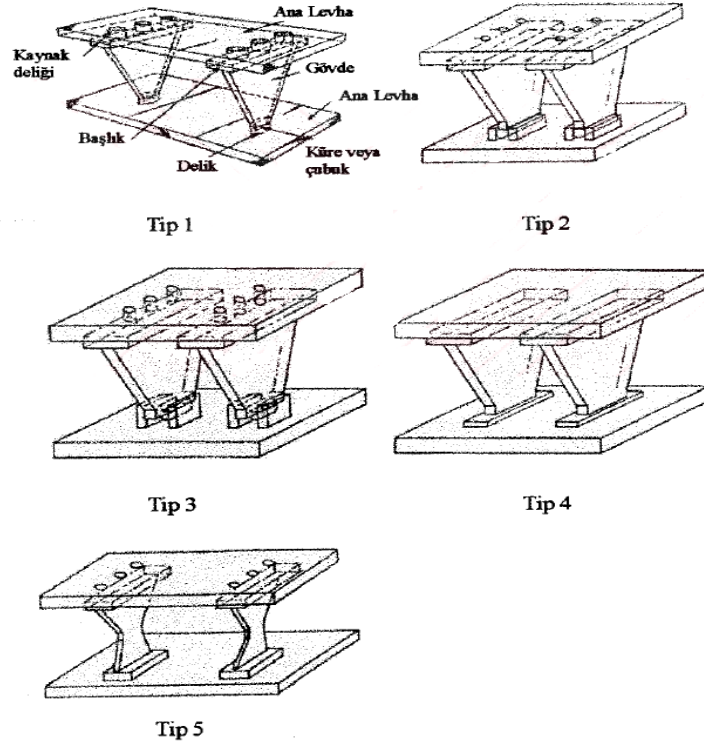
Şekil 4.7 ADAS cihazı yerleşim planı (Öztürk, 2007)



Şekil 4.8 ADAS cihazı şekil değiştirmesi (Öztürk, 2007)

4.1.1.5. RADAS Cihazı

Bu sistem, 2 adet ana levha ve bunlara bağlı olan X veya üçgen şeklindeki elemanlardan oluşur. ADAS cihazındaki eksiklikleri gidermek için geliştirilmiştir. En önemli özelliği kolay bir şekilde değiştirilebilmesi ve imalatının kolay olmasıdır (Öztürk, 2007).



Şekil 4.9 Tipik RADAS sönüm cihazları (Sansarcı, 2002)

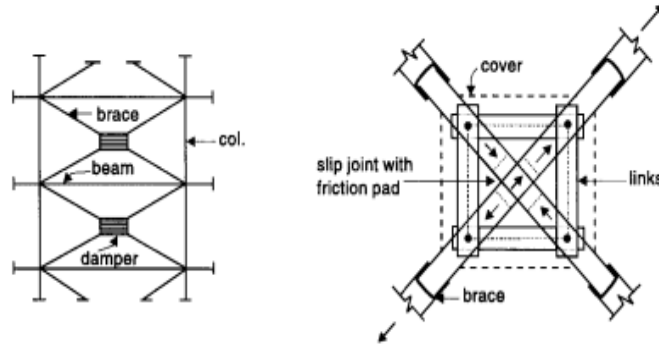
4.1.1.6. Şekil Hafızalı Alaşımlar

Bu alaşımların, kristal yapısı ısıtılarak değiştirilebilir ve şekil değiştirmeden sonra da ısıtılarak tekrar eski halini alabilmektedir. Şekil hafızalı alaşımların nitinol, FeMnSi alaşımları, CuZnAl alaşımları, CuAlNi alaşımları ve bazı özel paslanmaya karşı dayanıklı çelik alaşımları türleri bulunmaktadır (Sansarcı, 2002).

4.1.2. Sürtünmeli Sönümleyiciler

Malzemenin sürtünme özelliği kullanılarak geliştirilmiştir. Sürtünmeli sönümleyici sistemler, diğer enerji sönümleyici sistemler gibi etkili ve çok geniş kullanım alanına sahiptir. Bu sürtünme özelliği yıllar boyunca otomobil frenlerindeki kinetik enerjiyi emmek amacıyla kullanılmıştır. 1982 yılından sonra ise yapılarda sismik izolasyon amacı ile kullanılmaya başlanmıştır. Yapı çerçevesine yerleştirilen

bu sistemler, yer hareketi etkisi ile oluşan kinetik enerjiyi kayma sürtünmesi ile ısı enerjisine dönüştürür (Uz, 2007).



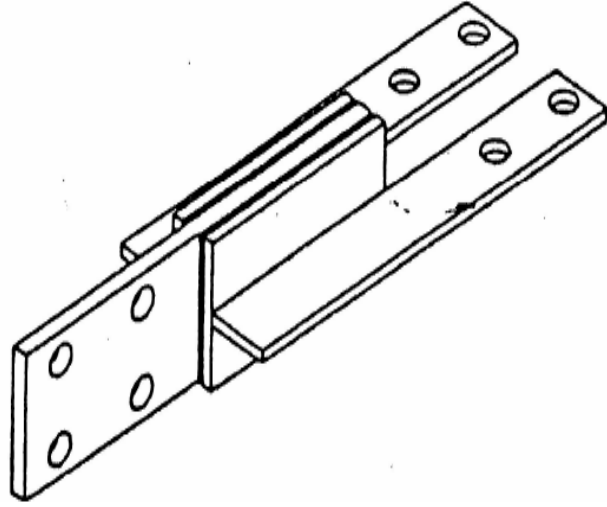
Şekil 4.10 Pall tipi sürtünme sönümleyicisi (Soong, T.T. and Dargush, 1999; Pall, A.S. and Marsh, C. 1982)

Bu kategoride bulunan tüm sistemler aynı prensipte çalışmasına karşın farklı mekanik aksam ve sürtünme yüzeylerinde bulunan malzemelerdeki farklılıktan dolayı birçok çeşitli sistem oluşmuştur. Pall tipi sönümleyici, bu sistemler arasında en çok kullanılan sistemdir (Uz, 2007).

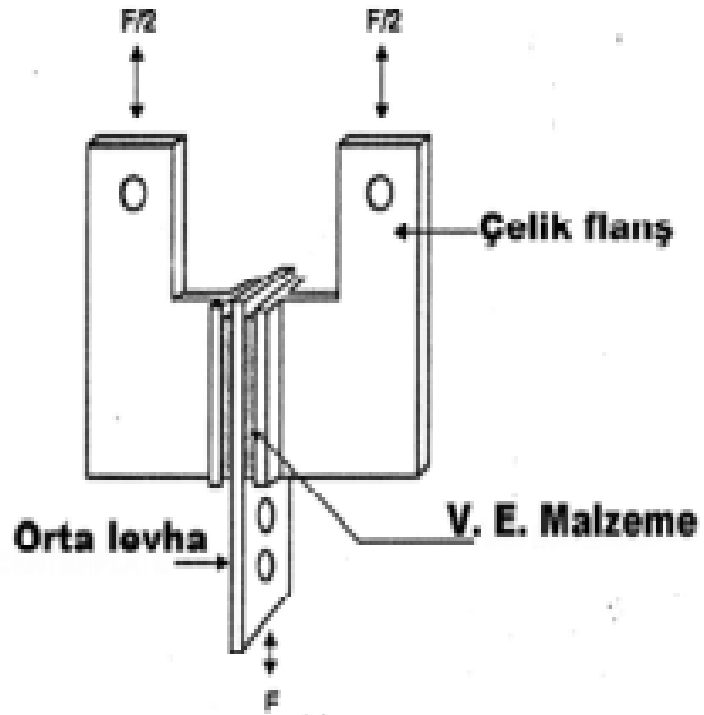
Metalik ve sürtünme tipi sönümleyiciler sisteme kolay bir şekilde yerleştirilebilir ancak bakımları zordur. Çelik ve alaşımları elemanlarından oluşan bu sistemlerde, metal yüzeyler arasında zamanla korozyon ve gevşeme gibi sorunlar oluşmaktadır. Bakımlarının düzenli bir şekilde yapılması gereklidir ve bakımlarının düzenli bir şekilde yapabilmek için duvar ve kalıcı kaplamalar ile kapatılamazlar (Uz, 2007).

4.1.3. Viskoelastik Sönümleyiciler

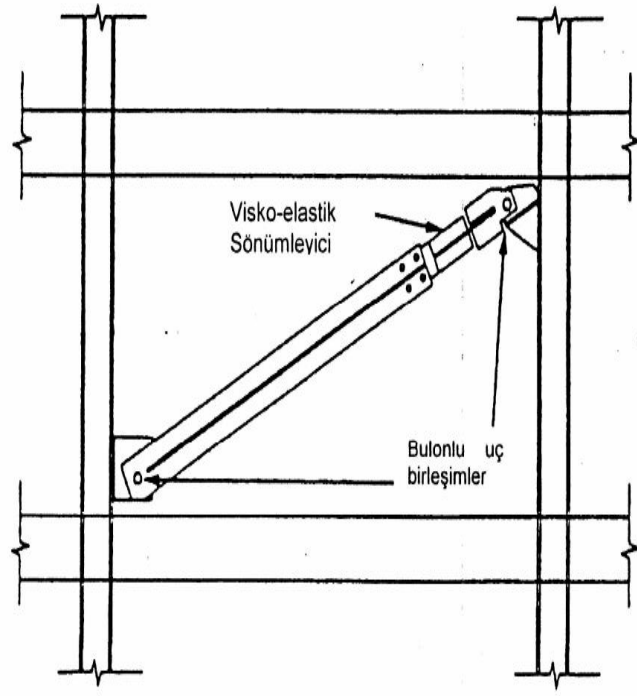
Viskoelastik sönümleyiciler her türlü dinamik etkiye karşı uygulanabilirler. Bu sönümleyiciler, viskoelastik tabakalar arası kayma deformasyonu ile rüzgâr ve sismik enerji sönümlemektedir (Öztürk, 2007). Viskoelastik malzemeler, tipik karbon polimerlerinden veya ona benzeyen katı maddelerden meydana gelmektedir. (Aldemir, 2007).



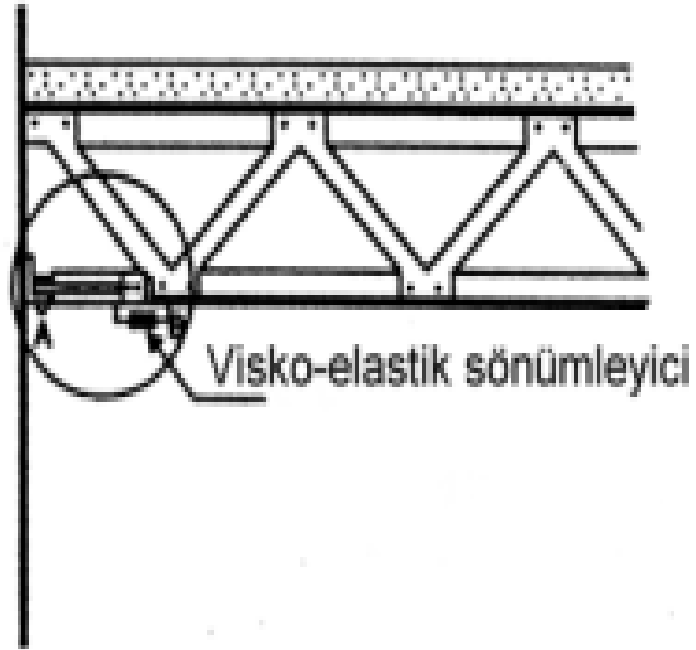
Şekil 4.11 Viskoelastik sönümleyici (Bulut, 2005)



Şekil 4.12 Viskoelastik sönümleyiciye etkiyen kuvvetler (Aldemir, 2007)



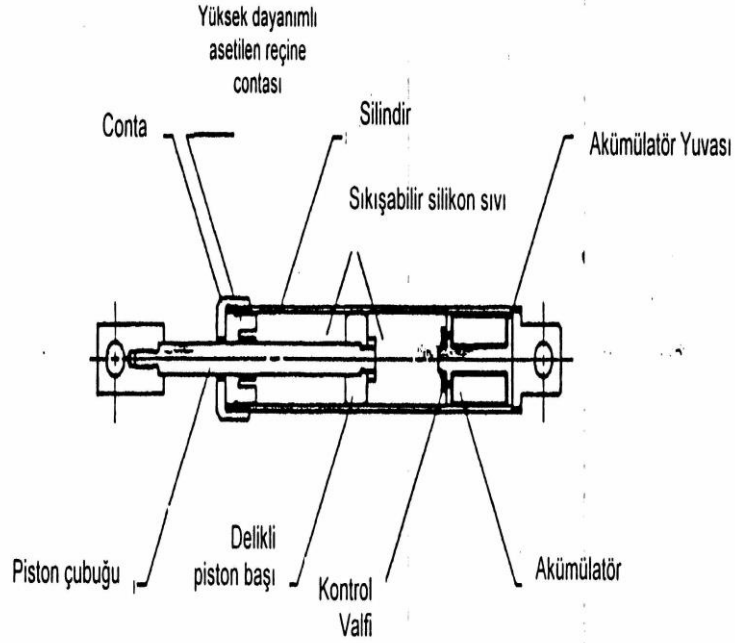
Şekil 4.13 Viskoelastik sönümleyicinin yerleşim detayı (a) (Bulut, 2005)



Şekil 4.14 Viskoelastik sönümleyici yerleşim detayı (b) (Aldemir, 2007)

4.1.4. Viskoz Sönümleyiciler

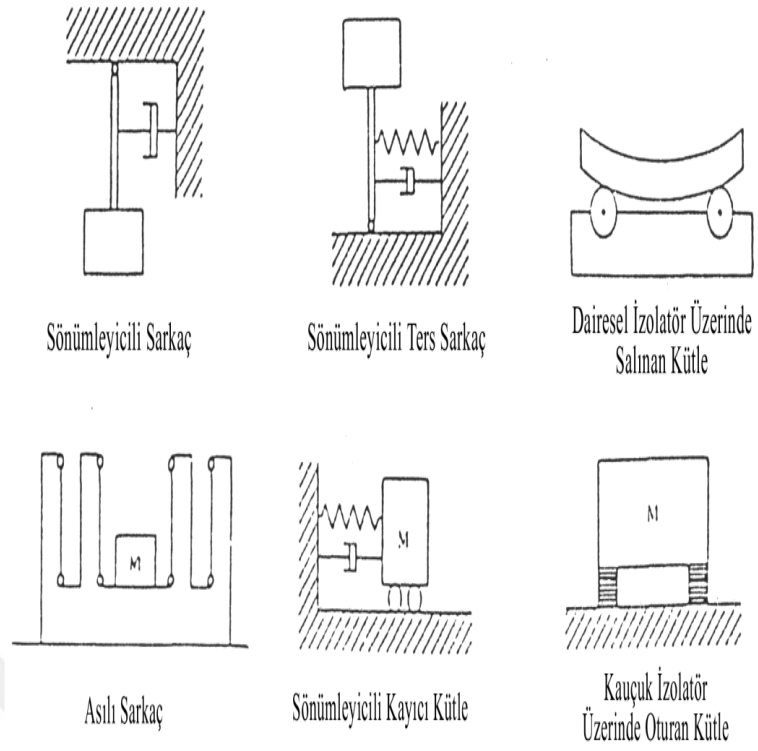
Bu sönümleyiciler, içinde viskoz sıvı ve bir piston bulunan silindirden oluşmaktadır. Yüksek seviyede viskoz olan sıvının içerisinde pistonun hareketi ile enerji sönümü sağlanmaktadır (Aldemir, 2007). Bu sistemin, lineer viskoz davranış ve ortam şartlarından etkilenmeme olumlu yönleridir (Öztürk, 2007).



Şekil 4.15 Viskoz sönümleyici (Bulut, 2005)

4.1.5. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler (TMD)

Ayarlı kütle sönümleyici (TMD), bir veya birden fazla sönümlü yay üzerine montaj yapılmış bir kütleden oluşan, mekanik titreşimleri azaltmak amacı ile yapılara yerleştirilen bir cihazdır (Köroğlu vd.,2021). Bu sistemlerin yapılarda, rüzgâr etkisine karşı başarılı performans gösterdiği gözlemlenmiştir. Deprem karşı etkisini artırmak için çalışmalar devam etmektedir (Özpalanlar, 2004).



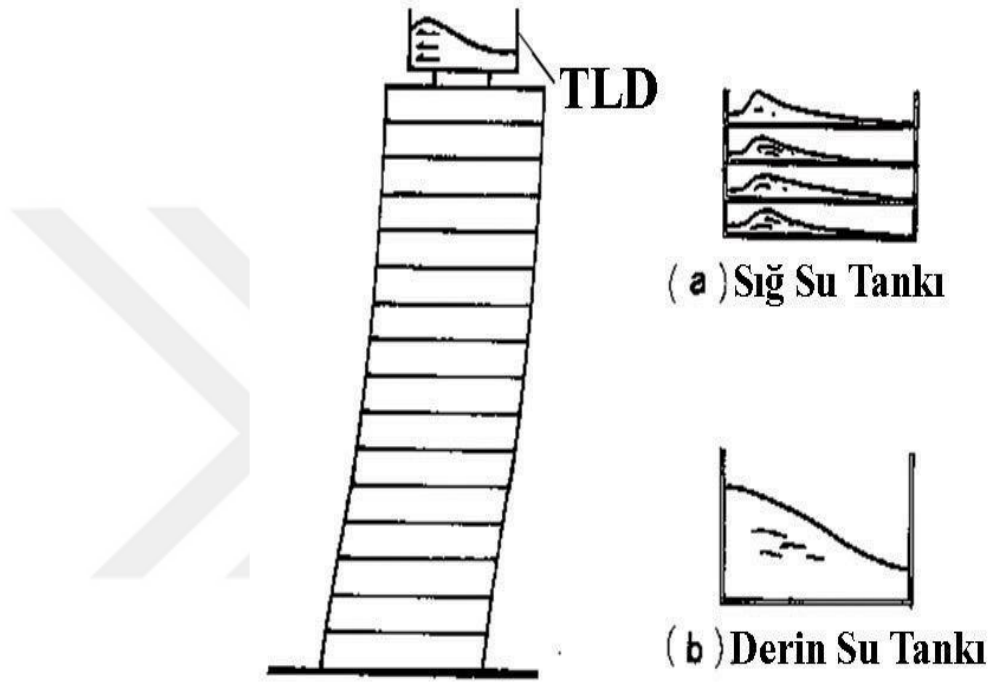
Şekil 4.16 Ayarlı kütle sönümleyici (TMD) tipleri (Özpalanlar, 2004)



Şekil 4.17 Ayarlı kütle sönümleyici (TMD) uygulama gösterimi (Özpalanlar, 2004)

4.1.6. Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler (TLD)

Ayarlı sıvı sönümleyici sistemler de ayarlı kütle sönümleyici sistemlere benzer bir şekilde yapının performansını arttırmak için yapıya direkt olmayan sönüm vermektedir. Akışkanın viskoz hareketi ve dalga kıranlar ile yapının enerjisini azaltmaktadır. Çalışmalar sonucunda rüzgârdan dolayı oluşan titreşimlere karşı pratik uygulamalar geliştirilmiştir (Özpalanlar, 2004).



Şekil 4.18 Ayarlı sıvı sönümleyici (TLD) (Özpalanlar, 2004)

4.2. Taban Yalıtım Sistemleri

Deprem sırasında oluşan yer hareketi etkisiyle temelde hareket oluşmaktadır. Temelde oluşan bu titreşim, üstyapıya iletilir ve yer değiştirme, çatlak ve plastik mafsalları ile sönümlenir. Depremin yapıya etkisi kütlesi ve rijitliği ile orantılıdır. Temel yalıtımın amacı, temelde oluşan titreşimin temel ile taşıyıcı sistemi ayırarak üstyapıya geçmesini engellemektir (Uz, 2007).

Temel yalıtım sistemleri kauçuk yalıtım sistemleri ve kayıcı taban yalıtım sistemleri olarak iki kısma ayrılmaktadır (Uz, 2007).

Günümüzde en çok kullanılan sismik izolasyon yöntemi kauçuk taban yalıtım sistemleridir. Bu sistemler, birbirleri ile birleşik olan kauçuk ve çelik tabakalardan

oluşmaktadır. İzolatör, yatay rijitliğe sahiptir. Bununla birlikte izolatöre çelik levhalar eklenmesi ile nispeten daha büyük düşey rijitliğe sahip olmaktadır (Uz, 2007).

Bu mesnetler, 8-20 mm kalınlığında olan kauçuk tabakalar ile 2-3 mm kalınlığında olan çelik levhaların üst üste konulması ile oluşturulur. Bu iki levha sıcaklık ve basınç altında birbirlerine yapıştırılmaktadır. Bağlantıyı sağlamak amacı ile mesnetin alt ve üst yüzeylerine kalın ve geniş çelik levhalar eklenmektedir (Uz, 2007).

Bu sistemlerin üretilmesi ve uygulanması kolaydır. Çevre şartlarına karşı diğer yalıtım sistemlerine göre daha dayanıklıdır. Kauçuğa şekil vermek kolay olduğundan kare, silindirik veya içi boş gibi şekillerde üretilebilirler (Uz, 2007).

Kauçuk izolatör, depremin yatay yöndeki etkisine karşı yapıyı korumakta ancak depremin düşey yöndeki etkisine karşı hiçbir koruyuculuğu bulunmamaktadır (Uz, 2007).

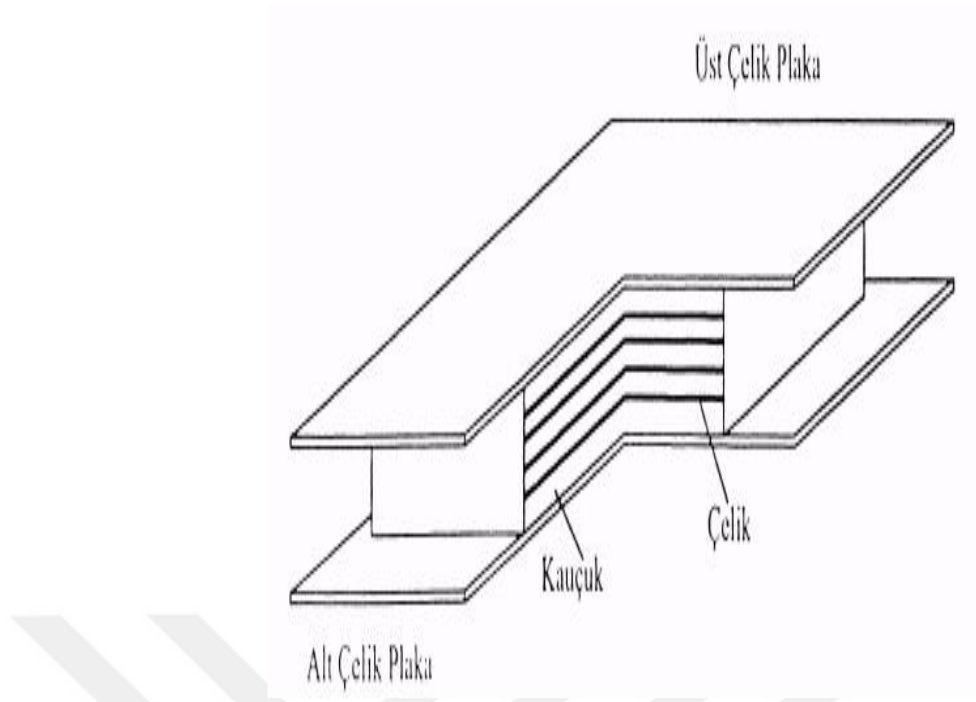
Kauçuk izolasyon sistemleri; köprüler, sanayi yapıları, evler gibi birçok yapının korunmasında, tarihi yapıların güçlendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Uz, 2007).

4.2.1. Kauçuk Esaslı Sistemler

4.2.1.1. Düşük Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet Sistemi (LDRB)

Düşük sönümlü doğal kauçuk mesnet sistemi, sismik izolasyon sistemlerinde kullanılan ilk kauçuk mesnet türüdür. Yapısındaki doğal kauçuktan dolayı diğer mesnet sistemlerine göre daha uzun ömürlü olması en önemli özelliğidir (Uz, 2007).

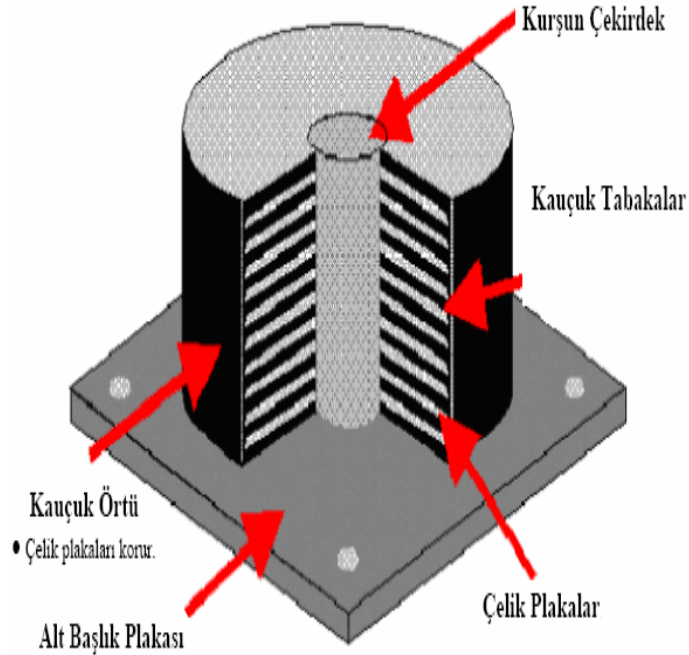
Bir izolatörün alt ve üst kısmına yerleştirilmiş 2 adet kalın çelik levha bulunmaktadır. Bu levhalar mesnetin temele ve üstyapıya birleşmesini sağlar. Bu levhaların arasında birçok ince çelik ve kauçuk tabaka bulunmaktadır. Çelik levhaların yüzeyleri parlatılıp bu parlatılan yüzeylere yapıştırıcı sürülerek kauçuğa daha iyi yapışması sağlanmaktadır (Uz, 2007).



Şekil 4.19 Düşük sönümlü doğal kauçuk mesnet sisteminin (LDRB) kesiti (Uz, 2007)

4.2.1.2. Kurşun Çekirdekli Mesnet Sistemi (LRB)

Bu sistem 1975 yılında Yeni Zelanda’ da geliştirilmiştir. ABD ve Japonya gibi gelişmiş ülkelerde daha yaygın kullanım alanları bulunmaktadır. Çalışma sistemi düşük sönümlü mesnet sistemine benzemektedir. Aralarındaki tek fark ise bu sistemde kurşun çekirdek bulunmasıdır (Uz, 2007).



Şekil 4.20 Kurşun çekirdekli izolatör yapısı (Uz, 2007)

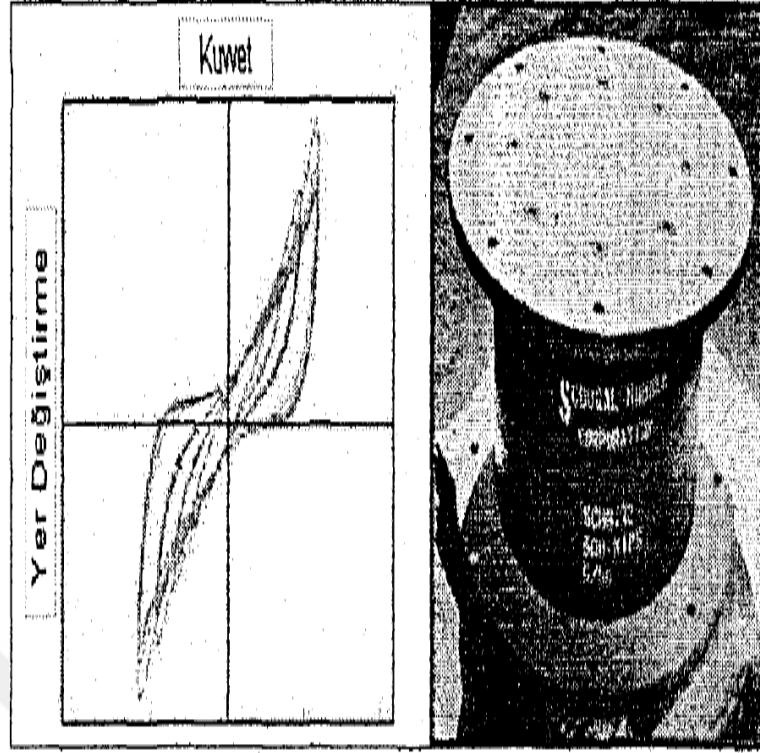
Sistemin sönüm mekanizması, kauçuğun sönümü ile birlikte kurşun çekirdeğin sönümü ile meydana gelir. Bu mesnetlerin sönüm oranı %15-30 arasında değişmektedir (Uz, 2007).

Kurşun çekirdeğin boyutları, sistemin gereksinimine göre belirlenmektedir. Sisteme yatay yönde kuvvetler etkiğinde, çelik tabakalar kurşun çekirdeği şekil değiştirmeye zorlar. Kurşun çekirdekten oluşan plastik şekil değiştirme ile enerji emilir ve sönüm gerçekleşir. Kurşun çekirdeğin bu hareketi izolatörün yatay yer değiştirmesini azaltır (Uz, 2007).

Kurşun çekirdekli mesnet sistemindeki en olumsuz durum güçlü bir yer hareketi etkisinin ardından kurşun çekirdeğin zarar görüp görmediğinin öğrenilememesidir (Ateş,1999; Uz, 2007). Bu sistemin kullanıldığı yapıların Northridge ve Kobe depremlerinde iyi bir performans sergilediği görülmüştür (Uz, 2007).

4.2.1.3. Yüksek Sönümlü Doğal Kauçuk Mesnet Sistemi (HDRB)

Yüksek sönümlü doğal kauçuk mesnet sistemi, 20 yıldan fazla zamandır kullanılmaktadır. Bu sistem, doğal kauçuk kullanılarak geliştirilmiştir. 1982 yılında, İngiltere’de bulunan Malezya Kauçuk Üreticileri Araştırma Derneği tarafından ilave sönüm elamanlarına olan gereksinimi gidermek için üretilmiştir. Sönüm miktarı; aşırı saf karbon blok, yağlar, reçine ve patentli katkı maddeleri eklenilmesi ile artırılmaktadır. %100 oranındaki kayma şekil değiştirmelerinde sönüm, %10-20 derecelerine çıkarılmıştır. Malzemenin boy uzaması %20’den daha az olduğunda lineer olmayan davranış gösterir. Bu özelliğinden dolayı rüzgâr yükü, düşük seviyeli depremler karşısında yapının yer hareketine tepkisini azaltmaya yönelik bir davranış gösterir (Uz, 2007).



Şekil 4.21 Yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatör modelleri (Kösedag, 2002)

Yüksek sönümlü kauçuk mesnetler, diğer elastomer mesnetlere benzer bir şekilde düşük yatay rijitliğe sahiptir. Bunun sayesinde yatay doğrultuda büyük yer değiştirmeler yaparak yapının periyodunu arttırır. Bununla beraber sönüm özellikleri yardımı ile bir sönümleyici gibi çalışarak deprem enerjisini emerler. Sönüm katsayısındaki farklılığın dışında üretim, montaj, yerleştirme gibi uygulama detayları düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetlerle aynıdır (Uz, 2007).

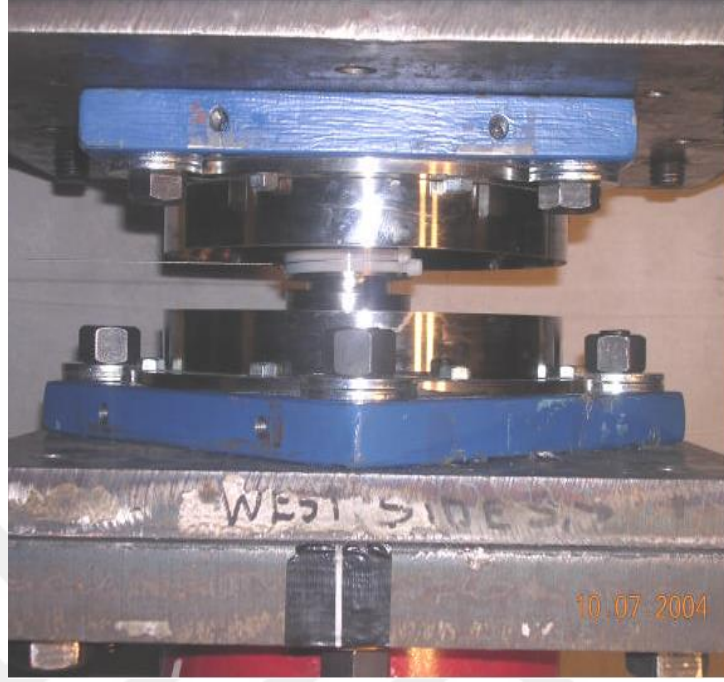
Çevrede oluşan titreşim etkilerinin azaltılmasında kullanılması bu sistemlerin diğer olumlu yönlerindendir. Çevrede oluşan titreşim etkilerinin yoğun olduğu yerde bulunan yapıda oluşabilecek düşey titreşim hareketlerini azaltma konusunda çok iyi performans göstermektedir (Uz, 2007).

4.2.2. Kayıcı Sistemler

4.2.2.1. Sürtünmeli Sarkaç Sistemi (FPS)

Sürtünmeli sarkaç sisteminde, yapının basitleştirilerek sarkaç hareketine uyarlanması ile deprem etkilerinin sürtünme yolu ve yer çekimi sayesinde sönümü amaçlanmıştır. Sistemin başta gelen elemanları, kayıcı mafsalları ve temas ettiği eğrisel çelik yüzeydir. Sönüm hareketi kayıcı mafsalları ile eğrisel yüzey arasında olmaktadır.

Rijitlik ve yapının titreşim periyodu eğrisel yüzeyin eğimi ile kontrol edilmektedir (Uz, 2007).



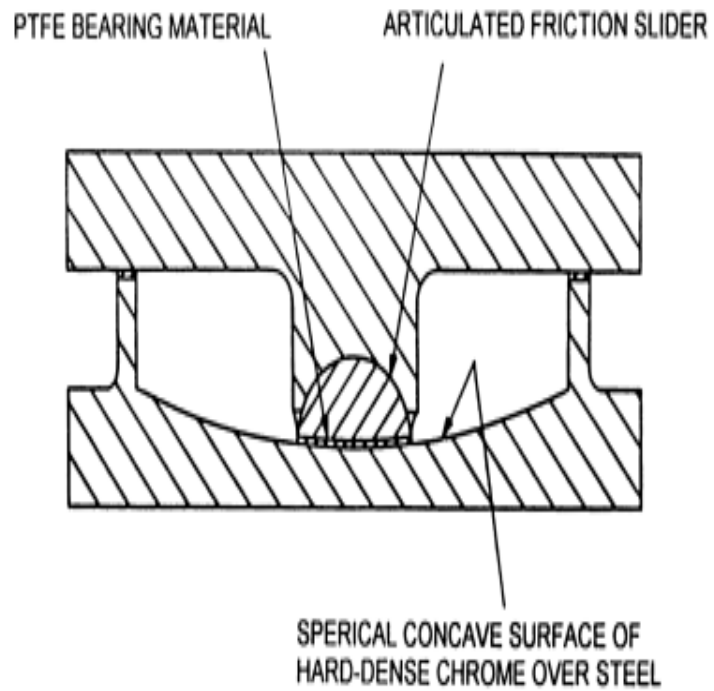
Şekil 4.22 Sürtünlmeli sarkaç sisteminin yer değıştirmesi (a) (Constantinou, 2004)



Şekil 4.23 Sürtünlmeli sarkaç sisteminin yer değıştirmesi (b) (Constantinou, 2004)



Şekil 4.24 Sürtülmeli sarkaç sisteminin yer değıştirmesi (c) (Constantinou, 2004)



Şekil 4.25 Sürtülmeli sarkaç sisteminin tipik yapısı (Zhang, 2000)

Şekilde görüldüğü gibi deprem sırasında üstyapı yanal etki ile içbükey yüzey üzerinde kayarak yükselir. Üstyapının yükselmesi ile kinetik enerji potansiyel enerjiye

dönüşür. Dinamik etki sona erince sarkaç ilk denge konumuna gelene kadar hareketine devam eder (Uz, 2007).

Bu sistemin önemli sönüm mekanizmasından bir tanesi de sürtünme yolu ile deprem enerjisinin emilmesidir. Deprem hareketi esnasında yanal rijitlik ve mafsal ayaklarında oluşacak sürtünme kuvveti, yatak üzerindeki ağırlık ile ilişkilidir. Bu sebeple üstyapının ağırlık merkezi ile yatakların rijitlik merkezinin çakışması burulma etkisini ortadan kaldırmaktadır (Uz, 2007).

Sürtünmeli sarkaç sistemi, elastomerik sistemlerin tüm olumlu yönlerini gerçekleştirdiği gibi olumsuz sayılabilecek teknik özellikleri de bulundurmamaktadır. Yapıya uygulanan kauçuk sistemlerin yangına karşı izolasyonu sağlanmak zorundadır. Bununla beraber yapının hesaplarda öngörülen depremden daha büyük bir depremle karşılaşma olasılığı az da olsa mevcuttur. Bu durumda, kauçuk mesnetin kopmasını engelleyebilmek için yapının bir emniyet sistemine gereksinimi vardır. Sarkaç sisteminde elemanların tümü çelik olduğu için böyle bir emniyet sistemine gerek olmadığı gibi yangından korumak için izole edilmesine de gerek yoktur (Uz, 2007).



Şekil 4.26 Benicia-Martinez Köprüsü' nde uygulanan sürtünmeli sarkaç mesnetinin açık hali (Uz, 2007)

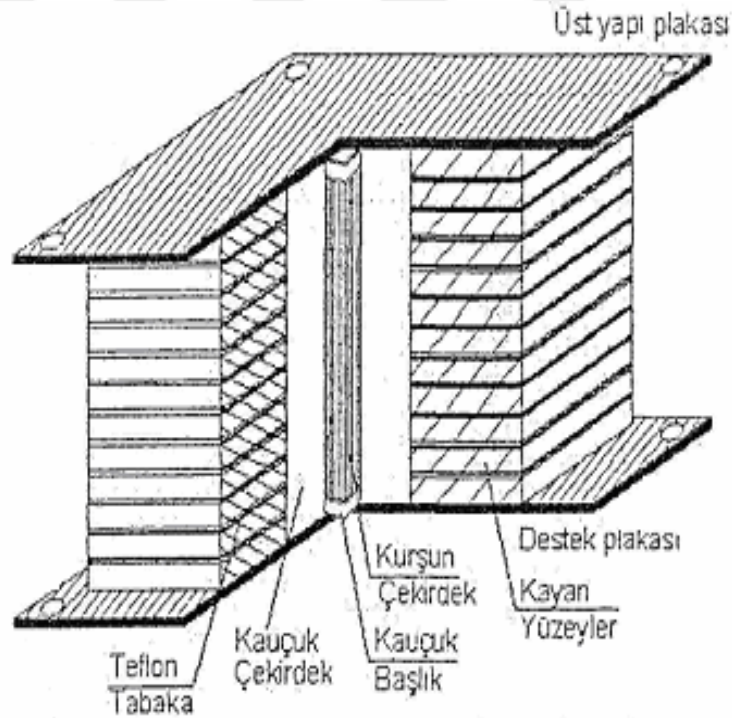
Şekil 4.26' da Benicia-Martinez Köprüsü' nde kullanılan izolatörlerden biri görülmektedir. Bu köprünün 1998 yılında güçlendirme çalışması yapılmıştır. 6 şeritli olarak yapılan bu köprü yaklaşık 2 km uzunluğundadır. Günde ortalama 10.000 araç

geçmektedir. Köprüde yaklaşık 3.96 m çapında ve 5 ton ağırlığında olan şu ana kadar üretilen en büyük boyutlara sahip sürtünmeli sarkaç sistemi kullanılmıştır. Bu mesnetler yatay doğrultuda 1.35 m yer değiştirme kapasitesine sahiptir (Uz, 2007).

4.2.2.2. Esnek Sürtünmeli Taban İzolasyonu

Bu sistem, Khodaverdian ve Mostaghel tarafından önerilmiştir. Esnek sürtünmeli taban izolatörleri, teflon ile kaplanmış dairesel plakalardan ve merkezinde bulunan bir kauçuk çekirdekten oluşmaktadır. Bu dairesel plakalar birbirleriyle sürtünmeli şekilde temas halindedir (Özpalanlar, 2004).

Merkezi kauçuk çekirdek, düşey doğrultuda yük taşımamaktadır. Bu çekirdek, mesnet yüksekliği boyunca hız ve yer değiştirmenin uniform şekilde dağıtımını sağlamaktadır. Kauçuğa etkiyen kesme gerilmesini azaltmak ve yer değiştirme yeteneğini artırmak istenmiştir. Bunu gerçekleştirmek için çelik levhalı tabakalı kauçuk mesnetlere, sürtünmeli plaka ilave edilerek esnek sürtünmeli taban izolasyon sistemleri elde edilmiştir (Özpalanlar, 2004).



Şekil 4.27 Esnek sürtünmeli taban yalıtım sistemi (Kösedağ, 2002)

Bu sistemler, merkezi ve çevresel kauçuk çekirdek ile birbirleri üzerinde kayabilen halkalardan oluşmaktadır. Bundan dolayı da bu sistemler kayıcı tipli yalıtım

sistemlerinin grubunda bulunmaktadır. Depreme göre davranışıyla ilgili birçok deney yapılmış ve olumlu sonuçlara ulaşılmıştır (Özpalanlar, 2004).

4.2.3. Kauçuk-Kayıcı Karma Sistemler

4.2.3.1. Fransız Elektrik Sistemi (EDF)

Bu sistem, 1970' lerin başında Fransız Elektrik Kurumunun yardımıyla üretilmiştir. Güney Afrika Cumhuriyeti'nin Koeberg şehrinde yapılan nükleer elektrik santralinde kullanılmıştır. Bu kuruluş, güvenli bir donanımına sahip ve 0.2 g' lik ivmeye dayanabilecek şekilde nükleer elektrik santral geliştirmiştir (Özpalanlar, 2004).

4.2.3.2. EERC Bileşik Sistemi

Bu sistem, kauçuk esaslı ve kayıcı sistemin beraber kullanımıyla oluşturulmuştur. Yapıdaki iç kolonlar teflon ile kaplanmış paslanmaz çelikten oluşan kayıcı elemanların yardımıyla taşınmaktadır. Yapıdaki dış kolonlar ise düşük sönümlü doğal kauçuk mesnetlerin yardımıyla taşınmaktadır. Kayıcı elemanlar sönüm yaratır. Kauçuk mesnetlerse yapının burulma davranışını kontrol ederler (Özpalanlar, 2004).

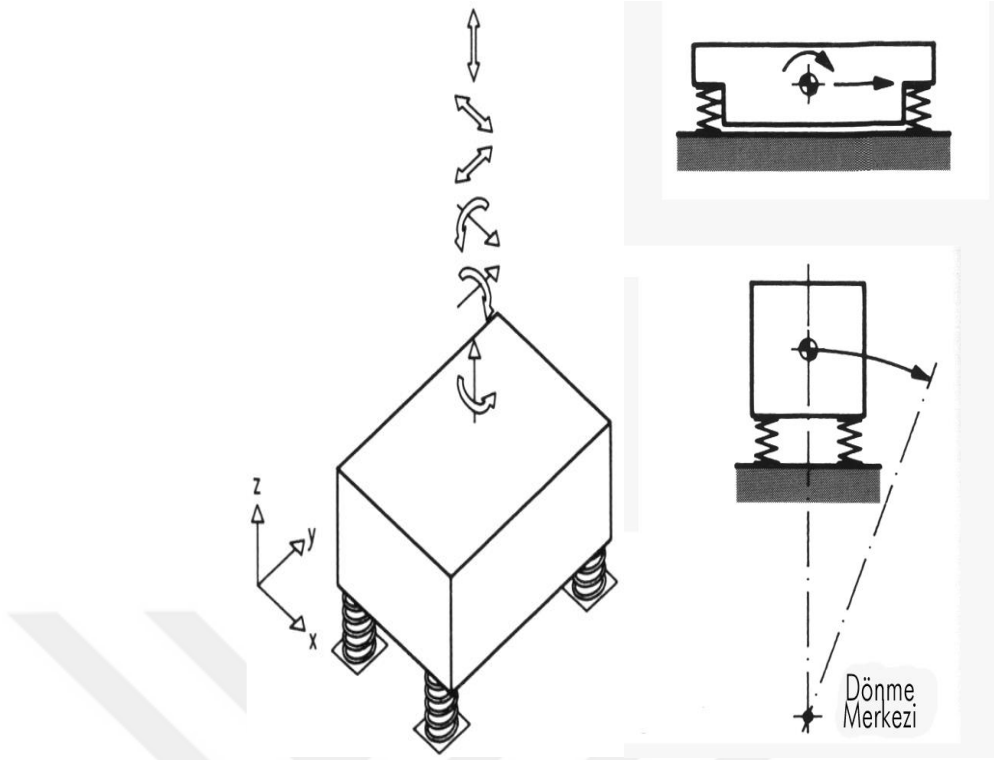
Bu sistemin benzerleri, Nevada Üniversitesi Maden Fakültesi binası ve Kaliforniya eyaletinde bulunan "M. L. King, Jr. Travma Teşhis ve Tanı Merkezi Hastanesi" binasının güçlendirilmesi amacı ile kullanılmıştır. Bu iki yapıya da yüksek sönümlü doğal kauçuk izolatörler yerleştirilmiştir. Hastane binasında paslanmaz çelik üzerinde kurşun-bronz alaşımlı levhalar, üniversite binasında ise yüzeyi teflon olan paslanmaz çelikten oluşan kayıcı elemanlar kullanılmıştır (Özpalanlar, 2004).

4.2.4. Yay Tipi Sistemler

Kauçuk esaslı ve kayıcı yalıtım sistemler yatay yönde yalıtımı sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Düşey yönde de yalıtımın sağlanması gerekiyorsa sarmal yaylardan oluşan yalıtım sistemleri kullanılmaktadır (Özpalanlar, 2004).

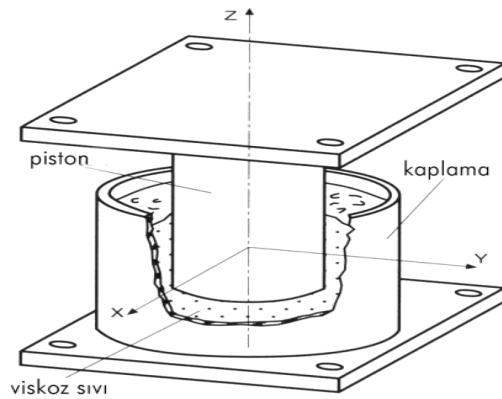
Sarmal yaylardan oluşan yalıtım sistemleri, yaygın olarak fabrikalar ve enerji santralleri gibi yerlerde bulunan büyük makinelerin yapının üzerinde oluşturacağı titreşimi engellemek amacıyla kullanılmaktadır (Özpalanlar, 2004).

Bu tür sistemlerde yaylar, düşey yönde gerçekleşen harekette yatay yönde gerçekleşen harekete göre çok fazla rijit değildir. Sarmal yaylı sistemler, üzerinde bulunan binayı yer hareketinin düşey yönlerdeki bileşeninden de sınırlı şekilde ayırmaktadır (Özpalanlar, 2004).



Şekil 4.28 Yay tipi sistemin serbestlik dereceleri (Özpalanlar, 2004)

Viskosönüm, iki parçadan meydana gelmektedir. Yüksek viskoz sıvı ile doldurulan yuva temele montajlanmaktadır. Sönümün diğer parçası da yayla mesnetlenmiş yapıya bağlanmış pistondur. Bu sistem viskosönüm ile beraber, %20-30 arasında düşey yönde kritik sönüm sağlamaktadır. Basınç etkisine karşı çalışmakta olan çelik yaylar, çelik plakalara bağlanması ile çekme etkisine karşı çalışma özelliği de sağlanmış olmaktadır (Özpalanlar, 2004).



Şekil 4.29 Viskosönümlü yay tipi sistem ve viskosönüm detayı (Özpalanlar, 2004)

5. AKTİF KONTROL SİSTEMLERİ

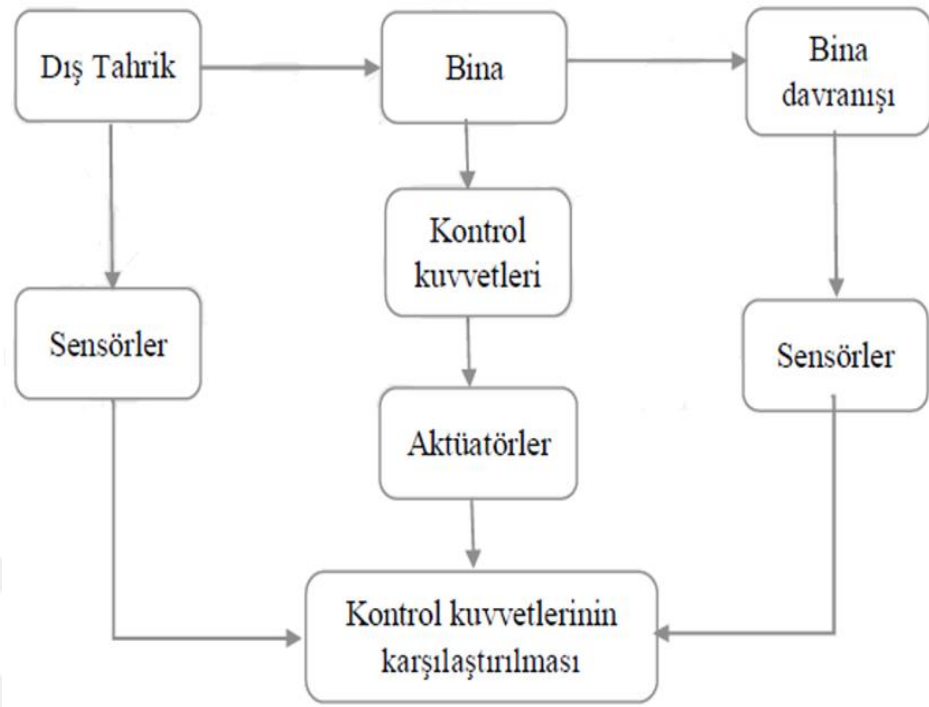
Pasif kontrol sistemleri dışarıdan güç kaynağına gereksinimi olmayan sistemlerdir. Aktif kontrol sistemleri, pasif kontrol sistemlerinden ayrı olarak dışarıdan güç kaynağına ihtiyacı bulunmaktadır. Aktif kontrol sistemleri, kullandığı haricî güç kaynağı ile aktüatörleri (kontrol kuvvetini etkin hâle getiren düzenek) etkin hâle getiren, yapının uygun bir şekilde istenilen davranışı göstermesini sağlayan ve dışarıdan gelen tepkilere karşı olarak karşı koyucu kuvvetler oluşturan sistemlerdir. Oluşturulan bu kuvvetler, yapıya enerji katmak ve enerjiyi dağıtmak için kullanılabilir. Bu sistemde, aktüatörlere gönderilen sinyaller; sistemin mekanik, elektrik, optik, kimyasal gibi sensörler sayesinde ölçülen tepkisinin fonksiyonudur (Bulut, 2005).

Aktif kontrol sistemi, yapıda oluşan makine ve trafik titreşimleri, deprem ve rüzgâr yükleri gibi tepkilerin kontrol edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Aktif kontrol sisteminin olumlu yönleri ile birlikte olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu sistemler, mekanizmayı harekete geçirebilmek amacıyla dışarıdan güç kaynağına ihtiyaç duymaktadır. Bu da büyük depremlerde sistemi, olası güç kesintisi durumunda zayıf yapmaktadır (Bulut, 2005).

Aktif kontrol kuvvetleri; yapının belli kısımlarına yerleştirilen sensörler ile ölçülen bilgilerin, özel kontrol algoritması vasıtası ile değerlendirildikten sonra ayarlanır. Bu kuvvetler, yapısal özellikleri değiştirerek yapısal titreşimi azaltmaktadır (Bulut, 2005).

Aktif kontrol sistemleri, aşağıdaki temel oluşuma sahiptir;

- Dış tahrikleri veya yapısal tepki değişkenlerini ölçmek için sensörler
- Sensörlerde ölçülen bilgiler, aygıtlarda hesaplanır ve kontrol kuvvetleri karşılaştırılır.
- Sistemin ihtiyacı olan enerjiyi karşılamak için genellikle dış enerji kaynakları ile çalışan aktüatörler (Abrar, 2018).



Şekil 5.1 Aktif kontrol sistemi diyagramının gösterimi (Abrar, 2018)

Son zamanlarda, aktif kontrol sistemleri diğer kontrol sistemlerine göre daha fazla ilgi çekmektedir. Bu sistemlerin en olumlu yönlerinden bir tanesi, yalnız tek bir aktif cihaz ile, örnek olarak aktif kütle sönümleyici cihaz ile, birçok titreşim moduna karşı koyabilecek tasarımlar yapılabilmesidir. Japonya’ da birçok binada aktif kontrol sistemi uygulanmıştır. Fakat bu sistemlerin çoğu, orta ölçekli depremler ve rüzgâra karşı tasarlanmıştır. Bu sistemlerin büyük ölçekli depremlere karşı koymak amacıyla uygulanması birçok nedenden dolayı tartışılmıştır. Aktif kontrol sistemlerinde, yapının daha büyük depremlere karşı dayanabilmesi için kullanılan karşı koyucu kuvvet çok büyük olmakta ve bu karşı koyucu kontrol kuvvetinin elde edilmesi zor olmaktadır. Bu karşı koyucu kontrol kuvveti elde edilse de yapıyı en az deprem kuvveti kadar zorlamaktadır. Bundan dolayı yapının ömrü boyunca güvenilir olan bir aktif kontrol sistemi ile denetimi oldukça zordur (Bulut, 2005).

Aktif kontrol sistemlerinin, yapının deprem etkisine karşı korunmasında olumlu sonuçları vardır. Bu da gelecek için umut verici bir durumdur. Fakat aktif kontrol sistemlerinin yapı kontrolünde pratik olarak kullanılabilmesi için çözülmesi gereken problemler vardır. Bunların bazıları şunlardır (Özpalanlar, 2004);

- Yapıya etkiyen kuvvetlere karşı koyabilmek için gereken gücün üretilmesi sorunu

- Bu gücü üretecek ve aktif kontrol sistemini çalıştıracak olan enerjinin daima hazır durumda bulundurulması gerekliliği sorunu
- Sistemin; kurulum, işletim ve bakım maliyetlerinin yüksek olması sorunudur (Özpalanlar, 2004).

Yukarıda sayılan problemler haricinde modelleme hataları, zaman gecikmesi, yapının lineer olmaması, yapı parametrelerindeki belirsizlikler ve sensör ve kontrol elemanları sayısının sınırlı olması gibi uygulama sırasında karşılaşılabilecek problemler de bulunmaktadır (Özpalanlar, 2004).

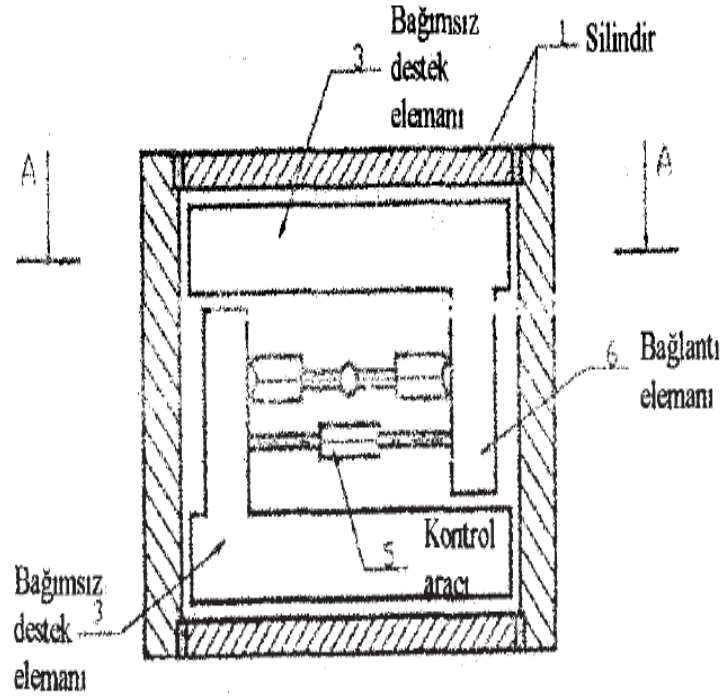
5.1. Aktif Viskoz Sönümleme Sistemi (AVDS)

Aktif viskoz sönümleme sistemleri, sönüm kuvvetlerinin kontrol edilmesi için tavsiye edilen sistemlerdendir. Bu sistemin fazla güç ve enerjiye gereksinimi yoktur. AVDS sistemi, yapının gücünü ve rijitliğini artırmadan yapının sönümünü etkili bir biçimde artırmaktadır. Sönüm kuvvetleri, istenilen büyüklükte elde edilebilmektedir. Yapılan araştırmalar, bu sistemlerin pasif viskoz sönümleyiciler ve elektreolojik sönümleyici cihazlara göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Bulut, 2005).

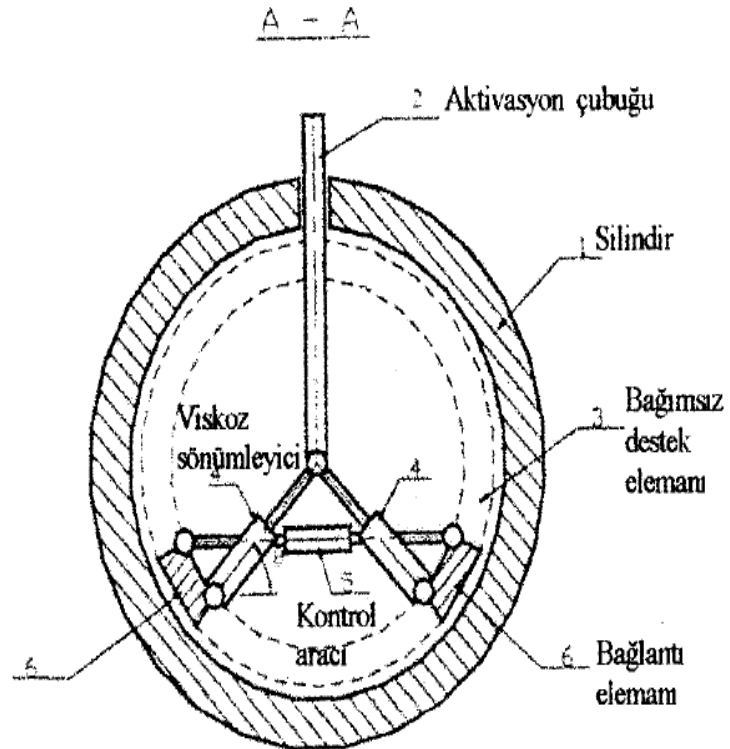
AVDS sistemi, kuşaklamalar ve rijit kat döşemeleri arasında olmak şartıyla yapıdaki çeşitli bölgelere yerleştirilmektedir. Sönüm kuvveti elektreolojik sönümleyici cihazlara benzer olarak deplasmandan bağımsızdır. Ayrıca hızın işaret değiştirdiği durumlarda aniden değişmez. Bu özelliği bakımından da sürtünmeli sönümleyicilere benzemektedir. Sistem, yeni yapılacak yapılarda ve önceden yapılmış yapıların güçlendirilmesinde kolay bir şekilde uygulanabilir (Sansarcı, 2002).

AVDS sisteminde; bir silindir, bir aktivasyon çubuğu, iki bağımsız destek elemanı ve bir kontrol cihazı bulunmaktadır. Bu sistemde bulunan kontrol aracı, sönümleyici ile aktivasyon çubuğu arasındaki açığı değiştirebilen hidrolik bir pistondur. Bu piston, sönümün tercih edilen aralıkta kalmasını sağlar (Öztürk, 2007).

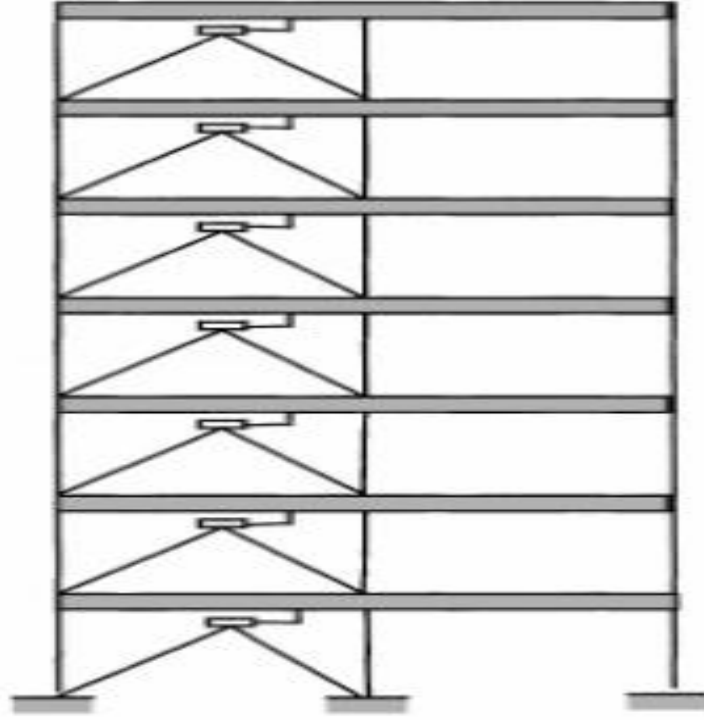
Yapılan araştırmalara göre, AVDS sisteminin kullanıldığı yapılarda deplasmanların azaldığı, taban kesme kuvvetlerinde önemli değişikliklerin olmadığı görülmüştür (Öztürk, 2007).



Şekil 5.2 AVDS cihazı A-A boyuna kesiti gösterimi (Sansarcı, 2002)



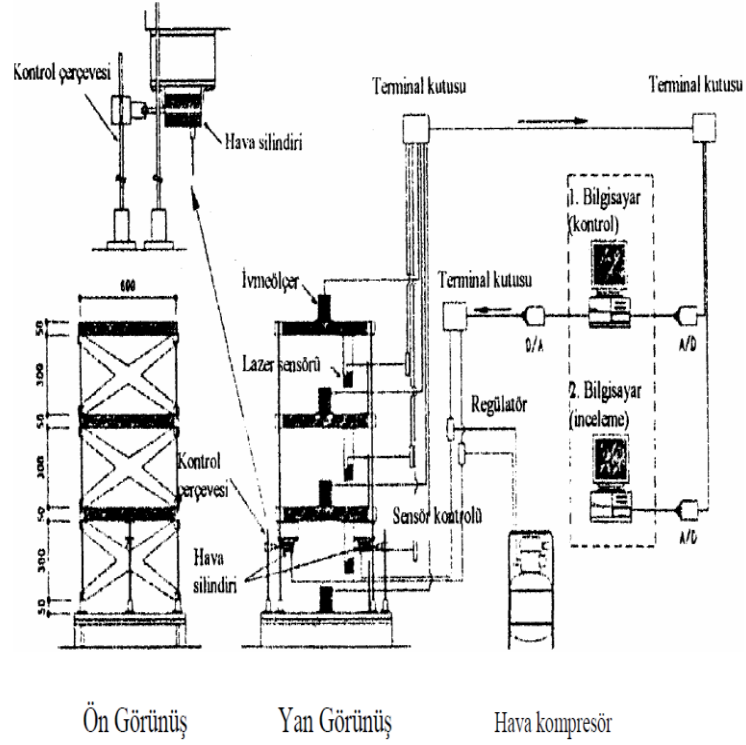
Şekil 5.3 AVDS cihazı A-A enine kesiti gösterimi (Sansarcı, 2002)



Şekil 5.4 AVDS cihazının 7 katlı yapıya uygulanma şeklinin gösterimi (Öztürk, 2007)

5.2. Aktif Hava Yastığı Kontrol Sistemi

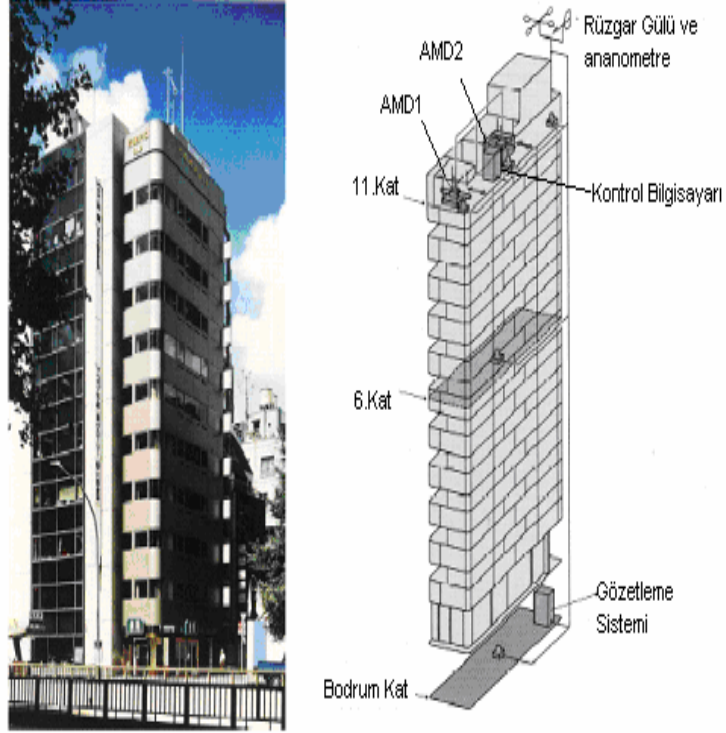
Bu sistemin amacı, depremlerin oluşturduğu şok hareketleri nedeniyle oluşan yapısal tepkinin kontrolünü ve azaltılmasını sağlamaktır. Bu sistemde bulunan hava silindirleri alt ve üst katların arasında yer alan ek kontrol çerçevelerine yerleştirilmektedir ve sistemin aktüatörleri olarak görev yapmaktadır. Sistemin işlerliğinin kontrolü amacıyla kurulan bu modelde üç serbestlik dereceli yapı, iki kontrol cihazı ve alt kata yerleştirilen aktif hava yastığı ile birlikte benimsenmiştir. Aktif hava yastığı kontrol sistemi, üst kata ve en alt kata bağlı ek kontrol çerçevelerine bağlanan hava silindirleri ile yerleştirilmiştir. Bu silindirler, havanın sıkıştırılabilme özelliğinden faydalanmakta ve şok emme özelliğine sahiptir. Hava silindirleri ayarlanarak istenilen aktif kontrol kuvveti üretilebilmektedir. Hava basıncını ayarlama özelliği olan regülatörler bu kuvvetleri kontrol etmektedir. Katlara yerleştirilen lazer sensörler ve ivme ölçerler ile modelin tepkisi ölçülmektedir (Bulut, 2005).



Şekil 5.5 Aktif hava yastığı kontrol sistemi deneysel modeli (Bulut, 2005)

5.3. Aktif Kütle Sönümleyici (AMD)

Bu sistemlerin, AMD sisteminin kütlesi ve bu sistemi çalıştıran aktüatörlerin boyutları nedeniyle büyük depremlerde uygulanması sorun olmaktadır. Bu yüzden AMD sistemleri, küçük ölçekli depremler ve rüzgâr yükleri gibi etkilere karşı konfor sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Pasif kütle sönümleyicisi olan TMD sistemleri, tek bir periyota ayarlanabilmektedir. Diğer periyotlarda ise istenilen değerleri vermemektedir. AMD, birden fazla periyotlara ayarlanabildiği için daha pozitif sonuçlar vermektedir. Bu sistemin uygulandığı yapı olarak Kyobashi Seiwa Binası örnek verilmektedir (Öztürk, 2007).



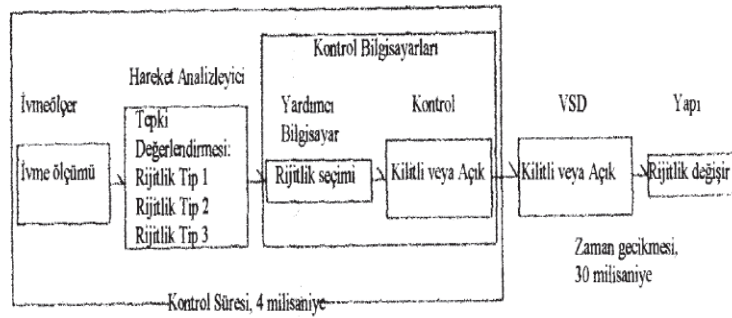
Şekil 5.6 Kyobashi Seiwa Binası ve AMD cihazlarının yerleşimi (Öztürk, 2007)

AMD cihazının uygulandığı 11 katlı olan Kyobashi Seiwa Binası' nın toplam kat alanı 432 m² dir. Bu binada 2 adet AMD bulunmaktadır. AMD' nin bir tanesi 4 ton ağırlığında olup büyük şiddette oluşan titreşim etkilerini kontrol etmek amacıyla yapının en üst katındaki merkezine yerleştirilmiştir. Diğer kullanılan AMD ise 1 ton ağırlığında olup binanın burulma titreşimlerini azaltmak için kullanılmaktadır. Bu sistemin görevi, güçlü rüzgâr etkilerini ve depremlerde oluşan titreşim etkisini en aza indirerek konforu en üst seviyeye çıkarmaktır (Sansarcı, 2002).

5.4. Aktif Rijitlik Değiştirici Sistem (AVS)

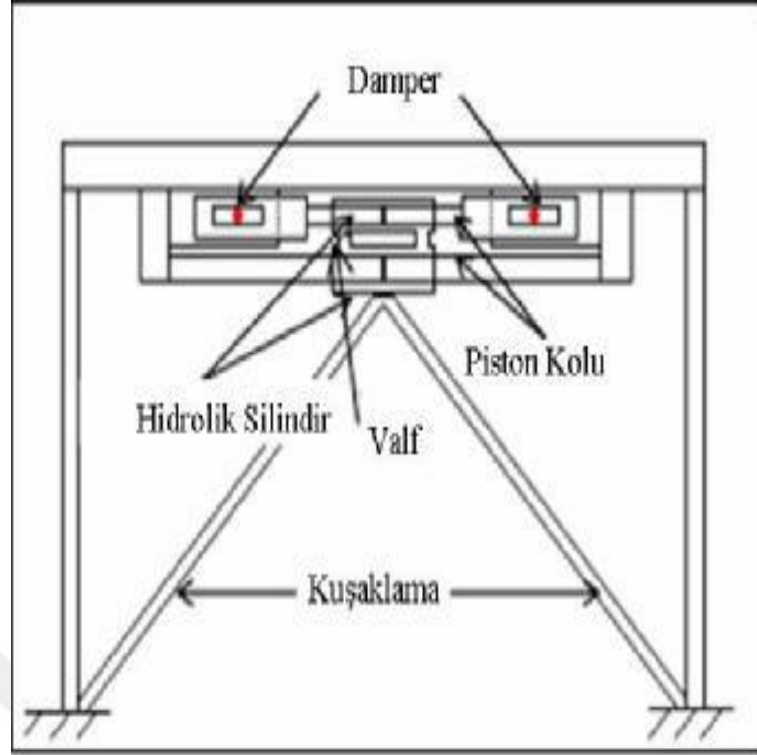
AMD sisteminin diğer aktif kontrol sistemlerine göre olumlu yönü, daha basit ve işletilmesi kolay sistemlerdir. Fakat olumsuz yönü olarak yapının boyutu büyüdükçe ve depremin şiddeti arttıkça bu sistemin işletilmesi için gereken enerji çok fazla olmaktadır. Bunun gibi durumlardan dolayı, bu sistemlere alternatif olarak AVS sistemi önerilmiştir. Sistemin amacı, hem depremin yıkıcı etkilerini azaltıp insan hayatını korumak hem de yapının emniyetini ve yapı fonksiyonlarının arttırılmasıdır. Sistem bu durumu, deprem hareketine göre yapının rijitliğini ayarlayarak sağlamaktadır. Yapısal rijitliğin ayarlanması az miktarda enerji ile sağlanabilmektedir. Böylelikle çok büyük depremlerde bile bu yapı kontrol sisteminin kullanımı uygun olmaktadır (Bulut, 2005).

Sistemin çalışma şekli, ivme ölçerler deprem ivmelerini ölçer ve sistemin birinci katında bulunan hareket analizleyicisine iletir. Hareket analizleyicisi bu ivmeleri girdi olarak alır ve bu girdi değerlerine göre bina için uygun olan rijitlik tipini seçmektedir. Kontrol binası için kilitli ve açık olmak üzere iki durum mümkündür. Bu yüzden toplamda sekiz rijitlik tipi seçilebilmektedir. Fakat bunların arasından en önemli üç tip seçilerek kontrol etkisi azaltılmadan oluşabilecek yan etkilerden kaçınılmış olur. Sonrasında kontrol bilgisayarı binada en uygun rijitlik tipini seçer ve kontrol sinyalleri VSD' ye gönderilerek gerekli rijitlik ayarlanır (Bulut, 2005).



Şekil 5.7 AVS sistemi ileri besleme kontrol algoritması (Sansarcı, 2002)

Sismik etkilere karşı AVS sistemi AMD sistemine göre; etkinlik, güvenlik, az enerji tüketimi ve uzun ömürlülük gibi olumlu özellikleri sayesinde kullanımı daha avantajlı olmaktadır (Bulut, 2005).



Şekil 5.8 Aktif rijitlik değıştirici sistem şeması (Öztürk, 2007)

5.5. Aktif Kuşaklama Sistemi (ABS)

ABS sistemleri yapıların aktif kontrolü için tavsiye edilen sistemlerdendir. Bu sistem, binanın birinci katına çapraz şekilde yerleştirilen tüp şekilli kuşaklamalar, hidrolik güç kaynağı, analog ve dijital sensörler içermektedir. Yapıda bulunan hız sensörleri aynı zaman da ivmeyi de ölçebilmektedir. Aktüatörler kuşaklamaların uzayıp ksalmasını sağlarlar. Aktif kuşaklama sistemi, güçlendirilmesi gereken yapıda kolay bir şekilde uygulanabilmektedir (Öztürk, 2007).

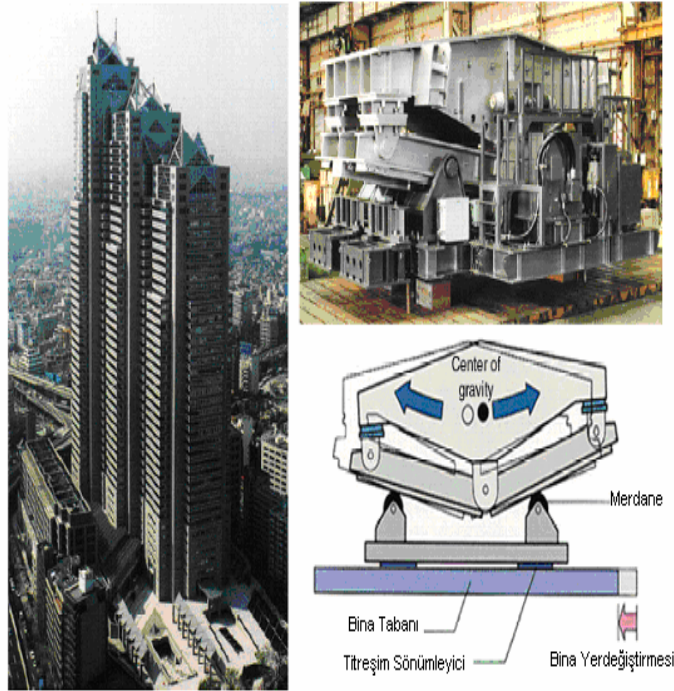
6. KARMA VE YARI AKTİF KONTROL SİSTEMLERİ

6.1. Karma Kontrol Sistemleri

Karma kontrol sistemleri, aktif ve pasif kontrol sistemlerinin birlikte kullanıldığı sistemlerdir. Bu sistemlerin birlikte kullanılmasının asıl sebebi, birbirlerinin olumsuz yönlerini ve eksikliklerini gidererek daha güvenli ve daha ekonomik sistemler oluşturmaktır. Karma kütle sönümleyici ve karma taban izolasyonu sistemleri olmak üzere iki tip karma kontrol sistemi bulunmaktadır (Öztürk, 2007).

6.1.1. Karma Kütle Sönümleyici (HMD)

Karma kontrol sistemleri arasında en çok uygulama alanı bulan sistem karma kütle sönümleyici sistemidir. Pasif kontrol sistemi olan ayarlı kütle sönümleyici ile bir aktif kontrol sisteminin birlikte kullanıldığı sistemdir. Aktif kütle sönümleyiciye göre oldukça az enerji gereksinimi vardır. Karma kütle sönümleyici türlerinden olan V şekilli karma kütle sönümleyici sistemi Japonya’da ‘Shinjuku Park Tower’ binasında kullanılmıştır (Öztürk, 2007).



Şekil 6.1 Shinjuku Park Tower Binası’nda kullanılan V şekilli HMD cihazı (Öztürk, 2007)

6.1.2. Karma Taban İzolasyonu

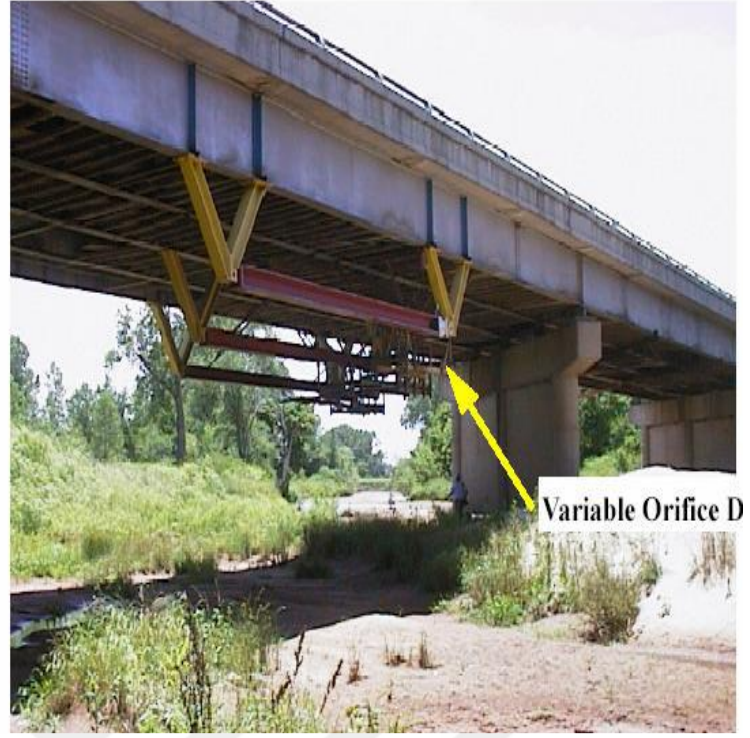
Sismik taban izolasyonu sistemi kolay ve güvenilir bir sistemdir. Fakat bu sistem, pasif kontrol sistemi olduğundan deprem etkilerinin azaltılması konusunda belirli sınırları bulunmaktadır. Taban izolasyonlu yapı ile aktif kontrol sistemi birlikte kullanılarak maliyeti aşmadan çok daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Öztürk, 2007; Özpalkanlar, 2004).

6.2. Yarı Aktif Kontrol Sistemleri

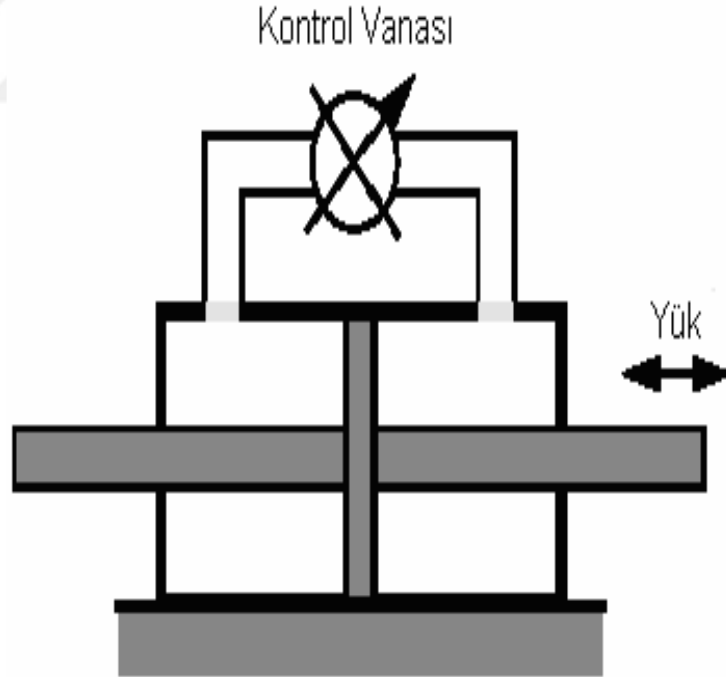
Pasif kontrol ve aktif kontrol sistemlerinin en önemli özelliklerinin kullanılması ile oluşturulan yarı aktif kontrol sistemleri, aktif kontrol ve pasif kontrol sistemlere göre daha iyi performans göstermektedir. Bu sistemler bir çeşit aktif kontrol sistemleri olup enerji gereksinimleri aktif kontrol sistemlerine göre oldukça azdır. Depremlerde gerçekleşebilecek elektrik kesintileri durumunda gerekli enerjiyi pil ile sağlayabilmektedir (Özpalkanlar, 2004).

6.2.1. Değişken-Orifis Sönümleyici

Değişken-Orifis sönümleyiciler, hidrolik sıvı sönümleyicilerin direncini ayarlayabilen değişken orifisli vana eklenmesi ile oluşturulmuştur. Köprülerde, deprem etkileri ve trafiğin oluşturduğu titreşimlerin sönümlemek için kullanılmaktadır (Öztürk, 2007).



Şekil 6.2 Değişken-Orifis sönümleyici kullanılan köprü (Öztürk, 2007)



Şekil 6.3 Değişken-Orifis sönümleyici (Öztürk, 2007)

6.2.2. Değişken Sürtünmeli Sönümleyici

Yapının kuşaklamalarına rijit olarak bağlanan sürtünme şaftından ve sürtünme yüzeyinden oluşmaktadır. Sürtünme yüzeyinde oluşan kuvvet yüzeylerin birbirleri üzerinde kontrollü şekilde kayması ile oluşmaktadır. Yapılan araştırmalara göre bu sistemin, sismik etkiler altındaki yapılarda katlar arası ötelenmelerin azaltılmasında etkili olduğu görülmüştür (Sansarcı, 2002).

6.2.3. Kontrol Edilebilen Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler

Pasif kontrol sistemlerinden olan TLD ve TLCD' nin eksiklerini gidermek için üretilmiştir. Tanktaki sıvının hareketi ile sönümü ayarlayan TLD ve yapısal titreşim yardımı ile aktif hâle getirilen sıvı sütununun hareketinden yararlanılan TLCD sistemleri dinamik etkilere karşı çok başarılı performans gösterememektedir. Bu sebep ile yarı aktif TLD sistemleri tavsiye edilmektedir (Öztürk, 2007; Sansarcı, 2002).

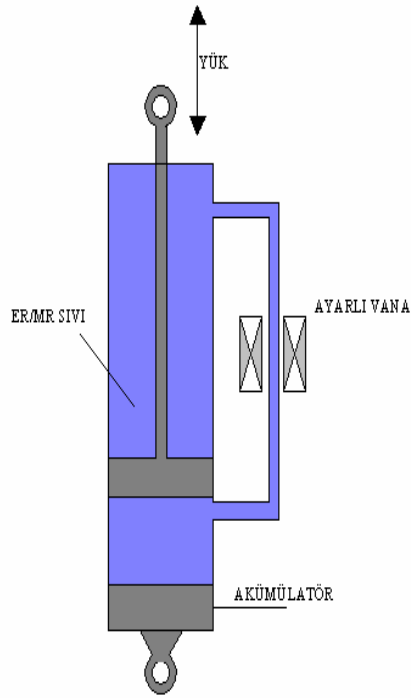
6.2.4. Darbe Etkili Yarı Aktif Sönümleyiciler

Darbe etkili pasif sönümleyiciler, türbin ve dişli kutularında oluşan titreşimlerin sönümlemesi konusunda başarılı olmuştur (Sansarcı, 2002). Yapılan çalışmalara göre, deprem etkisine karşı kullanımda sistemin yetersiz olduğu görülmüştür (Öztürk, 2007).

6.2.5. Kontrol Edilebilen Sıvı Sönümleyiciler ve Sistemler

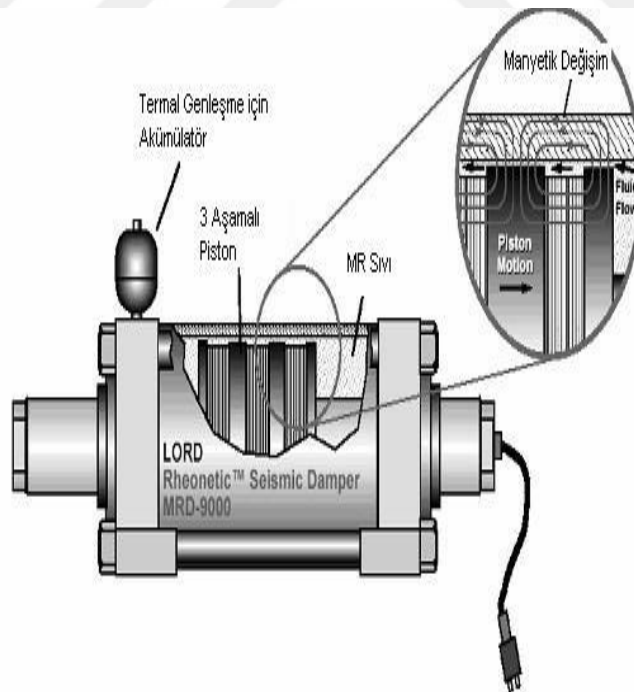
Elektrik kontrollü vanalar veya mekanizmalar kullanan sistemlerin bakım ve güvenlik açısından olumsuz yönleri bulunmaktadır. Yarı aktif kontrol edilebilen sıvı sönümleyiciler yalnızca tek bir pistondan oluşan hareketli parçaları ile güvenlik açısından daha olumludur. Bu sıvıların en önemli özelliği çok kısa bir zaman dilimi içinde serbest lineer viskoz sıvıdan yarı katı hâle değişim gösterebilmeleridir. Elektroteolojik (ER) ve magnetoteolojik (MR) sıvılar olmak üzere iki tür kontrol edilebilen sıvı vardır (Sansarcı, 2002).

ER sıvılara alternatif olarak MR sıvılar öne sürülmüştür. MR sıvılarda elde edilen gerilmenin ER sıvılara göre arttığı, çok düşük veya çok yüksek sıcaklıklarda MR sıvılar için gerilme kaybının çok az olduğu görülmüştür. MR sıvılar ER sıvılara göre daha az enerji gereksinimi vardır. Günümüze kadar yapılan uygulamalarda daha çok ER sıvıları kullanılmış olup son zamanlarda MR sıvıların kullanılması için de çalışmalar yapılmıştır (Sansarcı, 2002).



Şekil 6.4 Kontrol edilebilen sıvı sönümleyici ana hatları (Öztürk, 2007)

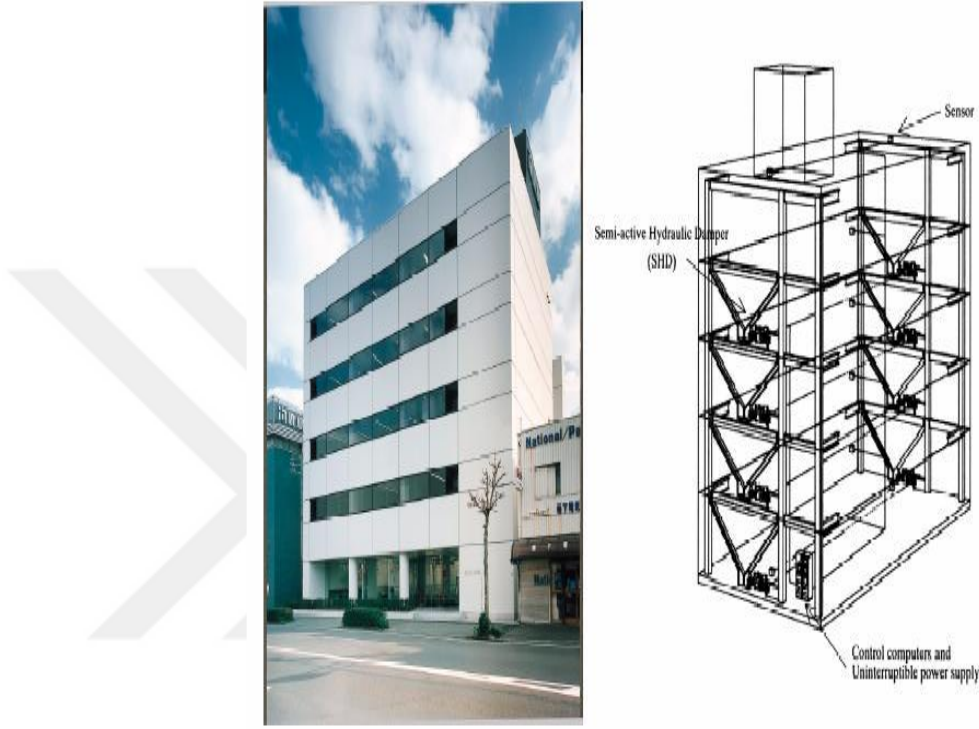
LORD firmasının geliştirdiği MR sıvı kullanılan yarı aktif kontrol edilebilen sıvı sönümleyici Şekil 6.5’ te görülmektedir (Öztürk, 2007).



Şekil 6.5 LORD firmasının geliştirdiği MR cihazı (Öztürk, 2007)

6.2.6. Yarı Aktif Hidrolik Sönüm Sistemi (SHD)

Yarı aktif hidrolik sönüm sistemi, geniş ölçekli yapıların büyük depremlerde yapısal kontrolünü başarılı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Sistemde kullanılan hidrolik sönümleyici enerji gereksinimini azaltmaktadır. Bu sistem, Japonya’ da bulunan 5 katlı betonarme bir binada kullanılmıştır (Öztürk, 2007).



Şekil 6.6 Yarı aktif hidrolik sönüm sisteminin uygulanması (Öztürk, 2007)

Çelik kuşaklamalar ve bu kuşaklamalara bağlı SHD sistemi binanın kısa doğrultusunda bulunmaktadır. Daha rijit olan uzun doğrultuda ise elastoplastik çelik sönümleyiciler bulunmaktadır. Katlara yerleştirilen hız sensörleri yapının tepkisini ölçer ve kontrol bilgisayarları bu verilere göre gerekli sönüm kuvvetini belirler. Buna bağlı olarak her katta bulunan SHD sönümleyici o kat için gerekli olan sönüm kuvvetini üretmektedir. Elektrik kesintisi durumunda sistemde hazır durumda olan kesintisiz güç kaynağı ile çalıştırılır (Sansarcı, 2002).

7. SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE ANALİZ

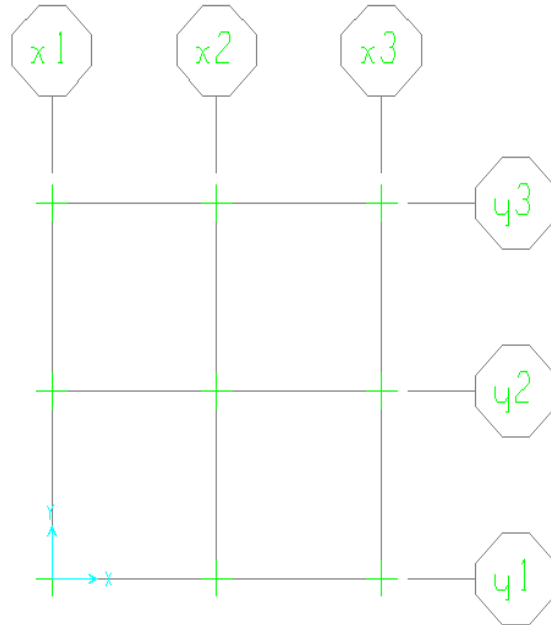
7.1. Yapının Tanımı

Yapı, 4 normal kat ve zemin kattan oluşmaktadır. Yapı önce ankastre mesnet eklenerek tasarlanmış olup sonrasında ayrı ayrı olarak sönümleyici ve izolatör eklenerek özellikleri kıyaslanmıştır.

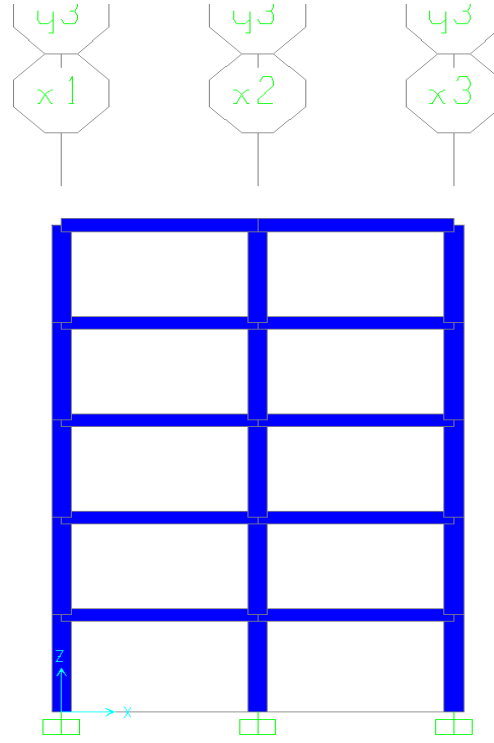
Çözümlemelerde SAP2000 programından yararlanılmıştır. Yapının kolonları 40x50 cm boyutlarında, kirişleri 30x40 cm boyutlarında, döşeme kalınlığı 15 cm olup yapının tamamı betonarme olarak düzenlenmiştir.

Tablo 7.1 Yapının genel bilgileri

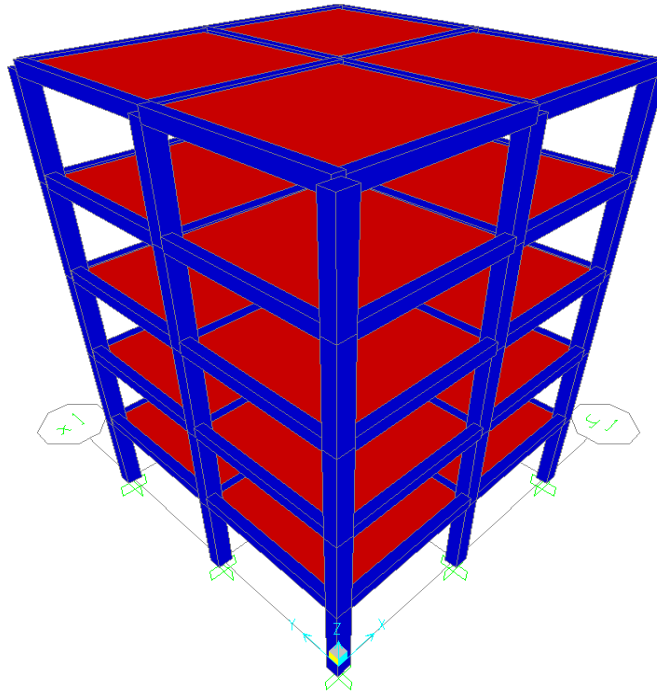
Bina Bilgileri	
Kat Adedi	5
Toplam Bina Yüksekliği	15 m
Kat Yüksekliği	3 m
X Yönünde Açıklıkların Sayısı	2
Y Yönünde Açıklıklarının Sayısı	2
X Yönünde Açıklıkların Aralığı	5 m
Y Yönünde Açıklıkların Aralığı	5 m



Şekil 7.1 Bina'nın X-Y düzleminde görünümü

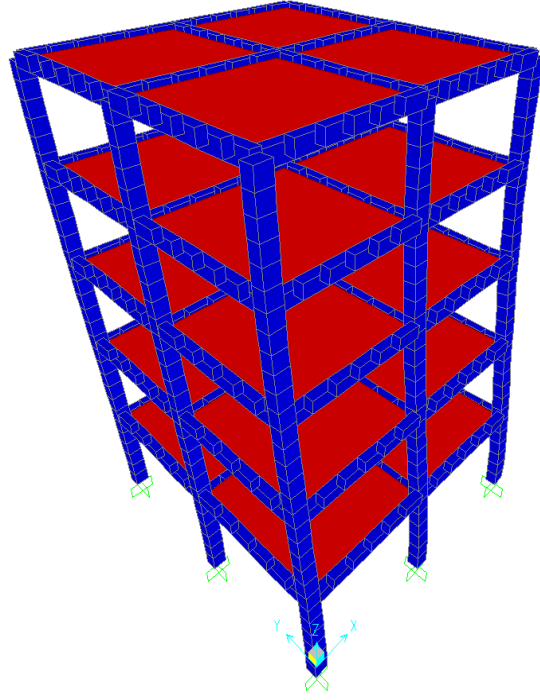


Şekil 7.2 Binanın X-Z düzleminde görünümü

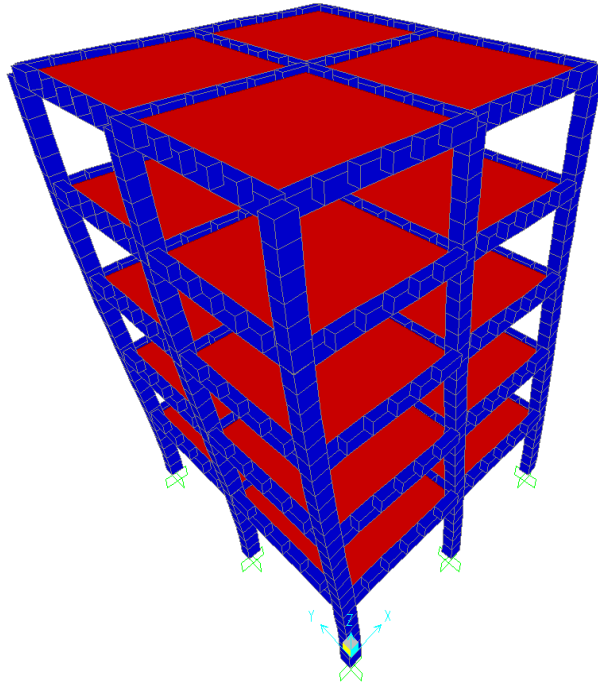


Şekil 7.3 Binanın 3D görünümü

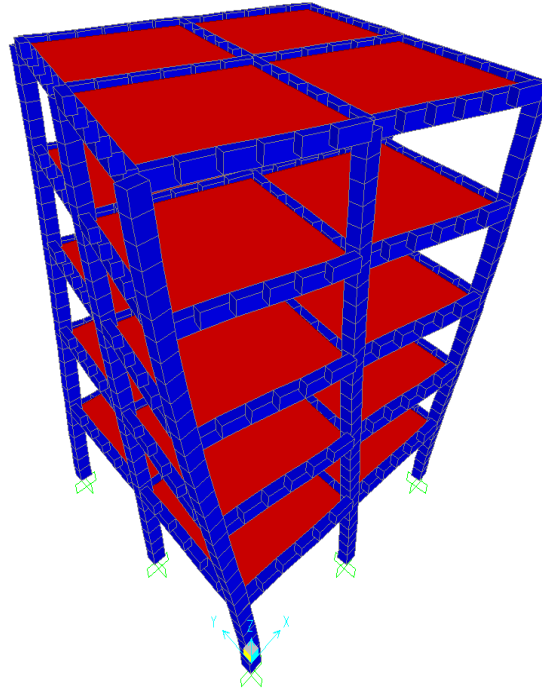
Ankastre mesnetli olarak tasarlanmış olan bu yapının modlarına göre periyotları verilmiştir;



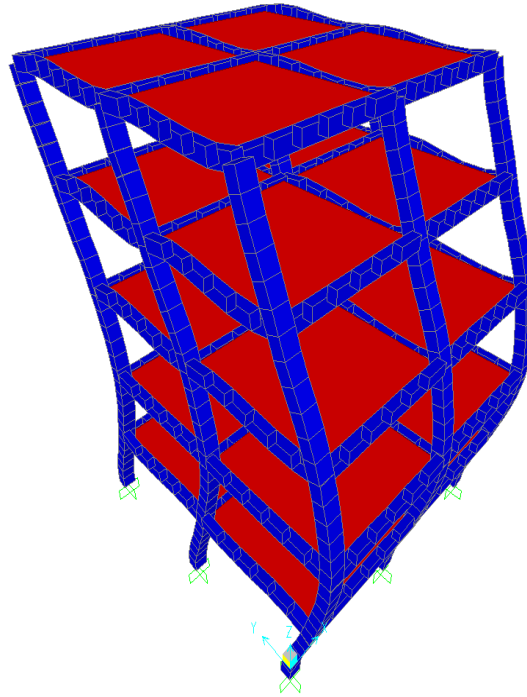
Şekil 7.4 Mod 1' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 0.6056 s



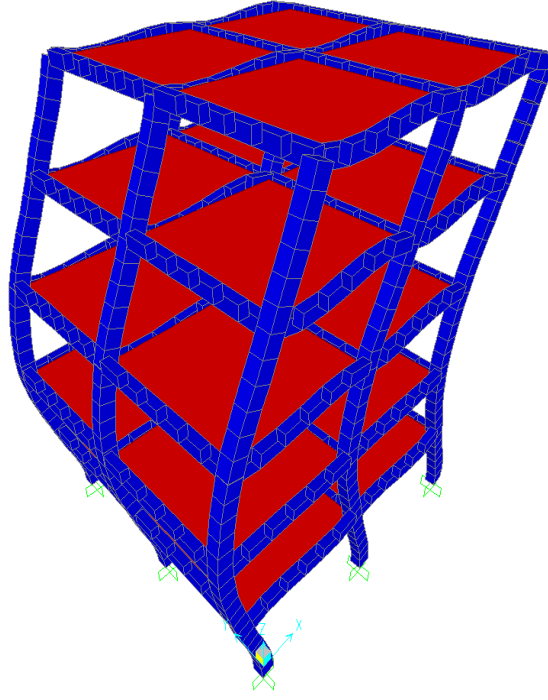
Şekil 7.5 Mod 2' ye göre gösterimi verilen yapının periyodu= 0.5580 s



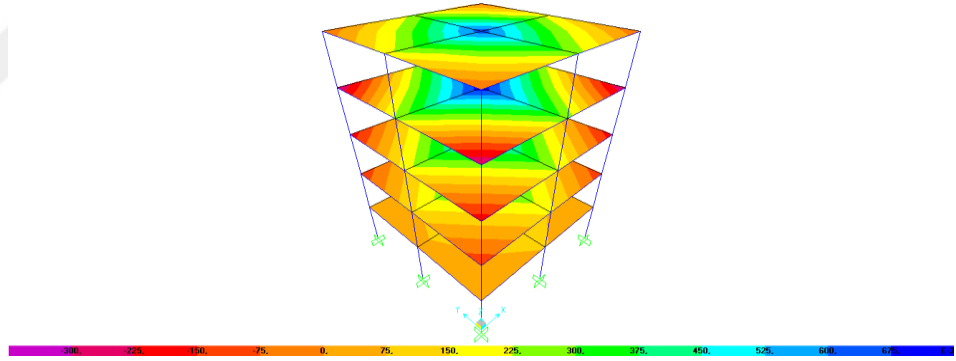
Şekil 7.6 Mod 3' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 0.5336 s



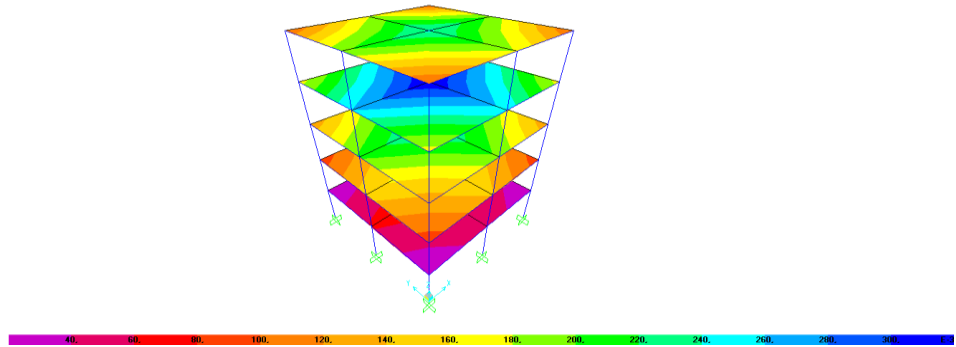
Şekil 7.7 Mod 4' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 0.1911 s



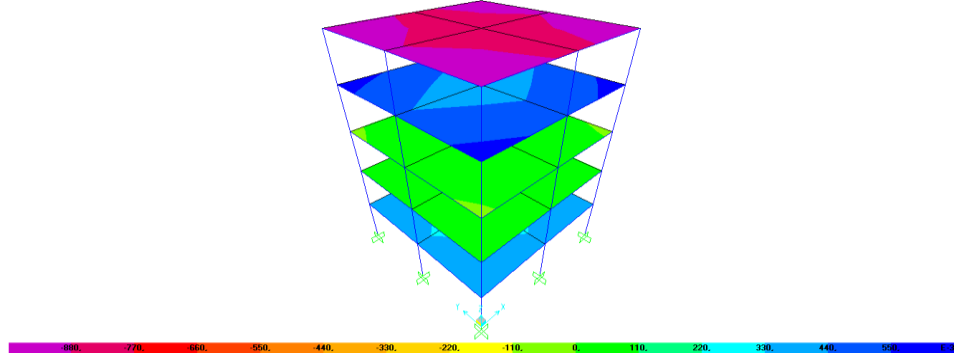
Şekil 7.8 Mod 5' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 0.1718 s



Şekil 7.9 Ankastre mesnetli yapının M_{Maks} diyagramı gösterimi (kNm)



Şekil 7.10 Ankastre mesnetli yapının V_{Maks} diyagramı gösterimi (kN)



Şekil 7.11 Ankastre mesnetli yapının F_{Maks} diyagramı gösterimi (kN)

7.2. İzolatörlü Yapının Tasarımı

Kat adedi 5, kat yüksekliği 3 m' den toplam 15 m olan yapıya izolatör eklenmiştir.

Tablo 7.2 İzolatörler için seçilen parametreler (Tuhta, 2004)

Nonlinear Link Tip	Rubber Isolator
U1 Linear Effective Stiffness	20000 kN/m
U2 ve U3 Linear Effective Stiffness	1500 kN/m
U2 ve U3 Nonlinear Stiffness	7000 kN/m
U2 ve U3 Yield Strength	65 kN/m
U2 ve U3 Post Yield Stiffness Ratio	0.15

Link/Support Property Data

Link/Support Type: Rubber Isolator

Property Name: RUB1 Set Default Name

Total Mass and Weight

Mass: 0. Rotational Inertia 1: 0.

Weight: 0. Rotational Inertia 2: 0.

Rotational Inertia 3: 0.

Directional Properties

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

Fix All Clear All

P-Delta Parameters

Advanced...

Display Color: Yellow

OK Cancel

Şekil 7.12 Link Support Property Data gösterimi

Link/Support Directional Properties

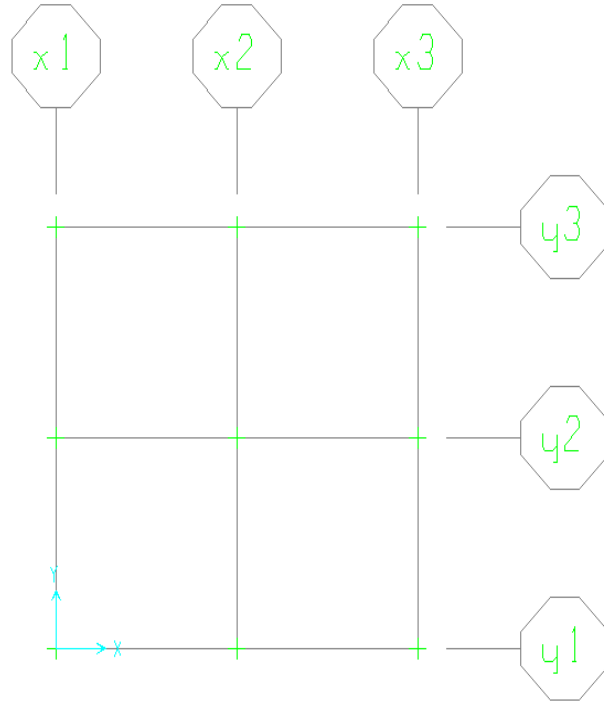
Identification	
Property Name	RUB1
Direction	U1
Type	Rubber Isolator
NonLinear	No
Properties Used For All Analysis Cases	
Effective Stiffness	20000,
Effective Damping	0,
OK Cancel	

Şekil 7.13 Link/Support Directional Properties gösterimi (U1)

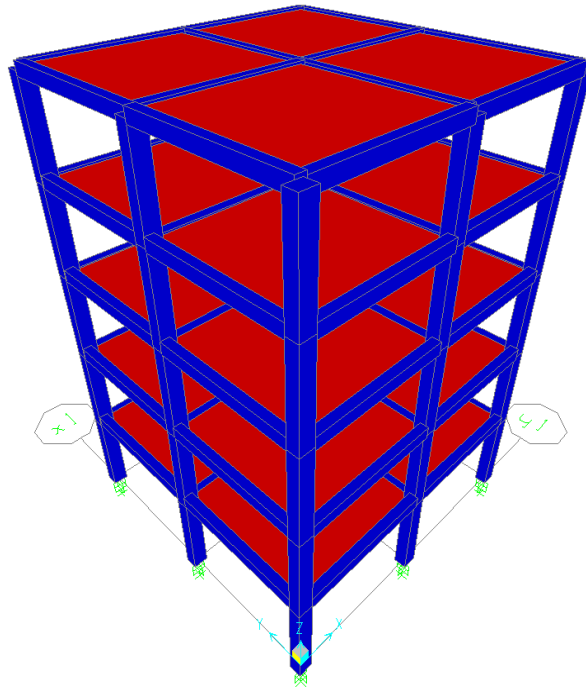
Link/Support Directional Properties

Identification	
Property Name	RUB1
Direction	U2
Type	Rubber Isolator
NonLinear	Yes
Properties Used For Linear Analysis Cases	
Effective Stiffness	1500,
Effective Damping	0,
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0,
Properties Used For Nonlinear Analysis Cases	
Stiffness	7000,
Yield Strength	65,
Post Yield Stiffness Ratio	0,15
OK Cancel	

Şekil 7.14 Link/Support Directional Properties gösterimi (U2 ve U3)

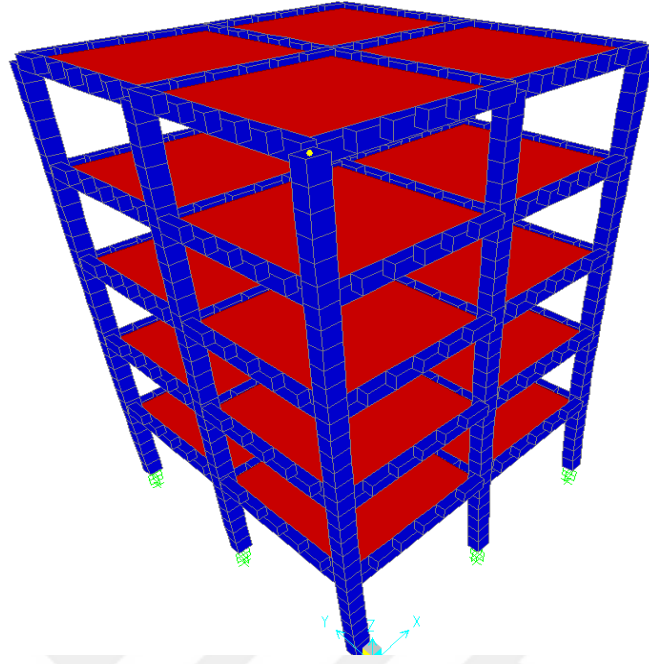


Şekil 7.15 İzolatörlü yapının x-y düzleminde gösterimi

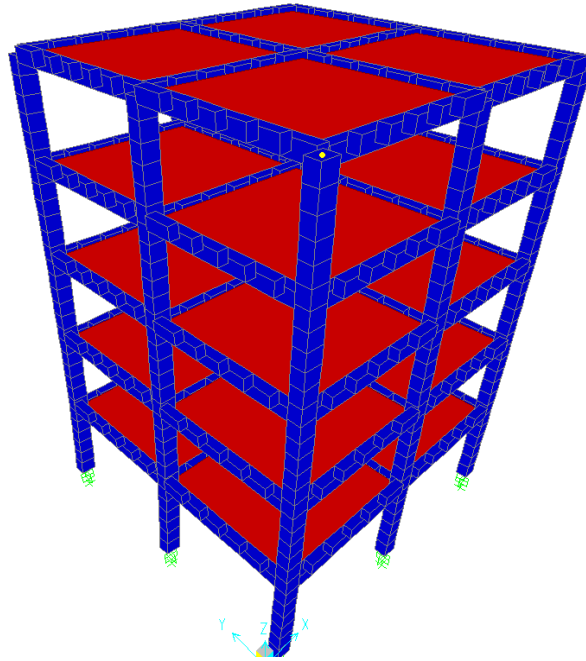


Şekil 7.16 İzolatörlü yapının 3D gösterimi

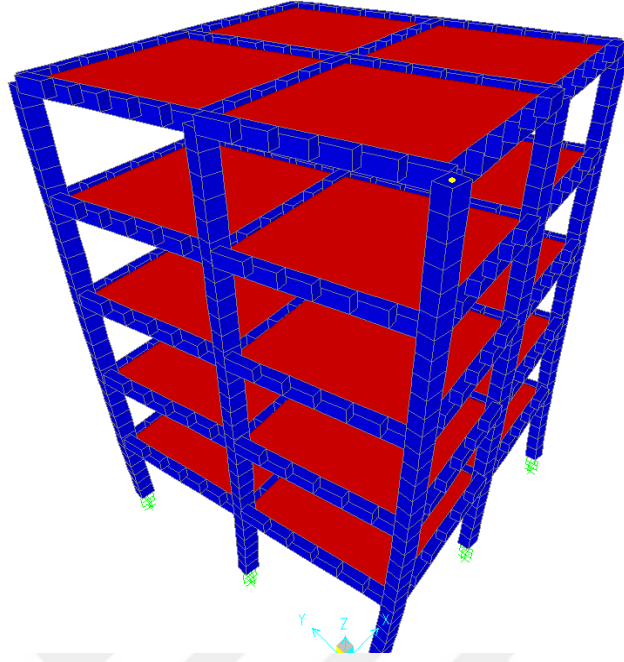
İzolatörlü olarak tasarlanmış olan bu yapının modlarına göre periyotları verilmiştir;



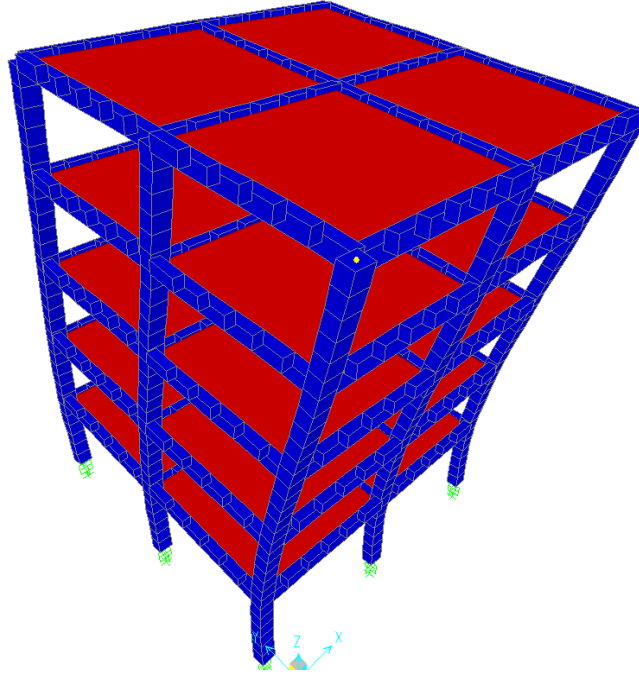
Şekil 7.17 Mod 1' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 1.4093 s



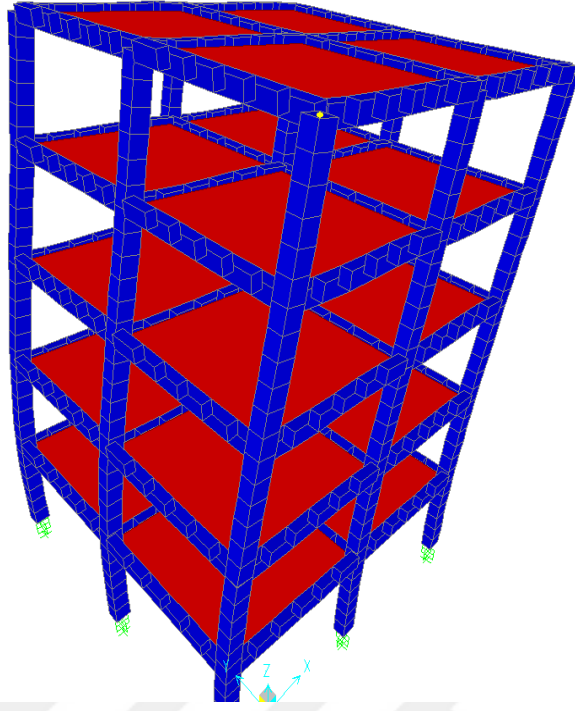
Şekil 7.18 Mod 2' ye göre gösterimi verilen yapının periyodu= 1.3719 s



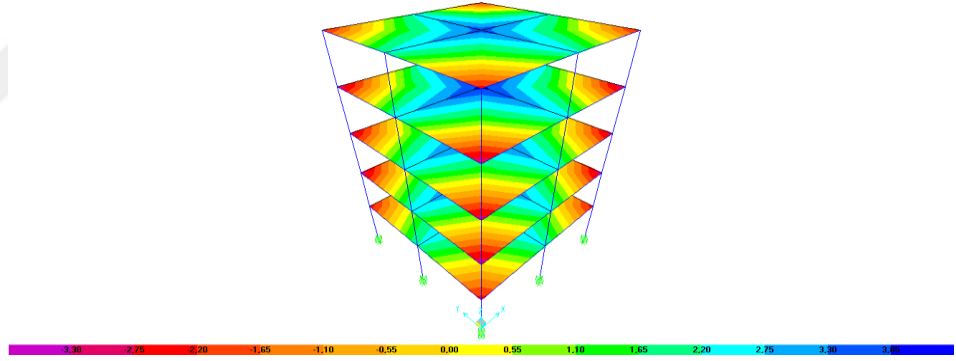
Şekil 7.19 Mod 3' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 1.1435 s



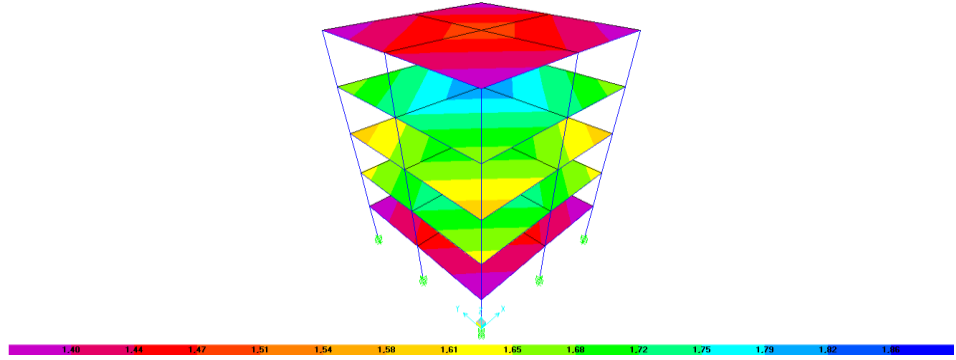
Şekil 7.20 Mod 4' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 0.3747 s



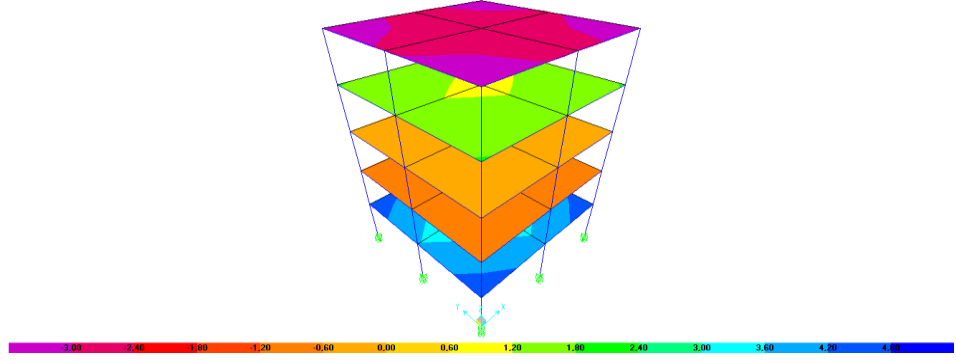
Şekil 7.21 Mod 5' e göre gösterimi verilen yapının periyodu= 0.3651 s



Şekil 7.22 İzolatörlü yapının M_{Maks} diyagramı gösterimi (kNm)



Şekil 7.23 İzolatörlü yapının V_{Maks} diyagramı gösterimi (kN)



Şekil 7.24 İzolatörlü yapının F_{Maks} diyagramı gösterimi (kN)

7.3. Sönümleyicili Yapının Tasarımı

Kat adedi 5, kat yüksekliği 3 m' den toplam 15 m olan yapıya sönümleyici eklenmiştir. Yapının temeli ankastre olarak tasarlanmıştır. Sönümleyicinin kütlesi 20 kN, ağırlığı 200 kN' dur. Sönümleyicili yapının y-z düzleminde ön ve arka tarafına eklenmiştir.

Tablo 7.3 Kullanılan sönümleyicinin SAP2000 programında kullanılabilmesi için seçilen parametreler (Tuhta, 2004)

Nonlinear Link Type	Damper
U1 ve U2 Linear Effective Stiffness	750 kN/m
U1 ve U2 Linear Effective Damping	200 kNs/m

Link/Support Property Data

Link/Support Type

Damper

Property Name

DAMP1

Set Default Name

Total Mass and Weight

Mass

20.

Rotational Inertia 1

0.

Weight

200.

Rotational Inertia 2

0.

Rotational Inertia 3

0.

Directional Properties

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

Fix All

Clear All

P-Delta Parameters

Advanced...

Display Color

OK

Cancel

Şekil 7.25 Sönümleyicili yapının Link/Support Property Data gösterimi

Link/Support Directional Properties

The dialog box is titled "Link/Support Directional Properties". It contains two main sections. The first section, "Identification", has four input fields: "Property Name" with the value "DAMP1", "Direction" with the value "U1", "Type" with the value "Damper", and "NonLinear" with the value "No". The second section, "Properties Used For All Analysis Cases", has two input fields: "Effective Stiffness" with the value "750," and "Effective Damping" with the value "200,". At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

Identification	
Property Name	DAMP1
Direction	U1
Type	Damper
NonLinear	No

Properties Used For All Analysis Cases	
Effective Stiffness	750,
Effective Damping	200,

OK Cancel

Şekil 7.26 Sönümleyicili yapının Link/Support Directional Properties gösterimi (U1)

Link/Support Directional Properties

The dialog box is titled "Link/Support Directional Properties". It contains three main sections. The first section, "Identification", has four input fields: "Property Name" with the value "DAMP1", "Direction" with the value "U2", "Type" with the value "Damper", and "NonLinear" with the value "No". The second section, "Properties Used For All Analysis Cases", has two input fields: "Effective Stiffness" with the value "750," and "Effective Damping" with the value "200,". The third section, "Shear Deformation Location", has one input field: "Distance from End-J" with the value "0,". At the bottom, there are "OK" and "Cancel" buttons.

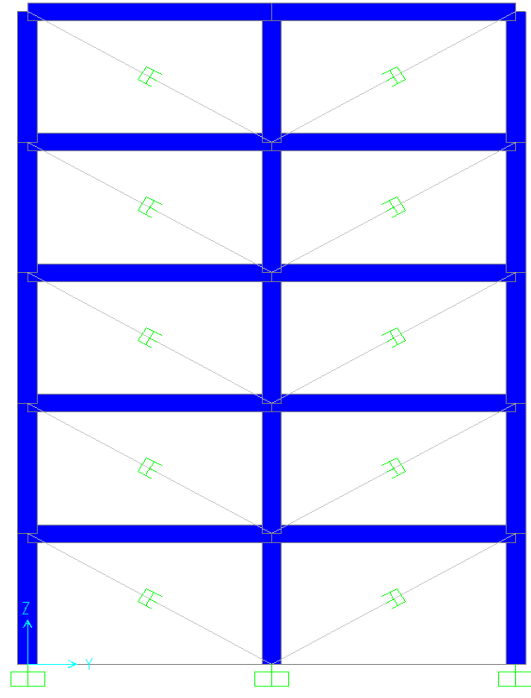
Identification	
Property Name	DAMP1
Direction	U2
Type	Damper
NonLinear	No

Properties Used For All Analysis Cases	
Effective Stiffness	750,
Effective Damping	200,

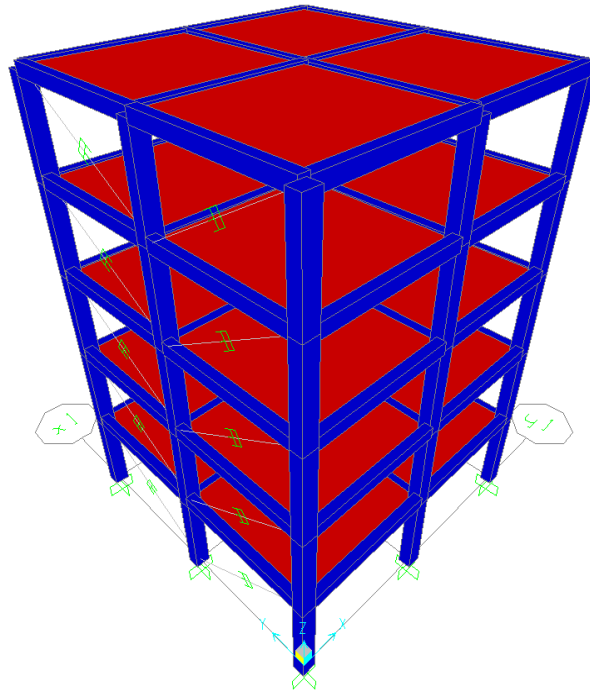
Shear Deformation Location	
Distance from End-J	0,

OK Cancel

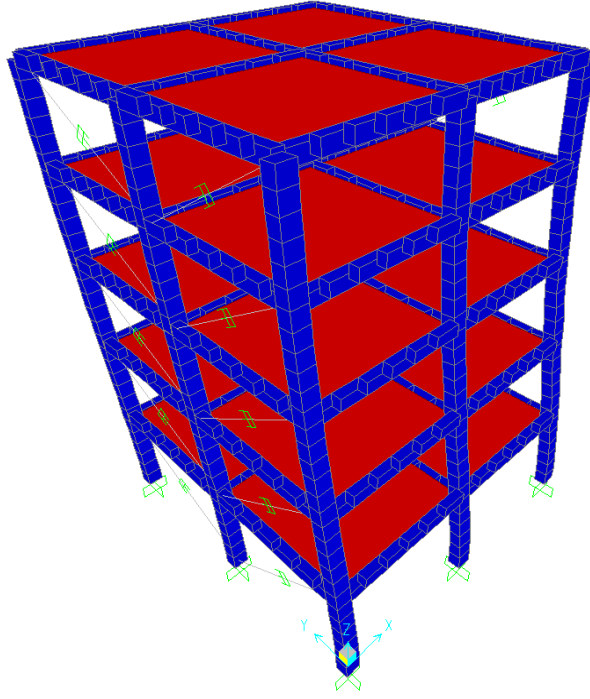
Şekil 7.27 Sönümleyicili yapının Link/Support Directional Properties gösterimi (U2)



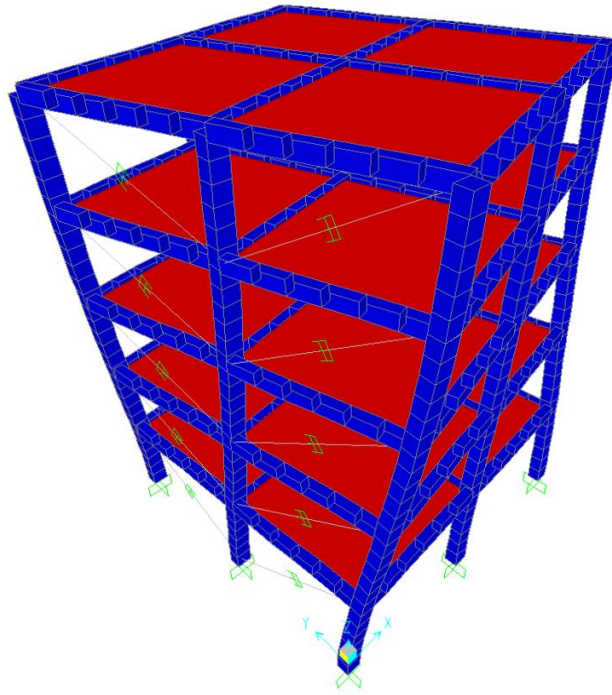
Şekil 7.28 Sönümleyicili yapının Y-Z düzleminde gösterimi



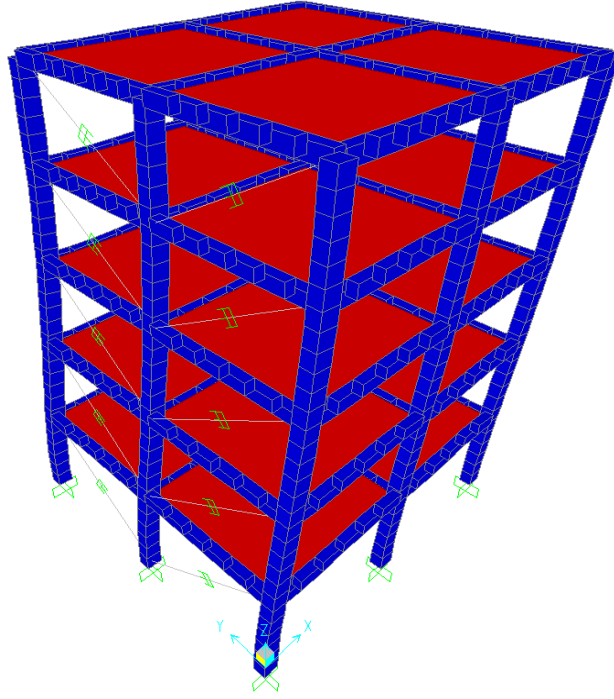
Şekil 7.29 Sönümleyicili yapının 3D gösterimi



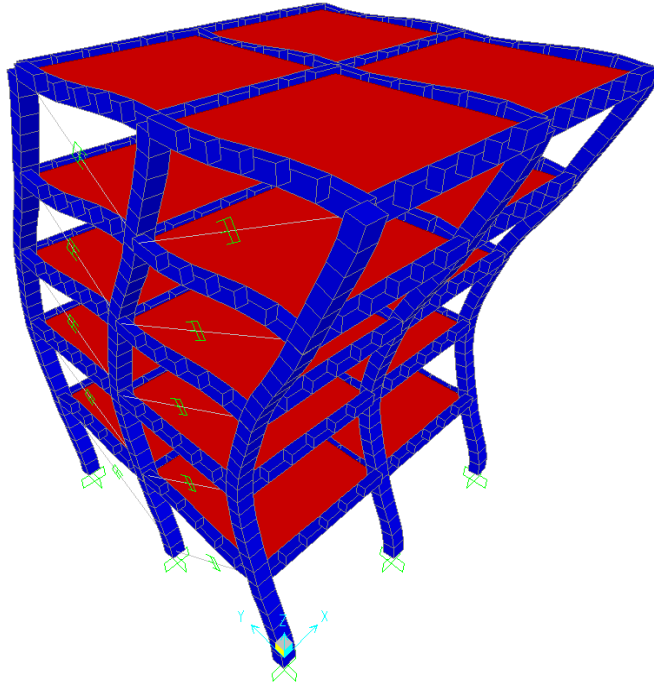
Şekil 7.30 Mod 1' e göre gösterimi verilen yapının periyodu = 0.8332 s



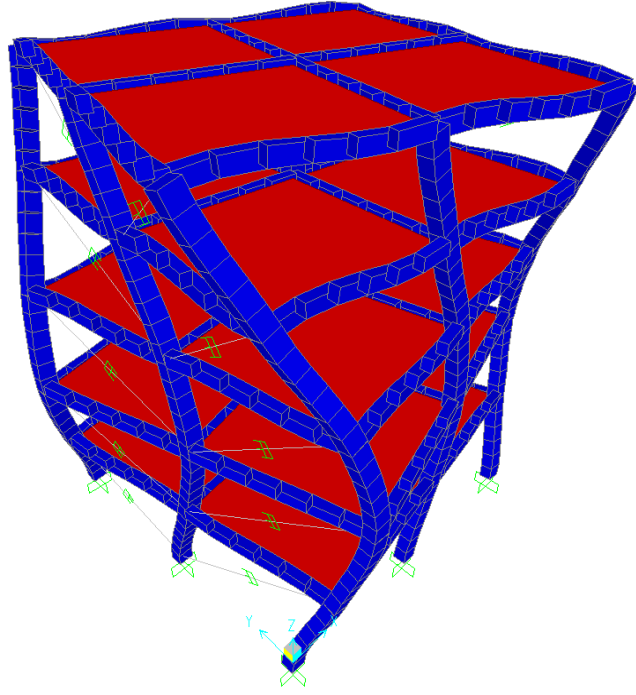
Şekil 7.31 Mod 2' ye göre gösterimi verilen yapının periyodu = 0.8222 s



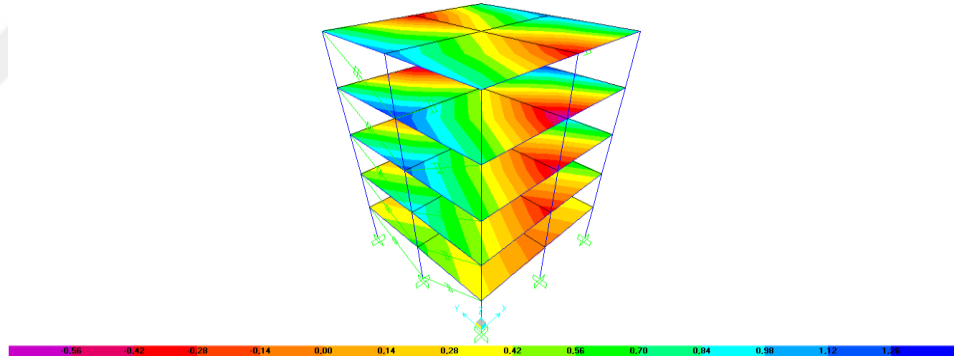
Şekil 7.32 Mod 3' e göre gösterimi verilen yapının periyodu = 0.7902 s



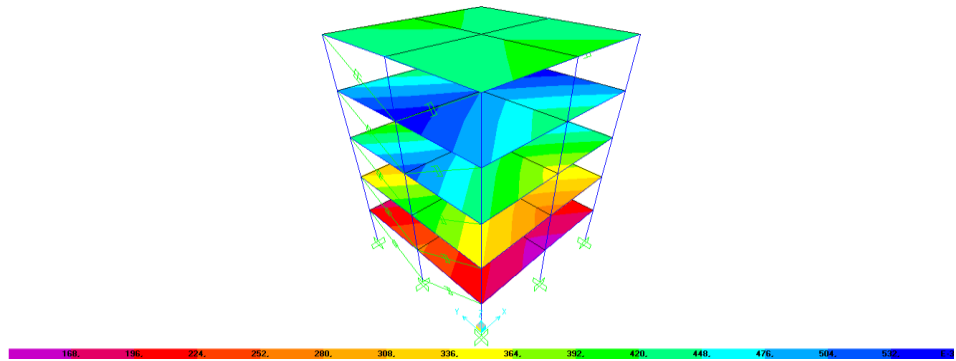
Şekil 7.33 Mod 4' e göre gösterimi verilen yapının periyodu = 0.2646 s



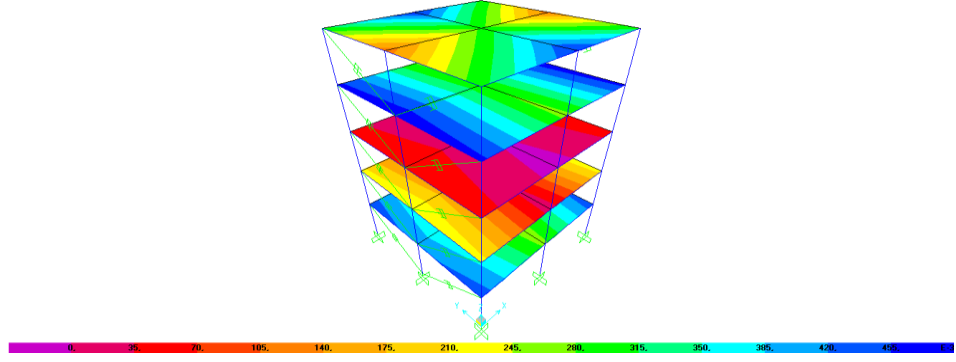
Şekil 7.34 Mod 5' e göre gösterimi verilen yapının periyodu = 0.2572 s



Şekil 7.35 Sönümleyicili yapının M_{Maks} diyagramı gösterimi (kNm)



Şekil 7.36 Sönümleyicili yapının V_{Maks} diyagramı gösterimi (kN)



Şekil 7.37 Sönümleyicili yapının F_{Maks} diyagramı gösterimi (kN)

Tablo 7.4 Ankastre ile izolatörlü yapının modlara göre periyotlarının karşılaştırılması

Mod	1	2	3	4	5
Ankastre	0.6056	0.5580	0.5336	0.1911	0.1718
İzolatör	1.4093	1.3719	1.1435	0.3747	0.3651
Fark (s)	0.8037	0.8140	0.6099	0.1836	0.1933
Fark (%)	132.7119	145.8850	114.3052	96.0852	112.4643

Tablo 7.5 Ankastre ile sönümleyicili yapının modlara göre periyotlarının karşılaştırılması

Mod	1	2	3	4	5
Ankastre	0.6056	0.5580	0.5336	0.1911	0.1718
Sönümleyici	0.8332	0.8222	0.7902	0.2646	0.2572
Fark (s)	0.2276	0.2642	0.2566	0.0735	0.0853
Fark (%)	37.5832	47.3528	48.0884	38.4676	49.6596

Tablo 7.6 Ankastre ile izolatörlü yapının maksimum ve minimum moment, maksimum ve minimum kesme kuvveti ve yer değiştirmelerinin karşılaştırılması

Yapı Sistemi	Maks M3 (kNm)	Min M3 (kNm)	Maks V2 (kN)	Min V2 (kN)	Yerdeğiştirme (m)
Ankastre	6236.1607	-5521.0869	3407.219	-3793.299	0.0784
İzolatör	1779.3584	-1756.7556	1136.533	-810.672	0.0993
Fark	-4456.8023	3764.3313	-2270.686	2982.627	0.0209
Fark (%)	71.4671	68.1810	66.6434	78.6288	26.6624

Tablo 7.7 Ankastre ile sönümleyicili yapının maksimum ve minimum moment, maksimum ve minimum kesme kuvveti ve yer değiştirmelerinin karşılaştırılması

Yapı Sistemi	Maks M3 (kNm)	Min M3 (kNm)	Maks V2 (kN)	Min V2 (kN)	Yerdeğiştirme (m)
Ankastre	6236.1607	-5521.0869	3407.219	-3793.299	0.0784
Sönümleyici	3365.4387	-4138.2369	2476.544	-2411.612	0.0560
Fark	-2870.722	1382.85	-930.675	1381.687	-0.0223
Fark (%)	46.0335	25.0467	27.3148	36.4244	-28.5242

8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında 5 katlı bir betonarme yapı öncelik olarak klasik yönteme göre ankastre mesnet olarak tasarımı yapılmış, ardından bu yapıya izolatör ve sönümleyici eklenmiştir. Bu tasarlanan yapıların ilk 5 periyoda göre karşılaştırılması şöyledir;

Ankastre ve izolatörlü yapının periyotlarının karşılaştırılması;

- Mod 1' de ankastre ve izolatör durumu arasındaki periyot farkı 0.8037 s olarak elde edilmiştir. İzolatör takviyesinin etkisi %132.7119 olarak belirlendi.
- Mod 2' de ankastre ve izolatör durumu arasındaki periyot farkı 0.8140 s olarak elde edilmiştir. İzolatör takviyesinin etkisi %145.8850 olarak belirlenmiştir.
- Mod 3' te ankastre ve izolatör durumu arasındaki periyot farkı 0.6099 s olarak elde edilmiştir. İzolatör takviyesinin etkisi %114.3052 olarak tespit edilmiştir.
- Mod 4' te ankastre ve izolatör durumu arasındaki periyot farkı 0.1836 s olarak elde edilmiştir. İzolatör takviyesinin etkisi %96.0852 olarak tespit edilmiştir.
- Mod 5' te ankastre ve izolatör durumu arasındaki periyot farkı 0.1933 s olarak elde edilmiştir. İzolatör takviyesinin etkisi %112.4643 olarak belirlendi.

Modelin izolatörlü analizinde periyotta artış açıkça görülmektedir. Özellikle yapının hakim periyodunda %132.7119' lik bir artış olduğu gözlemlenmektedir.

Ayrıca periyodun artmasıyla yapı rezonans aralığından uzaklaşmış ve bununla birlikte yapının rijitliği azalmıştır.

Ankastre ile izolatörlü yapının maksimum ve minimum moment ve kesme kuvveti karşılaştırılması;

- Ankastre yapıya izolatör eklendikten sonra yapının maksimum momenti 4456.8023 kNm azalmıştır. İzolatör takviyesinin maksimum momenti %71.4671 azalttığı görülmüştür.
- Ankastre yapıya izolatör eklendikten sonra yapının minimum momenti 3764.3313 kNm artmıştır. İzolatör takviyesinin minimum momenti %68.1810 arttırdığı görülmüştür.
- Ankastre yapıya izolatör eklendikten sonra yapının maksimum kesme kuvveti 2270.686 kN azalmıştır. İzolatör takviyesinin maksimum kesme kuvvetini %66.6434 azalttığı gözlemlenmiştir.

- Ankastre yapıya izolatör eklendikten sonra yapının minimum kesme kuvveti 2982.627 kN artmıştır. İzolatör takviyesinin minimum kesme kuvvetini %78.6288 arttırdığı gözlemlenmiştir.

Ankastre ve izolatörlü yapının yer değiştirmelerinin karşılaştırılması;

- Ankastre yapıya izolatör eklendikten sonra yapının yer değiştirmesi 0.0209 m artmıştır. İzolatör takviyesinin yer değiştirmeyi %26.6624 arttırdığı gözlemlenmiştir.

Analiz sonuçları incelendiğinde modele izolatör eklenmesinin modeli güvenli hale getirdiği bu çalışmada açıkça görülmektedir.

Tüm bu bulgular ışığında modelde izolatör güçlendirme yöntemi kullanılabilir.

Ankastre ve sönümleyicili yapının periyotlarının karşılaştırılması;

- Mod 1' de ankastre ve sönümleyici durumu arasındaki periyot farkı 0.2276 s olarak elde edilmiştir. Sönümleyici takviyesinin etkisi %37.5832 olarak belirlendi.
- Mod 2' de ankastre ve sönümleyici durumu arasındaki periyot farkı 0.2642 s olarak elde edilmiştir. Sönümleyici takviyesinin etkisi %47.3528 olarak belirlenmiştir.
- Mod 3' te ankastre ve sönümleyici durumu arasındaki periyot farkı 0.2566 s olarak elde edilmiştir. Sönümleyici takviyesinin etkisi %48.0884 olarak tespit edilmiştir.
- Mod 4' te ankastre ve sönümleyici durumu arasındaki periyot farkı 0.0735 s olarak elde edilmiştir. Sönümleyici takviyesinin etkisi %38.4676 olarak tespit edilmiştir.
- Mod 5' te ankastre ve sönümleyici durumu arasındaki periyot farkı 0.0853 s olarak elde edilmiştir. Sönümleyici takviyesinin etkisi %49.6596 olarak belirlendi.

Modelin sönümleyici ile güçlendirilmesi ile periyotta bir artış açıkça görülmektedir. Özellikle yapının hakim periyodu incelendiğinde %37.5832' lik bir artış gözlemleniyor. Ayrıca periyodun artmasıyla yapı rezonans aralığından uzaklaşmış ve bununla birlikte yapının rijitliği azalmıştır.

Ankastre ile sönümleyicili yapının maksimum ve minimum moment ve kesme kuvveti karşılaştırılması;

- Ankastre yapıya sönümleyici eklendikten sonra yapının maksimum momenti 2870.722 kNm azalmıştır. Sönümleyici takviyesinin maksimum momenti %46.0335 azalttığı görülmüştür.
- Ankastre yapıya sönümleyici eklendikten sonra yapının minimum momenti 1382.85 kNm artmıştır. Sönümleyici takviyesinin minimum momenti %25.0467 arttırdığı görülmüştür.
- Ankastre yapıya sönümleyici eklendikten sonra yapının maksimum kesme kuvveti 930.675 kN azalmıştır. Sönümleyici takviyesinin maksimum kesme kuvvetini %27.3148 azalttığı gözlemlenmiştir.
- Ankastre yapıya sönümleyici eklendikten sonra yapının minimum kesme kuvveti 1381.687 kN artmıştır. Sönümleyici takviyesinin minimum kesme kuvvetini %36.4244 arttırdığı gözlemlenmiştir.

Ankastre ve sönümleyicili yapının yer değiştirmelerinin karşılaştırılması;

- Ankastre yapıya sönümleyici eklendikten sonra yapının yer değiştirmesi 0.0223 m azalmıştır. Sönümleyici takviyesinin yer değiştirmeyi %28.5242 azalttığı gözlemlenmiştir

Analiz sonuçları incelendiğinde modelin sönümleyici ile güçlendirilmesinin modeli güvenli hale getirdiği bu çalışmada açıkça görülmektedir.

Tüm bu bulgular ışığında modelde sönümleyici güçlendirme yöntemi kullanılabilir.

Genel Sonuçlar;

Yapıya uygulanan sistemler periyot değerlerine göre karşılaştırıldığında izolatör, sönümleyici, ankastre şeklinde sıralanmaktadır. Yapının periyodu ile yer değiştirmesi doğru orantılı olarak arttığı sonuçlarda açıkça görülmektedir. Yapının maksimum momenti ankastre, sönümleyici ve izolatörlü olarak sırasıyla azalmakta, minimum momenti ise sırasıyla artmaktadır. Yapıda gerçekleşen maksimum momentin azalması yapıya daha az miktarda yük geldiğini göstermekte ve minimum momentin artmasıyla da sistem elemanlarında oluşan yük dağılımı daha homojen hâle gelmektedir. Bu değerlere göre bakıldığında yapıya izolatör eklenmesi hem güvenlik hem ekonomik hem de işçilik açısından sönümleyicili yapıya göre daha uygun olmaktadır. Genel olarak incelendiğinde ise sistemler sırasıyla izolatör, sönümleyici, ankastre olarak tercih edilmesi daha uygun olmaktadır.

9. KAYNAKLAR

- Ateş, Ş. (1999). *Vizkoelastik Taban İzolasyonlu Binaların Lineer Olmayan Dinamik Analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon.K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü
- Abrar,O. (2018). *Uzun periyotlu ve güçlü deprem etkilerinde kurşun çekirdekli kauçuk izolatörlü yapıların davranışının incelenmesi*. Yüksek lisans tezi. Samsun. Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Aldemir, Ü. (2007). *Depreme dayanıklı yapı tasarımı için yeni teknikler*. Isparta. XV. Ulusal Mekanik Kongresi
- Batı, M. Beyen, K. (2020). *8 Katlı Yapının Dinamik Yükler Altında Titreşim Kontrolü*. Kocaeli. Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi
- Bulut, Y., 2005, *Yarı Aktif Taban İzolasyonlarının Deprem Etkisindeki Yapılara Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Constantinou, C. M., (2004). *Friction Pendulum Double Concave Bearing*. Technical Report.University at Buffalo State University of New York
- İlerisoy, Z.Y. Takva, Y. Çolak, B.B. Bakbak, D. (2019). *Sismik Taban İzolasyonu Sistemlerinin Konutlarda Kullanımının İncelenmesi*. Kocaeli. VI. International Earthquake Symposium
- Kan, Ö., Kaymaz, K., Zengin,B.,Özcan, M. (2017). *Türkiye’ deki Depreme Dayanıklı Yapıların Sismik İzolasyon Tiplerinin İncelenmesi*. Tunceli. Bilim ve Gençlik Dergisi. Munzur Üniversitesi
- Kasimzade, A. A. (2018). *Yapı Dinamiği: Temelleri ve Deprem Mühendisliğinde Uygulamaları*, Üçüncü Yenilenmiş Baskı. Ankara: Nobel Yayınevi.
- Kasimzade, A. A., Bal S., Atmaca G. (2011). *Structural safety secret of “walled obelisk” monument from the tenth century and its simulated model for applications*. International Symposium on Disaster Simulation & Structural Safety in the Next Generation (DS’11). Kobe.
- Kasimzade, A. A., Tuhta S., Atmaca, G. (2013). *The discovery of restoring mechanism phenomenon for earthquake and applications in creating new seismic base isolation system*. 3(3):17-30. Journal Theoretical and Applied Mechanics, 3(3), 17-30.
- Kasimzade, A. A., Tuhta, S., Atmaca, G. (2014). *Modelling, computing and application particularities of no restoring mechanism aseismic control device*. IERI Procedia, 7(1), 77-83.
- Kasimzade, A. A., Tuhta, S. (2017). *Horasan mortar in aseismic artless base isolation device with experience since ancient architecture*. International Conference on Contemporary Problems of Construction and Civil Engineering Education,. Baku.
- Kasimzade, A. A., Tuhta S., Atmaca G. (2017). *Sliding interface area effect on aseismic artless base isolation*. International Conference on Contemporary Problems of Construction and Civil Engineering Education,. Baku.
- Kasimzade, A.A., Safak, E., Ventura, E.C., Naeim, F., Mukai, Y. (2018). *Seismic Isolation, Structural Health Monitoring, and Performance Based Seismic Design in Earthquake Engineering: Recent Developments*. Springer Publ. ISBN 978-3-319-93156-2.
- Kasimzade, A. A. (2002). *Bounds of the structural response imprecisely-defined systems under earthquake action*. PJAS, 2(10), 969-974.
- Kasimzade, A. A., Tuhta, S. (2004). *Estimation of Sensitivity and Reliability Base Isolation Buildings under Earthquake Action*. International Symposium on Network and

Center-Based for Smart Structure Technologies and Earthquake Engineering.
Osaka: International Symposium on Network and Center-Based for Smart Structure Technologies And Earthquake Engineering.

- Kasımzade, A. A., Tachibana, E., Mukai, Y., Atmaca, G. (2015). *Spherical foundation base isolation system on base ancient architecture inherence.* International symposium on disaster simulation, DS'15, 127-133. Osaka.
- Kasımzade, A. A., Tachibana, E., Mukai, Y., Atmaca, G. (2015). *Spherical foundation structural seismic isolation system: development of the new type earthquake resistant structures.* 6th international conference on theoretical and applied mechanics (TAM '15). Salerno.
- Kök, S. (2014). Deprem Dayanımı İçin Sismik İzolasyon Sistemleri Kullanımı ve Türkiye'deki Uygulamaların Analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kösedağ, B. (2002). *Yapılarda Sismik İzolasyon*, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Melik, M. (2002). *Deprem Etkisindeki Yapıların Aktif Kütle Sönümleyici ve Aktif Kiriş Kontrol Sistemleri ile Korunması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul. İstanbul Teknik Üniversitesi
- Özdemir, N. B., AKÇAER, G., SOYLUK A., (2015). *Günümüz mimarisinde sismik izolasyon teknolojisi.* İzmir.Türkiye deprem mühendisliği ve sismoloji konferansı. DEÜ.
- Özpalanlar, C.G. (2004). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Sismik İzolasyon ve Enerji Sönümleyici Sistemler.*Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi,
- Öztürk, B. K., (2007). *Yapısal Kontrol Sistemlerinin Değerlendirilmesi ve Taban İzolatörlerinin Betonarme Bir Binaya Uygulanması.* Konya.Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
- Pall, A.S. ve Marsh, C. (1982). *Response of friction damped braced frames.* *Journal of the Structural Division*
- Sansarcı, E., (2002). *Yapısal Kontrol Sistemleri ve Sıvı Sönümleyicilerin Yapılarda kullanımı*, İstanbul. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Soong, T.T. and Dargush, G.F. (1999). *Passive Energy Dissipation and Active Control.* *Structural Engineering Handbook*, Ed. Wai-Fah Chen CRC Press LLC
- Şadan, B., Tüzün, C. *Deprem Güçlendirmesinde Deprem Yalıtım Sistemlerinin Kullanımı.* İzmir ve Deprem Konferansı, 28-29 Eylül 2017, Türkiye
- Şahin, M. (1999). *Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Pasif ve Aktif Kontrol Sistemleri.* Yapı Mühendisliği Bilim Dalı. MSÜ Mimarlık Fakültesi
- Şanlı, A. (2014). *Hızlı Gözlem Teknikleriyle Yapıların İncelenmesi.*Yüksek Lisans Tezi. Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Samsun
- Tuhta, S. (2004). *Sismik Yalıtım-Yapı Etkileşiminin Hassaslığının Değerlendirilmesi.* Yüksek Lisans. Samsun. Ondokuzmayıs Üniversitesi
- Tuhta, S. Günday, F. Köroğlu, E. (2021). *The Effect of TMD on the Periods and Mode Shapes of the Reinforced Concrete Building by Finite Element Analysis.* Samsun. Ondokuzmayıs Üniversitesi
- Humbarane (2017). *Temeller ve Temel Çeşitleri.* Erişim Tarihi:14.08.2021 <https://www.humbarahane.com/temeller-ve-temel-cesitleri/>
- Ulusoy,S.(2020). *Hibrid Kontrollü Taban İzolasyonlu Sistemlerin Optimizasyonu.* Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi. 8 (4), 812-827

- Uz, M., (2007), *Taban Yalıtımlı Yapıların Dinamik Davranışı*, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Zhang, R. (2000). *Seismic Isolation and Supplemental Energy Dissipation*, Ed. Wai-Fah Chen and Lian Duan, CRC Press,



10. ÖZGEÇMİŞ

Emrecañ KÖROĞLU, Samsun Gazi Lisesi'ni bitirdikten sonra Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünden 2017 yılında mezun oldu. 2020 yılında OMÜ LEE İnşaat Mühendisliği Yüksek Lisans programına girdi. Mezuniyetinden bu yana İnşaat Mühendisi olarak görev yapan Emrecañ KÖROĞLU, orta derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları, futbol (26.01.2023)

İletişim Bilgileri:

ORCID ID: 0000-0002-9520-6663

Yayınlar:

1. Tuhta, S. Günday, F. Köroğlu, E. (2021) *The Effect of TMD on the Periods and Mode Shapes of the Reinforced Concrete Building by Finite Element Analysis*. Samsun. Ondokuzmayıs Üniversitesi.
2. Köroğlu, E (2022). *Sismik İzolatörün Betonarme Yapının Davranışına Etkisi*. 4. Uluslararası Mühendislik Bilimleri ve Multidisipliner Yaklaşımları Kongresi. İstanbul.