



T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

VİSKOZ SÖNÜMLEYİCİLERLE YAPI DEPREM
PERFORMANSINI İYİLEŞTİRMeye YÖNELİK BİR
ARAŞTIRMA

(Yüksek Lisans Tezi)

Ali Hasan SADIKOĞLU

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ

RİZE
2024

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ danışmanlığında, Ali Hasan SADIKOĞLU tarafından hazırlanan *Viskoz Sönümleyicilerle Yapı Deprem Performansını İyileştirmeye Yönelik Bir Araştırma* adlı bu tez çalışması, 28/08/2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Ünvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan	: Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Furkan GÜNDAY	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Zeliha TONYALI	

ETİK BEYAN

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Viskoz Sönümleyicilerle Yapı Deprem Performansını İyileştirmeye Yönelik Bir Araştırma” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve/veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

28/08/2024

Ali Hasan SADIKOĞLU

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği, yüksek lisans tezi olarak oluşturulmuştur.

“Viskoz Sönümleyicilerle Yapı Deprem Performansını İyileştirmeye Yönelik Bir Araştırma” adlı yüksek lisans tez çalışmamın tüm bölümlerinde bilgileri ile bana yardımcı olan, danışman Öğretmenim Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ’e teşekkürlerimi ifade ederim.

Lisansüstü dönemim süresince bana bilgi ve tecrübeleri ile eğitim veren bütün öğretmenlerime ve savunduğum tezim için tez danışmanlığımı ve jüri üyeliğimi kabul eden sayın Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ’e teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında enerjimi yükselten tüm SADIKOĞLU aileme teşekkür ederim.

Ali Hasan SADIKOĞLU

RİZE/2024

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
KISALTMALAR.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	X
ŞEKİLLER LİSTESİ	XII
GİRİŞ	1
1.GENEL BİLGİLER	3
1.1. Literatür Taraması.....	3
1.2. Sismik İzolasyonun Temel İlkesi ve Önemi	6
1.3. İzolasyon Sistemlerinin Faydaları ve Görevleri.....	9
1.4. Sismik İzolasyon Türleri ve Uygulamaları	9
1.4.1. Aktif Kontrol Sistemleri	10
1.4.2. Pasif Kontrol Sistemleri	11
1.5. Pasif Damperler (Pasif Enerji Sönümleyiciler).....	12
1.5.1. Metal Damperler.....	12
1.5.1.1. Adas ve Tadas.....	13
1.5.2. Sürtünmeli Damperler	13
1.5.3. Viskoelastik Damperler	14
1.5.4. Viskoz Sönümleyiciler	16
1.5.5. Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler	17
1.5.6. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler	18
1.6. Ankastre Mesnetli Yapı Modellemesi İçin TBDY 2018.....	19
1.6.1. Deprem Hesabında Kullanılan Yöntemler	24
1.6.2. TBDY’e Göre Genel Tasarım İlkeleri.....	25
1.6.3. ZTADO Hesap Yönteminin Seçilmesi.....	27
1.6.4. ZTADO Hesap İçin TBDY18 Kuralları.....	29

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	31
2.1. Sap2000 Programıyla Binanın Modellenmesi	32
2.2. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi.....	35
3. BULGULAR.....	45
3.1. Ankastre Mesnetli Binanın Tasarımı ve Analiz Sonuçları	45
3.2. Viskoz Sönümleyici Uygulanan Binanın Tasarımı ve Analizi	45
3.3. Yapılara Ait Periyod Değerlerinin İncelenmesi	48
3.4. Yapılara Ait Kat Yer değiştirme Değerlerinin İncelenmesi.....	49
3.5. Yapılara Ait Kat İvme Değerlerinin İncelenmesi	54
3.6. Yapılara Ait Kat Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi	58
4. SONUÇ.....	64
KAYNAKÇA.....	66

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ana Bilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Tez Türü : Yüksek Lisans
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ
Hazırlayan : Ali Hasan SADIKOĞLU
Yıl : 2024
Sayfa Sayısı : 72

ÖZET

VİSKOZ SÖNÜMLEYİCİLERLE YAPI DEPREM PERFORMANSINI İYİLEŞTİRMEYE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA

Aktif fay hatları üzerinde olan ülkemiz geçmişten bugüne büyük depremler ile sarsılmıştır. Günümüzde Kahramanmaraşta AFAD verilerine göre 7.7 ve 7.6 büyüklüklerinde yakın zamanlı aralıklarla meydana gelen ve yakın zaman sonrasında ise Hatayda, Kahramanmaraştan bağımsız olarak 6.4 ve 5.8 büyüklüklerindeki depremler ile insanlık adına zor günler yaşanmıştır. Bu tez çalışmasında depreme dayanıklı yapı tasarım araçlarından viskoz sönümleyicilerin depreme karşı etkisi araştırılmaktadır. Çalışma kapsamında zemin+5 katlı bir yapı yalın halde ve viskoz sönümleyiciler eklenmiş olarak analiz edilmiştir. Analizler 11 farklı deprem yer hareketi etkisi altında yapılmıştır. Analiz yöntemi olarak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz tercih edilmiştir. Çalışma neticesinde önerilen viskoz sönümleyiciler ile yapı üzerindeki sismik kuvvetlerin, kat yer değiştirme değerlerinin ve ivme değerlerinin azaldığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Viskoz Sönümleyiciler, Zaman Tanım Alanında Analiz, Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Damper-Exponential

Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies

Department : Civil Engineering
Thesis Type : Master Thesis
Supervisor : Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ
Author : Ali Hasan SADIKOĞLU
Year : 2024
Pages : 72

ABSTRACT

STRUCTURE EARTHQUAKE PERFORMANCE WITH VISCOUS DAMPERS A RESEARCH FOR IMPROVEMENT

Our country, located on active fault lines, has been shaken by major earthquakes from past to present. According to AFAD data, while 7.7 and 7.6 magnitude earthquakes occurred at close intervals in Kahramanmaraş these days, 6.4 and 5.8 magnitude earthquakes also occurred in Hatay, independently of Kahramanmaraş. There were difficult times for humanity. In this thesis study, the effects of viscous dampers, one of the earthquake-resistant building design tools, against earthquakes are investigated. Within the scope of the study, a ground + 5-storey building was analyzed in its bare form and with viscous dampers added. Analyzes were made under the influence of 11 different earthquake ground motions. Nonlinear analysis in the time domain was preferred as the analysis method. As a result of the study, it was observed that the seismic forces, floor displacement values and acceleration values acting on the structure decreased with the proposed viscous dampers.

Keywords: Viscous Dampers, Time History Analysis, Earthquake Resistant Structure Design, Damper-Exponential

KISALTMALAR

A	:	Kauçuk tabakanın alanı (m ²)
AFAD	:	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
D	:	Dayanım fazlalığı katsayısı
DD1	:	Maksimum Deprem Yer Değiştirme Hareketi
DD2	:	Tasarım Depremi Yer Değiştirme Hareketi
DGT	:	Dayanıma Göre Tasarım
D _y	:	Akma yer değiştirmesi (m)
E	:	Elastisite modülü
E _c	:	Elastomer yalıtım biriminin basınç modülü
F	:	D yer değiştirmesine karşı gelen kuvvet
F ₀	:	Karakteristik dayanım (MPa)
FPS	:	Sürtünmeli Sarkaç Sistemi
F _y	:	Akma dayanımı (MPa)
G	:	Ölü yük (kN)
g	:	Yer çekimi ivmesi (m/s ²)
GÖ	:	Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi
H	:	Yalıtım birimi toplam yüksekliği
H _N	:	Bodrum yüksekliği hariç sayılarak binanın toplam yüksekliği
I	:	Bina önem katsayısı
k ₁	:	Başlangıç rijitliği (kN/m)
k ₂	:	Akma sonrası rijitlik (kN/m)
K _e	:	Efektif rijitlik (kN/m)
KH	:	Kontrollü Hasar Performansı
KK	:	Kesintisiz Kullanım Performansı
k _v	:	Kauçuk izolatörün düşey rijitliği (kN/m)
LRB	:	Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatör
M _w	:	Moment magnitudü (kNm)
n	:	Hareketli yük azaltma katsayısı
η _D	:	DD2 için sönüm ölçeklendirme katsayısı
η _M	:	DD1 için sönüm ölçeklendirme katsayısı
N	:	Kauçuk tabaka sayısı

Q	:	Hareketli yük (kN)
R	:	Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
R_c	:	Yalıtım biriminin etkin eğrilik yarı çapın
R_a	:	Deprem yükü azaltma katsayısı
S	:	Yalıtım birimine ait şekil katsayısı
ŞGDT	:	Şekil Değiştirmeye Dayalı Tasarım
TBDY	:	Türkiye Binalar Deprem Yönetmeliği
T_D	:	DD2 Yer Hareketi Düzeyi İçin Doğal Titreşim Periyodu
T_M	:	DD1 Yer Hareketi Düzeyi İçin Doğal Titreşim Periyodu
T_p	:	Binanın hâkim doğal titreşim periyot değeri
T_r	:	Toplam elastomer kalınlığı
V_D	:	DD2 için hesaplanan üst yapıya etkiyen kuvvet
V_M	:	DD1 için hesaplanan üst yapıya etkiyen kuvvet
W_D	:	Döngüde tüketilen enerji miktarı

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Deprem yükü azaltma ve dayanım fazlalığı katsayıları	27
Tablo 2. TBDY' e göre bina yükseklik sınıfları.....	28
Tablo 3. Deprem yalıtımlı bina performans hedefleri.....	28
Tablo 4. Beklenen malzeme dayanımları	29
Tablo 5. Hareketli yük kütle katılım katsayısı.....	30
Tablo 6. Betonarme sistemlerinin etkin kesit rijitlik çarpanı	30
Tablo 7. Web uygulamasından DD2 için S_{D2} ve S_{D1} değerleri.....	31
Tablo 8. PEER yazılımı kullanılarak seçilen ivme kayıtları ve özellikleri.....	36
Tablo 9. Seçilmiş ivme kayıtlarına ait ölçek katsayıları.....	43
Tablo 10. Ankastre mesnetli yapı için elde edilen modal analiz sonuçları.....	45
Tablo 11. Analizde kullanılan viskoz sönümleyici verileri	46
Tablo 12. Rayleigh sönüm katsayıları	48
Tablo 13. Viskoz sönümleyicili yapının modal analiz sonuçları	48
Tablo 14. Yapılara ait periyod değerleri	49
Tablo 15. RSN880 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	51
Tablo 16. RSN1776 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	51
Tablo 17. RSN5838 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	51
Tablo 18. RSN5859 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	52
Tablo 19. RSN5969 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	52
Tablo 20. RSN5988 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	52
Tablo 21. RSN6005 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	52
Tablo 22. RSN6013 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	53
Tablo 23. RSN6896 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	53
Tablo 24. RSN6933 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	53
Tablo 25. RSN8160 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler.....	54
Tablo 26. RSN880 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	55
Tablo 27. RSN1776 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	55
Tablo 28. RSN5838 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	56
Tablo 29. RSN5859 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	56
Tablo 30. RSN5969 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	56

Tablo 31. RSN5988 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	57
Tablo 32. RSN6005 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	57
Tablo 33. RSN6013 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	57
Tablo 34. RSN6896 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	57
Tablo 35. RSN6933 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	58
Tablo 36. RSN8160 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri.....	58
Tablo 37. RSN880 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	60
Tablo 38. RSN1776 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	60
Tablo 39. RSN5838 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	60
Tablo 40. RSN5859 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	61
Tablo 41. RSN5969 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	61
Tablo 42. RSN5988 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	61
Tablo 43. RSN6005 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	61
Tablo 44. RSN6013 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	62
Tablo 45. RSN6896 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri.....	62
Tablo 46. RSN6933 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	62
Tablo 47. RSN8160 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri	63

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Deprem hareketine yapı tepkisi.....	6
Şekil 2. Sismik izolasyon uygulanmış yapı ile yer ayrımı.....	7
Şekil 3. Sismik izolatörlü kolon bağlantı filizleri.....	7
Şekil 4. Deprem yatay kuvvetleri	8
Şekil 5. Yüksek binada sismik izolasyon uygulaması, Japonya	9
Şekil 6. Aktif kontrol sistemleri algoritması.....	11
Şekil 7. Aktif kontrol döngüsü.....	11
Şekil 8. Metal sönümleyici	12
Şekil 9. Adas ve Tadas enerji sönümleyici	13
Şekil 10. Sürtünmeli sönümleyici (Pall).....	14
Şekil 11. Sürtünmeli sönümleyici (Suk).....	14
Şekil 12. Sürtünmeli damperin SEM ile modeli (Suk).....	14
Şekil 13. Viskoelastik sönümleyici tipi 1	15
Şekil 14. Viskoelastik sönümleyici tipi 2	15
Şekil 15. Viskoelastik sönümleyici uygulanan Dünya Ticaret Merkezi	16
Şekil 16. Sıvı viskoz sönümleyici kesiti	16
Şekil 17. Kurulumu tamamlanmış viskoz sönümleyici	17
Şekil 18. Ayarlı sıvı sönümleyicisi çalışma sistemi.....	17
Şekil 19. Ayarlı sıvı sönümleyici uygulaması, Tokyo	18
Şekil 20. Ayarlı kütle sönümleyici mekanik gösterimi.....	19
Şekil 21. Ayarlı kütle sönümleyici teorik olarak gösterimi	19
Şekil 22. Deprem analiz yöntemleri	24
Şekil 23. Deprem hesabında kullanılan yöntemlerin sınıflandırılması.....	25
Şekil 24. AFAD interaktif web uygulaması konum bilgileri.....	31
Şekil 25. Yapıya ait kalıp planı	33
Şekil 26. Sap2000 analiz 3D görünümü	34
Şekil 27. Sap2000’de sonlu elemanlara bölünmüş kat planı	34
Şekil 28. RSN880 deprem kaydı	37
Şekil 29. RSN1776 deprem kaydı	37
Şekil 30. RSN5838 deprem kaydı	38

Şekil 31. RSN5859 deprem kaydı	38
Şekil 32. RSN5969 deprem kaydı	39
Şekil 33. RSN5988 deprem kaydı	39
Şekil 34. RSN6005 deprem kaydı	40
Şekil 35. RSN6013 deprem kaydı	40
Şekil 36. RSN6896 deprem kaydı	41
Şekil 37. RSN6933 deprem kaydı	41
Şekil 38. RSN8160 deprem kaydı	42
Şekil 39. DD-2 yatay elastik spektrum eğrisi	43
Şekil 40. İvme setinin DD-2 spektral ivme değerlerinin ölçekli hali	44
Şekil 41. Viskoz sönümleyici tanımlama	46
Şekil 42. Viskoz sönümleyici verileri girimi	47
Şekil 43. Viskoz sönümleyicilerin atanması 3D	47
Şekil 44. Yapılara ait periyod değerleri	49
Şekil 45. Yer değiştirme değerleri için dikkate alınan noktalar 3D - XZ	50
Şekil 46. İvme değerleri için dikkate alınan noktalar 3D - XZ	55
Şekil 47. Kesme kuvvetleri için dikkate alınan noktalar 3D – XZ.....	59

GİRİŞ

Yerkabuğundaki kırılmalar, zamanı belli olmadan meydana gelen titreşimlerin dalga şeklinde yayılarak yer yüzünü titretmesine "DEPREM" denir. Deprem zamansız ve kontrolsüz doğa felaketlerindendir. Tahminsiz oluşu, tasarım ve proje aşamasında; yapı yıkımlarının önüne geçilmesini sağlamak koşuluyla; yapı ana elemanlarında görülecek hasarın sınırlı olmasını sağlamak fikrini belirlemiştir. Geleneksel yöntem ile tasarımı, yapı elemanlarında oluşan deprem yükleri taşıyıcı yapı elemanları kesit kapasiteleri belirlenmiş süneklik değerine bakılarak arttırmayı zorunlu hale getirmiş kapasite ilkesi ile gerçekleştirmektedir. Bu yöntem proje ve tasarım esnasında problem olmaktadır. Öncelikle, yapılara etkiyen deprem yükleri ile orantılı olarak yapı elemanları kapasiteleri arttırma zorunluluğu maliyetli ve yapı kat ivmelerinde arttırılması istenmektedir. Daha sonra, lineer dayanımı sınırlandırmak sünek eleman boyutlandırılması ile yapı hasarı oluşumu ilk olarak göz ardı edilmesidir. Bu olay yapı hasarının görmezden gelinmesi demektedir. Geleneksel yöntem ile tasarımın oluşturduğu bu problemler tasarım konusunda yeni yöntem arayışına sebebiyet vermiştir.

Tezin Amacı ve Kapsamı

Günümüzde ülkemiz, Kahramanmaraşta 7,7 ve 7,6 büyüklüğünde depremler ardından Hatayda 6,4 ve 5,8 büyüklüğünde depremler ile yıkıcı felaketi yaşamıştır. Oluşan bu depremler 11 ilimizi etkisi altına almış, binlerce binanın hasar almasına yüzlerce binanın yıkılmasına birçok yapının kullanılmaz hale gelmesine sebebiyet vermiştir. Yüzyılın doğa felaketi olarak adlandırılan depremler ile oluşan hasarlar sonucunda resmi bilgilere dayanarak 50 bin üstünde insan yaşamını yitirmiş, on binlerce insan yara alarak depremden etkilenmiştir. Tarihimizin en felaket doğa afeti olarak etki bırakan, sonuçları halen çıplak göz ile görülen depremler ülkemizde depreme karşı dayanıklı yapı projelendirme ve tasarımının önemini bir kez daha göstermiştir.

Yapılan çalışmada, depreme karşı dayanıklı yapı tasarımının betonarme yapılarda bıraktığı sonuçların gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Bu yol ile TBDY2018 yönetmelik şartlarına uyacak şekilde inşa edilen yapının, viskoz sönümleyiciler ile

projelendirilerek analiz ve tasarım çalışması gerçekleştirilmiştir. Binanın deprem performansı zaman tanım alanında lineer olmayan analizler ile sap2000 programı yardımıyla analiz edilmiştir. Analizlerde kullanılan ivme kayıtları yapının konumu ve yapılacağı zemin özelliğine göre (11 deprem ivme kaydı) seçilip ölçeklendirme yapılmıştır. Kat görelî ötelenme, kesme kuvveti, yapı periyodu ve taban kesme kuvvetleri değişimleri incelenmiştir.



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Literatür Taraması

Tansu Işık (2006) yılında yapmış olduğu çalışmada yapıya sürtünmeli izolatör ekleyerek ve katlar arasına viskoz sönümleyiciler kullanarak yapıların deprem performansını incelemiştir. Sürtünmeli izolatörün sürtünme katsayısı değişimini dikkate alarak yapının deprem tepkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlardan uygun birkaç sürtünme katsayısı seçilmiş ve bu sürtünme katsayıları sabit tutularak, yapıya çeşitli şekillerde yerleştirilen viskoz sönümleyicilerin sönüm katsayısının değişimi ile yapının yanıtında oluşan değişimleri incelemiştir. Bununla birlikte yapıya etkiyen harmonik hareketin frekansı ve genliği değiştirilerek yapının yanıtında oluşan değişimleri incelemiştir.

Elif Güler (2013) yılında yapmış olduğu çalışmada viskoz sönümleyicilerin yapıya eklenmesi sonucunda yapının deprem performansını araştırmıştır. Doğrusal olmayan sıvı viskoz sönümleyicilerin izolatör deplasmanlarını azaltmadaki etkinliği ile görelî kat ötelemeleri, kat ivmeleri, yapısal kesme kuvvetleri ve taban kesme kuvvetleri sonuçlarını doğrusal viskoz sönümleyicilerle karşılaştırmalı olarak örnek bina modeli üzerinde incelemiştir.

Ali Rıza Yıkılmaz (2015) yılında yapmış olduğu çalışmada betonarme kabuk sistemlerinin güçlendirme yöntemi üzerinde durmuştur. Yapı deprem performansının belirlenmesinde zaman tanım alanında doğrusal olmayan analiz yöntemini kullanmıştır. Kabuk elemanlarının iki uç noktalarına konsol perde sistemleri yerleştirmiştir. Kenar kabuk elemanları ile perde sistemlerinin bağlantısını 4 adet viskoz sönümleyici ile yapmıştır. Viskoz sönümleyicilerin yerleştirilmesiyle kabuk uç sistemi hız istemlerini azaltmış, konsol perde sistemlerine etkiyen yanal kuvvetleri azaltmış ve bu elemanlar daha ekonomik boyutlarda tasarlanmıştır. Viskoz sönümleyiciler kullanılmasıyla kabuk sisteminin enerji kapasitesinin deprem hareketi enerji taleplerinin üzerinde kaldığı sonucuna varmıştır.

Muhammed Dikmen (2017) yılında yapmış olduğu çalışmada bitişik nizamlı yapıların çarpışmalarını önlemek amacıyla yapıya eklenen viskoz sönümleyicilerin etkilerini araştırmıştır. Deprem etkisi altında zaman tanım alanında dinamik analizler yapmıştır. Sonrasında viskoz sönümleyicileri yapıya ekleyerek

analizi tekrarlamıştır. Viskoz sönümleyici kullanılan ve kullanılmayan yapıların analizlerini karşılaştırmış ve amaçlanan metodun çarpışmayı engellemek amacıyla kullanımının faydalı olacağını ortaya koymuştur.

Uğur Yıldırım (2019) yılında yapmış olduğu çalışmada bitişik nizamlı inşa edilmiş yapılar arasında mevcut çarpma etkilerini, yapılara viskoz sönümleyici ekleyerek çarpma etkilerinin ne derece azaldığını ve yapılar arasındaki mesafelerin değişiminin çarpma etkilerindeki sonuçlarını incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda, sünekliği arttırmak deprem performansını arttırmanın en önemli yolu olduğu görülmüştür. Yıldırım çalışmasında, yapısal olarak uygun olan çözümün maddi olarak uygun olmayabileceğinin ve sönümleyici maliyetlerinin günümüzde giderek azaldığının sonucuna varmıştır.

Mujeeb ve ark. (2019) yılında yapmış oldukları çalışmada akışkan viskoz sönümleyiciye sahip olan ve sahip olmayan bir binanın sismik davranışını incelemiştir. Z+10 katlı betonarme yapı 4. sismik bölgededir ve orta sıkı zemine oturmuştur. Modeller akışkan viskoz sönümsüz, akışkan viskoz sönümü köşeye eklenen, akışkan viskoz sönümü ortaya eklenen, akışkan viskoz sönümü 2 katta bir eklenen ve sadece alttan 3 kata eklenen olacak şekilde 5 farklı şekilde yapıp analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda köşelere eklenen viskoz sönümleyicilerin daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır.

Hatipoğlu ve Düzgün (2020) yılında yapmış oldukları çalışmada ANSYS’de iki bitişik yapının zemin-yapı etkileşimini de dikkate alarak deprem etkisinde dinamik analizini yapmışlardır. Analizler ankastre mesnet ve üç farklı zemin koşuluyla yürütülmüştür. Modellemeler iki boyutlu uzayda yapılmıştır. Zemin sınırlarına viskoz sınır şartları eklenmiştir. Akışkan viskoz sönümleyicinin etkisi sabit sönüm katsayısı ve farklı bağlantı tiplerinin kullanımıyla incelenmiştir. Analizler sonucunda akışkan viskoz sönümleyicinin sismik tepki için etkili olsa da zemin-yapı etkileşiminin etkisi göz önüne alınması gerektiğini, her zemin modelinin yapılan analizlerinin sonuçlarının birbirinden farklı olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca her kata değil de sadece en üst kata ya da en üst katla beraber orta kata viskoz sönümleyici konulmasının yeterli olduğuna kanaat getirmişlerdir.

Yang ve diğerleri (2020) yılında yapmış oldukları çalışmada rijit tabana oturan ve yumuşak zemine oturan 3’e 3 grup kazık temelli viskoz sönümleyicili 12

katlı bir binaya bir dizi sarsma tablası testleri uygular. Çalışma sonucunda rijit tabanlı durumda kazık temelli durumdan daha iyi bir şekilde azalttığı görülmüştür. Ancak kazık temelli durumda yapının pik ivmesini, kat kesme kuvvetini ve görelî kat ötelenmelerini hafifletir. Bunun yanında kazık temel yapının mutlak yer değiştirmesini büyütür. Ayrıca viskoz sönümleyicinin oluşturduğu en büyük kuvvet yapı-kazık-zemin etkileşiminden dolayı azalır.

Yavuz Selim Hatipoğlu (2021) yılında yapmış olduğu çalışmasında yapı zemin etkileşimi göze alınarak viskoz sönümleyiciler ile birbirine bağlanmış çok katlı yapıların dinamik davranışını incelemiştir. Hatipoğlu çalışmasında ANSYS bilgisayar programı kullanmıştır. Zeminin varlığı, binaların yükseklik, rijitlik, kütle, frekans oranları ve cihaz sönümleme katsayıları sistem davranışını etkilediğini gözlemlemiştir. SVS cihazları ile birbirine bağlı yapıların ivme, kesme kuvveti ve yer değiştirme sonuçlarında %50 ye yakın azalmalar görmüştür.

Arcan Köroğlu (2022) yılında yapmış olduğu çalışmasında yumuşak kat yapısal düzensizliği bulunan yapılara viskoz sönümleyiciler eklemiştir. Katlar arası düzensiz ve ani rijitlik değişimleri sonucunda yumuşak kat düzensizliği oluşur. Yumuşak kat düzensizliğine sahip yapılar deprem sonrasında görelî kat ötelemeleri sonucunda ağır hasarlar almaktadır. Arcan çalışmasında, görelî kat ötelemelerini yapıya viskoz sönümleyiciler ekleyerek görelî kat ötelemelerini sınırlarda tutmayı hedeflemektedir.

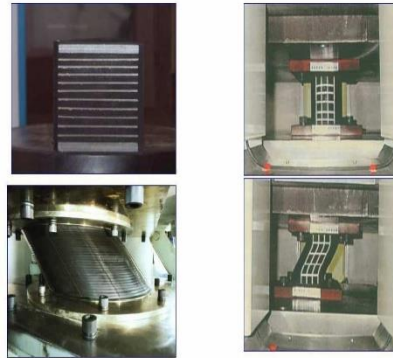
Deniz Öztürk (2022) yılında gerçekleştirdiği çalışmasında mevcut okul yapısının viskoz sönümleyiciler eklenerek depreme karşı güçlendirilmesi ve yapı üzerine eklenen viskoz sönümleyicilerin etkilerinin incelenmesini amaçlamıştır. Mevcut 3 bloklu okul binasına farklı sayıda viskoz sönümleyiciler eklenmiştir. Sap2000 programı kullanılarak yapı modellenmiştir. Çalışmada 21 farklı ivme kaydı çifti kullanılmıştır. Yapının tepe yer değiştirmeleri, burulma katsayıları ve görelî kat ötelemeleri incelenmiştir. Viskoz sönümleyici eklenen yapıdaki sismik taleplerin büyük ölçüde azaldığı görülmüştür. Viskoz sönümleyici elemanların mevcut güçlendirme yöntemlerine iyi bir alternatif olabileceği değerlendirilmektedir.

Düzgün ve diğerleri (2023) yılında yapmış oldukları çalışmada sonlu elemanlar yöntemiyle deprem uyarımı altında yapı-zemin etkileşimi dâhil, viskoz akışkan sönümleyicilerle birbirine bağlanmış iki komşu çok katlı çerçeve yapılar için

elde edilen minimum taban kesme kuvveti ve minimum çatı yer değiştirmesini sağlayan zemin tipi, yapının yükseklik oranı, sönümleyicinin sönüm katsayısı ve sönümleyicinin konumu gibi parametreleri tanımlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada zemin tipinin sistem tepkisinde en önemli parametre olduğuna, nispeten daha rijit zeminlerde viskoz sönümleyicilerin daha etkili olduğuna, rijit tabanda ve sıkı zeminde minimum çatı deplasmanı ve taban kesme kuvvetini elde etmek için yapı yükseklik oranının 1,5 olması, sönüm katsayısının 10^5 N*s/m olması ve viskoz sönümleyici sayısı için 1 olması gerektiğine, tek bir viskoz sönümleyicinin ekonomik olduğuna ve Tagutchi yönteminin sonlu elemanlarla uyumlu olduğuna ulaşmışlardır.

1.2. Sismik İzolasyonun Temel İlkesi ve nemi

Yer değişimi zeminle yapı sistemine iletilmektedir. Etki-tepki prensibiyle yapıya zeminden iletilen etki büyük oldukça, yapının tepkisi büyük olacaktır. şekil 1 de görüldüğü gibi yer değiştirme rneği bu ifadeye örnek gösterilebilir. (World Health Organization 2000).



şekil 1. Deprem hareketine yapı tepkisi

Yapı-zemin ilişkisi ile yapıya zeminden, zemine yapıdan enerji transferidir. Yapı ile zemin arasında etkileşim azalması yapı üzerinde oluşacak hasarında azalmasıdır.

"Sismik taban izolasyon", sismik iyileştirme çalışmalarının tamamıdır. Genel ifadeyle taban izolasyon işlemi; yapı tabanına düşey doğrultuda rijit ancak yatay doğrultuda esnek, sınırlı yer değiştirmeler yapan elemanlar ekleyerek yapının üst kısmını deprem kuvvetlerinin etkisinden izole etmektir (şekil 2, şekil 3) (Skinner,1993).



Şekil 2. Sismik izolasyon uygulanmış yapı ile yer ayrımı



Şekil 3. Sismik izolatörlü kolon bağlantı filizleri

Yapı basit şekilde modellenerek temsili belirlenir. Titreşim anında parametre sayısı ile konumu ve serbestlik derecesi belirlenir. Yapılar sürekli sistemlerdir. Çok serbestlik dereceli sistem haline getirilerek bilgisayarlarda çözümler yapılır. Kat, kütle seviyesinde toplu şekilde ele alınır (Celep ve Kumbasar, 2000).

Deprem kuvvetlerinin yapıdaki şiddetinin bağlı olduğu faktörler:

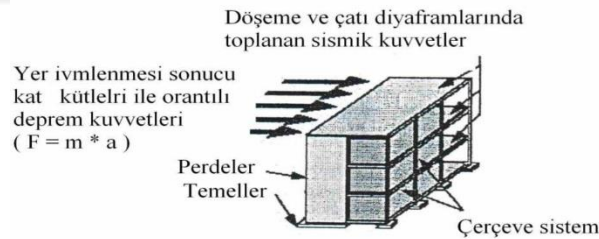
1. Yapı-zemin etkileşimi
2. Yapının kütlesi
3. Yapı periyodu
4. Yer ivmesi

Depremde yapı periyodu dinamik tepkisini gösterir. Taşıyıcı sistem periyodu ve deprem olan zemin periyodu birbirine yakın veya eşit olursa rezonans oluşur. Rezonans sırasında yapı kütlesi ivmeleri artar. Deprem enerjisi yapı içinde birçok şekilde sönümlenir. Taşıyıcı sistemlerin çeşidine göre sönümleme oranı değişir. Taşıyıcı elemanları betonarme olan yapılar için genellikle 0,05 değeri kullanılır.

Depremi yapı üzerindeki etkisini azaltmak için titreşim periyodu aralığı belirli seviyeye getirilerek taşıyıcı elemanların rijitliği küçük seçilir. Bu durum için yapı periyodu ile spektrum eğrisindeki bölgenin hakim periyodu uzak tutularak rezonans olayı önlenir. Örnek olarak az katlı, kısa periyotlu rijit yapılar uygun düşer. Bu olayın zıttı olarak sert kayalık zemin bölgesindeyse yer değiştirmenin frekansı yüksek bölümü hakim olacaktır. Bu durumda ise çok katlı, yüksek periyotlu yapılar uygundur. Tüm yapılarda bu şartlar sağlanamayabilir. Fakat, yapılara uygulanan zemin hareketlerini koruyucu yalıtım elemanlarıyla yapı dinamik tepki davranışı değişimi, deprem kuvvetlerinin azaltımı amaçlanır (Celep ve Kumbasar 2000).

Newton 2. kanunu ($F = m \cdot a$), etki eden deprem kuvveti büyüklüğü= “F”, sabit yapı kütlesi= “m”, yer hareketinin yapı üzerine etkisi= “a” büyüklüğüyle orantılı biçimindedir (Şekil 4). Deprem kuvveti büyüklüğünü azaltmak için modelleme aşamasında küçük kütleli elemanlar seçerek çözüm üretilse de doğru bir çözüm yaklaşımı değildir. (Celep ve Kumbasar 2000)

Kesitlerin zorlanmalarına neden olan katlar arasındaki yer değiştirmenin sınırlandırılması gerekir. Uygulanacak izolasyon sistemleriyle, kat yer değiştirmeleri zemin hareketine yakın değerde tepki verebilir.



Şekil 4. Deprem yatay kuvvetleri

Sismik izolasyon, deprem kuvvetlerinin binaya ulaşımını sıfıra indirmek, deprem etkisini azaltmak için temelle bina arasına yanıl rijitliği düşük eleman yerleştirilerek deprem hareketi periyodundan daha büyük bina periyodu vermektir.

Başka deyişle sismik izolasyon, yapılara izolatör eklenerek yapı titreşim periyodu arttırılıp deprem etkisinin azaltılması amaçlanır. Esneklik artımı şarttır. Sismikizolasyon yüksek katlı binalarda da kullanılabilir (Şekil 5).



Şekil 5. Yüksek binada sismik izolasyon uygulaması, Japonya

1.3. İzolasyon Sistemlerinin Faydaları ve Görevleri

İzolasyon sistemlerinin faydaları:

- * Fabrikalarda kullanımı ile depremin yıkıcı etkileri sonrasında üretimin sekteye uğraması engellenir.
- * Deprem kuvvetleri binaya daha az etkiyeceğinden can güvenliğini daha iyi seviyelere getirilir.
- * Hasar yapı taşıyıcı elemanlarında daha az seviyelere getirilir.
- * Yapı doğal periyodu yapının göçme ve hasar görmemesi için arttırılır.
- * Yapı hasarları büyük oranda engellenir.
- * Tarih geçmişimizin korunması adına tarihi binalarda güçlendirme esnasında kullanılır. [38]

İzolasyon sistemlerinin görevleri:

- * Sönümleme
- * Yatayda düşük rijitlik
- * Düşeyde yüksek rijitlik
- * Çevresel şartlara dayanım
- * Esnek davranış

1.4. Sismik İzolasyon Türleri ve Uygulamaları

Sismik izolasyon yöntemleri konusunda zaman geçtikçe daha iyi modeller geliştirilmektedir. Sismik izolasyon yöntemleri; aktif, yarı aktif, pasif

ve hibrit kontrol sistemleri şeklinde sınıflandırılabilir.

Bu çalışmada pasif kontrol sistemleri hakkında detaylı, aktif kontrol sistemleri hakkında ise yüzeysel bilgiler verilmiştir.

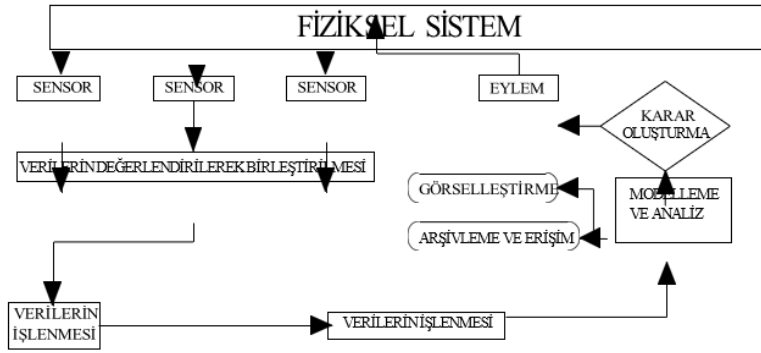
1.4.1. Aktif Kontrol Sistemleri

Bina performans iyileştirmesi için aktif kontrol sisteminin özellikleri ve yüklemenin dinamik dizaynı gerekir. Aktif yapı kontrol sistemlerinin temel özelliklerinden biri de yapı mevcut durumunu belirleme yeteneğidir. Bu olayı istenilen hale getirmek için sistem eylem durumunu kısa sürede aktifleştirir. Kontrol sistemleri, gerekli performansı gerçekleştirir, ani çevresel değişimleri içerir ve taşıyıcı sistem elemanlarının hatalarını düzeltir. Teknolojinin gelişimi ile doğru orantılı olarak sistemin günümüze uygun hale getirilmesi mümkündür. Teknik ve maddi olarak imkanların olduğu durumlarda çok etkili çözümlerler gerçekleştirir.

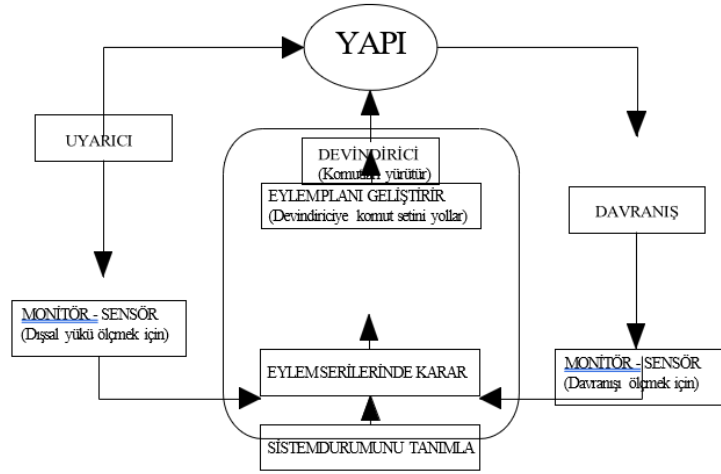
Aktif kontrol sistem üç ana unsuru:

- a- Devindirici (kontrolörden aldığı komudu çalıştıran fiziksel aygıt)
- b- Monitör (veri elde etme sistemi)
- c- Kontrolör {Sezgi modülü: Akıllı bir tarzda eylem planına karar verir}

Şekil 6'da kontrol sistemi elemanlarının nasıl çalıştığı ve hangi elemanların birbirleriyle nasıl etkileşimde olduğu hakkında bir gösterim sunar. Şekil 7'de aktif kontrol için gerekli olan eleman işlem bilgileri sunulmaktadır. Bu bilgiler, kontrol stratejilerinin uygulanmasında temel rol oynar. Kontrol stratejilerinin son zamanlarda yaşanan teknolojik gelişmelerle nasıl değiştiğine dikkat çeker. Dışsal uyarım, sensör teknolojileri, devindirici teknolojileri, eş zamanlı bilgiye dayalı işlemler ve akıllı karar sistemleri gibi unsurların yeniden yapılandırılması, kontrol stratejilerinin daha etkili ve verimli hale gelmesini sağlar. Bu da kontrol stratejilerinin gelişiminde ve uygulanmasında önemli bir rol oynar. (Connor, 2000).



Şekil 6. Aktif kontrol sistemleri algoritması



Şekil 7. Aktif kontrol döngüsü

1.4.2. Pasif Kontrol Sistemleri

Pasif kontrol sistemleri, yapının sismik olarak kontrolünde kullanılan sismik yalıtım elemanlarıdır. Belirlenen yapı kısımlarına yerleştirilen sismik elemanlardır. Pasif kontrol terimi kullanıldığında ilk akla gelen taban yalıtımıdır. Yapı tabanına yalıtım elemanları yerleştirilerek üst yapının yer değiştirmesi ve ivmesi azaltıldığından dolayı depremsel kuvvetler de azaltılmış olunur. Bu elemanlar genellikle yapı tabanına uygulanır. (Derdiman 2006)

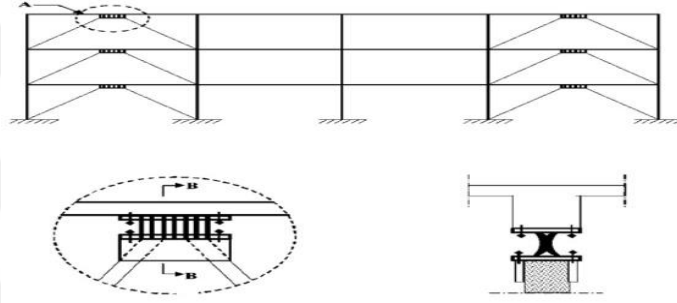
Pasif kontrol elemanlarının bir çeşidi de damperlerdir. Bu yazımızda damperler üzerinde detaylı bilgilendirmeler yapılacaktır.

1.5. Pasif Damperler (Pasif Enerji Sönümleyiciler)

Enerji emici sistem olarak adlandırılan pasif damperler rüzgar ve deprem etkilerini azaltmak için yapılarda kullanılan mekanik elemanlardır. Metal damperler, sürtünmeli damperler, viskoelastik damperler, vizkoz damperler, ayarlı sıvı damperler, ayarlı kütle damperler başlıkları altında damper çeşitlerini inceleyeceğiz.

1.5.1. Metal Damperler

Metal sönümleyici olarak adlandırılabilen metal damper genellikle çelik veya benzeri malzemelerden yapılan ve yapısal sistemlerde kullanılan, histeretik davranışı kullanarak eğilme, kesme veya eksenel yükleri emen yapı elemanlarıdır.



Şekil 8. Metal sönümleyici

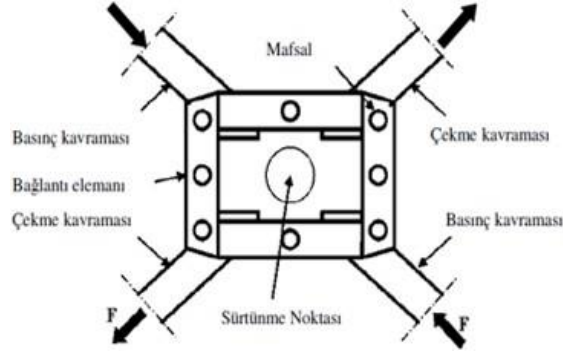
Bahsettiğimiz sistemde, enerjiyi sönümlemek için kullanılan yumuşak çelikten oluşan ve enerjinin belirli noktada oluşmasını gerçekleştiren bir yapısal sönümleyici sistemdir. Bu sistemler genellikle binaların veya diğer yapıların deprem etkilerine karşı korunması için kullanılır.

Metal damperlerin avantajları şunlardır:

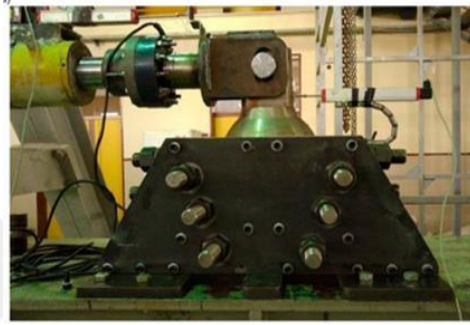
- * Enerjiyi etkin bir şekilde sönümleyerek yapıya zarar gelmeden emerler.
- * Uzun vadeli kullanımlarında stabil ve güvenilir performans sunarlar.
- * Çevresel faktörlere ve hava koşullarına karşı yapının dayanıklılığını artırır.

Metal damperlerin dezavantajları:

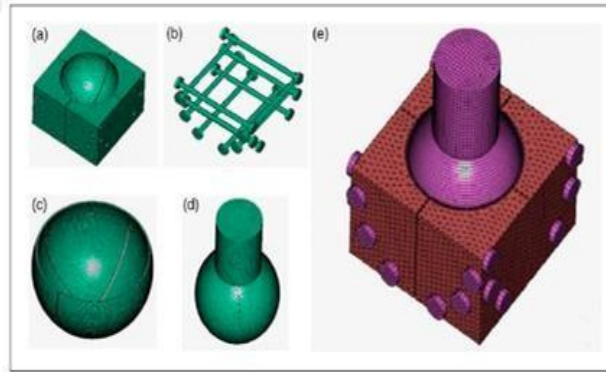
- * Yoğun enerjiyi emerek yapıya zarar gelmesini engellemelerine rağmen, bu süreç sırasında kendileri hasar görebilirler. [9]



Şekil 10. Sürtülmeli sönümleyici (Pall)



Şekil 11. Sürtülmeli sönümleyici (Suk)



Şekil 12. Sürtülmeli damperin SEM ile modeli (Suk)

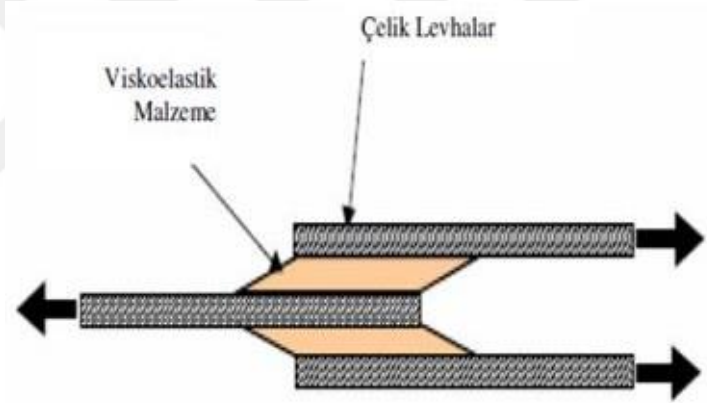
1.5.3. Viskoelastik Damperler

Viskoelastik sönümleyiciler, yapıların deprem etkilerine karşı korunmasında önemli bir rol oynarlar. Genellikle yapıların yer değiştirmelerini azaltmak için kullanılırlar. Bu sönümleyiciler, yapıya etki eden yatay yükleri emerek veya dağıtarak enerjiyi sönümlerler. Bu, yapıyı stabil hale getirir ve deprem sırasında oluşabilecek hasarı minimize eder.

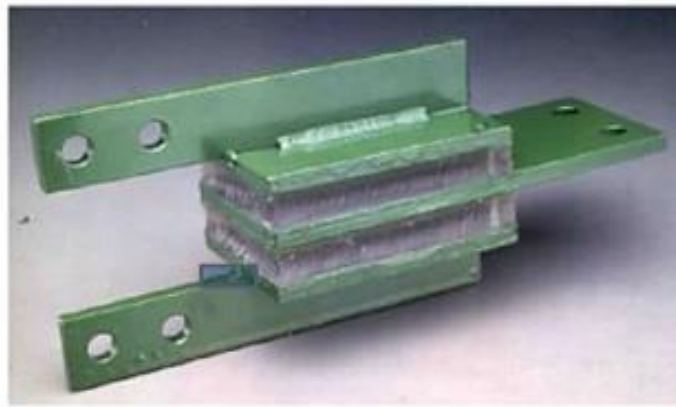
En yaygın kullanılan viskoelastik sönümleyici sistemlerinden biri, çelik bir plakanın merkezinde bulunduğu ve etrafında dıştaki plakayı bağlayan polimer tabakalardan oluşan sistemlerdir. Bu sistemlerde, yapıya etki eden yatay yükler sırasında, farklı çelik tabakalardaki yer değiştirmeler enerjiyi sönümler.

Viskoelastik sönümleyicilerin davranışı çeşitli faktörlere bağlıdır. Özellikle titreşim frekansı, sıcaklık ve yer değiştirme gibi faktörler, bu sönümleyicilerin performansını etkiler. Sıcaklık, sistemdeki polimerin özelliklerini etkileyerek sönümleme kapasitesini değiştirebilir. Bu nedenle, sıcaklık da dikkate alınarak yapılan hesaplamalarda bu faktörün göz önünde bulundurulması önemlidir.

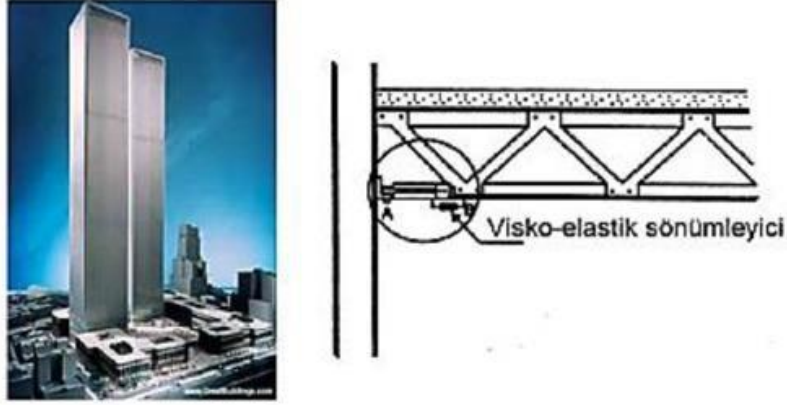
Sonuç olarak, viskoelastik sönümleyiciler, özellikle deprem yükleri altında yapıların korunması için önemli bir rol oynarlar. Ancak, bu sistemlerin tasarımı ve performansı, çeşitli faktörlerin dikkate alınmasıyla belirlenir ve sıcaklık da bu faktörlerden biridir.



Şekil 13. Viskoelastik sönümleyici tipi 1



Şekil 14. Viskoelastik sönümleyici tipi 2

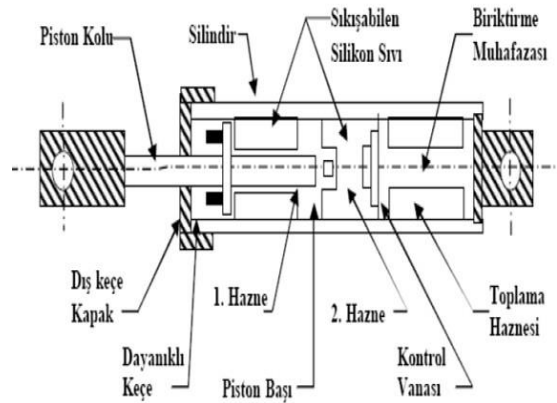


Şekil 15. Viskoelastik sönümleyici uygulanan Dünya Ticaret Merkezi

1.5.4. Viskoz Sönümleyiciler

1992 yılında Constantinou tarafından geliştirilen bu sönümleyici tipi viskoz sönümleyici olarak adlandırılıyor. Sistemin çalışma prensibini açıklamak gerekirse:

- * İçi yağ doldurulmuş bir silindir ve içinde hareket eden bir piston bulunur. Pistonun ortasında bir boşluk vardır.
- * Yatay bir yük uygulandığında, pistonun haznelerindeki yağ sıkışır.
- * Sıkışan yağ, belirli bir basınca ulaştığında, diğer hazneye akar.
- * Bu şekilde, sıvı akışı enerjiyi emer ve hareketin sönümlenmesine neden olur.
- * Sistem, yay hareketine benzer bir sönümleme etkisi sağlar.
- * Bu şekilde, viskoz sönümleyiciler, sıvı akışı yoluyla enerjiyi emerek hareketin kontrol altına alınmasını sağlarlar.



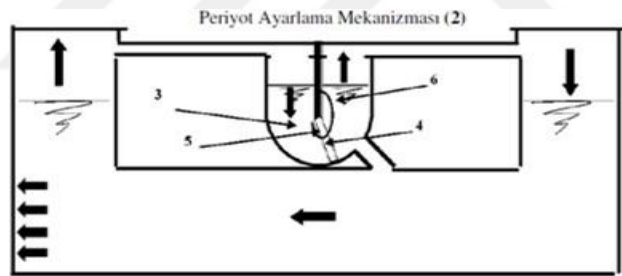
Şekil 16. Sıvı viskoz sönümleyici kesiti



Şekil 17. Kurulumu tamamlanmış viskoz sönümleyici

1.5.5. Ayarlı Sıvı Sönümleyiciler

Bu tip sönümleyicilerde, çelik veya benzeri bir kap içindeki sıvı, yerçekimi tarafından oluşturulan kuvvetlerle etkileşir. Bu etkileşim sırasında, sıvı kütlesi gibi hareket eder ve yapıdaki titreşim enerjisini emerek absorbe eder. Ancak, ayarlı sıvı sönümleyicilerin özelliği, sıvı akışkanının akışını kontrol edebilen bir mekanizma içermeleridir. Bu sayede, sıvının davranışı ve titreşim sönümleme yeteneği ayarlanabilir.



Şekil 18. Ayarlı sıvı sönümleyicisi çalışma sistemi

Şekilde görüldüğü gibi ayarlı sıvı sönümleyicinin çalışma sistemi gösterilmektedir. Rijit su tankı tasarlanan sınıra ulaşınca dek doldurulur. Yatay yükün etkisiyle sistem kapağı açılarak suyun bir diğer hazneye akması gerçekleştirilir. Bu yöntemle tasarlanmış sistem sayesinde enerji yutulur ve yapı periyodu tasarlanan sınırdaki tutulur.

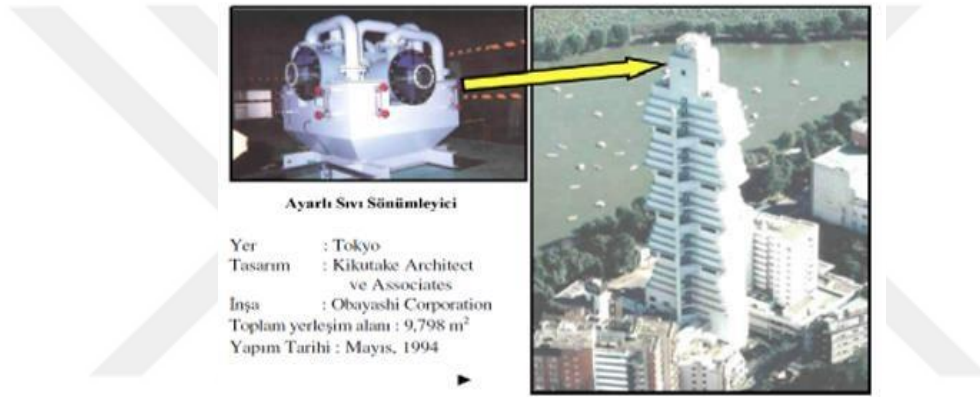
Ayarlı sıvı sönümleyicilerin çeşitli avantajları vardır:

* **Düşük Maliyet:** Bu sönümleyiciler, ek bir karmaşık sistem gerektirmezler ve genellikle daha düşük maliyetlidir. Ek olarak, kurulum ve bakım maliyetleri de genellikle düşüktür.

* Basit Kontrol: Yapının doğal frekansının kontrolü, kullanılan sıvı dolu kapların sayısına bağlı olduğundan, kontrol sistemleri genellikle daha basittir. Bu da kontrolün daha kolay yapılmasını sağlar.

* Esnek Uygulama: Mevcut binalara veya tarihi binalara kolayca uygulanabilirler. Bu, yapısal sönümleme çözümlerinin mevcut binalara sonradan entegre edilmesi gerektiğinde avantaj sağlar.

Bu avantajlar, ayarlı sıvı sönümleyicilerin çeşitli yapısal uygulamalarda tercih edilmesini sağlar. Daha düşük maliyet, basit kontrol ve esnek uygulama imkanları, bu sönümleyicilerin popülerliğini artırır ve çeşitli yapısal titreşim kontrolü ihtiyaçlarını karşılamak için ideal bir çözüm sunar.

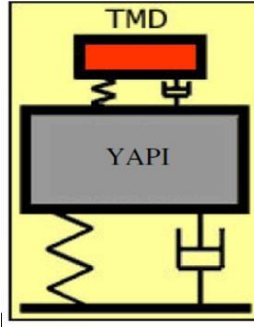


Şekil 19. Ayarlı sıvı sönümleyici uygulaması, Tokyo

1.5.6. Ayarlı Kütle Sönümleyiciler

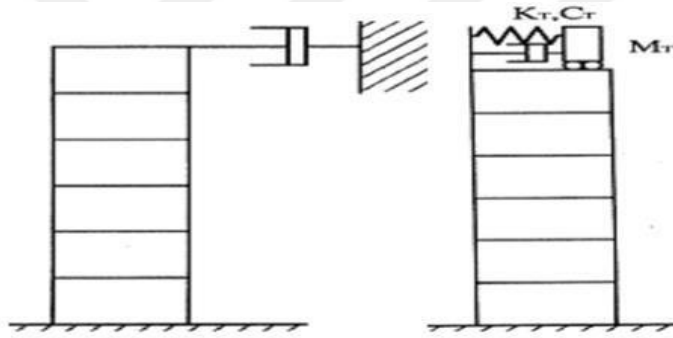
Ayarlı kütle sönümleyiciler (Tuned Mass Dampers), yapılardaki titreşimleri kontrol etmek ve azaltmak için kullanılan önemli bir sönümleyici sistemidir. Bu sistemler, genellikle yapıların uygun bölgelerine yerleştirilen bir kütle ve bir yaydan oluşur.

Ayarlı kütle sönümleyicilerin temel amacı, yapı üzerindeki dinamik yükleri absorbe etmek ve titreşimleri sönümlemektir. Bu, özellikle deprem ve rüzgar gibi doğal olaylar nedeniyle oluşabilecek titreşimlerin etkilerini azaltmayı hedefler. Bu sistemler, yapının ana kütlesi üzerine eklenen bir ek kütle içerir. Bu ek kütle, yapı üzerindeki titreşimlerle karşılaştığında, yapıya uygulanan dinamik kuvvetleri azaltmak için tasarlanmıştır.



Şekil 20. Ayarlı kütle sönümleyici mekanik gösterimi

Bu sönümleyici sistemler, özellikle yüksek binalar, köprüler ve anten kuleleri gibi büyük ve uzun yapıların titreşim kontrolünde yaygın olarak kullanılır. Etkin bir şekilde tasarlandıklarında, Ayarlı Kütle Sönümleyiciler, yapıların dayanıklılığını artırabilir ve yapısal hasarın önlenmesine yardımcı olabilir.



Şekil 21. Ayarlı kütle sönümleyici teorik olarak gösterimi

1.6. Ankastre Mesnetli Yapı Modellemesi İçin TBDY 2018

Mevcut yapı stoğunun güncel deprem yönetmeliklerine uygun hale getirilmesi gerçekten kritik bir konudur. DBYYHY-1975 gibi eski yönetmelikler kullanılarak tasarlanmış ve inşa edilmiş olan yapıların, güncel standartlara ve performans kriterlerine uyum sağlamaması, deprem riski altındaki bölgelerde yaşayan insanların güvenliğini tehlikeye atabilir. Bu yapılar DBYYHY-1998, DBYBHY-2007 ve TBDY-2018 gibi güncel yönetmeliklerde belirlenen performans kriterlerini karşılamaması, yapıların deprem kuvvetlerine karşı yetersiz olduğunu göstermektedir. Bu durum, depremde hasar görebilecek veya çökebilecek yapıların varlığına işaret etmektedir.

Ülkemizde yapıların güvenliği açısından önemli olan deprem yönetmelikleri zaman içinde gelişen teknolojik imkanlar ve deprem bilimi doğrultusunda sürekli

olarak güncellenmektedir. Bu güncellemeler, yapıların daha güvenli hale getirilmesi ve deprem riskinin azaltılması amacıyla yapılır. Sırasıyla DBYYHY-1975, DBYYHY-1998, DBYBHY-2007 yönetmelikleri kullanılmış ve son olarak TBDY-2018 yönetmeliği ile güncellenmiştir.

TBDY-2018 yönetmeliği, önceki yönetmeliklerden farklı olarak deprem tehlike haritası üzerinde güncelleme gerçekleştirilerek oluşturulmuş ve yapılara izolatörler uygulanarak depreme karşı güçlendirilme konusu ilk kez yer almasıyla öne çıkmaktadır. Bu yönetmelik, yapıların deprem sırasında daha fazla esneklik kazanmasını ve deprem kuvvetlerine karşı daha etkili bir şekilde korunmasını sağlamak amacıyla modern teknolojik gelişmelerden yararlanmaktadır.

Yapıların izolatörlerle güçlendirilmesi, temel olarak yapıyı deprem sırasında yere sabitlenmiş bir kütleden daha esnek bir yapıya dönüştürür. Bu izolatörler, yapıyı deprem sırasında titreşimlerden izole eder ve böylece yapıya zarar gelmesini önler. Bu yöntem, yapıların deprem performansını önemli ölçüde artırabilir ve deprem sonrası hasarları azaltabilir.

TBDY-2018 yönetmeliği gibi güncel yönetmeliklerin uygulanması, ülkemizdeki yapı stokunun deprem riskine karşı daha güvenli hale getirilmesine yardımcı olur. Bu nedenle, yeni teknolojik gelişmelerin ve deprem biliminin doğrultusunda yapılan yönetmelik güncellemeleri önemlidir ve yapıların güvenliği için hayati öneme sahiptir.

Ankastre mesnetli yapı modellenmesi ve analizi için TBDY-2018 yönetmeliğinin Bölüm-14'ü dikkate alınacaktır. İşte bu çalışma için adım adım bir yaklaşım:

Modelleme Aşaması:

- * Seçilen yapı, SAP2000 veya benzeri bir program kullanılarak x yönünde dört y yönünde sekiz açıklığa sahip, zemin +5 katlı bir konut olarak modellenecektir.
- * İlk aşamada, yapı ankastre mesnetlerle modellenecek ve analiz edilecektir.

Ankastre Modellenmesi ve Aşaması:

- * Yapı, ankastre mesnetlerle modellenecek ve belirlenen deprem kayıtları kullanılarak analiz edilecektir.
- * Analiz sonuçları, yer değiştirme değerleri, katlara gelen ivmeler, katlar arası yer değiştirmeler, katlara gelen momentler ve kesme kuvvetleri gibi parametreler

üzerinde yoğunlaşacaktır.

Viskoz Sönümleyici Uygulanması:

- * İzolasyon malzemeleri belirlenecek ve uygun biçimde yapıya uygulanacaktır.
- * İzolasyon uygulaması yapıldıktan sonra, yapı tekrar modelleneyecek ve analiz edilecektir.

İzole Modellenmesi ve Aşaması:

- * İzole edilmiş yapı, belirlenen deprem kayıtları kullanılarak analiz edilecektir.
- * Yine analiz sonuçları, yer değiştirme değerleri, ivmeler, momentler, kesme kuvvetleri vb. üzerinde incelenecektir.

Analizlerin Karşılaştırılması:

- * Her iki durum için elde edilen sonuçlar karşılaştırılacak ve farklar belirlenecektir.
- * Karşılaştırma, yapısal performansın farklılık gösterip göstermediğini değerlendirecektir.

Sonuçların İncelenmesi:

- * Elde edilen sonuçlar ilgili yönetmelik esaslarına göre irdelenecek ve yapısal performans değerlendirilecektir.
- * Hangi durumun daha uygun olduğu veya hangi durumun yapıya daha iyi bir koruma sağladığı değerlendirilecektir.

Raporlama:

- * Tüm analizlerin sonuçları bir raporda toplanacak ve gerekli görülen öneriler sunulacaktır.

Bu yöntem, hem ankastre modellenmiş yapıların analizini hem de viskoz sönümleyici uygulanmış yapıların analizini içerir ve her iki durumun yapısal performansını karşılaştırmak için kapsamlı bir yaklaşım sağlar.

TBDY'e göre bazı özel tanımları;

Yalıtım sistemi: Yapıya etki eden yanal yüklere karşı direnci artırmak amacıyla katlar arasına yerleştirilen bir ek sistemdir. Bu sistem, yapının yatay ekseninde esnek olmasını ve düşey ekseninde rijit olmasını sağlar. Böylece, yapının deprem gibi yanal yüklerle karşılaştığı durumlarda daha esnek davranmasını ve yapısal bütünlüğünü korumasını sağlar. Yalıtım sistemi, yapıya gelen yatay kuvvetleri absorbe eder ve titreşimleri sönümleyerek yapıyı güvende tutar. Bu sayede, yapıların deprem etkilerine karşı daha dirençli olmaları sağlanır.

Yalıtım birimi: Bir yalıtım sistemi için belirlenen temel elemanlardır. Bu elemanlar, sistemin amacına uygun olarak düşeyde rijitlik ve yatayda esneklik sağlarlar. Gelen yatay enerjiyi absorbe ederek yer değiştirme yaparlar ve bu sayede yapıyı deprem etkilerine karşı güvende tutarlar. Bu birimler, yapıya dayanıklılık kazandırır ve deprem sırasında oluşabilecek hasarı minimize ederler.

Altyapı: Yapıyı destekleyen temel sistemini içerir ve genellikle yeraltında bulunur. Altyapı, yapıya dayanıklılık sağlar ve yüksekliğe bağlı olarak değişen zemin koşullarına uygun olarak tasarlanır. Bu kısım, yapıyı yerinde sabitleyici ve stabilizesini sağlar, böylece yapıya gelen yanal yüklerle mücadele ederken yapısal bütünlüğünü korur.

Üstyapı: Bir yapının yalıtım sistemi ile ayrılan yüzeyin üzerinde bulunan yapısal kısmıdır. Yalıtım sistemi ile ayrılan bölgeyle sınırlı olan üstyapı, genellikle binanın zemin katlarından üst katlarına kadar olan bölümü içerir. Bu kısım, binanın asıl yapısal bileşenlerini oluşturur ve içerisinde yaşam veya çalışma alanları gibi kullanım amacına uygun mekanları barındırır. Üstyapı, binanın mimari tasarımı, yapısal güvenliği ve işlevselliği açısından önemli bir role sahiptir.

Tasarım Depremi Yer Hareketi: DD-2 olarak da bilinir ve 50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip olan yer hareketini ifade eder. Aynı zamanda bu hareket, 475 yıllık tekrarlanma periyoduna sahip olduğu anlamına gelir. Yani, her 475 yılda bir bu seviyede yer hareketinin meydana gelme olasılığı vardır. Bu değerler, yapıların deprem dayanıklılığını belirlemek ve tasarımını yapmak için kullanılan önemli parametrelerdir.

Tasarım Yer Değiştirmesi: Bir yapının yalıtım sistemi içinde tasarım depreminin etkisiyle yatay eksen boyunca oluşabilecek en büyük yer değiştirmedir. Aynı zamanda, bu değişim izolasyon katının üstü ile altı arasındaki göreceli yer değiştirmeleri şeklinde de ifade edilir. Bu kavram, yapının depreme dayanıklılığını değerlendirmek ve yapısal tasarım sürecinde önemli bir parametre olarak kullanılır.

Toplam Tasarım Yer Değiştirmesi: Bu yer değiştirmede, yapıda meydana gelen burulma davranışı da dikkate alınır. Kısacası, üstyapı için alt kısmın ve altyapı için üst kısmın arasında meydana gelen göreceli yer değiştirme miktarını belirtir. Bu kavram, yapıların deprem performansını değerlendirmede önemli bir parametre olarak kullanılır.

En Büyük Deprem Yer Hareketi: DD-1; 50 yıl içinde %2 aşılma olasılığına sahip bir tekrarlanma periyoduna sahiptir ve bu periyodu 2475 yıl olarak belirlenmiştir. Bu ifade, büyük ölçekli bir depremin, ortalama olarak her 2475 yılda bir gerçekleşme eğiliminde olduğunu ve 50 yıllık bir süre içinde bu depremin %2 olasılıkla meydana gelebileceğini belirtir. Bu tür bir deprem, bölgesel veya yerel afet planlaması ve risk değerlendirmesi için önemli bir referans noktasıdır.

En Büyük Yer değiştirme: (DD-1), yapının yalıtım sistemi altında, yatay deprem etkisiyle meydana gelen maksimum görelî yer değiştirmedir. Bu, üstyapı için alt kısım ile altyapı için üst kısım arasında gerçekleşen en büyük görelî yer değiştirmeyi temsil eder.

Toplam En Büyük Yer değiştirme: (DD-1), yapının yalıtım sistemindeki her bir yalıtım biriminde, yatay yer hareketi yönünde meydana gelebilecek maksimum görelî yer değiştirmeyi ifade eder. Bu hesaplama yapılırken yapının burulma davranışı da dikkate alınır. Sonuç olarak, üstyapı için alt kısmın ve altyapı için üst kısmın arasında gerçekleşen en büyük görelî yer değiştirmeyi belirtir.

Etkin Sönüm Oranı: Bir yapının yalıtım sistemi içinde belirlenmiş olan yer değiştirmelerle sağlayacağı eşdeğer sönüm oranını ifade eder. Bu sönüm oranı, maksimum yer değiştirme ve tasarım yer değiştirmesi için hesaplanır.

Etkin Rijitlik: Bir yapıdaki yalıtım sisteminin kesme kuvveti değerlerinin toplamının, bu sistemin sahip olduğu rijitlik merkezindeki yer değiştirme değerine bölünmesiyle hesaplanan bir ölçümdür. Bu değer, yapısal mukavemet ve performans analizlerinde kullanılır ve genellikle maksimum yer değiştirme ile tasarım yer değiştirmesi için hesaplanır. Bu sayede yapısal stabilite ve dayanıklılık hakkında önemli bilgiler elde edilir.

Etkin Rijitlik Merkezi: Bir yapının yalıtım sisteminde bulunan mevcut yalıtım birimlerinin, DD-2 yer hareketi gibi etkilerle oluşabilecek yer değiştirmeye karşı göstereceği etkin yatay rijitliği hesaplanan bir merkezdir. Bu kavram, yapıların yatay hareketlere karşı direncini değerlendirmek ve yapısal tasarım sürecine katkıda bulunmak için kullanılır.

Etkin Yalıtım Periyodu: Yapıdaki yalıtım sisteminin performansını değerlendirmek için kullanılan bir kavramdır. Bu periyot, yalıtım sistemindeki üst yapı kütlesi ile yatay rijitlik değerinin, etkin yatay rijitlik değerine eşit olduğu tek

serbestlik dereceli doğal titreşim periyodudur. Maksimum yer değiştirme ve tasarım yer değiştirmesi için hesaplanır. Bu kavram, yapısal mühendislik ve yapısal dinamikler alanlarında yapıların titreşim izolasyonu performansını analiz etmek için önemlidir.

1.6.1. Deprem Hesabında Kullanılan Yöntemler

Yapı projelendirilmelerinde kullanılan deprem analiz yöntemi, binaların deprem tasarım sınıfı ve bina yüksekliğine göre tercih edilir. TBDY 2018 yönetmeliğini esas alan yapılarda uygulanacak iki tasarım; TBDY bölüm 4: dayanıma göre tasarım, TBDY bölüm 5 şekil değiştirmeye göre tasarım şeklinde sınıflandırılır.



Şekil 22. Deprem analiz yöntemleri

Yapıların dayanıma göre analizinde ve şekil değiştirmeye göre tasarımında kullanılan yöntemler şunlardır:

Dayanıma Göre Analiz Yöntemleri:

- * Mod Birleştirme Yöntemi
- * Zaman Tanım Alanında Mod Toplama Yöntemi
- * Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi

Şekil Değiştirmeye Göre Tasarım ve Analiz Yöntemleri:

- * Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri
- * Doğrusal Olmayan İtme Yöntemi (Tek Mod İtme Yöntemi ve Çok Mod İtme Yöntemi)

İfade edilen yöntemlerin özellikleri şu şekildedir:

- * Eşdeğer deprem yükü yöntemi doğrusal statik bir yöntemi temsil eder. Yani, yapının davranışı lineer olarak model edilir ve deprem yükü sabit kabul edilir.
- * Mod birleştirme yöntemi doğrusal dinamik bir yöntemdir. Yapının dinamik tepkisi,

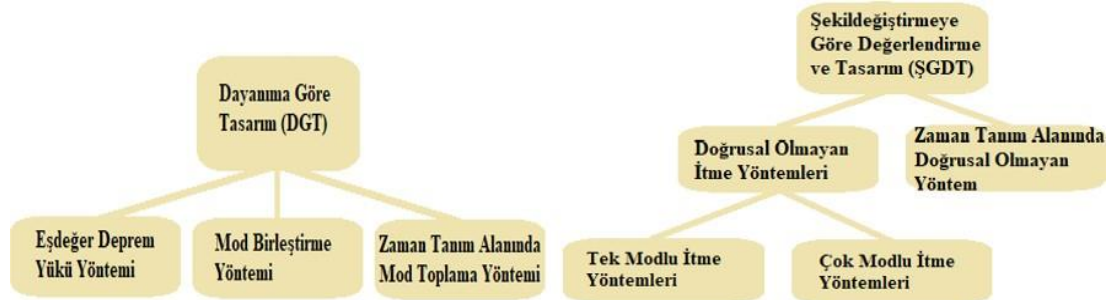
yapının modlarının dikkate alınarak analiz edilir.

* İtme yöntemleri ise doğrusal olmayan statik analiz yöntemlerini ifade eder.

Yapının doğrusal olmayan davranışı ve kayma etkileri göz önünde bulundurulur.

* Zaman tanım alanında hesap yöntemleri, doğrusal olmayan dinamik analiz yöntemleridir. Doğrusal olmayan davranış, zamanın bir fonksiyonu olarak incelenir ve dinamik etkiler dikkate alınır.

Bu yöntemler, yapıların depreme dayanıklı olup olmadığını belirlemek ve gerekli tasarım düzenlemelerini yapmak için kullanılır.



Şekil 23. Deprem hesabında kullanılan yöntemlerin sınıflandırılması

1.6.2. TBDY'e Göre Genel Tasarım İlkeleri

Tasarım ilkeleri, belirli bir yapının tasarımında dikkate alınması gereken kılavuzlardır ve genellikle yönetmelikler veya standartlar tarafından belirlenir. Tasarım ilkeleri Bölüm 14.3'ünde "Genel Tasarım İlkeleri" başlığı altında sunulmuştur. Bu ilkelerin özeti aşağıdaki gibidir:

1. Tasarım ilkeleri için öncelikle; yalıtım sisteminin üst yapının altına yerleştirilmesidir, böylece alt yapıyla üst yapı arasında bir yalıtım ara yüzeyi oluşturulur.

2. Yalıtım sistemi uygulanan yapılar için hesaplamalarda Bina Önem Katsayısı (I) değeri 1 olarak kullanılacaktır.

3. Yapı tasarımında iki farklı deprem yer hareketi düzeyi kullanılmasının gerekliliğine vurgu yapmaktadır. İki farklı deprem yer hareketi şunlardır:

a) DD-2 Deprem Yer Hareketi Düzeyi (Tasarım Depremi Yer Hareketi): 475 yıllık tekrarlanma periyoduna sahip olan ve 50 yılda %10 aşılma olasılığına sahip yer değiştirme hareketidir. Yani, ifade edilen deprem yer değiştirme hareketi, projelendirme ve tasarım için belirlenen standart bir deprem senaryosunu temsil eder.

Tasarım bu deprem yer hareketine göre gerçekleştirilir ve yapı, bu depreme karşı dayanıklı hale getirilir.

b) DD-1 Deprem Yer Hareketi Düzeyi (En Büyük Deprem Yer Hareketi): 2475 yıllık tekrarlanma periyoduna sahip olan ve 50 yılda %2 aşılma olasılığına sahip deprem yer değiştirme hareketidir. Bu deprem yer hareketine göre yapı, daha yüksek bir dayanıklılık seviyesine göre tasarlanır.

4. Yapıların hem izolasyon sistemi altındaki hem de üstündeki bölgelerinde deprem etkilerine karşı daha güvenli olmasını sağlar. Sınırlı süneklik, deprem veya diğer yükler altında belirli bir dereceye kadar esneklik gösterebilme yeteneğini ifade eder. Bu tasarım, izolasyon sisteminin altında ve üstünde kalan bölgeler arasındaki farklı malzeme davranışlarına uygun olarak yapılan bir yaklaşımı temsil eder.

5. Yapıda oluşabilecek burulma etkilerini azaltmak için, üst yapının kütle merkezi ve yalıtım sisteminin etkin rijitlik merkezi arasındaki düşey izdüşümünün mümkün olduğunca yakın olması önemlidir. Bu yakınlık, burulma kuvvetlerinin dengelenmesini sağlar ve yapıyı daha stabil hale getirir.

6. Yapılarda yalıtım sistemleri uygulanmasıyla yapılacak yer değiştirme hesabında; DD-1 için yalıtım birimleri parametreleri sınır alt değeri ve üst yapıdaki en büyük yatay yer değiştirme kuvveti hesabında da DD-2 için yalıtım birimleri parametreleri sınır üst değeri hesaba alınır.

7. Yalıtımlı tasarlanan sistemler için kriter olarak DD-1 yer hareketinde maksimum yer değiştirme iç kuvvetlerin, maksimum yer değiştirme durumunun %50'sine sahip olduğu durumda meydana gelecek iç kuvvetlerden en az 0.025W kadar farklı olmalıdır.

8. Yalıtım sistemi uygulanmış yapı yatay ekseninde tekrar eden merkezleme kuvveti oluşturacak şekilde D yer değiştirmesi ile tasarlanacaktır ve yapının titreşim periyodu değeri, maksimum 6 saniye olacak biçimde uygulanacaktır.

9. Yalıtım sistemlerinin kullanıldığı yapılarda, yalıtım birimleri, doğrusal olmayan davranışlar için modellenenebilir ancak yapıların üst ve alt kısımları genellikle doğrusal elastik olarak modellenir. Bu yaklaşım, yapıların gerçekçi bir şekilde modellenmesini ve analiz edilmesini sağlar, aynı zamanda modellemenin karmaşıklığını azaltır.

10. Yalıtımlı sistemde hesaplanan kaz ivmesi yalıtım sisteminin belirli

parametrelerinin nominal değerlerinin kullanılması hesaplamaların basitleştirilmesine ve yalıtımlı sistemlerin davranışlarının tahmin edilmesine yardımcı olur.

11. Yalıtım sistemine sahip yapılar için önemli bir tasarım kriteri, hesaplanan en büyük yer değiştirme değeri için yatayda engellenmemiş hareket alanına sahip olmaları gerektirir. Bu alan, yapıyı yük altında stabil tutar ve istenmeyen davranışları önler. Engellenmemiş hareket alanının sağlanmaması durumunda, yapı sistemi ankastre gibi davranabilir ve istenmeyen sonuçlarla karşılaşılabilir.

12. TS EN 1337 ve TS EN 15129 standartları dikkate alınır.

13. Yalıtım sistemlerinin kullanıldığı yapılarda, D: Dayanım fazlalığı katsayısı ve R: Deprem yükü azaltma katsayısı olmak üzere Tablo 1’de performans hedefleri belirtilmiştir.

Tablo 1. Deprem yükü azaltma ve dayanım fazlalığı katsayıları

Performans Hedefi	R	D
KK	1,2	1,5
HK	1,5	2,0

Kesintisiz Kullanım (KK): Sistem hasarlarının ihmal edilebilir durumudur.

Hemen Kullanım (HK): Yapıların taşıyıcı sistemlerinde oluşan hasarın ve doğrusal olmayan davranışın istenen düzeyde sınırlandırılmasıdır.

1.6.3. TBDY’ e Göre Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan (ZTADO) Hesap Yönteminin Seçilmesi

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) bölüm 4.1.3'e göre:

- * Yüksek binaların tasarımı için (Bölüm 13),
- * Depreme karşı yalıtım uygulanmış bina tasarımı için (Bölüm 14),
- * Bina güçlendirilmesi hesaplarının dışında kalan herhangi bir yapı için;

Doğal titreşim periyotlarına (DGT) dayalı analizlere izin verilmiştir. Ancak, DGT'nin kullanımına tamamen izin verilmediği yapılar için, alternatif hesap esasları olan ŞGDT geçerlidir. Ayrıca, deprem yalıtımlı binalar ve yüksek yapılar için kısmen DGT esaslarının kullanılmasına da izin verilebilir.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne (TBDY) göre, yapıların analizi için

Bölüm 5'te zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılarak yapılacak deprem hesabı yönteminden bahsedilir. Hesap yöntemi seçilirken deprem tasarım sınıflarına (DTS) bağlı olarak bina yüksekliği (H_N : binanın taban seviyesinden başlanarak son kata kadar ölçülen yüksekliği) sınıflandırılır ve bina yükseklik sınıfı (BYS) tablolarında belirtilir. TBDY'e göre $BYS=1$ olan bina yapıları için, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi kullanımı zorunludur.

Tablo 2. TBDY' e göre bina yükseklik sınıfları (BYS)

Bina	Bina Yükseklik Sınıfları ve Deprem Tasarım Sınıflarına Göre Tanımlanan Bina Yükseklik Aralıkları		
Yükseklik Sınıfı	DTS=1. 1a. 2. 2a.	DTS=3. 3a.	DTS=4. 4a.
BYS=1	$H_N > 70$	$H_N > 90$	$H_N > 105$
BYS=2	$56 < H_N \leq 70$	$70 < H_N \leq 91$	$91 < H_N \leq 105$
BYS=3	$42 < H_N \leq 56$	$56 < H_N \leq 70$	$56 < H_N \leq 91$
BYS=4	$28 < H_N \leq 42$	$42 < H_N \leq 56$	
BYS=5	$17,5 < H_N \leq 28$	$28 < H_N \leq 42$	
BYS=6	$10,5 < H_N \leq 17,5$	$17,5 < H_N \leq 28$	
BYS=7	$7 < H_N \leq 10,5$	$10,5 < H_N \leq 17,5$	
BYS=8	$H_N \leq 7$	$H_N \leq 10,5$	

Tablo 3. Deprem yalıtımlı bina performans hedefleri

(a) yeni yapılacak deprem yalıtımlı binalar - üstyapı

Deprem Düzeyi	DTS=1. 2. 3. 3a. 4. 4a.		DTS=1a. 2a.	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı
DD-2	HK	DGT	KK	DGT
DD-1	-	-	-	-

(b) Deprem yalıtımı yapılarak güçlendirilecek mevcut binalar - üstyapı

Deprem Düzeyi	DTS=1. 2. 3. 3a. 4. 4a.		DTS=1a. 2a.	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı
DD-2	CG	DGT	HK	DGT
DD-1	-	-	-	-

(c) Yeni yapılacak ve güçlendirilecek deprem yalıtımlı binalar – yalıtım sistemi ve altyapı

Deprem Düzeyi	DTS=1. 2. 3a. 4. 4a.		DTS=1a. 2a.	
	Normal Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı	İleri Performans Hedefi	Tasarım Yaklaşımı
DD-2	-	-	-	-
DD-1	KK	ŞGDT ⁽¹⁾ - DGT ⁽²⁾	KK	ŞGDT ⁽¹⁾ - DGT ⁽²⁾

(1) Yalıtım sistemi için uygulanacak

(2) Altyapı için uygulanacak

1.6.4. ZTADO Hesap İçin TBDY18 Kuralları

- Yapının taşıyıcı sistemi 3 boyutlu olarak modellenecek ve her iki doğrultuda da deprem etkisi sürekli olarak dikkate alınacaktır.
- Doğrusal sistemde kullanılacak olan sönüm oranı varsayılan olarak %5.0 olacaktır ve sistem düşey yükler etkisi altında değiştiğinde oluşabilecek ikinci mertebe etkileri hesaba alınacaktır.
- TBDY Bölüm 15, yapıların şekildeğiştirme süreçlerinde ve tasarımında malzeme dayanımlarını belirler. Bu yönetmelik, beton ve donatı çeliği için geçerli dayanım değerlerini dikkate alır. Beton ve donatı çeliği için belirlenen dayanımlar, yapıların güvenliğini sağlamak için temel öneme sahiptir. (a).

Tablo olarak TBDY'de belirtilen dayanımlar;

- * Beton için; ortalama basınç dayanımı (f_{ce}) ve karakteristik basınç dayanımı (f_{ck})
- * Donatı çeliği için: ortalama akma dayanımı (f_{ye}) ve karakteristik akma dayanımı (f_{yk}) (Tablo 4).

Tablo 4. Beklenen (ortalama) malzeme dayanımları

Beton	$f_{ce}=1,3 f_{ck}$
Donatı Çeliği	$f_{ye}=1,2 f_{yk}$
Yapı Çeliği(S235)	$f_{ye}=1,5 f_{yk}$
Yapı Çeliği(S275)	$f_{ye}=1,3 f_{yk}$
Yapı Çeliği(S355)	$f_{ye}=1,1 f_{yk}$
Yapı Çeliği(S460)	$f_{ye}=1,1 f_{yk}$

- * Tablo 5'e dayalı olarak yapının hareketli yük azaltma katsayısını belirlemek için, yapının kullanım amacı bilinmesi gerekir.

Tablo 5. Hareketli yük kütle katılım katsayısı

Bina Kullanım Amacı	<i>n</i>
Depo, antrepo, vb.	0,80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, ibadethane, lokanta, mağaza, vb.	0,60
Konut, işyeri, otel, hastane, otopark, vb.	0,30

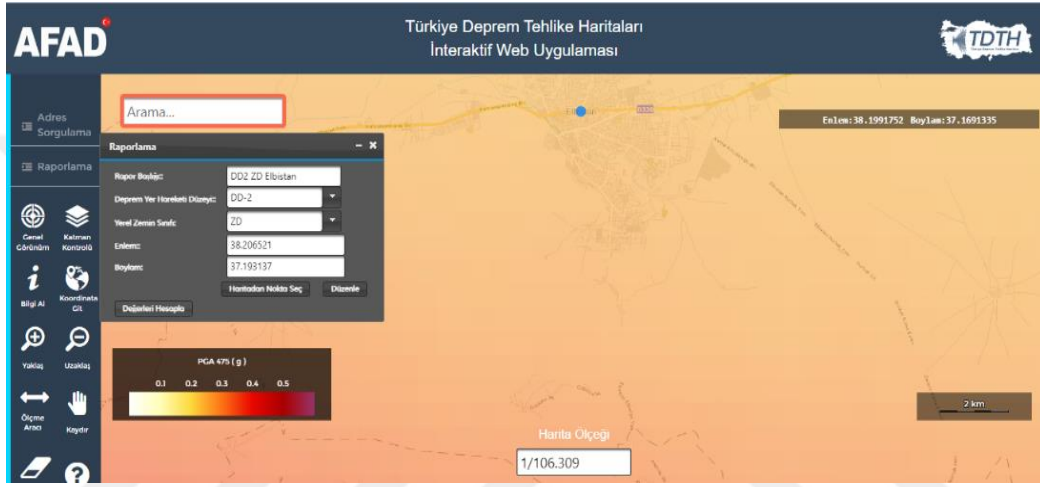
* Döşeme ve perdelerin düzlem dışı ve düzlem içi hareketlerine etkiyen etkin rijitlik çarpanlarını belirlemek için Tablo 6'dan ilgili bilgiler alınacak. Bu tablo, doğrusal yapıların modellenmesinde kullanılacak olan etkin rijitlik çarpanlarını sağlar. Düzlem içi ve düzlem dışı davranışlar için farklı rijitlik değerleri olabilir. Bu tablo, yapının modellenmesi ve analizi sırasında önemli bir kaynak olacaktır.

Tablo 6. Betonarme sistemlerinin etkin kesit rijitlik çarpanı

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitlik Çarpanı	
Perde-Döşem(Düzlem içi)	Eksenel	Kayma
Perde	0,50	0,50
Bodrum Perdesi	0,80	0,50
Döşeme	0,25	0,25
Perde-Döşem(Düzlem dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0,25	1,00
Bodrum Perdesi	0,50	1,00
Döşeme	0,25	1,00
Çubuk eleman	Eğilme	Kesme
Bağ Kirişi	0,15	1,00
Çerçeve kirişi	0,35	1,00
Çerçeve kolonu	0,70	1,00
Perde (eşdeğer çubuk)	0,50	1,00

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Yapılan çalışmada Zemin+5 kattan oluşan bir bina ankastre mesnetli ve viskoz sönümleyicili olmak üzere üç boyutlu modellenmiştir. Yapı her iki ekseninde simetrik modellenerek yapısal düzensizlik içermemektedir. 38.206521 enlem ve 37.193137 boylamında bulunan Kahramanmaraş ilinde ZD zemin sınıfı üzerinde inşa edilecektir.



Şekil 24. AFAD interaktif web uygulaması konum bilgileri

Binanın inşa edileceği konumun zemin sınıfı ve koordinat bilgileri sisteme girilerek DD2 deprem düzeyine karşılık gelen elastik ivme spektrumları Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması aracılığıyla hesaplanmıştır. DD2 düzeyi için $S_s = 0,561$ ve $S_1 = 0,162$ olarak belirlenen değerler ZD zemin sınıfı için tasarım spektral ivme katsayılarına $S_{DS} = 0,758$ ve $S_{D1} = 0,369$ değerlerine dönüştürüldü.

Tablo 7. Web uygulamasından DD2 için S_{DS} ve S_{D1} değerleri

Tasarım Spektral İvme Katsayıları

$$S_{DS} = S_s F_s = 0,561 * 1,351 = 0,758$$

$$S_{D1} = S_1 F_1 = 0,162 * 2,276 = 0,369$$

2.1. Sap2000 Programıyla Binanın Modellenmesi

Yapı Parametreleri:

Kat sayısı: Zemin + 5 kat

Kat yüksekliği: 3 metre (toplam yükseklik 18 metre)

Döşeme kalınlığı: 15 cm

Kolon kesit alanı: 0.36 m^2 (0.6x0.6) Kiriş kesit alanı: 0.18 m^2 (0.3x0.6)

Radye Temel Kalınlığı: 80 cm

Malzeme Özellikleri:

Kullanılan beton sınıfı: 30/37 ($f_{ck} = 30 \text{ Mpa}$)

Kullanılan betonun elastisite modülü (E_c): 33000MPa

Kullanılan donatı çeliğinin sınıfı: S420 ($f_{yk} = 420 \text{ Mpa}$)

Kullanılan donatı çeliğinin elastisite modülü (E_s): 210000 Mpa

Yönetmelik Esasına Dayalı Bazı Parametreler (TBDY 2018):

Seçilen yerel zemin sınıfı: ZD; Orta sıkı - sıkı kum, çakıl veya çok katı kil tabakaları

Bina önem katsayısı(I): 1 (Yalıtım sisteminin uygulandığı yapılar)

Hareketli yük katılım katsayısı(n): 0,3 (Tablo 5)

Yapıya Etkiyen Yükler:

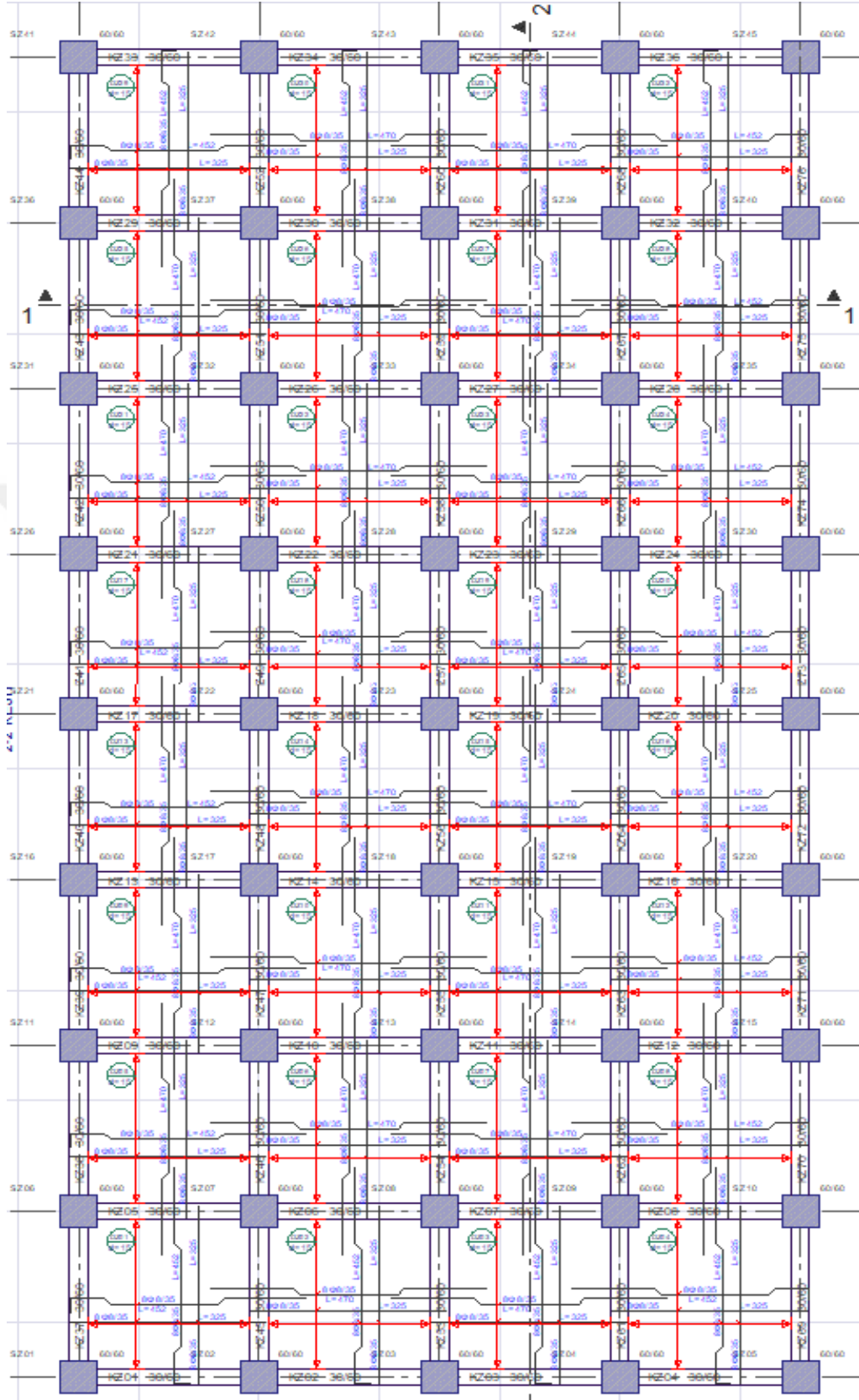
Ölü yük (G): $1,8 \text{ kN/m}^2$ (Döşeme üzerine)

Hareketli yük (Q): 4 kN/m^2 (iç döşeme- dış döşeme)

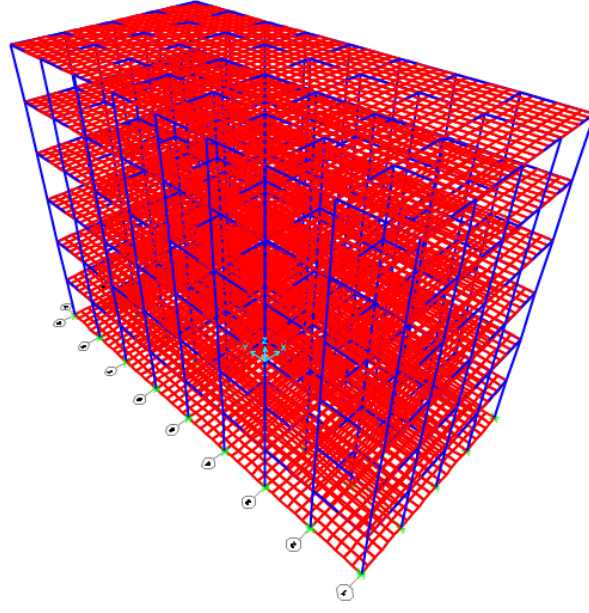
Dış kirişler üzeri için yük: 5 kN/m

İç kirişler üzeri için yük: 5 kN/m

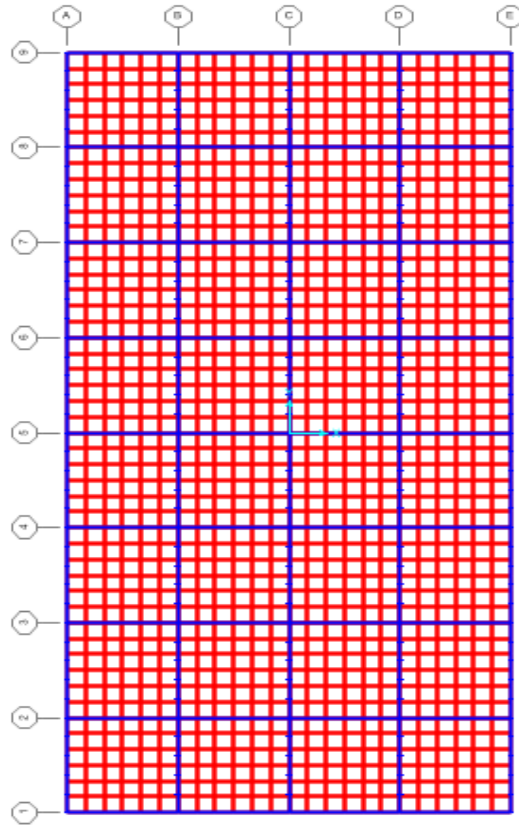
Hareketli ve ölü yükler için TS-498 standartlarından yararlanılmıştır. Sap2000 programında taşıyıcı sistem yüksek süneklik düzeyine sahip çerçeve sistemden oluşturulmuştur. Yapıya ait döşemeler plak döşeme olarak modellenmiştir. Yapı için modellenen alanlar (döşeme ve radye temel) 50 cm aralıklarla sonlu elemanlara bölünerek elde edilecek sonuçların daha hassas hesaplanması amaçlanmıştır.



Şekil 25. Yapıya ait kalıp planı



Şekil 26. Sap2000 analiz 3D görünümü



Şekil 27. Sap2000’de sonlu elemanlara bölünmüş kat planı

2.2. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Visköz sönümleyicili yapı tasarımı için dinamik analizler yönetmeliğe uygun olarak gerçekleştirilir. Yapılan modellemenin zaman tanım alanında dinamik analiz (ZTA) yöntemi ile sismik performansı belirlenir. Bu yöntemde yönetmelik doğrultusunda en az 11 deprem kaydı seçilir. Seçilecek olan bu deprem seti için yönetmeliğin belirlemiş olduğu kurallar uygulanır ve ölçeklendirme işlemi yapılır.

Deprem kayıtları seçilirken yapay deprem kayıtları oluşturmak, yapay deprem kayıtları kullanmak ve orijinal deprem kayıtlarının kullanılması gibi yöntemler kullanılır. Bu çalışmada da orijinal deprem kayıtlarının kullanılmasıyla analizler gerçekleştirilir. Orijinal deprem kayıtları Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Ground Motion Veritabanı kullanılarak elde edilir (Erdoğan, Çavdar, ve Özdemir, 2021)

Zaman tanım alanında dinamik analizde kullanılacak deprem kayıtları (en az 11 deprem kaydı) X ve Y asal eksenleri doğrultusunda birlikte etki ettirilmeli ve birbirine dik olmalıdırlar.

TBDY 2018'e göre Deprem Kayıtlarının Seçilmesi

Tasarlanan binanın gerçekleştirileceği zeminde meydana gelmiş deprem kayıtları öncelikle seçilmesi gerekmektedir. En az 11 deprem kaydı seçilir.

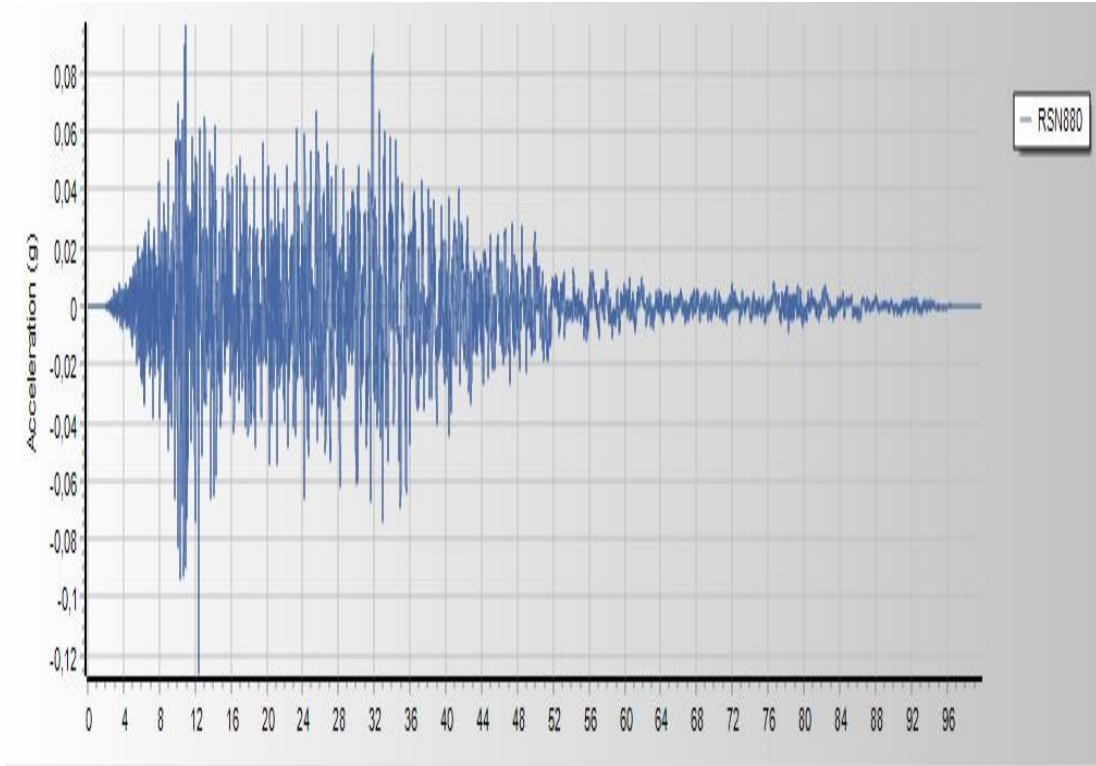
Seçilen kayıtların spektrum ortalamaları $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ (T_p : binanın hâkim doğal titreşim periyot değeri) değerleri arasında olacak şekilde seçilen yer hareketi kayıtları ölçeklendirilir.

Bu çalışma kapsamında gerçek deprem büyüklük değerleri minimum 6.00 dan büyük olacak ve maksimum 7.50 değerini geçmeyecek şekilde seçilmesine karar verilmiştir. İvme değerleri seçiminde projenin uygulanacak olduğu saha ve yakın çevresi için geçmiş deprem kayıtlarına öncelik verilir. Bu doğrultuda Kahramanmaraş ve çevresinde gerçekleşmiş deprem kayıtlarına öncelik verilmiştir. Sahanın ZD zemine sahip olduğu ve etkili olacak yer hareketi için normal fay ya da doğrultu atımlı mekanizmaya sahip olduğu kabul edilir. Seçimi yapılan gerçek deprem ivme kayıtlarının fay kırığına olan mesafesi 25 km'den az ve 70 km'den fazla olmayan istasyonlardan alınmasına dikkat edilmiştir.

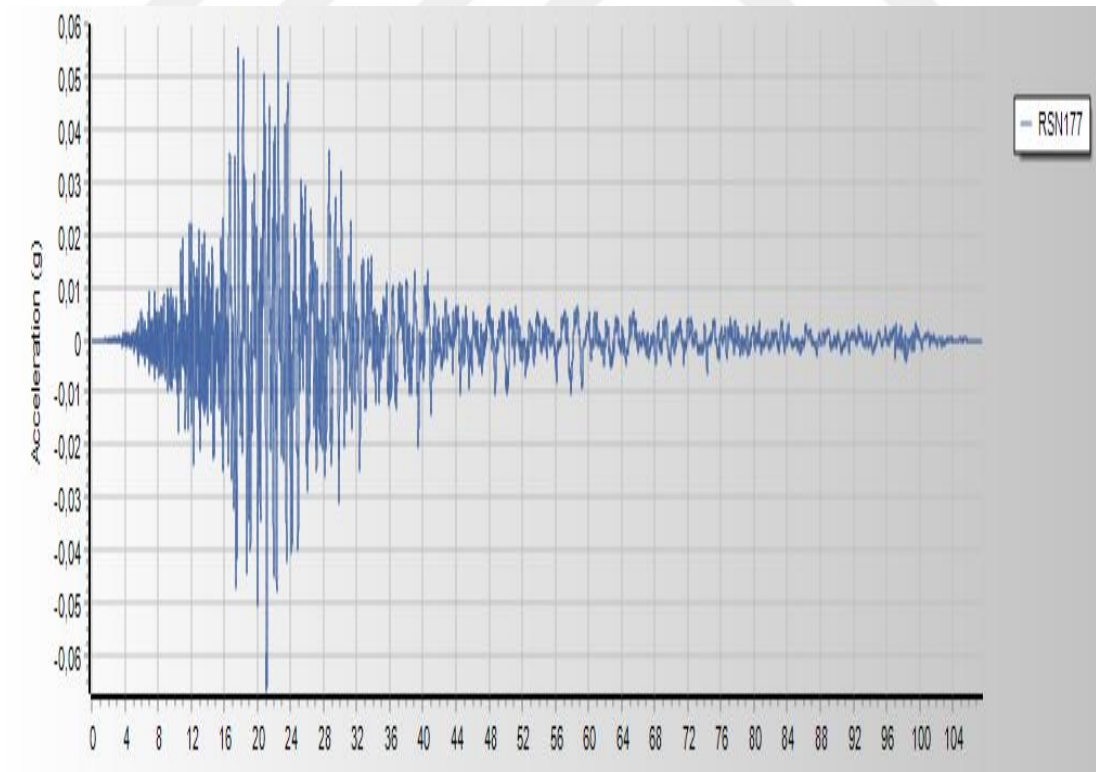
Tablo 8. PEER yazılımı kullanılarak seçilen ivme kayıtları ve özellikleri

Kayıt No	İstasyon Kodu	Seçilen Deprem Adı	Ölçüm İstasyonu	Yıl	Rjb(Km)	Büyüklik
1	880	Landers	Mission Creek Fault	1992	26,96	7,28
2	1776	Hector Mine	Desert Hot Springs	1999	56,4	7,13
3	5838	El Mayor- Cucapah, Mexico	ElCentro-Meloland Geotechnic	2010	28,53	7,2
4	5859	El Mayor- Cucapah, Mexico	Westmorland Fire Sta	2010	42,29	7,2
5	5969	El Mayor- Cucapah, Mexico	Bonds Corner	2010	30,75	7,2
6	5988	El Mayor- Cucapah, Mexico	Meloland, E Holton Rd.	2010	30,18	7,2
7	6005	El Mayor- Cucapah, Mexico	Holtville Post Office	2010	36,15	7,2
8	6013	El Mayor- Cucapah, Mexico	El Centro- Union School	2010	27,81	7,2
9	6896	Darfield, New Zealand	DORC	2010	29,96	7
10	6933	Darfield, New Zealand	MAYC	2010	33,54	7
11	8160	El Mayor- Cucapah, Mexico	El Centro Array #4	2010	35,08	7,2

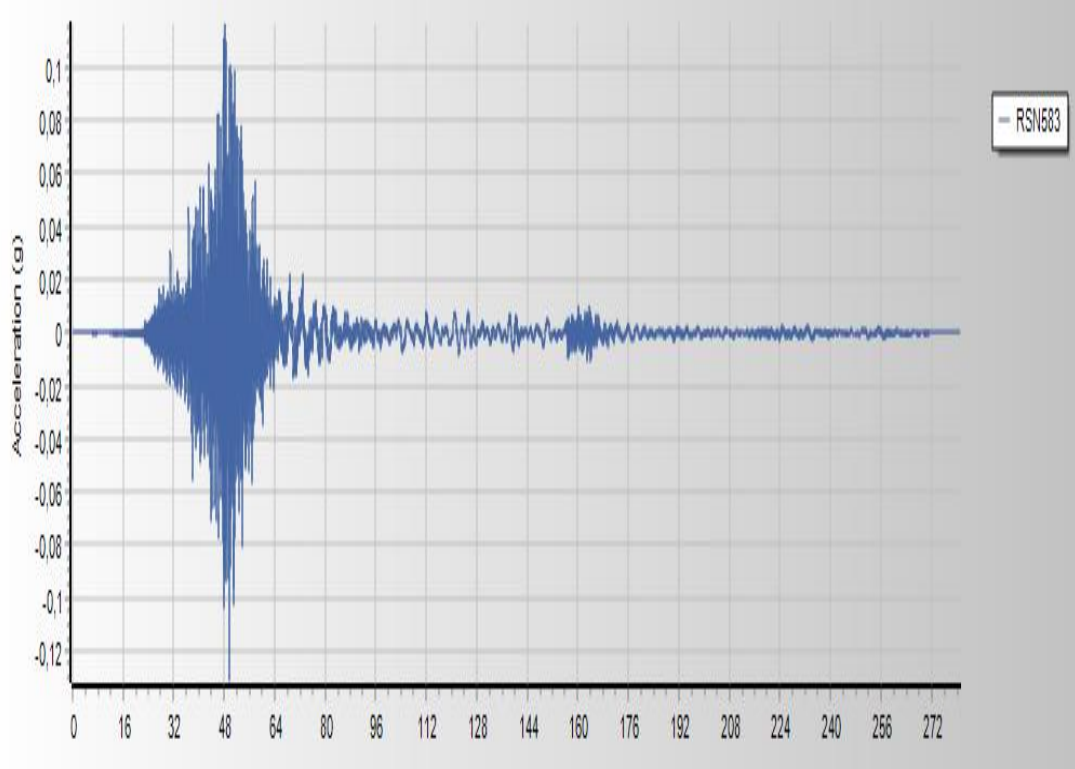
Doğrusal olmayan deprem analizlerinde kullanılacak ivme kayıtları <https://ngawest2.berkeley.edu> sitesinden alınmıştır.



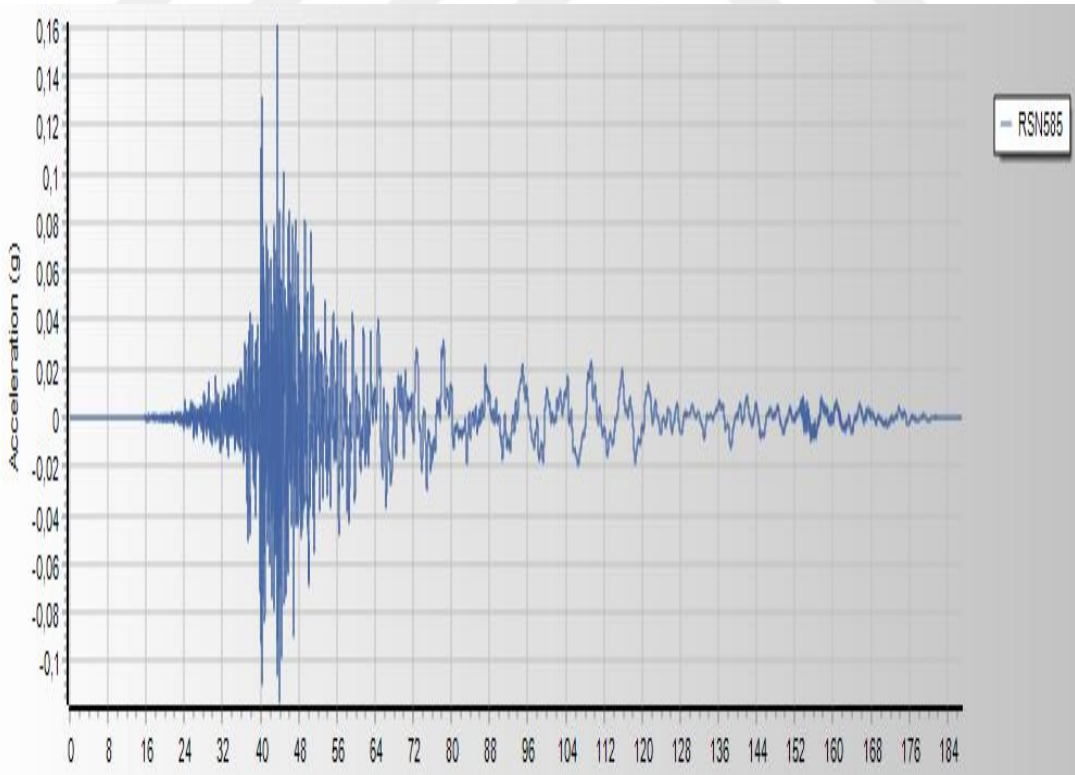
Şekil 28. RSN880 deprem kaydı



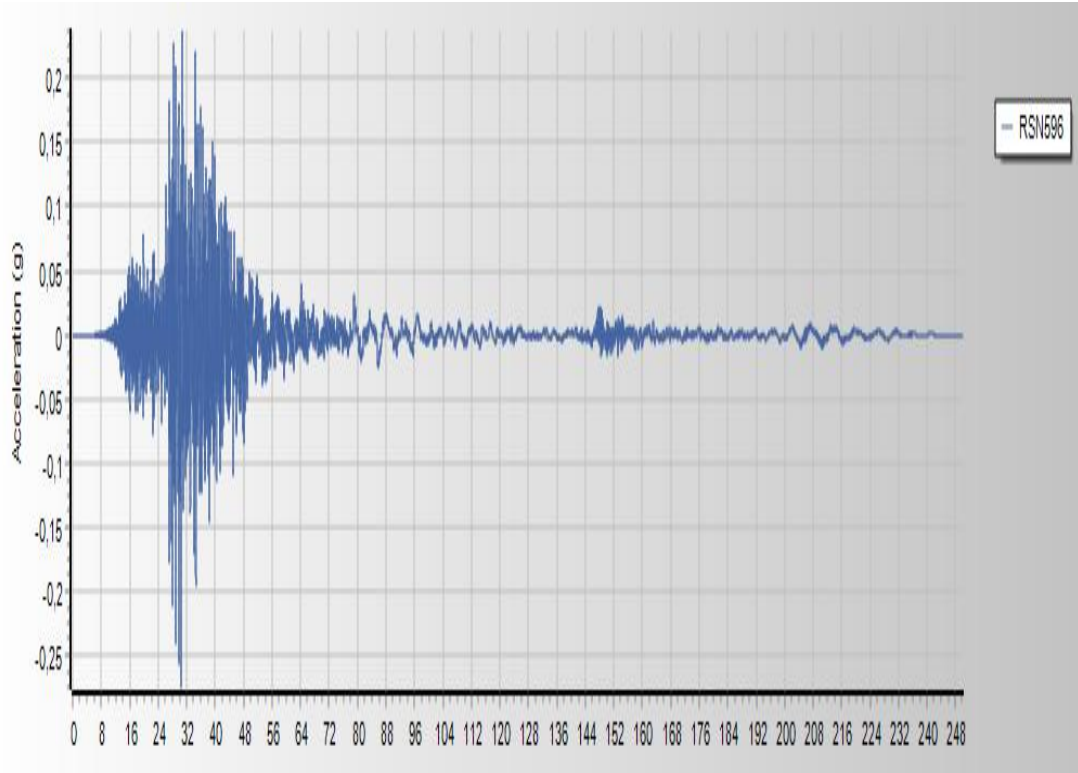
Şekil 29. RSN1776 deprem kaydı



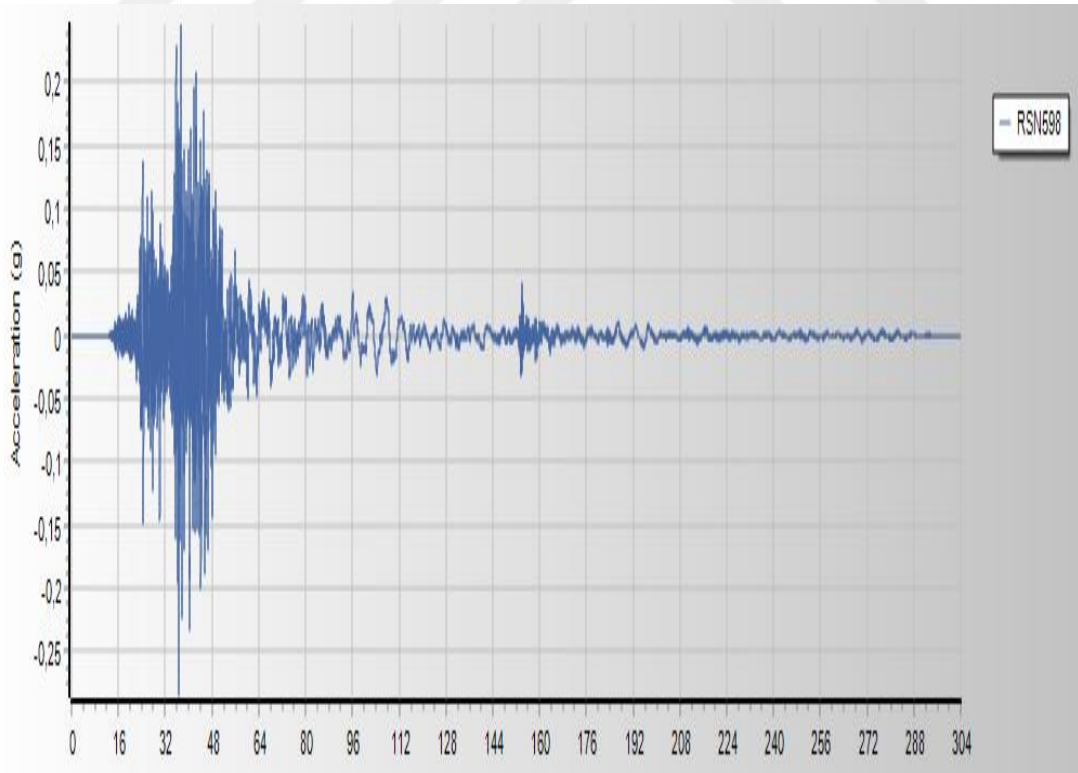
Şekil 30. RSN5838 deprem kaydı



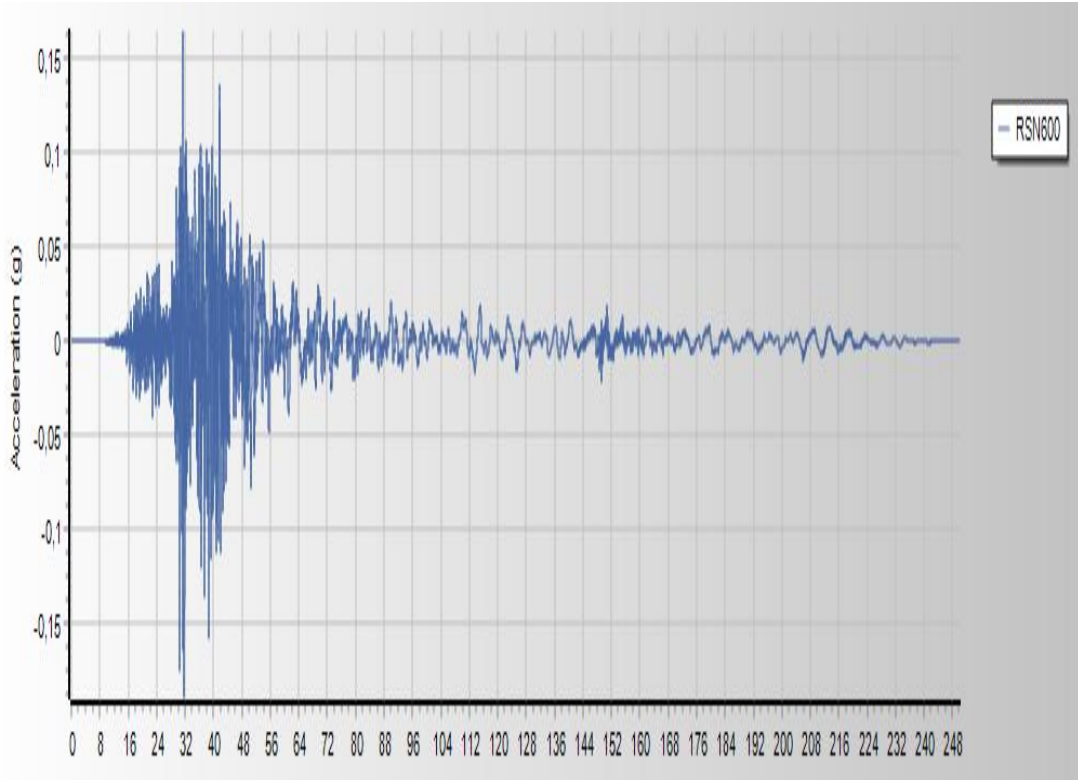
Şekil 31. RSN5859 deprem kaydı



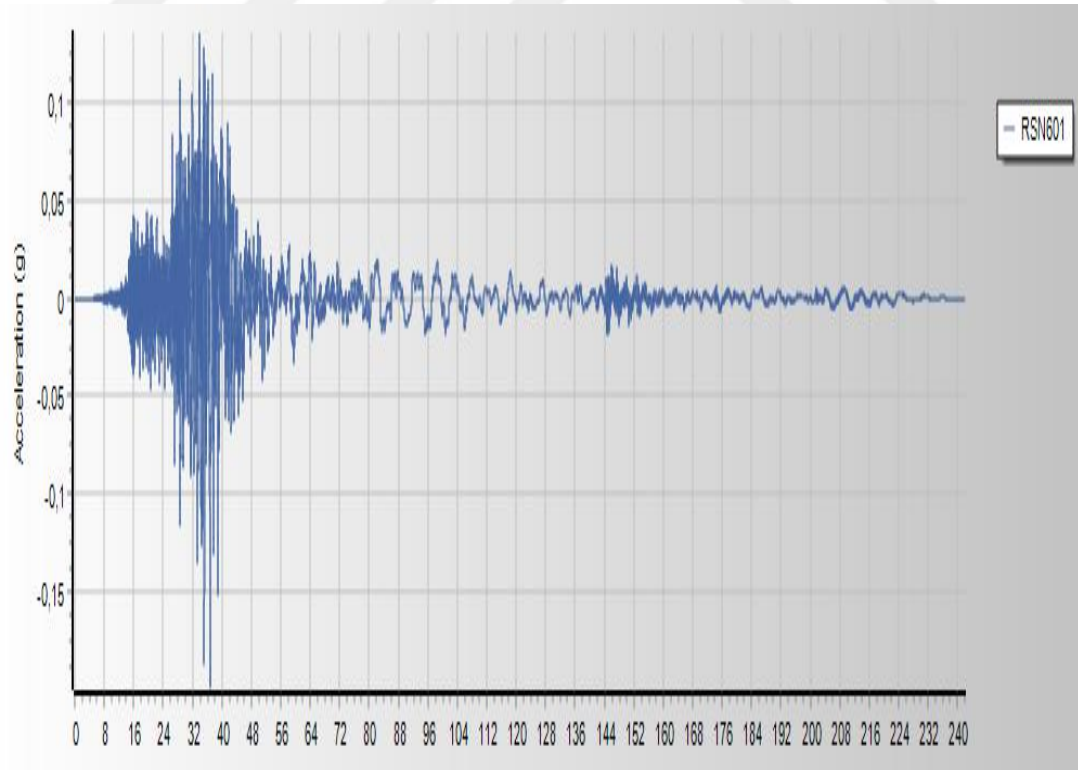
Şekil 32. RSN5969 deprem kaydı



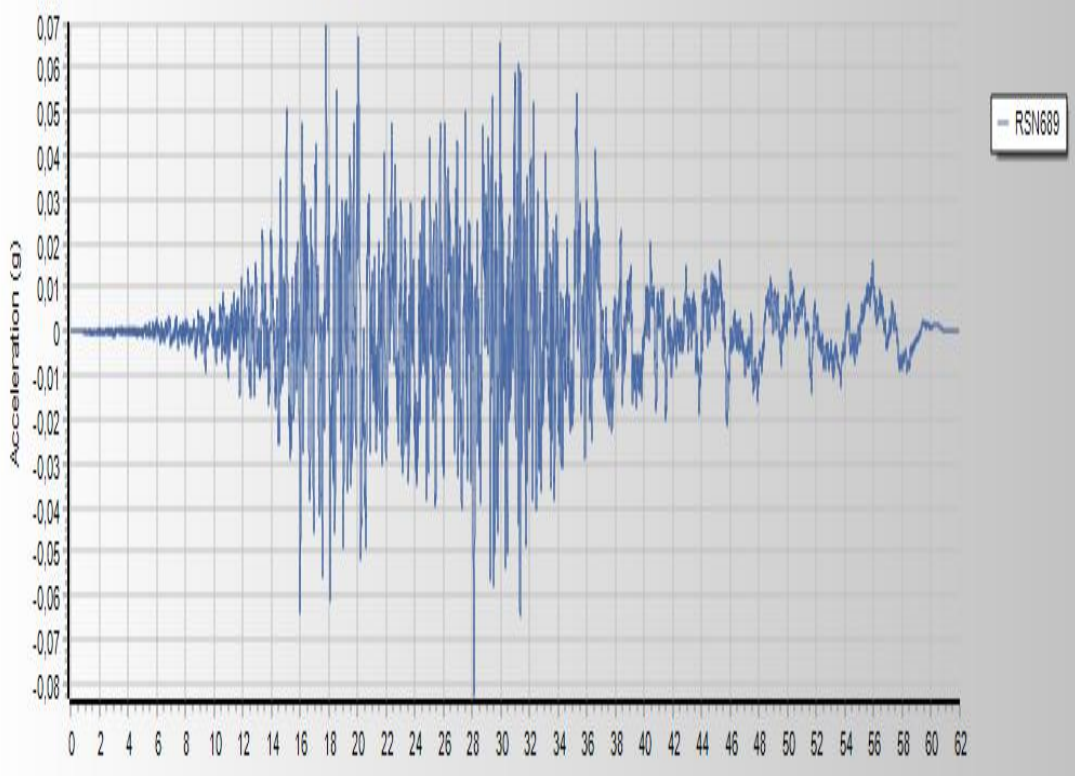
Şekil 33. RSN5988 deprem kaydı



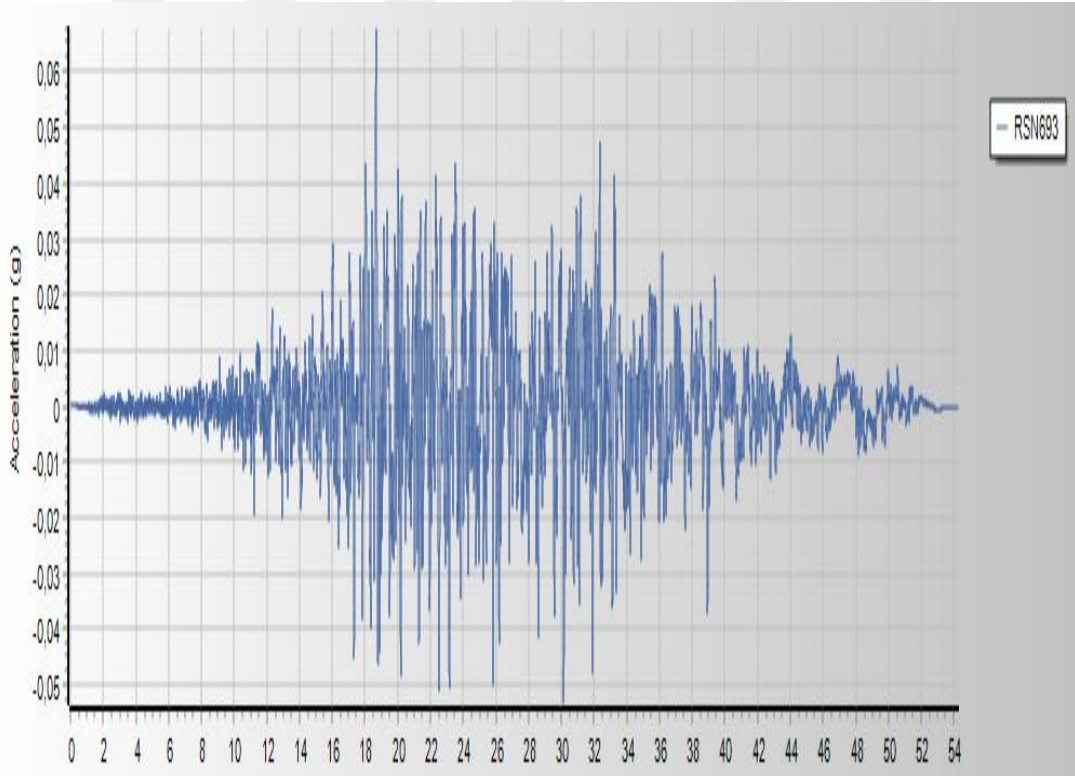
Şekil 34. RSN6005 deprem kaydı



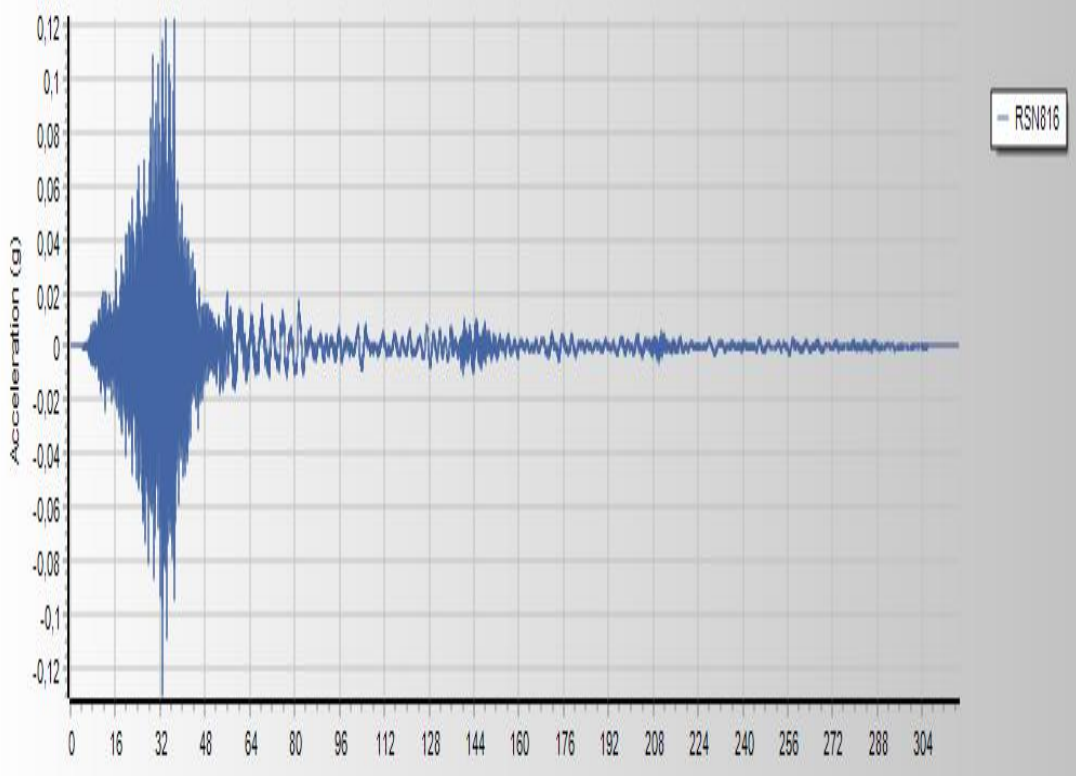
Şekil 35. RSN6013 deprem kaydı



Şekil 36. RSN6896 deprem kaydı



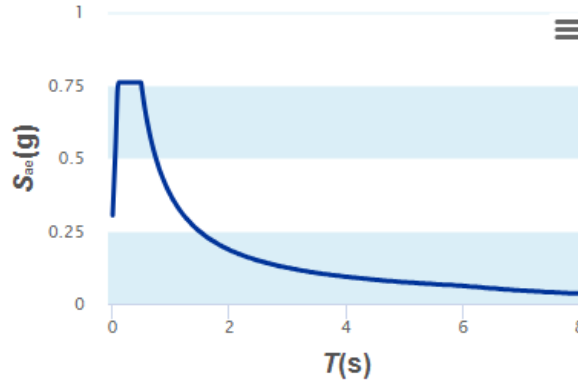
Şekil 37. RSN6933 deprem kaydı



Şekil 38. RSN8160 deprem kaydı

Deprem ivme kayıtları ölçeklendirilirken Basit ölçeklendirme yöntemi seçilir ve ölçeklendirme işlemi Seismomatch programı ile yapılır. Seçili deprem kayıtları belirli ölçek katsayıları kullanılarak büyütülüp ya da küçültülerek saha için hedeflenen tepki spektrumuna uygun hale getirilmesi basit ölçeklendirme yönteminin ana hatlarını oluşturmaktadır. Yönetmeliğinde belirttiği gibi birden fazla kayıt kullanılarak elde edilen ortalama spektrum sahaya özel tepki spektrumuyla uyumlu hale getirilir.

Ölçeklendirme işlemi DD2 deprem yer hareketine göre ZD zemin sınıfına sahip enlem ve boylam değerlerinin belirlenmiş olduğu saha için gerçekleştirilecektir. DD-2 depremi yönetmeliği belirtmiş olduğu tasarım olmakla birlikte 50 yılda spektral büyüklüklerinin aşılma olasılığının %10,0 olduğu buna bağlı olarak da tekrarlanma periyot değerinin 475 yıl olarak hesaplandığı deprem yer hareketini ifade eder. Bu yer hareketlerine ve yapının yapılacak olduğu sahaya ait spektrum eğrisi Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulamasından elde edilir.

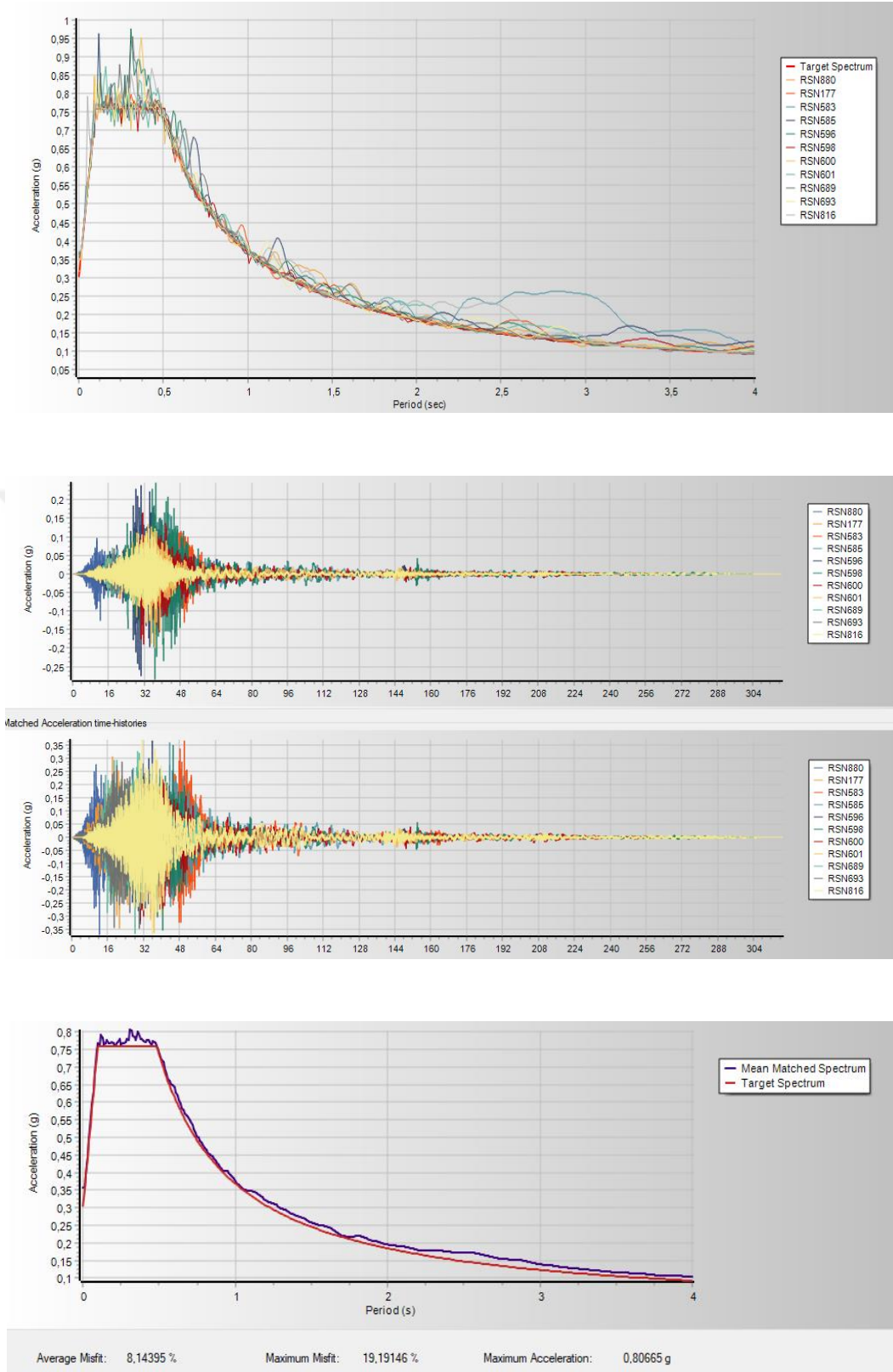


Şekil 39. DD-2 yatay elastik spektrum eğrisi

Tablo 9. Seçilmiş ivme kayıtlarına ait ölçek katsayıları

Kayıt No	İstasyon Kodu	Seçilen Deprem Adı	Ölçüm İstasyonu	Ölçek DD2	Büyüklik
1	880	Landers	Mission Creek Fault	2,13	7,28
2	1776	Hector Mine	Desert Hot Springs	3,26	7,13
3	5838	El Mayor- Cucapah, Mexico	El Centro- Meloland Geotechnic	1,17	7,2
4	5859	ElMayor- Cucapah, Mexico	Westmorland Fire Sta	1,44	7,2
5	5969	El Mayor- Cucapah, Mexico	Bonds Corner	1,05	7,2
6	5988	El Mayor- Cucapah, Mexico	Meloland, E Holton Rd.	0,90	7,2
7	6005	El Mayor- Cucapah, Mexico	Holtville Post Office	1,27	7,2
8	6013	El Mayor- Cucapah, Mexico	El Centro- Meadows Union School	1,14	7,2
9	6896	Darfield, New Zealand	DORC	2,72	7
10	6933	Darfield, New Zealand	MAYC	4,08	7
11	8160	El Mayor- Cucapah, Mexico	El Centro Array #4	1,03	7,2

Basit ölçeklendirme işlemi Peer Ground Motion Database web sitesinde yapılmıştır.



Şekil 40. İvme setinin DD-2 spektral ivme değerlerinin ölçekli hali

3. BULGULAR

3.1. Ankastre Mesnetli Binanın Tasarımı ve Analiz Sonuçları

Sap2000’de modellenen ankastre mesnetli yapının modal analizi sonucunda yapıya ait modal kütle katılım oranları, serbest titreşim periyodu ve frekansı elde edilmiştir. Modal katkı oranı yüzde 3 değerinden büyük olan her mod dikkate alınır. Programdan alınan değerlere göre 12 modun kullanılmasının yeterli olacağı belirlenmiştir. Sap2000’de gerçekleştirilen modal analiz sonuçları tablo halinde aşağıda verilmiştir.

Tablo 10. Ankastre mesnetli yapı için elde edilen modal analiz sonuçları

Mod	Periyot (s)	Frekans	UX	UY	UZ	Σ UX	Σ UY	Σ UZ
1	0,58	1,71	0,82	0	0	0,82	0	0
2	0,56	1,77	0	0,82	0	0,82	0,82	0
3	0,54	1,85	0	0	0	0,82	0,82	0
4	0,18	5,37	0,10	0	0	0,92	0,82	0
5	0,18	5,52	0	0,10	0	0,92	0,92	0
6	0,17	5,77	0	0	0	0,92	0,92	0
7	0,10	9,61	0,04	0	0	0,96	0,92	0
8	0,10	9,77	0	0,03	0	0,96	0,96	0
9	0,09	10,26	0	0	0	0,96	0,96	0
10	0,07	14,24	0,02	0	0	0,98	0,96	0
11	0,06	14,39	0	0,02	0	0,98	0,98	0
12	0,06	15,17	0	0	0	0,98	0,98	0

3.2. Viskoz Sönümleyici Uygulanan Binanın Tasarımı ve Analizi

Deprem analizlerinde kullanılacak olan viskoz sönümleyici sistemi verileri Tablo 11’de verilmiştir. Bunun için Link elemanlardan yararlanılmıştır. Link türü olarak viskoz sönümleyici için Damper-Exponential seçilmiştir. Modellemede

sönümleyici iki düğüm noktalı olarak modellenmiştir. Viskoz sönümleyici için de Taylor Devices'ın kataloğunda mevcut olan 17130 numaralı cihaz seçilmiştir. Akışkan viskoz sönümleyici sisteme uygulanırken optimizasyon işlemleri yapılmıştır (De Domenico, Ricciardi, and Takewaki 2019).

Tablo 11. Analizde kullanılan viskoz sönümleyici verileri

Kütle (kN*s ² /m)	Ağırlık (kN)	Serbestlik Derecesi	Rijitlik (kN/m)	Sönüm (kN*s/m)	Hız üsteli
VD					
98	500	U1	164618,43	29683,188	1

Şekil 41. Viskoz sönümleyici tanımlama

S Link/Support Directional Properties [X]

Identification

Property Name: Damper 17130

Direction: U1

Type: Damper - Exponential

NonLinear: Yes

Properties Used For Linear Analysis Cases

Effective Stiffness: 0,

Effective Damping: 0,

Properties Used For Nonlinear Analysis Cases

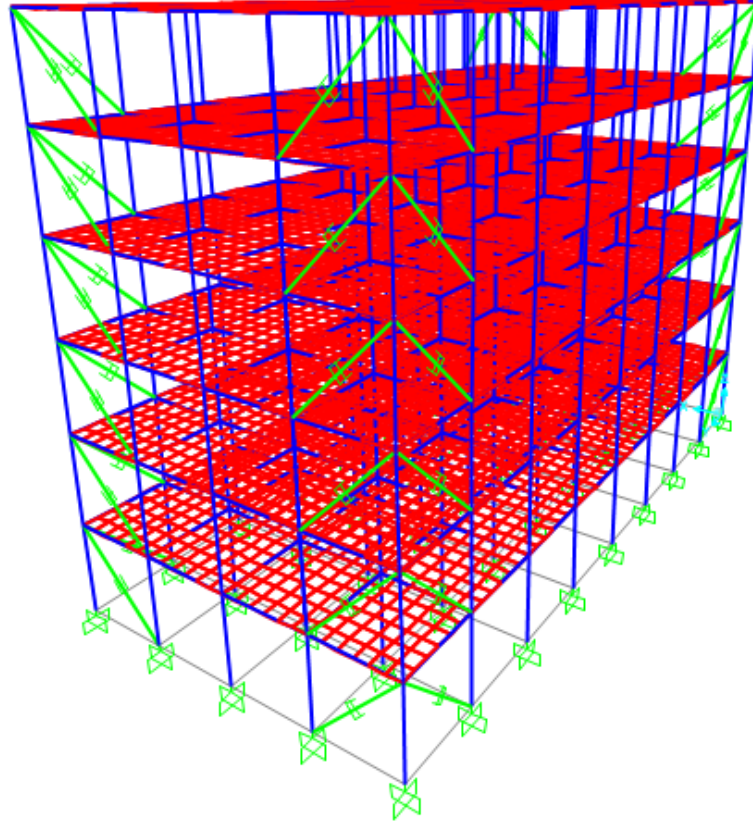
Stiffness: 164618,43

Damping Coefficient: 29683,188

Damping Exponent: 1,

OK Cancel

Şekil 42. Viskoz sönümleyici verileri girimi



Şekil 43. Viskoz sönümleyicilerin atanması 3D

Analizlerde kullanılacak Rayleigh sönüm katsayıları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Rayleigh sönüm katsayıları

Yapı Modeli	α	β
Sönümleyicisiz yapı	0,8393	0,003
Akışkan viskoz sönümleyicili yapı	3,928	0,016

Tablo 13. Viskoz sönümleyicili yapının modal analiz sonuçları

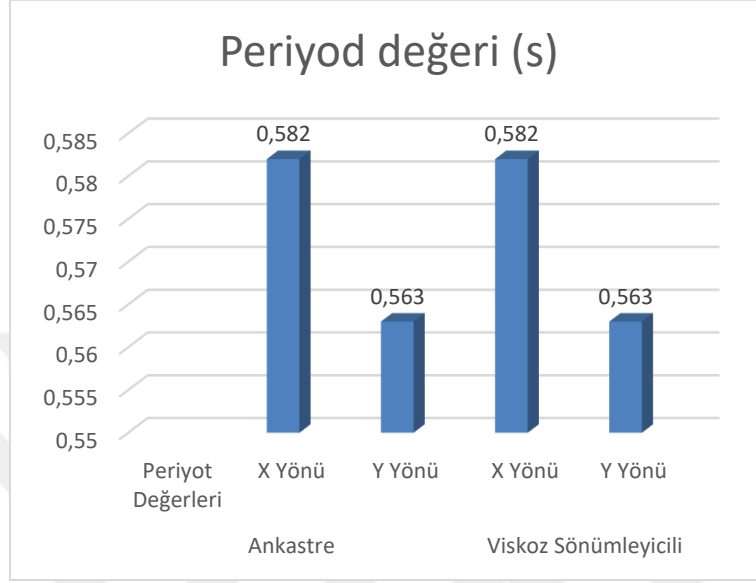
Mod	Periyot (s)	Frekans	UX	UY	UZ	Σ UX	Σ UY	Σ UZ
1	0,58	1,71	0,82	0	0	0,82	0	0
2	0,56	1,77	0	0,82	0	0,82	0,82	0
3	0,54	1,85	0	0	0	0,82	0,82	0
4	0,18	5,37	0,10	0	0	0,92	0,82	0
5	0,18	5,52	0	0,10	0	0,92	0,92	0
6	0,17	5,77	0	0	0	0,92	0,92	0
7	0,10	9,61	0,04	0	0	0,96	0,92	0
8	0,10	9,77	0	0,03	0	0,96	0,96	0
9	0,09	10,25	0	0	0	0,96	0,96	0
10	0,07	14,24	0,02	0	0	0,98	0,96	0
11	0,06	14,39	0	0,02	0	0,98	0,98	0
12	0,06	15,17	0	0	0	0,98	0,98	0

3.3. Yapılara Ait Periyod Değerlerinin İncelenmesi

Ankastre yapı, yenilikçi yöntemler kullanılarak güçlendirilen depreme dayanıklı viskoz sönümleyicili yapıya ait periyot değerleri Sap2000 modellemesi ile bulunmuştur. Ankastreli yapının ve viskoz sönümleyici kullanılmış yapının X ve Y doğrultularındaki periyot değerleri karşılaştırmalı olarak tablo 14’de sunulmuş ve grafik halinde şekil 44’de gösterilmiştir.

Tablo 14. Yapılara ait periyot değerleri

	Ankastre		Viskoz Sönümleyicili	
	X Yönü	Y Yönü	X Yönü	Y Yönü
Periyot Değerleri	0,58	0,56	0,58	0,56

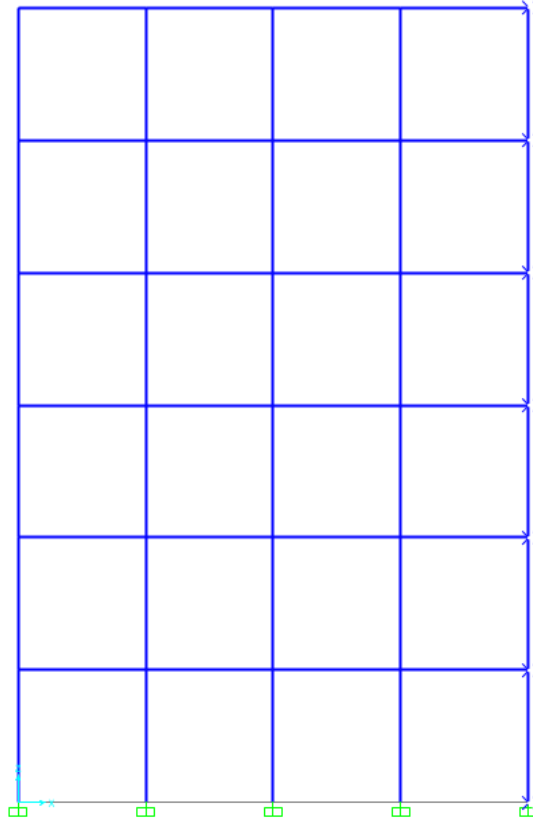
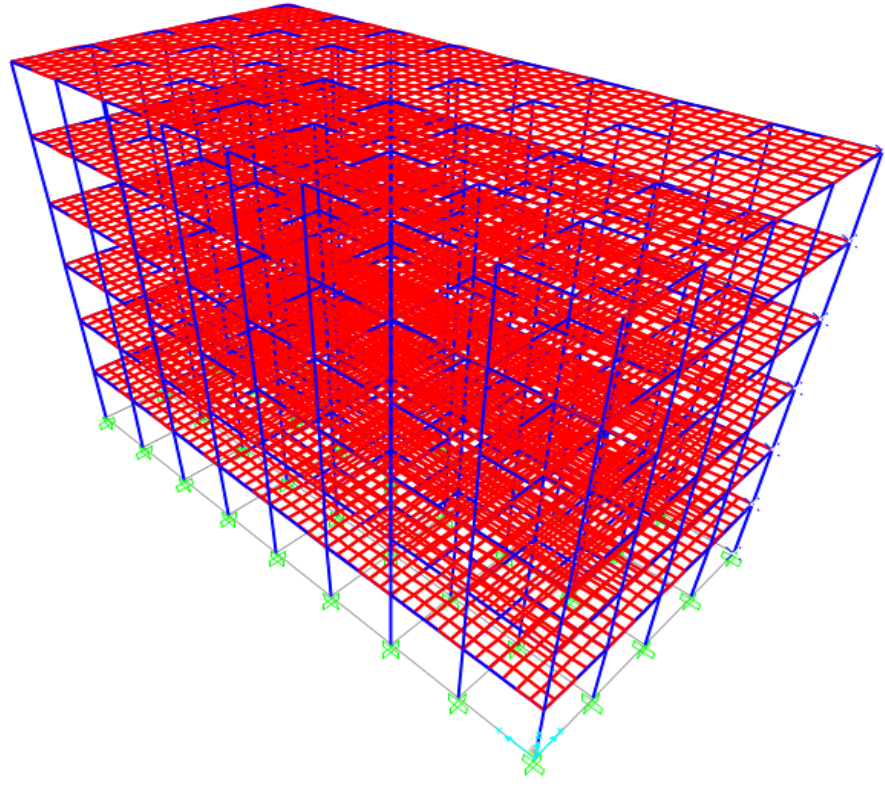
**Şekil 44.** Yapılara ait periyot değerleri

Ankastre mesnetli yapı ve viskoz sönümleyicili yapı, periyot değerleri açısından karşılaştırıldığında periyot değerlerinin her iki yapı içinde değişmediği görülmektedir.

3.4. Yapılara Ait Kat Yer değiştirme Değerlerinin İncelenmesi

Ankastre mesnetli ve viskoz sönümleyicili modellerin deprem performansı karşılaştırılması için yapı planlanan konumunda yararlanılarak elde edilen deprem ivme kayıtları kullanılarak doğrusal olmayan dinamik analizler (ZTA) yapılmıştır. Planlanan yapı konumundan yararlanılarak seçilen 11 deprem kaydı kullanılarak yapılan doğrusal olmayan analizler sonucunda elde edilen katlara ait yer değiştirme değerleri grafikler aracılığıyla karşılaştırılmıştır.

Kat yer değiştirme değerleri için yapıda dikkate alınan noktalar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 45. Yer değıştirme değeri için dikkate alınan noktalar 3D - XZ

Seçilen 11 farklı depremin her birine ait yer değiştirme sonuçları ek olarak tablo halinde karşılaştırılmalı olarak aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Tablo 15. RSN880 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,36	-0,32	0,50	0,26
6 m	-0,89	-0,81	1,20	0,65
9 m	-1,38	-1,27	1,82	1,00
12 m	-1,76	-1,65	2,30	1,28
15 m	-2,03	-1,93	2,64	1,48
18 m	-2,19	-2,09	2,83	1,59

Ankastre mesnetli yapıda meydana gelen kat yer değiştirmeleri sıfırdan başlayarak büyük değerlere ulaştığı katlar arası ötelenmenin büyük değerler aldığı grafiklerde görölmüştür.

Tablo 16. RSN1776 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,28	-0,28	0,28	0,20
6 m	-0,72	-0,71	0,69	0,50
9 m	-1,14	-1,14	1,10	0,79
12 m	-1,51	-1,51	1,43	1,02
15 m	-1,78	-1,79	1,64	1,19
18 m	-1,94	-1,96	1,74	1,28

Tablo 17. RSN5838 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,55	-0,43	-0,65	0,55
6 m	-1,35	-1,00	-1,60	1,34
9 m	-2,02	-1,53	-2,45	2,06
12 m	-2,47	-2,01	-3,12	2,71
15 m	-2,73	-2,33	-3,60	3,27
18 m	-2,86	-2,53	-3,89	3,59

Tablo 18. RSN5859 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,87	-0,45	0,38	0,30
6 m	-2,14	-1,11	0,92	0,76
9 m	-3,29	-1,69	1,37	1,21
12 m	-4,18	-2,15	1,70	1,59
15 m	-4,82	-2,48	1,93	1,87
18 m	-5,20	-2,67	2,06	2,03

Tablo 19. RSN5969 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,13	0,10	-0,73	-0,62
6 m	0,31	0,26	-1,78	-1,52
9 m	0,47	0,42	-2,76	-2,34
12 m	0,59	0,54	-3,62	-3,00
15 m	0,68	0,64	-4,27	-3,46
18 m	0,73	0,72	-4,63	-3,70

Tablo 20. RSN5988 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,88	0,76	1,17	-0,62
6 m	-2,21	1,87	2,90	-1,54
9 m	-3,45	2,90	4,54	-2,40
12 m	-4,43	3,83	5,90	-3,12
15 m	-5,11	4,54	6,87	-3,65
18 m	-5,5	4,96	7,39	-3,96

Tablo 21. RSN6005 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,77	0,74	0,60	-0,54
6 m	-1,89	1,85	1,39	-1,35
9 m	2,92	-2,89	-2,10	1,99

Tablo 21(Devam). RSN6005 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
12 m	3,82	-3,67	-2,73	2,52
15 m	4,50	-4,18	-3,17	2,89
18 m	4,90	-4,46	-3,41	3,10

Tablo 22. RSN6013 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,60	-0,36	0,70	-0,53
6 m	2,20	1,47	1,67	-1,31
9 m	-1,46	-1,46	2,45	-2,02
12 m	2,68	-1,91	3,00	-2,60
15 m	3,12	-2,24	3,46	-3,00
18 m	3,47	-2,43	3,70	-3,22

Tablo 23. RSN6896 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,36	-0,19	0,40	-0,22
6 m	-0,90	-0,45	0,99	-0,56
9 m	-1,40	-0,68	1,53	-0,89
12 m	-1,80	-0,89	1,98	-1,19
15 m	-2,09	-1,06	2,29	-1,42
18 m	-2,26	-1,17	2,47	-1,55

Tablo 24. RSN6933 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,21	0,20	-0,22	-0,18
6 m	0,53	0,48	-0,55	-0,44
9 m	0,84	0,73	-0,83	-0,69
12 m	1,09	0,96	-1,06	-0,91
15 m	1,26	1,14	-1,23	-1,12
18 m	1,35	1,25	-1,33	-1,24

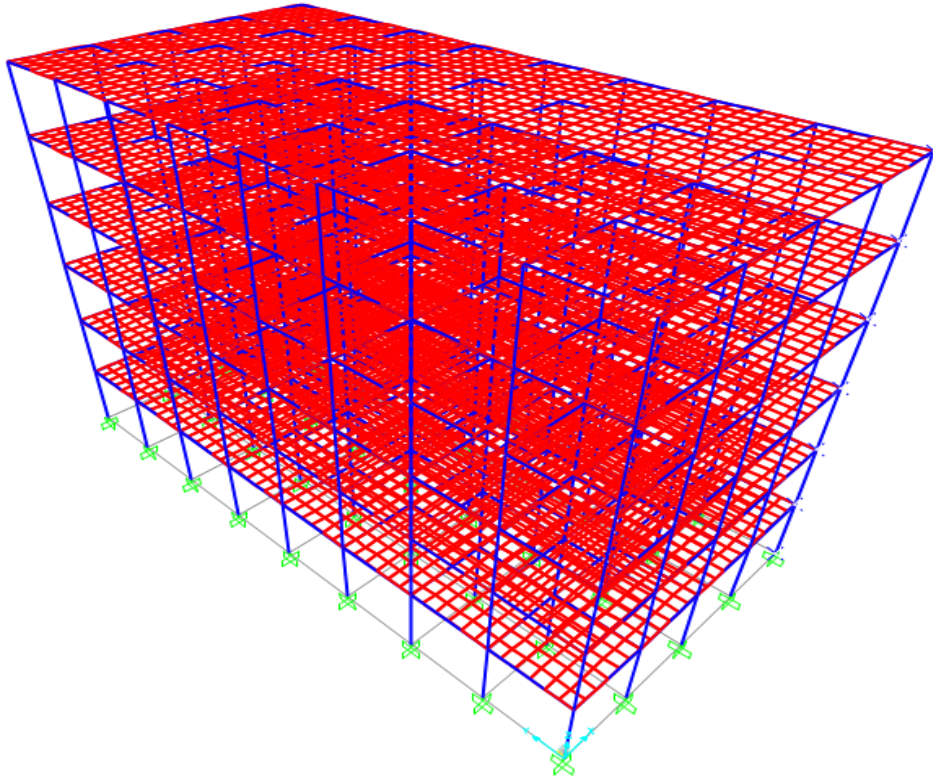
Tablo 25. RSN8160 depreminin analiz sonuçlarına ait yer değiştirmeler

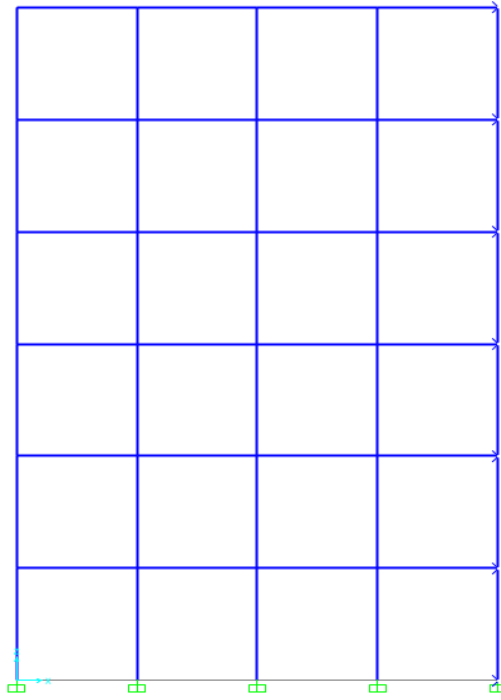
Kot	X Yönünde Yer Değiştirme (cm)		Y Yönünde Yer Değiştirme (cm)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,46	0,44	-0,73	0,70
6 m	1,18	1,10	-1,82	1,72
9 m	2,02	1,76	-2,87	2,66
12 m	2,80	2,37	-3,76	3,46
15 m	3,38	2,82	-4,41	4,07
18 m	3,72	3,08	-4,77	4,43

3.5. Yapılara Ait Kat İvme Değerlerinin İncelenmesi

Viskoz sönümleyici uygulanmış yapıda oluşan sismik talepler, ankastre mesnetli yapıda oluşan sismik taleplere göre daha az olduğu görülmüştür. 11 deprem kaydından elde edilen ivme değerleri grafiklerle karşılaştırılmıştır. Verilere göre ivme talepleri incelendiğinde viskoz sönümleyicili yapılarda ankastre yapıya oranla yaklaşık %20-30 azalma olduğu sonucuna varıldı.

Kat ivme değerleri için yapıda dikkate alınan noktalar aşağıda gösterilmiştir.





Şekil 46. İvme değerleri için dikkate alınan noktalar 3D - XZ

RSN880 depremine ait ivme sonuçları ek olarak tablo halinde karşılaştırmalı olarak tablo 26’ de verilmiştir.

Tablo 26. RSN880 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,10	0,07	0,07	0,06
6 m	0,18	0,16	0,13	0,13
9 m	0,24	0,18	0,15	0,15
12 m	0,22	0,17	0,20	0,16
15 m	0,24	0,16	0,24	0,16
18 m	0,29	0,20	0,28	0,21

Tablo 27. RSN1776 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05
6 m	-0,09	-0,09	-0,11	-0,11

Tablo 27(Devam). RSN1776 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
9 m	-0,14	-0,13	-0,13	-0,13
12 m	-0,18	-0,14	-0,14	-0,18
15 m	-0,22	-0,15	-0,19	-0,17
18 m	-0,24	-0,17	-0,23	-0,17

Tablo 28. RSN5838 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,32	0,21	0,21	0,15
6 m	0,51	0,35	-0,38	0,28
9 m	0,56	-0,34	-0,48	0,30
12 m	0,51	-0,36	-0,52	0,35
15 m	-0,43	-0,31	-0,57	-0,39
18 m	-0,58	-0,45	0,64	-0,49

Tablo 29. RSN5859 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,16	0,12	0,18	-0,11
6 m	0,26	0,22	0,28	0,21
9 m	-0,33	-0,26	-0,25	0,24
12 m	-0,36	-0,29	0,26	-0,24
15 m	-0,35	-0,30	0,27	-0,19
18 m	0,38	-0,34	0,35	0,33

Tablo 30. RSN5969 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,18	0,14	0,23	0,20
6 m	0,25	-0,24	0,41	-0,39
9 m	-0,22	0,21	-0,49	0,47
12 m	-0,25	-0,20	-0,62	0,53
15 m	-0,22	-0,19	0,69	0,51
18 m	-0,24	0,22	0,83	0,53

Tablo 31. RSN5988 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,23	0,22	0,24	-0,18
6 m	-0,44	0,41	0,54	0,34
9 m	-0,60	0,43	0,66	-0,47
12 m	-0,59	-0,40	-0,58	0,55
15 m	-0,72	-0,51	-0,66	0,52
18 m	-0,82	-0,56	-0,74	0,62

Tablo 32. RSN6005 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,12	0,11	0,19	-0,13
6 m	-0,26	-0,24	0,37	0,25
9 m	0,37	0,30	0,39	0,39
12 m	0,45	0,39	0,49	-0,35
15 m	-0,50	0,39	0,50	0,36
18 m	-0,61	0,40	-0,56	0,42

Tablo 33. RSN6013 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,16	-0,15	0,12	-0,10
6 m	-0,33	-0,27	-0,23	-0,20
9 m	-0,44	-0,33	0,29	0,28
12 m	-0,42	-0,38	0,35	0,34
15 m	-0,45	-0,41	0,40	0,31
18 m	-0,59	0,48	-0,47	-0,39

Tablo 34. RSN6896 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,08	-0,07	-0,09	0,07
6 m	0,14	0,13	0,14	0,14
9 m	0,16	-0,13	0,20	-0,16

Tablo 34(Devam). RSN6896 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
12 m	0,16	0,14	0,20	-0,19
15 m	0,17	-0,16	-0,23	-0,20
18 m	0,19	0,18	-0,29	0,24

Tablo 35. RSN6933 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	0,06	-0,05	-0,07	-0,05
6 m	0,12	-0,10	-0,13	0,11
9 m	-0,14	0,12	0,15	0,12
12 m	0,16	0,11	-0,17	0,12
15 m	0,16	0,12	-0,19	0,12
18 m	-0,19	0,18	-0,22	-0,17

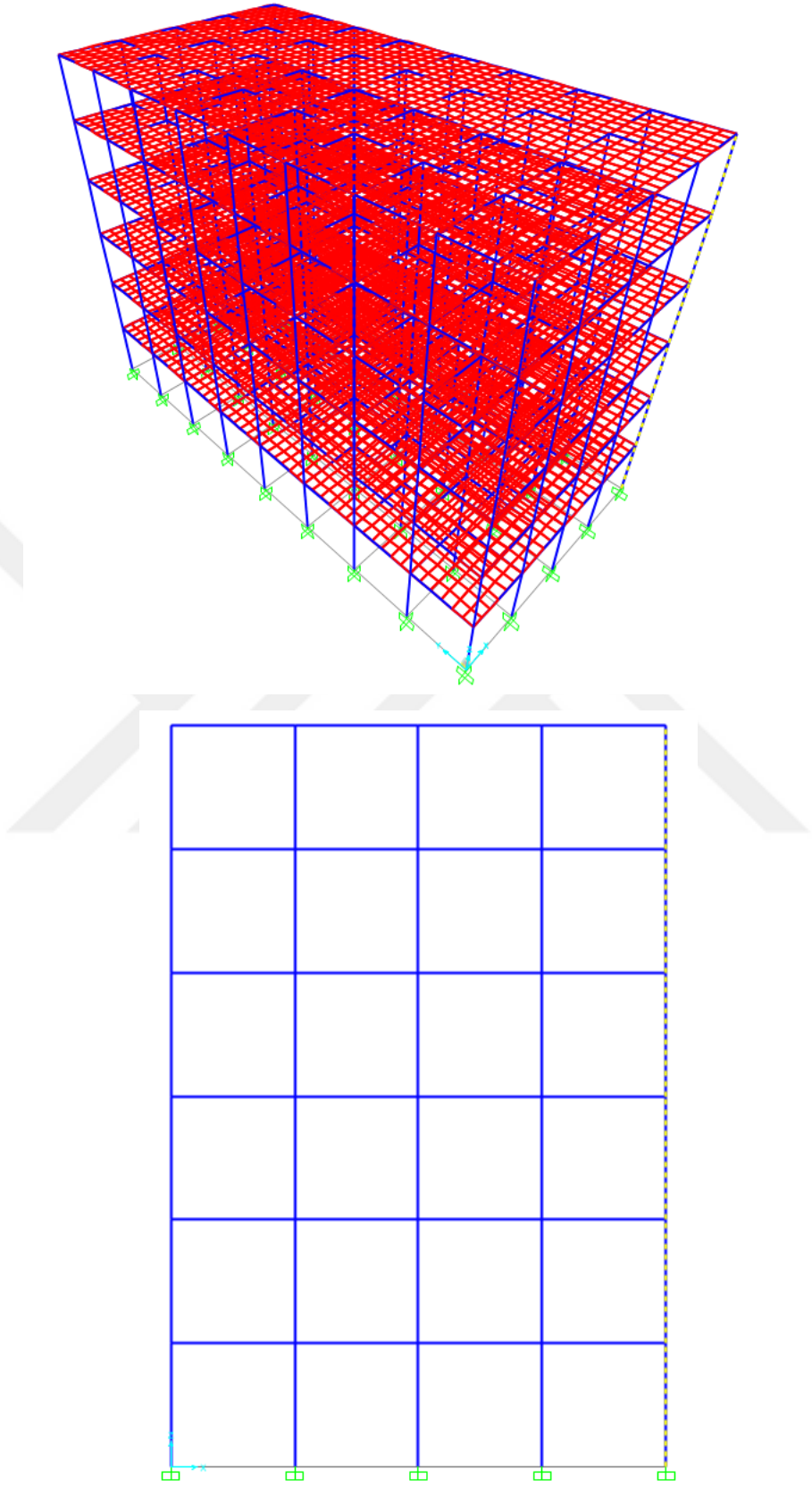
Tablo 36. RSN8160 depreminin analiz sonuçlarına ait ivme değerleri

Kot	X Yönünde İvme (g)		Y Yönünde İvme (g)	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-0,20	-0,19	-0,15	0,15
6 m	-0,39	-0,34	0,30	0,27
9 m	-0,42	-0,30	0,47	-0,35
12 m	-0,43	-0,38	0,66	-0,52
15 m	-0,54	-0,46	0,74	-0,61
18 m	-0,63	0,62	0,70	-0,64

3.6. Yapılara Ait Kat Kesme Kuvvetlerinin İncelenmesi

Ankastre mesnetli modelin ve viskoz sönümleyici kullanılan modelin zaman tanım alanında (ZTA) doğrusal olmayan dinamik analizler sonucunda 11 deprem kaydı için katlara ait kesme kuvveti sonuçları karşılaştırılarak grafikleştirilmiştir.

Kat kesme kuvvetleri sonuçları için yapıda dikkate alınan noktalar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 47. Kesme kuvvetleri için dikkate alınan noktalar 3D - XZ

RSN880 depremine ait kesme kuvveti sonuçları karşılaştırmalı olarak tablo 37’de verilmiştir.

Tablo 37. RSN880 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	18,06	14,02	19,19	-8,45
6 m	46,88	-44,20	66,49	-35,03
9 m	68,08	-61,62	94,46	-49,18
12 m	85,59	84,01	116,35	-62,48
15 m	105,42	97,02	-141,88	-74,57
18 m	150,19	132,56	-215,89	-110,88

Modellenen sistemlerin analiz sonuçları kat kesme kuvvetleri bakımından incelendiğinde Ankastre mesnetli yapı için elde edilen x yönünde kat kesme kuvveti değerlerinde %30 azalmanın olduğu görüldü.

Tablo 38. RSN1776 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	14,72	-7,35	-16,46	-10,27
6 m	46,07	39,93	-39,87	-31,55
9 m	64,88	58,14	-58,13	-42,07
12 m	78,67	73,43	-75,99	-51,09
15 m	87,03	81,89	-81,74	-59,78
18 m	118,42	114,72	120,67	-86,86

Tablo 39. RSN5838 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	40,40	-26,55	33,48	32,41
6 m	-78,37	75,93	102,60	-92,78
9 m	96,37	-86,02	-131,90	-129,39
12 m	134,21	111,02	-160,94	-140,24
15 m	167,09	115,77	188,38	-159,93
18 m	236,31	192,47	279,52	241,36

Tablo 40. RSN5859 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	22,48	-20,92	28,42	17,73
6 m	87,81	-60,80	60,36	52,62
9 m	135,68	84,20	77,39	-69,45
12 m	195,93	106,36	90,65	-81,93
15 m	251,63	132,94	-109,49	-91,23
18 m	363,32	191,47	-165,65	-127,42

Tablo 41. RSN5969 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-14,90	-12,36	37,87	37,38
6 m	29,72	-25,91	118,45	100,87
9 m	-25,72	24,04	159,76	131,58
12 m	-33,62	-30,86	189,13	158,81
15 m	-37,00	-34,01	210,21	178,46
18 m	61,65	-41,86	308,89	-286,80

Tablo 42. RSN5988 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-46,60	-36,10	57,43	-33,10
6 m	134,81	112,15	-163,13	93,88
9 m	-187,07	164,07	-231,12	127,23
12 m	-233,23	188,87	-294,27	152,97
15 m	266,04	-223,59	-338,54	175,94
18 m	365,35	334,00	-487,43	261,69

Tablo 43. RSN6005 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-37,14	-20,69	-50,80	-27,28
6 m	-116,92	83,61	-105,58	-83,94
9 m	-158,14	123,56	107,80	105,80

Tablo 43(Devam). RSN6005 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
12 m	-193,00	179,54	138,05	121,27
15 m	-218,75	218,73	-167,20	158,58
18 m	321,82	-304,88	-267,47	226,99

Tablo 44. RSN6013 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	-27,83	27,02	-36,93	-18,04
6 m	100,01	-65,05	-95,85	63,58
9 m	-120,56	-82,60	114,00	97,38
12 m	-143,49	-99,91	-145,03	126,21
15 m	177,88	-110,27	-197,06	150,49
18 m	266,55	157,91	-305,08	225,81

Tablo 45. RSN6896 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	13,24	10,05	24,38	11,35
6 m	42,52	30,72	-74,04	39,78
9 m	61,65	38,26	-92,14	53,79
12 m	85,49	45,97	-100,13	60,38
15 m	105,95	54,65	-117,04	64,99
18 m	-151,81	82,55	-171,47	93,54

Tablo 46. RSN6933 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	11,15	10,81	-11,81	-10,24
6 m	39,11	30,62	38,50	-32,87
9 m	-44,09	-43,77	45,69	-44,22
12 m	-56,91	-51,89	-53,46	-46,83
15 m	-63,89	-57,29	65,65	52,67
18 m	-89,02	-86,33	96,59	78,01

Tablo 47. RSN8160 depreminin analizine ait kesme kuvveti değerleri

Kot	X Yönünde Kesme Kuvveti KN		Y Yönünde Kesme Kuvveti KN	
	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili	Ankastre	Viskoz Sönümleyicili
0 m	0	0	0	0
3 m	32,63	-28,29	31,84	27,08
6 m	-91,76	-78,17	-109,78	108,04
9 m	-130,65	-111,86	155,47	141,61
12 m	-151,03	-131,57	192,88	-167,82
15 m	-134,36	-131,12	213,86	-201,54
18 m	-206,60	-181,76	302,64	-298,55



4. SONUÇ

Deprem tarihi incelendiğinde ülkemizde birçok yıkıcı deprem gerçekleştiği görülmektedir. Ülkemizde son olarak Kahramanmaraşta gerçekleşen deprem felaketi gerçeği bir kez daha göstermiştir. Yıkıcı sismik kuvvetler karşısında yapılar daha dayanıklı hale getirilerek oluşacak maddi, manevi zararların önüne geçilmesi hedeflenir. Viskoz sönümleyicilerle depreme dayanıklı yapı tasarımı günümüzde giderek popülerliğini artırmıştır. Deprem sonrası önem taşıyan hastane yapıları için sismik izolasyon zorunlu hale gelmiştir. Yapılarda oluşabilecek hasar düzeyi yönetmeliklerde belirtilen seviyelere düşürülmesi amaçlanır.

Bu çalışmada ankastre mesnetli ve viskoz sönümleyicili yapıların tasarımı ve zaman tanım alanında dinamik analizleri sonucunda elde edilen verilere göre aşağıdaki çıkarımlar yapılmıştır. Veriler incelendiğinde kullanılan viskoz sönümleyicilerin yapı üzerinde olumlu etkilerin depreme karşı hedeflenen dayanımı sağladığı sonucuna varılmıştır. Viskoz sönümleyicili durumda zemin+5 katlı yapılar için periyot değerleri, kat yer değiştirme değerleri, kat ivme değerleri, kat kesme kuvvetleri ankastre mesnetli duruma göre karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Ankastre mesnetli yapının modal analizi sonucunda sahip olduğu hakim periyodu 1. ve 2. periyot değerleri için y yönü için 0,563 ve x yönü için 0,582 olarak elde edilmiştir. Yapılan viskoz sönümleyicili tasarımda periyot değerlerinin değişmediği görülmüştür.

Viskoz sönümleyici uygulamasının yararlarından bir diğeri de izolasyon uygulanan yapının üst yapılarında meydana gelen kat yer değiştirmelerindeki ciddi azalmalardır. Zemin kattan 5. Kata kadar olan yer değiştirme değerleri büyük farklılıklar gösteren ankastre mesnetli modellenen yapı, viskoz sönümleyici ile modellendiğinde yapıda oluşan yer değiştirme değerleri ankastre mesnetli olarak modellenen yapı durumuna göre azalmıştır. Zemin kattan son kata kadar oluşan yer değiştirme değerleri çok az değişmiştir yani viskoz sönümleyicili yapılar rijit blok gibi davranmıştır.

İvme değerleri incelendiğinde ankastre mesnetli yapıya gelen ivme değeri zemin kattan üst katlara çıkıldıkça önemli derecede artış göstermiştir. Gittikçe artan kat ivmeleri üst katlarda hasarın önemli derecede artmasına sebep olacak değerlere

ulaşmıştır. Viskoz sönümleyicili yapı modellenmesinde ise katlara gelen ivme değerleri küçülmüş olup yapının üst katlarında deprem etkilerinin daha az hissedilmiş ve önemli teçhizatların güvende tutulup yapının kesintisiz hizmet vermesine olanak sağlanmıştır. Artan periyot değerleri sonucunda yapının yer değiştirme yaparak enerji sönümlemesi ivme değerlerindeki olumlu yönde azalış olmasıyla gerçekleşmiştir.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı için gerekli koşullardan biri de yapıya etkileyen kat kesme kuvveti değerleridir. Modellenen ankastre mesnetli ve viskoz sönümleyicili her iki yapı için de kat kesme kuvvetleri değerlendirilmiştir. Viskoz sönümleyici ile modellenmiş yapı için değerlendirme yapıldığında kat kesme kuvveti değerleri ankastre mesnetli yapıya göre yaklaşık olarak %30 daha az olduğu sonucuna varılmıştır. Kat kesme kuvvetlerindeki olumlu azalma, yapının taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında küçültmeye gidilebilir ve maddi olarak yapıyı daha ekonomik inşa edilebilir anlamını taşır. Deprem karşısında kesit etkilerinin azalması, depreme karşı yapının daha dayanıklı olarak tasarlandığını ve ankastreli modellemeye göre daha güvenli olduğunu gösterir.

Belirtilen bilgiler ışığında 2018 TBDY göze alınarak depreme dayanıklı yapı tasarımı alanında son zamanlarda popüler olan, 2018 TBDY’de henüz yer almayan viskoz sönümleyicili yöntem, uygulandığı yapılarda depreme karşı yapı performansı artışının sağlandığını görülmüştür. Depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkesi ile tasarlanacak yapılarda ülkemizin depremselliği göze alındığında viskoz sönümleyicili yapı modeli tercih edilen uygulamalardan bir tanesi olmalı ve yönetmeliklerimizde yerini almalıdır.

KAYNAKÇA

- A. ve Eroğlu, E., Deprem Yalıtımlı Hastane Tasarımı Uygulaması: Erzurum Sağlık Kampüsü, 1.Türkiye Deprem ve Sismoloji Konferansı, Ekim 2011, Ankara, Paper No:12.
- Alhan, C. ve Şahin, F., Protecting Vibration-Sensitive Contents: an Investigation of Floor Accelerations in Seismically Isolated Buildings, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 9,4 (2011) 1203-1226.
- Alku Z., Sismik İzolatörler, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2009.
- Altunışık, A. C., Ateş, Ş. ve Adanur, S., İnşaat Mühendisliğinde SAP2000 Uygulamaları, Golden Light Publishing, Trabzon, Türkiye, 2018.
- Ateş, Ş. Bayraktar, A. ve Dumanoglu, A.A., Sürtünmeli Sarkaç Mesnet Modeli ile Taban İzolasyonu Yapılan Köprülerin Deprem Davranışının Belirlenmesi, Türkiye İnşaat Mühendisliği On Yedinci Teknik Kongre ve Sergisi, Bildiriler Metni (CD), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2004.
- Ateş, Ş. ve Dumanoglu, A., A., Taban İzolasyonlu Binaların Dinamik Davranışına Zemin Eğilebilirliğinin Etkisi, 13. Ulusal Mekanik Kongresi, Eylül 2003, Gaziantep, Bildiriler Kitabı: 165-174.
- Atımtay, E., Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, Açıklamalar ve Örnekler”, I-II, Ankara, 2008.
- Baki, S., Betonarme Bir Binada Sismik İzolasyonlu Ve İzolasyonsuz Çözümlerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2015.
- Bakker, J.F.J., Balance Block For Buildings. 2,014,643 United States Patent Office, 31 Aug 1933.
- Becker, T., C. and Mahin, S., A., Experimental and Analytical Study of the Bi-Directional Behavior of the Triple Friction Pendulum Isolator, *Earthquake Engng Struct. Dyn.*, 41(2012) 355-373.
- Calvi, P., M. and Calvi, G., M., Historical Development of Friction-Based Seismic Isolation Systems, *Soil Dyn. Earthq. Eng.* 106 (2018) 14–30.
- Castaldo P., Palazzo P., Della V., “Seismic Reliability of Base-Isolated Structures With Friction Pendulum Bearings” Dept. of Civil Engineering, University of Salerno, via Giovanni Paolo II, 84084 Fisciano, SA, Italy, 2015
- Chen, J., Zhao, C., Xu, Q. and Yuan, C., Seismic Analysis and Evaluation of the Base Isolation System in AP1000 NI under SSE Loading, *Nuclear Engineering and Design*, 278 (2014) 117-133.

- Chopra, A.K., Dynamics of Structures: Theory and Applications to Earthquake Engineering Prentice Hall, New Jersey, 1995.
- Cicen, C., Mevcut Bir Betonarme Kamu Binasının Performans Analizi ve Sismik İzolasyon ile Güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.
- Constantinou, M., C. and Tadjbakhsh, I., G., Hysteretic Dampers in Base Isolation: Random Approach, Journal of Structural Engineering, 111 (1985) 705-721.
- Constantinou, M., C., Whittaker, A., S., and Velivasakis, E., Seismic Evaluation and Retrofit of the Ataturk International Airport Terminal Building, MCEER Structures 2001, 1-8.
- Coşkun, E., Sismik İzolasyon ve Sismik Sönümleyiciler Ders Notları, İstanbul Kültür Üniversitesi.
- Demir, S., Sismik İzolasyon Sistemleriyle Yapıların Tasarımı ve Mevcut Bir Yapıya Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2008.
- Dicleli M., Sismik İzolasyon Ve Enerji Emici Sistemler İle İlgili Teknik Gelişmeler ve Sismik Performansı İyileştirme Amaçlı Özel Uygulamalar, Ortadoğu Teknik Üniversitesi Deprem Yalıtımı Yöntemleri ve Uygulamaları Sempozyumu, Şubat 2013, Ankara.
- Dicleli, M., Sismik İzolasyon ve Enerji Emici Sistemlerle İlgili Teknik Gelişmeler ve Sismik Performansı İyileştirme Amaçlı Özel Uygulamalar, Deprem Yalıtım Yöntemleri ve Uygulamaları Sempozyumu, 28 Şubat- 1 Mart 2013, Ankara.
- Dinçer, E., A., Temel İzolasyonlu Yapıların Dinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2013.
- DİS, Deprem İzolatör Sistemleri, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, I. Baskı, Ankara, 2011.
- Dönmez, B., İnşaat Teknolojisinde Deprem İzolatör Sistemlerinin Planlanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2019.
- DYY, Deprem Yalıtım Yönetmeliği, Deprem İzolasyon Derneği, I. Baskı, Ankara, 2008.
- Erdik M. ve Yüzügüllü Ö., Deprem Mühendisliği Açısından Yapı Dinamiğine Giriş, ODTÜ Yayınevi, Ankara, 1980.
- Erşeker B., Kurşun Çekirdekli Kauçuk İzolatörlerde Deprem Etkime Açısının Maksimum İzolatör Deplasmanlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 2017.

- ETABS, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA, 2018.
- Fenz, D., M. and Constantinou, M., C., Behavior of the Double Concave Friction Pendulum Bearing, Earthquake Engng. Struct. Dyn., 35 (2006) 1403-1424.
- Griffith, M., C., Kelly, J., M. ve Aiken, I., D., A Displacement Control and Up Lift Restraint Device for Base Isolated Structures, Proceedings Ninth World Conference On Earthquake Engineering, Tokyo, 1988.
- Güner, G., Bir Hastane Yapısının Klasik Yöntemle ve Sismik İzolatör Kullanılarak Tasarımının Dinamik Yönden Karşılaştırılmasının Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
- Hatice G., Sismik İzolasyonlu Binaların Deprem Yükleri Altındaki Olasılıksal Davranışı, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.
- Hoşbaş, A.B., Çok Katlı Betonarme Yapının Sismik İzolatörlerle Modellenmesi ve Yapının Perdelerle Güçlendirilmiş Durumu ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.
- <https://www.bilgiustam.com/rezonans-nedir/> 5 Kasım 2018.
- <https://www.emke.com.tr/sabiha-gokcen-mro-hangar> 20 Ekim 2018.
- Jangid, R., S. and Datta, T., K., Seismic Behavior of Base-Isolated Building: A State of Art Review, Proc. Instn Civ. Engrs Structs and Bldgs, 110 (1995) 186-203.
- Jangid, R., S., Response of Pure-Friction Sliding Structures to Bi-Directional Harmonic Ground Motion, Engineering Structures, 19, 2 (1997) 97-104.
- Kan, Ö., Kaymaz, K., Zengin, B. ve Özcan M., Türkiye'deki Depreme Dayanıklı Yapıların Sismik İzolasyon Tiplerinin İncelenmesi, Bilim ve Gençlik Dergisi, 5,1 (2017).
- Karabörk, T., Deneme İ.Ö. ve Bilgehan R.P., Temeli İzole Edilen Yapılarda Dinamik Yapı-Zemin Etkileşimi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6,1 77- 87, 2010.
- Karakurt P., 2015 Sismik İzolatörlü Binalarda Kat Adedi Etkisi , Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2015.
- Karakurt, P., Sismik İzolatörlü Binalarda Kat Adedi Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2015.
- Kelly, J.M., Hodder S.B., Control of response of piping systems and other structures by base isolation, Earthquake Engineering Research Center, University of California, 1981. 110

- Kelly, J.M., Seismic Isolation of Civil Building in the USA, Construction Research Communication Limited , San Francisco, 1(3):279-285, 1998.
- Kelly, T., Base Isolation Design of Structures; Design Guidelines, Wellington, New Zealand, 2002.
- Kitayama S. and Constantinou M., C., Probabilistic seismic performance assessment of seismically isolated buildings designed by the procedures of ASCE/SEI 7 and other enhanced criteria, Engineering Structures, 179 (2019) 566-582.
- Komodromos, P., Seismic Isolation for Earthquake Resistant Structures, Advances in Earthquake Engineering, WIT Press, Southampton, Boston, 2000.
- Luco, J.E., Effects of Soil-Structure Interaction on Seismic Base Isolation, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 66 (2014) 167-177.
- Mirkelam, Z.A. ve Derdiman, M.K., Taban Yalıtım Tekniğinin Betonarme Binaların Deprem Performansına Etkisinin Araştırılması, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2,8 (2012) 1-11.
- Mokha, A., S., Amin, N., Constantinou, M., C., and Zayas, V., Seismic Isolation Retrofit of Large Historic Building, Journal Structural Engineering, 122, 3 (1996) 298- 308.
- Mostaghel, N. and Tanbakuchi, J., Response of Sliding Structures to Earthquake Support Motion, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 11, 6 (1983) 729- 748.
- Murat, E., Binaların Tabanlarına Elastomer Mesnetler Yerleştirerek Sismik Yalıtım Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- Naeim, F., Kelly, J.,M., Design Of Seismic Isolated Structures: From Theory To Practice, John Wiley&Sons, New York, ISBN:978-0471149217, 1999,
- Ozmen, G., Orakdogan. E. ve Darılmaz, K., ETABS, Birsan Yayınevi, İstanbul, Türkiye, 2013.
- Özmen, A., Şadan, B., Kubin, J., Kubin, D., Akkar, S., Yücel, O., Aydın, H., Özmen,
- Pan, P., Zamfirescu, D., Nakashima, M., Nakayasu, N. and Kashiwa, H., Baseisolation design practice in Japan: introduction to the post-Kobe approach, Journal of earthquake engineering, 9, 147–171, 2005.
- PEER 2014. Pacific Earthquake Engineering Research Center, Ground Motion Database, University of California, Berkeley, USA. <http://ngawest2.berkeley.edu/>.

- Pekgökgöz, R., K., Gürel, M., A., Kömür, M. ve Çılı, F., Cost Analysis of Building with Seismic Base Isolation System, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 3, 25 (2007) 236-246.
- Robinson W.H., Seismic isolation of civil buildings in New Zealand. *Prog. Struct. Engng. Mater*, 2000,
- Roussis, P.C., Constantinou, M.C., Erdik, M., Durukal, E. ve Dicleli, M., Assessment of Performance of Seismic Isolation System of Bolu Viaduct, *J. Bridge Eng.*, 8, 4 (2003) 182-190.
- Ryan, K.L. ve Chopra, A.K. Estimating Bearing Response in Symmetric and Asymmetric-Plan Isolated Buildings with Rocking and Torsion. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 35, 8 (2001) 1009-1036.
- Sağlam, D., Sismik İzolatörlerin Yüksek Binalarda Deprem Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017.
- Schar, F., Foundation For Buildings. 951,028 United States Patent Office, 1 Mar 1910.
- Sevim E., Sismik İzolatörlerin Bina Türü Yapıların Dinamik Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.
- Sevim, E., Sismik İzolatörlerin Bina Türü Yapıların Dinamik Davranışına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, , İstanbul, 2016.
- Shrimali, M.K., Bharti, S.D. and Dumne, S.M., Seismic Response Analysis of Coupled Building Involving MR Damper and Elastomeric Base Isolation, *Ain Shams Engineering Journal*, 2,6 (2014) 457-470.
- Simo, J.C. and Kelly, J.M., The analysis of multilayer elastomeric bearings, *Journal of applied mechanics*, 51(2), 256-262, 1984
- Skinner, R., I., Kelly, J., M. and Heine, A., J., Hysteretic Dampers for Earthquake Resistance Structures, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 3 (1975) 287- 296.
- Soyluk, A., Tuna, M.E., Düzensiz Binalarda Sismik Taban İzolatörü Uygulamasının Mimari Tasarıma Etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26, (2011) 635-642.
- Spyrakos, C., C., Maniatakis, C., A. and Koutromanos, I., A., Soil-Structure Interaction Effects on Base Isolated Buildings Founded on Soil Stratum, *Engineering Structures*, 31,3 (2009) 729-737.

- Stanton, F., J. and Scroggins, G., T., Stability of Laminated Elastomeric Bearings, Journal of Structural Engineering, 116, 6 (1990) 1351-1371.
- Su, L., Ahmadi, G. and Tadjbakhsh, I., G., A Comparative Study of Performances of Various Base Isolation Systems, Part I: Shear Beam Structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 18, 1 (1989b) 11-32.
- Su. L., Ahmadi, G. and Tadjbakhsh, I., G., Performance of Sliding Resilient-Friction Base Isolation System, Journal of Structural Engineering, 117 (1989a) 165-181.
- Şadan B., Tüzün C., Deprem Güçlendirmesinde Deprem Yalıtım Sistemlerinin Kullanımı, İnşaat Mühendisleri Odası Hatay Şubesi, https://hatay.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/18033_12_19.pdf , 20 Nisan 2021
- Tezcan S.S. ve S. Cimilli, “Seismic Base Isolation”, Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı Yayınları, Sayı 2, Haziran 2002.
- Tezcan, S., S. and Cimilli, S., Seismic Base Isolation, Yüksek Öğrenim Eğitim ve Araştırma Vakfı, İstanbul, 2002.
- Toprak, T., Burulma Düzensizliği Olan Yapılarda Sismik İzolasyon Kullanımının Deprem Yükleri Altındaki Davranışa Olan Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.
- Touaillon, J., Building. 99,973 United States Patent Office, 15 Feb 1870.
- Tsai C., S., Chiang T., C. and Chen B., J., Finite element formulations and theoretical study for variable curvature friction pendulum system, Engineering Structures, 25, 14 (2003) 1719-1730.
- Turan, G. ve Ercan, E., Ölçütlendirilmiş Yapılar İçin Zemin İzolatör Uygulaması, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Eylül 2013, Hatay.
- Urgu, M., İ., Sismik İzolasyonlu Yapıların Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2006.
- Westwood, A., Means For Supporting Ends Of Oirders. 592,852 United States Patent Office, 2 Nov 1897.
- Yaray B., Sismik Yalıtımlı Binaların Yakın Fay Etkisi Altında Davranışı, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 2019
- Yavuz, S., Sismik İzolasyon Tekniği ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2008.

Yılmaz, Ç., Booth, E. and Sketchley, C., Retrofit of Antalya Airport International Terminal Building, Turkey Using Seismic Isolation, Fifth European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, September 2006, Geneva, Paper No: 1259.

Zayas, V., Low, S. and Mahin, S., A., The FPS Earthquake Resisting System Experimental Report, EERC Technical Report, 1987, UBC/EERC, 87-01.

Zayas, V., Low, S., S. and Mahin, S., A., A Simple Pendulum Technique for Achieving Seismic Isolation, Earthquake Spectra, 6, 2 (1990) 317-333.

Zayas. V. A., Earthquake Protective Column Support. 4,644,714 United States Patent Office, 24 Feb 1987.

