

T.C
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BİNA TİPİ BİTİŞİK YAPILARDA SİSMİK TABAN
İZOLATÖRLERİNİN KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜRŞAD ÇETİNÖZ

OCAK 2018
UŞAK

**T.C
UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**BİNA TİPİ BİTİŞİK YAPILARDA SİSMİK TABAN
İZOLATÖRLERİNİN KULLANIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜRŞAD ÇETİNÖZ

UŞAK 2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Kürşad ÇETİNÖZ tarafından hazırlanan “Bina Tipi Bitişik Yapılarda Sismik Taban İzolatörlerinin Kullanımı” adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Elif Çağda KANDEMİR MAZANOĞLU

Tez Danışmanı, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.....

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Elif Çağda KANDEMİR MAZANOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi.....

Yrd. Doç. Dr. Ayhan NUHOĞLU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi.....

Yrd. Doç. Dr. Ayşe Pınar TÜZÜM DEMİR

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi.....

Yrd. Doç. Dr. Jülide ÖNER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi.....

Yrd. Doç. Dr. Onur MERTER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi.....

Tarih: 05/01/2018

Bu tez ile Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. İsa YEŞİLYURT

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

.....

Kürşad ÇETİNÖZ



**BİNA TİPİ BİTİŞİK YAPILARDA SİSMİK TABAN
İZOLATÖRLERİNİN KULLANIMI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Kürşad ÇETİNÖZ

**UŞAK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2018**

ÖZET

Son yıllarda sismik taban izolatörleri, yapıları depremlerin zararlı etkilerinden korumak adına sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle okul, hastane ve köprü gibi özel amaçlı kullanıma sahip yapılar, deprem anında çok insan barındırması ve/veya deprem sonrasında da hemen kullanıma açılması gerektiğinden taban izolatörlü inşa edilebilmektedir.

Tez çalışmasında öncelikle, bitişik binalarda deprem sırasında meydana gelen çarpışmalara, taban izolatör parametrelerinin değişim etkisi incelenerek, tezin genel kapsamı ortaya konulmuştur. Değişik kat sayısına sahip bitişik binaların toplanmış kütle modelleri üzerinde çalışılmıştır. Zaman tanım alanındaki sismik cevaplar, izolatörlü ve izolatörsüz binalar için nümerik integrasyon metodu ile çözümlenmiştir. Deprem etkisi altındaki yapının, çeşitli izolatör parametreleri uygulandığında verdiği tepkiler elde edilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır. Böylece çalışmaya referans niteliği kazandırılmak istenmiştir. Çalışmanın sonraki bölümünde halihazırda inşa edilmiş olan ve üç bitişik binadan oluşan okul binası (Salihli Fen Bilimleri Koleji) taşıyıcı sistemi, SAP2000 programı ile modellenmiştir. Yapı gerçekte izolatörsüz olduğundan öncelikle bu haliyle analizler gerçekleştirilerek deprem cevapları ve çarpma kuvvetleri elde edilmiştir. Daha sonra uygun taban izolatör özellikleri saptanarak binaya yerleştirilmiş ve tekrar sismik analiz gerçekleştirilerek çarpışma durumları araştırılmıştır. Binalar arası çarpma kuvvetleri, doğrusal olmayan elastik yay modeli (Hertz modeli) kullanılarak hesaplanmıştır.

Sonuç olarak, bitişik binalar arasında deprem esnasında meydana gelen çarpışmalar, tabana yerleştirilen sismik izolatör parametreleri değiştirilerek incelenmiştir. İzolatörler, üst yapıların periyotlarını değiştirdiği için, çarpışmanın en aza indirgenmesi, ancak üst yapı periyotlarının birbirine yakın olduğu durumlarda gerçekleşir.

Bilim Kodu : İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Anahtar Kelimeler : Sismik Taban İzolatörü, Şiddetli Deprem Kuvveti, Bitişik Binalarda Çarpışma
Sayfa Adedi : 75
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Elif Çağda KANDEMİR MAZANOĞLU

**USE OF SEISMIC BASE ISOLATORS
IN THE BUILDING TYPE ADJACENT STRUCTURES
(M. Sc. Thesis)**

Kürşad ÇETİNÖZ

**UŞAK UNIVERSITY
THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
January 2018**

ABSTRACT

Recently, seismic isolation is used often for prevention of harmful effects of earthquakes to structures. Especially, buildings with special purpose use such as colleges, hospitals and bridges can be constructed with base isolators since it is necessary to have many people at the time of an earthquake and / or to use immediately after the earthquake.

In this thesis, firstly, the effect of change of base isolator parameters on the collisions of adjacent buildings during an earthquake was examined and the general scope of the thesis was tried to be revealed. Lumped mass models of adjacent buildings with different floors were studied. Seismic responses in time domain have been solved by numerical integration method for non-isolated and isolated buildings. The seismic responses under the effect of various isolator parameters were obtained and the results were interpreted. Thus, the study is tried to be a reference for the researchers familiar with the subject. In the next section of the thesis, the school building (Salihli Science College), which is already built and consists of three adjacent buildings, is modeled with the SAP2000 program. Since the structure is actually without isolators, first of all, analyzes are carried out in this state and earthquake responses and pounding forces are obtained. Then, suitable base isolator characteristics were determined and placed in the building and the seismic analysis was carried out to investigate the pounding situations. The pounding forces between buildings are calculated using a nonlinear elastic spring model (Hertz model).

Poundings between adjacent buildings, during earthquakes have been investigated. As result, closer naturel period values of buildings can prevent structural poundings, since the seismic isolators change the natural period of the structures attached.

Science Code : Department of Civil Engineering
Key Words : Seismic Base Isolator, Severe Earthquake Force, Collision in Adjacent Buildings
Page Number : 75
Adviser : Assist. Prof. Elif Çağda KANDEMİR MAZANOĞLU

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca pek kıymetli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli Hocam Yrd. Doç. Dr. Elif Çağda KANDEMİR MAZANOğLU'na ve bu süreç boyunca desteklerini hiç eksik etmeyen aileme, özellikle anneme teőekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR	2
3. SİSMİK TABAN İZOLASYONU	8
3.1. Sismik Taban İzolasyonu Tanımı	8
3.2. Taban İzolatör Çeşitleri	9
3.2.1. Elastomerik Mesnetler	9
3.2.2. Kurşun Çekirdekli Mesnetler	9
3.2.3. Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnetler	10
3.2.4. Sürtünmeli Sarkaç Mesnetler	10
3.2.5. Diğer Taban İzolasyonu Sistemleri	11
3.3. Taban İzolasyonlu Yapılarda Hareket Denklemleri	12

4. BİTİŞİK YAPILARDA ÇARPIŞMA MODELLERİ.....	14
4.1. Çarpışma Kuvveti Modelleri.....	14
4.1.1. Doğrusal Elastik Yay Modeli.....	14
4.1.2. Doğrusal Viskoelastik Yay (Kelvin-Voigt) Modeli	15
4.1.3. Doğrusal Olmayan Elastik Yay (Hertz) Modeli.....	17
4.1.4. Doğrusal Olmayan Viskoelastik Yay (Hertzdamp) Modeli.....	17
4.2. Sismik Taban İzolasyonlu Bitişik Yapıların Çarpışma Anındaki Davranışının Teorik İncelenmesi	18
4.2.1. Örnek Yapı.....	19
4.2.2. İzolatör Periyoduna Bağlı Olarak Sismik Tepkilerin ve Çarpma Kuvvetinin Değişimi	20
5. TEZE KONU OLAN BİNA VE ANALİZİ	23
5.1. Bina Özellikleri.....	23
5.2. Bina Modeli ve Sismik Taban İzolatörlerinin Özellikleri.....	25
5.3. Sismik Analiz ve Sonuçlar	28
5.3.1. İzolatörsüz ve İzolatörlü Yapının Periyotları.....	28
5.3.2. Düzce Depremi Etkisindeki İzolatörsüz ve İzolatörlü Yapının Sismik Analiz Sonuçları.....	29
5.3.2.1. Sol Bina Köşe Yer Değiştirmesi	30
5.3.2.2. Orta Bina Köşe Yer Değiştirmesi.....	34
5.3.2.3. Sağ Bina Köşe Yer Değiştirmesi.....	37
5.3.2.4. Sol ve Orta Binanın Çarpma Kuvvetleri.....	40
5.3.2.5. Sağ ve Orta Binanın Çarpma Kuvvetleri.....	45

5.3.4. Dinar ve Gediz Depremleri Etkisindeki İzolatörlü ve İzolatörsüz Yapının Sismik Analiz Sonuçları.....	49
5.3.4.1. Dinar Depremine Göre Sol Bina Köşe Yer Değiş tirmeleri .49	
5.3.4.2. Gediz Depremine Göre Sol Bina Köşe Yer Değiş tirmeleri .49	
5.3.4.3. Dinar Depremine Göre Sol-Orta Bina Çarpma Kuvvetleri .50	
5.3.4.4. Gediz Depremine Göre Sol-Orta Bina Çarpma Kuvvetleri .52	
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	55
KAYNAKLAR.....	57
ÖZGEÇMİŞ.....	61

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Sabit temelli ve izole edilmiş binaların en üst katlarında minimum çarpma kuvvetleri.....	21
Çizelge 5.1. Bir katın kütle hesabında kullanılan veriler	27
Çizelge 5.2. Kullanılan depremlerin özellikleri.....	27
Çizelge 5.3. İzolatörlerin rijitlik ve sönüm katsayıları	29
Çizelge 5.4. Sağ, sol ve orta binanın periyotları.....	29
Çizelge 5.5. Sol bina köşe noktası yer değiştirmeleri.....	30
Çizelge 5.6. Orta bina köşe noktası yer değiştirmeleri	35
Çizelge 5.7. Sağ bina köşe noktası yer değiştirmeleri	38
Çizelge 5.8. Dinar depreminde sol bina yer değiştirmeleri.....	49
Çizelge 5.9. Gediz depreminde sol bina yer değiştirmeleri	50

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1 Elastomerik mesnet	9
Şekil 3.2 Kurşun çekirdekli mesnet	9
Şekil 3.3 Yüksek sönümlü kauçuk mesnet.....	10
Şekil 3.4 Test edilmiş kauçuk mesnet kesiti.....	10
Şekil 3.5 Sürtünmeli sarkaç mesnet.....	11
Şekil 3.6 Çift konkav yüzeyli sürtünmeli sarkaç mesnet	11
Şekil 3.7 Çanak mesnet.....	11
Şekil 3.8 Taban izolasyonlu bina.....	12
Şekil 4.1. Taban izolasyonu olan bitişik binalar.....	14
Şekil 4.2. Doğrusal elastik yayın kuvvet–yer değiştirme ilişkisi	15
Şekil 4.3. Kelvin-Voigt modeli kuvvet–yer değiştirme ilişkisi	16
Şekil 4.4. Hertz modeli kuvvet–yer değiştirme ilişkisi	17
Şekil 4.5. Hertzdamp modeli kuvvet–yer değiştirme ilişkisi	18
Şekil 4.6. Doğal periyot değişimi a) Bina 1’in periyodu b) Bina 2’nin periyodu	20
Şekil 4.7. Taban yer değiştirme oranı a) Bina 1 b) Bina 2.....	21
Şekil 4.8. Çatı kat yer değiştirme oranı a) Bina 1 b) Bina 2	21
Şekil 4.9 Çarpma kuvvetleri a) Bina 1 b) Bina 2.....	21
Şekil 5.1. Salihli Fen Bilimleri Koleji yerleşkesi	23

Şekil 5.2. Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası ön görünüşü	24
Şekil 5.3. Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası arka görünüşü	24
Şekil 5.4. Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası yan görünüşü	24
Şekil 5.5. Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası zemin kat planı.....	25
Şekil 5.6. Ana bina SAP2000 modeli üstten ve üç boyutlu görünüş.....	25
Şekil 5.7. SAP2000 modeli önden görünüş.....	26
Şekil 5.8. (a) Düzce depremi kuzey-güney bileşeni ivme-zaman grafiği (b) Dinar depremi doğu-batı bileşeni ivme-zaman grafiği (c) Gediz depremi doğu-batı bileşeni ivme-zaman grafiği	28
Şekil 5.9. Fourier genlikleri (a) Düzce depremi kuzey-güney bileşeni (b) Dinar depremi doğu-batı bileşeni (c) Gediz depremi doğu-batı bileşeni	28
Şekil 5.10. Sol binada yer değiştirmeleri incelenen noktalar	30
Şekil 5.11. İzolatörsüz sol bina zemin kat yer değiştirmeleri	31
Şekil 5.12. İzolatörsüz sol bina zemin kat yer değiştirmeleri	31
Şekil 5.13. İzolatörsüz sol bina 2. kat yer değiştirmeleri.....	31
Şekil 5.14. İzolatörsüz sol bina 3. kat yer değiştirmeleri.....	32
Şekil 5.15. İzolatörsüz sol bina 4. kat yer değiştirmeleri.....	32
Şekil 5.16. İzolatörsüz sol bina görelî kat ötelemeleri.....	32
Şekil 5.17. $T_b = 1$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri.....	33
Şekil 5.18. $T_b = 1,5$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri	33
Şekil 5.19. $T_b = 2$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri	33
Şekil 5.20. $T_b = 2,5$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri	34
Şekil 5.21. $T_b = 3$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri	34

Şekil 5.22. Orta binada yer değiştirmeleri incelenen noktalar	34
Şekil 5.23. İzolatörsüz orta bina göreli kat ötelemeleri	35
Şekil 5.24. $T_b = 1$ s iken orta bina göreli kat ötelemeleri.....	35
Şekil 5.25. $T_b = 1,5$ s iken orta bina göreli kat ötelemeleri.....	36
Şekil 5.26. $T_b = 2$ s iken orta bina göreli kat ötelemeleri.....	36
Şekil 5.27. $T_b = 2,5$ s iken orta bina göreli kat ötelemeleri.....	36
Şekil 5.28. $T_b = 3$ s iken orta bina göreli kat ötelemeleri.....	37
Şekil 5.29. Sağ binada yer değiştirmeleri incelenen noktalar	37
Şekil 5.30. İzolatörsüz sağ bina göreli kat ötelemeleri	38
Şekil 5.31. $T_b = 1$ s iken sağ bina göreli kat ötelemeleri.....	38
Şekil 5.32. $T_b = 1,5$ s iken sağ bina göreli kat ötelemeleri.....	39
Şekil 5.33. $T_b = 2$ s iken sağ bina göreli kat ötelemeleri.....	39
Şekil 5.34. $T_b = 2,5$ s iken sağ bina göreli kat ötelemeleri.....	39
Şekil 5.35. $T_b = 3$ s iken sağ bina göreli kat ötelemeleri.....	40
Şekil 5.36. Sol bina-orta bina arasında çarpışmanın incelendiği noktalar	40
Şekil 5.37. İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina zemin kat çarpma kuvvetleri.....	41
Şekil 5.38. İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina 1. kat çarpma kuvvetleri	41
Şekil 5.39. İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina 2. kat çarpma kuvvetleri	41
Şekil 5.40. İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina 3. kat çarpma kuvvetleri	42
Şekil 5.41. İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina 4. kat çarpma kuvvetleri	42
Şekil 5.42. İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	42
Şekil 5.43. $T_b = 1$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri	43
Şekil 5.44. $T_b = 1,5$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	43

Şekil 5.45. $T_b = 2$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri	43
Şekil 5.46. $T_b = 2,5$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	44
Şekil 5.47. $T_b = 3$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri	44
Şekil 5.48. Sağ bina-orta bina arasında çarpışmanın incelendiği noktalar	45
Şekil 5.49. İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina zemin kat çarpma kuvvetleri.....	45
Şekil 5.50. İzolatörsüz yapının sağ-orta bina 1. kat çarpma kuvvetleri.....	46
Şekil 5.51. İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina 2. kat çarpma kuvvetleri	46
Şekil 5.52. İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina 3. kat çarpma kuvvetleri	46
Şekil 5.53. İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina 4. kat çarpma kuvvetleri	47
Şekil 5.54. İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	47
Şekil 5.55. $T_b = 1$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	47
Şekil 5.56. $T_b = 1,5$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	48
Şekil 5.57. $T_b = 2$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	48
Şekil 5.58. $T_b = 2,5$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	48
Şekil 5.59. $T_b = 3$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri.....	49
Şekil 5.60. Dinar depremine göre izolatörsüz sol orta bina çarpma kuvvetleri	50
Şekil 5.61. Dinar depremine göre $T_b = 1$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri.....	50
Şekil 5.62. Dinar depremine göre $T_b = 1,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri.....	51
Şekil 5.63. Dinar depremine göre $T_b = 2$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri.....	51
Şekil 5.64. Dinar depremine göre $T_b = 2,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri.....	51
Şekil 5.65. Dinar depremine göre $T_b = 3$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri.....	52

Şekil 5.66. Gediz depremine göre izolatörsüz sol orta bina çarpma kuvvetleri.....	52
Şekil 5.67. Gediz depremine göre $T_b = 1$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri	52
Şekil 5.68. Gediz depremine göre $T_b = 1,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri	53
Şekil 5.69. Gediz depremine göre $T_b = 2$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri	53
Şekil 5.70. Gediz depremine göre $T_b = 2,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri	53
Şekil 5.71. Gediz depremine göre $T_b = 3$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri	54



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
a	Kat yüksekliği ve sayısı esas alınarak belirlenen sismik boşluk
b (Alt simge)	Taban izolatörü
C	Sönüm matrisi
c_b	İzolatör sönüm katsayısı
c_{H(t)}	Zamana bağlı doğrusal olmayan sönüm
c_L	Doğrusal sönüm sabiti
d	İki bina arasındaki boşluk
d_{max}	Maksimum yer değiştirme
d_{min}	Minimum yer değiştirme
diag	Diagonal
e	Çarpma katsayısı
F	Eşitlik fonksiyonu
F_c	Çarpma kuvveti
F_{yay}	Yaya gelen kuvvet
F_p	İki kütle arasındaki kuvvet
K	Rijitlik matrisi
k_b	İzolatörün rijitliği
k_G	Doğrusal olmayan elastik yay sabiti
k_i	Doğrusal elastik yay sabiti
kN	KiloNewton
k_n	Katlar arası rijitlik
k_{yay}	Yay rijitliği
M	Kütle matrisi
m_n	Kat kütlesi
max(T_{b,1}, T_{b,2})	Taban izolasyonlu binaların periyotları arasındaki en büyük periyot
m_i	Bir katın kütlesi
r	Birim vektör formundaki etki katsayısı matrisi
R	Doğrusal olmayan elastik yayın rijitlik katsayısı
S_A	Sözde ivme
S_D	Spektral yer değiştirme
S_V	Sözde hız

$T_{b,1}$	1. Binanın periyodu
$T_{b,2}$	2. Binanın periyodu
$u(t)$	İzolasyon sistem hareketi
$u_i(t)$ ve $u_j(t)$	Komşu binaların aynı doğrultudaki rölatif yer değiştirmeleri
$\dot{u}_i(t)$ ve $\dot{u}_j(t)$	Komşu binaların aynı doğrultudaki rölatif hızları
\ddot{x}	Yer ivmesidir
\ddot{X}, \dot{X} ve X	İvme, hız ve yer değiştirme matrisleri
$x_1(t)$	Yapıda t anında 1'in yer değiştirmesi
$x_2(t)$	Yapıda t anında 2'nin yer değiştirmesi
x_b	Yer değiştirme
x_g	Yer hareketi
\dot{x}_b	Tabanın hız tepkisi
β_b	Sönüm oranı
ξ	Çarpışan kütlelerin sönüm oranı
ξ_b	İzolatörün sönüm oranı (%10)
ω_b	Açısal frekans
$\overline{\omega_b}$	Sönümlü frekans
$\delta(t)$	Rölatif yer değiştirme

1 GİRİŞ

Öngörülemeyen şiddetteki depremlerin yapılara hasar vermesi ve hatta yıkılmalarına sebep olması, insanların hayatlarını tehlikeye atmakta ve can kayıplarına yol açmaktadır. Ülkemizde bu duruma örnek pek çok deprem yaşanmıştır. Marmara, Van, Düzce depremleri bunlardan bazılarıdır. Yıkımlar sonrasında milyonlarca maddi hasarın ülke ekonomisine verdiği zarar da maddi kayıplar arasında yer alır.

Depremi önlenemeyen bir gerçek olduğu bilinmektedir. Fakat depremden sonra edinilen verilerden yola çıkılarak yapıların gelecek depremleri en az hasarla atlatabileceği şekilde inşa edilmesi mümkündür. Neticede kaybolan insan hayatlarının ve maddi hasarların en aza indirilmesi planlanmaktadır.

Yapıların, deprem anında davranışlarını olumlu yönde etkileyen ve bu doğal afeti en az hasarla atlattıklarına yarayan unsurlardan birisi de sismik taban izolatörleridir. Japonya gibi teknolojik olarak gelişmiş ülkelerde söz konusu izolatörlerin kullanımı oldukça fazladır. Ülkemizde de son yıllarda uygulanmaya başlanan sismik taban izolatörleri yapıda katlar arasındaki rölatif yer değiştirmeleri en aza indirmeye yönelik çalışmaktadır. İstanbul'daki Atatürk Hava Limanı dış hatlar terminali, Gebze-İzmir otobanı, Osman Gazi Köprüsü, Mecidiyeköy Viyadüğü, Ayazağa Kültür ve Kongre Merkezi, Gemlik Devlet Hastanesi, Manisa Şehir Hastanesi ve Turkcell Gebze Data Merkezi ülkemizde taban izolasyonu kullanılan yapılara örnek olarak gösterilebilir.

Sismik taban izolasyonu binaların periyotlarını artırarak deprem yalıtımı sağlamaktadır. Dolayısıyla periyodu düşük olan orta katlı binalarda ve sert zeminlerde kullanılmaktadır. Bunun aksine, hali hazırda periyodu yüksek olan çok katlı binalarda ve yumuşak zeminlerde kullanılması tavsiye edilmemektedir. Taban izolatör sistemlerinin, özellikle içinde hassas cihazları barındıran ve bir ülkenin siyasal ya da ekonomik yapısı için kritik öneme sahip binalarda; deprem sonrasında işlevini sürdürmesi gereken ve kullanılabilir durumda kalması gereken binalarda (hastane, iletişim merkezleri gibi) kullanılması kaçınılmazdır. Yapım maliyeti yüksek olan bu sistem, içinde maliyetinden çok daha fazla miktarda, birçok pahalı cihazı bulandıran yapıların ayakta kalmasını sağlayabilmektedir.

Gelişen dünyada, inşaat alanlarının gitgide azalması, binaların birbirlerine daha yakın inşa edilmesini gerektirmektedir. Bu durum deprem sırasında, pek çok sakıncaya yol açar. Deprem sırasında, binaların farklı dinamik karakteristiklere sahip olması, birbirlerine çarpmalarına ve hatta yıkılmalarına sebep olmaktadır. Bu durumu önlemek için sismik enerji sönmüleyiciler sıklıkla kullanılmaktadır. Ya da bu çalışmada da uygulandığı üzere, sismik taban izolatörleri yardımıyla bina periyotları birbirlerine yaklaştırılabilir.

2 LİTERATÜR

Literatürde, bitişik binalarda çarpışma ve sismik izolatörlerin uygulaması ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır.

Takayama (1973) komşu binalarda çarpışmayı, analitik modeller oluşturarak ilk araştıranlardandır. Çarpışan binaların dinamik modellerini depreme karşı direnç sağlaması için diyagonaller ve esnek yapı elemanları kullanarak oluşturmuştur. Komşu yapılar arasındaki çarpışmayı temsil etmesi için yay elemanlar kullanmıştır. Yay elemanları, binalar arası mesafenin bırakılmış olan boşluktan daha küçük olduğu zamanlarda çalışmasını sağlayacak şekilde tasarlamıştır. Yaptığı çalışma sonucunda, yay katsayısının küçük olması durumunda çarpışma periyodunun uzayacağını söylemiştir. Çarpışmanın yol açacağı yer değiştirmenin, iki bina arasındaki boşluğa bağlı olduğunu ve dinamik özellikleri çok farklı olan binalardan daha rijit olanın, esnek olan binanın hareketini kısıtlayacağını belirtmiştir. Kat yükseklikleri birbirinden farklı komşu binaların çarpışma durumunda, kolonun çarpışma bölgesinde eğilmenin meydana gelebileceğine değinmiştir. Çok serbestlik dereceli sistemlerde iki bina arasında, her katta aynı anda çarpışma olması durumunda, ilk katta çok büyük bir sapma meydana geleceğini açıklamıştır. Ancak çok serbestlik dereceli sistemli binanın doğal frekansı büyük olduğunda her katta çarpışma olmayacağını ve sapsmaların üst katta görüleceğini vurgulamıştır [1].

Maison ve Kasai (1997), komşu binalarda çarpışmayı dikkate alan hareket denklemleri üzerinde çalışmışlardır. Ana binayı 15 katlı ve çelik (esnek ve hafif), komşu binayı ise daha kısa ve betonarme (daha rijit ve ağır) tasarlayarak çarpışmanın sadece bir katta (betonarme binanın en üst katında) gerçekleştiğini varsaymışlardır. İlgili binanın; bu katı, yatayda rijit diyafram etkisinde alınarak çarpma kuvvetinin o kattaki bütün yapı elemanlarına dağılması sağlanmıştır. Analizleri binaların çarpışması ve çarpışmaması durumuna göre incelemişler ve çarpışma noktasındaki etkileşimi göstermesi için tek bir doğrusal yay kullanmışlardır. Sonuç olarak çarpışmanın olabileceği durumlarda çarpışmayı yok sayarak tasarım yapmanın binanın gerçek davranışını temsil etmeyeceğini, çarpışma kotunun üzerinde meydana gelecek olan yön değiştirmiş momentler ile kesme kuvvetlerinin küçümsenmemesi gerektiğini söylemişlerdir [2].

Malhotra (1997), taban izolatörlü bir binanın tabanı ile çevresindeki istinat duvarı arasındaki sismik etkilerin sistematik bir çalışmasını ele almıştır. Analizler sonucunda elastik sistemler için çarpmalara bağlı olarak oluşan taban kayma değerinin binanın ağırlığından daha yüksek olabileceğini göstermektedir [3].

Matsagar ve Jangid (2003), pek çok türdeki sismik taban yalıtımlı çok katlı binaların istinat duvarlarına çarpma durumlarını incelemişlerdir. Denklemlerde Newmark'ın step-by-step metodunu kullanmışlardır. İzole edilen binanın darbe tepkisini boşluk boyutu, darbe elemanının rijitliği, üst yapı esnekliği ve tabanı izole edilmiş binanın kat sayısı gibi önemli sistem parametrelerinin değişimi altında incelemişlerdir. Taban izolasyonlu yapıların tepkisinin, bitişik yapılar ile çarpışma meydana geldiğinde etkilenebileceği ve dolayısıyla kaçınılması gerektiği sonucuna varmışlardır [4].

Jankowski (2005), deprem kaynaklı çarpışmaların doğrusal olmayan viskoelastik modellenmesi üzerine araştırmalar gerçekleştirmiştir. Oluşturduğu bu modelin gerçeğe uygun olup olmadığını görmek için de binalar arasında oluşan çarpışmaları deneysel olarak incelemiş ve analizlerden elde ettiği sonuçlarla karşılaştırmıştır. Hertz Temas Yasası göz

önüne alınarak oluşturulmuş doğrusal viskoelastik ve doğrusal olmayan elastik çarpışma modellerine göre, gerçeğe uygun en doğru sonucun doğrusal olmayan viskoelastik model olduğunu ispatlamıştır. Doğrusal ve doğrusal olmayan viskoelastik modellerin, çarpışma sırasındaki çarpma kuvveti-zaman verilerinin deneysel sonuçlarla kıyaslandığında hata oranlarının çok düşük çıktığını belirtmiştir. Ancak doğrusal viskoelastik model sonuçlarında çarpışma sonrası oluşan ve fiziksel olarak bir açıklaması olmayan negatif değerlerde bir çarpma kuvvetinin ortaya çıktığını da gözlemlemiştir. Analiz sonuçları, doğrusal olmayan elastik çarpışma modelinde çarpışma katsayısının düşük alınması gerektiğinde kullanılmasının yanlış olduğunu göstermiştir. Ancak çarpışma sırasında kaybedilen enerjinin önemsiz olduğu durumlarda doğrusal viskoelastik modelden daha doğru sonuçlar vereceğini açıklamıştır. Doğrusal viskoelastik modelin, diğer modeller arasında en basiti olduğunu, bilgisayar programları kullanılarak kolaylıkla analiz edilebileceğini ve doğrusal olmayan viskoelastik modellerdeki gibi uygun çarpışma-sönüm oranlarını belirlemek için sayısal iterasyonların yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Çarpışma sonrası meydana gelen negatif değerlerdeki çarpma kuvvetinin ihmal edilebileceğini, ancak çarpışma sönüm oranı ve katsayısı arasındaki ilişkiyi çarpışma sonrası uygun hızı elde ederek tekrar değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir [5].

Güler ve Uludağ (2005), taban izolasyonlu ve taban izolasyonsuz sistemleri karşılaştırmışlardır. Bu tezde binaların periyodunu büyülterek deprem etkilerini azaltmak amacıyla kullanılan sismik taban izolatörlerinin avantajları ve dezavantajlarını incelemiştir. Pasif depreme dayanıklı yapı tasarımı tekniklerini tartıştıktan sonra taban izolasyonu tarif edilmiştir. Analitik ifadeler anlatılmıştır. Taban İzolasyonunun etkisini ve taban izolasyonlu binaların performansını değerlendirebilmek için; iki pasif depreme dayanım sistemini karşılaştırmak ve SAP2000 yapısal analiz programını kullanarak tanıtmak için üç katlı üç çerçeve sistemi modellenmiştir. Taban izolasyonunun etkilerini ve taban izolasyonlu binaların etkilerini değerlendirebilmek için 6 katlı betonarme bir yapıya izolatör yerleştirilmiştir. Sonuçların karşılaştırılabilmesi için çerçeveler için girilen değerler aynı tutulmuş ve deformasyon, binaların periyotları, kuvvet değerleri kıyaslanmıştır [6].

Abacıoğlu (2006), yapıların taşıyıcı sistemleri ve bu taşıyıcı sistemlerin deprem anında birbirleri ile olan etkileşimini, incelemiş ve bilgisayar ortamında SAP2000 programıyla modellemiştir. Çalışmada yapıların mimari projelendirilmesinden dolayı oluşan statik ve dinamik etkileri, deprem anında oluşan blokların birbirlerine olan itme etkisi ve salınım anında bloklar arasındaki dilatasyon derzlerinde oluşan zorlanmaların analiz ve incelemeleri yapılmıştır. Her blok için zaman tanım alanındaki dinamik analiz yöntemiyle ayrı ayrı analiz yapılmıştır. Daha sonra tüm blokların, link elemanlar yardımıyla bitişik nizama uygun olarak zaman tanım alanındaki dinamik analiz yöntemiyle analizi yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda, iki ayrı analizin sonuçları karşılaştırılarak bitişik yapılan blokların deprem anındaki davranışları incelenerek birbirlerine olan etkilerinin avantajları ve dezavantajları ortaya konulmuştur [7].

Elma (2006), üst yapı rijitliğinin yapının sismik davranışına etkilerini araştırmıştır. Ayrıca, taban izolasyonlu yapıların üst yapı rijitliğinin ne şekilde artırılabilirliğini, farklı tasarım önerileriyle birlikte ortaya koymuştur. Yapıların deprem kuvvetlerine karşı tasarlanmasında taban izolasyonu, klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında, yapının deprem

performansı ve yapıda yaşayan insanların yaşam güvenlikleri açısından daha iyi sonuçlar vermektedir. Taban izolasyonunun deprem anında etkin bir şekilde yapıyı depremin yıkıcı etkilerinden koruyabilmesi için, tasarı ve uygulama aşamasında göz önüne alınması gereken parametrelerden biri de üst yapının rijitliğidir. Taban izolasyonlu bir yapıda, deprem anında üst yapıda rijit kütle hareketinin hakim olması gerekmektedir. Böylece, yer değiştirmelerin önemli bir kısmı izolasyon seviyesinde gözlenir [9].

Urgu (2006), yapıların periyotlarını uzatarak deprem etkilerini azaltmak amacıyla kullanılan sismik izolasyon sistemleriyle inşa edilen yapıların tasarım esaslarını incelemiştir. Sismik izolasyon sistemlerinin sınıflandırılması, mekanik karakteristikleri ve teorik esasları detaylı olarak verilmiş ve sismik izolasyonlu yapılarla ilgili yönetmelik şartları açıklanmıştır. Uygulamalar bölümünde ise 4 katlı betonarme bir yapının ankastre mesnetli ve üç farklı tipteki sismik izolasyonlu modelleri oluşturulmuştur. Yapı modellerinin zaman tanım alanı analizleri SAP2000 bilgisayar programı ile 1999 Düzce Depremi'nin Bolu kaydı K-G ivme bileşeni kullanılarak yapılmıştır. Yapı modellerinin analizler sonucunda elde edilen görelî kat ötelemeleri, maksimum kat ivmeleri, taban kesme kuvvetleri ve periyotları karşılaştırmalı olarak sunulmuş ve sismik izolasyon sistemlerinin avantaj ve dezavantajları belirtilmiştir [10].

Özbaşaran (2007), yapılar arasında meydana gelen çarpışmanın teorisini incelemiş, bilgisayar ortamında değişik yapı modelleri üretip ve çarpışmanın yapılar üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapıların çarpışmasını engellemek için öneriler sunmuştur [11].

Bal, Tezcan ve Gülay (2007), yapının projesi veya rölevesi üzerinde gerçekleştirilecek bazı sayısal ölçümler, gözlemler ve hesaplamalar sonucunda elde edilecek parametreler yardımı ile göçmeye aday binaların hızla ayıklanmasına yarayan P25 Puanlama yönteminin ayrıntılarını açıklamışlardır. Yöntem daha önceki depremlerde hafif, orta ve ağır hasar almış veya göçmüş 311 adet binaya uygulanarak kalibre edilmiş ve elde edilen sonuçlar, önerilen yöntemin göçmeye aday binaları büyük bir doğrulukla yakaladığını göstermiştir. Çalışmada ayrıca, yöntemin uygulamasında önerilen ayrıntılı inceleme bandının genişliği ve bant genişliğinin maliyete etkileri de tartışılmıştır. Çalışmada bitişik nizam binalarda da puanlama sistemi kullanılmış ve sunulmuştur. Burada az riskliden çok riskli binalar olarak sıralama yapıldığında liste şöyledir; birbirine bitişik binalarda uç bina - bir bine diğerinden daha rijit ve/veya ağır – alçak bina ile yüksek bina komşu – binalar aynı yükseklikte. Sıralama da binaların aynı yükseklikte olduğunda çok daha risk arz ettiği görülmüştür [12].

Öztürk (2007), yapısal kontrol sistemlerini genel olarak incelemiş, belli başlı kontrol sistemlerini tanıtmıştır. Klasik yöntemle dizayn edilen yapılar sismik kuvvetlere kendi başlarına karşı koymaktadır. Bu da yapısal sisteme gelen yükü arttırmakta dolayısıyla kesitlerin büyümesini ve gerilmelerin artmasını sağlamaktadır. Yapısal Kontrol Sistemi uygulanan yapılarda dinamik etki pasif, aktif, yarı aktif ve karma kontrol sistemleriyle absorbe edilebilmektedir. Böylece insan hayatı ve stratejik yapılarda bulunan değerli ekipmanlar korunabilmektedir. Ayrıca örnek bir betonarme binaya kurşun çekirdekli kauçuk izolatör uygulamış, izolatörler dizayn etmiş ve ankastre temelli yapıya göre performans değerlendirmesi yapmıştır [13].

Komodromos (2008), çalışmada çarpışma durumlarının sismik taban izolatörlerinin efektifliğine etkisi üzerinde çalışmıştır [17].

Jankowski (2008), dinamik özellikleri farklı üç katlı iki binanın çarpışmasını inceleyerek, deprem anında bu binaların davranışını etkileyecek unsurları ortaya koymuştur. Üç boyutlu, toplanmış kütleli, iki elastoplastik çok serbestlik dereceli sistem modelleyerek binanın birinin hafif ve esnek, diğerinin ağır ve rijit olması durumundaki davranışını araştırmıştır. Doğrusal olmayan analiz sonuçları çarpışmanın hafif ve esnek olan binadaki yer değiştirmeleri artırarak akma sınırına ulaştırdığını ve kalıcı şekil değişimlerine neden olduğunu, ağır ve rijit olan diğer binayı etkilemediğini göstermiştir. Jankowski bu araştırmayla esnek ve hafif olan binanın deprem anındaki yer değiştirmesinin komşu binayla arasındaki uzaklığa, kat kütlelerine, yapısal rijitliğe ve akma gerilmesine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Bina yeterince rijit ve ağır seçildiğinde, deprem anındaki çarpışmalardan depremin olağan etkisinin dışında çok fazla etkilenmeyeceğini de vurgulamıştır [18].

Demir (2008), sismik izolasyonun çalışma şekli, sismik izolatör çeşitleri, izolatörlerin hesap metotları ve dünya literatüründe sismik izolasyonlu yapılar konularını inceleyerek sismik izolasyonu genel hatlarıyla tanıtmıştır. Tez konusunda örnek olarak Konya Selçuk Üniversitesi Ar-Ge binasının SAP2000 programında sismik izolasyonlu ayrıca 1. ve 4. derece deprem bölgesi için temele ankastre bağlı olarak ayrı ayrı analizini yapmıştır. Aynı zamanda bu bina 1. ve 4. derece deprem bölgesi için maliyet hesabında kullanmak üzere STA4-CAD programında da çözülmüştür. Daha sonra sismik izolasyon sistemini boyutlandırmış ve maliyet karşılaştırması yapmıştır [19].

Gökhan (2009), depreme dayanıklı yapı tasarımında yeni bir dönem açan taban izolasyon sisteminin betonarme yapılarda taşıyıcı sistem davranışı üzerinde ne gibi etkilere yol açtığını incelemiştir. Yapı tasarımında uygulanan geleneksel yaklaşım ve son dönemde geleneksel yaklaşıma alternatif olarak yaygın olarak uygulanmaya başlanan, pasif kontrol sistemlerinin davranış farklılıklarını irdelemiştir. Yapısal kontrol sistemi kavramının daha iyi anlaşılabilmesi için sınıflandırmasını yapmış ve tez ana konusu olan taban izolasyon sisteminin dahil olduğu pasif kontrol sistemleriyle ilgili bilgiler vermiştir. Taban izolasyon prensiplerinin daha iyi kavranması için teorik esaslara değinmiş, taban izolatör çeşitlerinin mekanik karakteristiklerini açıklamıştır. Ülkemizde pasif kontrol sistemi uygulanan üç farklı örneğe yer vermiştir. Yer verilen uygulama örneklerinde öncelikle, yapı hakkında bilgiler vermiş daha sonra uygulanan pasif kontrol sistemini açıklamıştır. SAP2000 programında zaman tanım alanında analiz yöntemi seçilerek sekiz katlı betonarme bir yapı ile sayısal uygulamalar yapmıştır. Modellere ait analiz sonuçları karşılaştırılarak taban izolasyonun taşıyıcı sistem üzerindeki olumlu sonuçlarını anlatmaya çalışmıştır [20].

Şengel, Erol ve Yavuz (2009), yapıların sismik taban izolasyonu tekniği ile tasarlanarak, depreme karşı dayanıklı hale getirilmesini incelemiştir. Sismik izolasyonun yapı davranışını göstermek amacıyla 5 katlı örnek bir yapı ve Erzurum Devlet Hastanesi önce ankastre temelli olarak, daha sonra sismik izolasyonlu olarak analiz edilmiş ve zaman tanım alanında deprem kayıtları altında analizleri yapılmıştır. Sismik taban izolasyonunun avantajları ve dezavantajları, yanal ötelenmeler, eğilme momentleri, taban kesme kuvvetleri ve yapı doğal periyodunun aldığı değerler karşılaştırılmıştır [21].

Çetinkaya (2011), kat yükseklikleri aynı, dinamik karakterleri farklı komşu iki binanın deprem sırasındaki davranışını incelemiştir. Çarpışmayı, çarpma kuvveti temel alınarak oluşturulan doğrusal elastik yay modeli, Kelvin-Voigt Modeli, Hertz Boşluk Elemanı Modeli ve doğrusal olmayan elastik yay ile doğrusal viskoelastik yay elemanlarını birlikte kullanarak temsil etmiştir. Çarpışma elemanlarının komşu binalar arasında hangi

zaman diliminde hangi şiddette kuvvet aktardığını tespit edip elde ettiği analiz sonuçlarını çarpışma etkisi ihmal edilmiş analiz sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Modelleme ve analizde SAP2000 programını kullanmıştır [22].

Akköse ve Çetinkaya (2011), kat yükseklikleri ve dinamik karakterleri (kat kütleleri ve yapısal rijitlikleri) birbirinden farklı komşu iki binanın deprem sırasındaki davranışını incelemiştir. Binalar arasında meydana gelen döşeme kolon çarpışması, iki ayrı model ile temsil edilmiştir. Bunlardan birincisi, doğrusal viskoelastik yay ile temsil edilen Kelvin-Voigt modelidir. Bu model, doğrusal elastik bir yaydan ve çarpışma sırasındaki enerji kaybını temsil etmesi amacıyla bir sönümleyiciden oluşmaktadır. İkincisi ise, doğrusal olmayan elastik yay ile temsil edilen Hertz modelidir. Binalar üç boyutlu döşeme-kolon sistemi olarak modellenmiş ve binalar arasındaki mesafe Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (2007) standartlarına uygun olarak belirlenmiştir. Analizler, 1999 Kocaeli depremi dikkate alınarak SAP2000 programı yardımıyla zaman tanım alanında gerçekleştirilmiştir. Çarpışma analizleri sonucunda, binalarda oluşan yer değiştirmeler, kesit tesirleri ve çarpma kuvvetleri incelenmiştir [23].

Akköse ve Çetinkaya (2013), planda düzensizliğe sahip binaların deprem kaynaklı çarpışma davranışını incelemiştir. Binalar arasında meydana gelen çarpışma, doğrusal olmayan elastik yay (Hertz modeli) ile doğrusal viskoelastik yayın (Kelvin-Voigt modeli) birleşiminden oluşan çarpışma modeli ile temsil edilmiştir. Komşu binaları üç boyutlu kolon-kiriş sistemi olarak modellemiş ve binalar arasındaki mesafeyi DBYBHY (2007) standartlarına uygun olarak belirlemiştir. Analizler, 1992 Erzincan depremi dikkate alınarak SAP2000 programı yardımıyla zaman tanım alanında dinamik analizler gerçekleştirilmiştir. Çarpışma analizleri sonucunda, binalarda oluşan yer değiştirmeler, kesit tesirleri ve çarpma kuvvetleri incelenerek binaların çarpışma davranışı araştırılmıştır [26].

Turhan (2015), dinamik özellikleri farklı olan bitişik nizam yapıların deprem etkisi altında çarpışmalarını engellemek için viskoz sönümleyiciler kullanmıştır. Sönümleyicileri koymak için en uygun yerleri araştırmıştır. Yapılar arasındaki rölatif yer değiştirmesi en aza indirip toplam sönüm katsayısının farklı değerleri için optimizasyon yapmış ve her durum için bunu zaman davranışları açısından incelemiştir. Yapılarda rijitlik ve kütle dağılımlarının etkisini de incelemiştir. Optimum tasarımları üniform tasarımlar ile karşılaştırmış ve etkinliğini sunmuştur [28].

Altinel (2015), mevcut sıralı binalarda çekiçlemenin sismik performans üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada, orta yükseklikteki mevcut betonarme yapı stoğunu temsil eden 4 ve 7 katlı çerçeve taşıyıcı sisteme sahip, 1975 ve 1998 Afet Yönetmeliği'ne göre tasarlanmış 3-B doğrusal elastik olmayan modeller kullanmıştır. Modeller Sap2000 programı kullanılarak doğrusal elastik yay modeli ile birleştirilmiştir. 3 bina modelinin çeşitli kombinasyonlarda birleştirilmesi ile 8 adet sıralı çekiçleme modeli oluşturmuştur. Çekiçleme modelleri arasında yetersiz deprem derzini temsil eden 10 mm ve 20 mm boşluk bırakılmıştır. Aynı çekiçleme modelleri arasında çarpışma oluşmayacak kadar boşluk bırakılarak referans modeller elde edilmiştir. 9 adet ivme kaydı kullanılarak toplamda 216 adet doğrusal elastik olmayan zaman tanım alanında dinamik analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerin sonucunda çatı (tepe) yer değiştirmesi, kat kesme kuvveti ve taban kesme kuvveti talepleri, link elemanlarda oluşan kuvvet ve

deformasyonlar elde edilmiştir. 10 mm ve 20 mm yetersiz deprem derzine sahip modellerin analiz sonuçlarını, referans (çarpışmasız) modellerin analiz sonuçları ile karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlarda, çatı yer değiştirme taleplerinde %182.3, kat kesme kuvveti taleplerinde ise %142.8'e varan farklar hesaplanmıştır. Binalar arasındaki derz boşluğunun binanın deprem performansı üzerinde etkin bir parametre olduğu görülmüştür; deprem derz boşluğunun 20 mm yerine 10 mm olması ile yer değiştirme taleplerinde 2.5 kata ulaşan farklar oluşmaktadır. Çalışma sonuçları, çekiçlemenin karmaşık bir etki olduğunu ve mevcut yapıların deprem performansının çekiçleme göz ardı edilerek değerlendirilmesinin doğru olmayacağını göstermektedir [29].

Pala, Tekin ve Eşit (2015), deprem yönetmeliğinde B2 düzensizliği olarak adlandırılan komşu katlar arası rijitlik düzensizliğine sahip bitişik nizam yapı örnekleri SAP2000 yardımıyla modelleyerek çarpışmalar sırasındaki dinamik davranışlarını incelemiştir. Farklı kat yüksekliğine sahip ve bitişik olarak inşa edilecek yapılarda analizler, El Centro (1940) depremi dikkate alınarak oluşabilecek yer değiştirmeler ve çarpma kuvvetleri araştırılmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar, yapıların yeterli derz aralıklarına sahip olma durumu ile karşılaştırılarak B2 düzensizliğine sahip yapılarda çekiçleme etkisinin yıkıcı etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır [30].

Kamal (2016), yetersiz boşluk oranına sahip ya da bitişik inşa edilmiş orta yükseklikteki betonarme binalarda çekiçleme etkisinin zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan dinamik analiz yöntemi ile belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Orta yükseklikteki mevcut binaların ortalama geometrik ve yapısal özelliklerini yansıtacak şekilde 4 ve 7 katlı bina tasarlamıştır. Kat hizaları aynı olan bina modellerini kat seviyelerinden birbirine bağlayarak 4 farklı ikili model oluşturmuştur. İkili modeller arasındaki bağlantıyı SAP2000 modelindeki doğrusal (doğrusal) yay modeli ile sağlamıştır. Çarpışmanın meydana geldiği ikili modeller arasında 0 ve 20 mm boşluk mesafesi bırakırken, çarpışmanın görülmediği (referans) ikili modeller arasında 400 mm tercih etmiştir. 4 farklı ikili model, 3 farklı boşluk mesafesi ve 9 farklı gerçek ivme kaydı ile toplamda 108 adet zaman tanım alanında doğrusal olmayan dinamik analiz yapmıştır. Yapılan analizler sonucunda, çekiçlemenin çatı (tepe) yer değiştirme talepleri, görelî kat ötelenme oranı ve yapıdaki hasar dağılımı üzerindeki etkilerini çarpışmalı ve çarpışmasız durumlar için karşılaştırmıştır. Komşu binalar arasında bırakılan derz mesafesinin artması ile çekiçleme etkilerinde azalmalar saptamıştır. Yetersiz derz mesafesine sahip farklı dinamik karakterlerdeki komşu binaların çarpışması sonucu hasar dağılımlarında ciddi değişimler meydana gelmiştir. Çalışma çekiçleme etkisi göz önüne alınmadan mevcut yapıların sismik performanslarının uygun bir şekilde değerlendirilmesinin mümkün olmadığını da ortaya koymaktadır [32].

Ayrıca son yıllarda bitişik binalar ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır [37][38][39].

3 SİSMİK TABAN İZOLASYONU

3.1 Sismik Taban İzolasyonu Tanımı

Sismik taban izolasyonu binayı zeminden ayırarak, zeminde meydana gelecek ve binada hasara neden olabilecek hareketlerden ayırır. Büyük yatay esneklik izolatör üzerindeki yapının yer değiştirmesini artırırken, rölatif yer değiştirmeyi en aza indirir. Katlar arası yer değiştirme en aza indiği için üst yapı tek bir katmış gibi rijit olarak hareket eder. Sismik izolatörlerin çalışma prensibi, yapının temel periyodunu artırmaya ve bunun sonucu olarak, sismik tepkileri azaltmaya dayanır. Aynı prensibe dayalı olarak üretilen farklı izolatörler türleri vardır. Bu çalışma, yaygın olarak kullanılan elastomerik mesnetler olarak bilinen yüksek sönümleyici kauçuk mesnetleri (HDRB) içermektedir.

Taban izolasyon tekniği binanın çevresindeki taban seviyesinde boşluk gerektirir. Sismik hareket sırasında boşluğun aşılması, istinat duvarı veya komşu bina ile çarpışmaya neden olur. İzolatör periyodu yapının doğal periyodunu değiştirdiği için taban izolatörünün dinamik özelliklerinin değişmesi bitişik binaların çarpışma davranışında belirgin bir etkiye sahiptir. Çok katlı binalar için, kat sayısı arttıkça, izole edilmiş binanın esnekliği dinamik davranış üzerinde etkili olur ve taban ile üst katlar arasındaki rölatif yer değiştirme artar. Çarpma kuvvetlerini ve sönümleyici kapasitelerini bulmak için yapılan analizler, çeşitli izolatör özellikleri ve binaların kat sayılarına göre gerçekleştirilir.

Temel olarak kauçuktan yapılmış çelik katlardan oluşur. İzole edilmiş binaların dinamik analizi için izolasyon sistemi doğrusal viskoelastik davranış ile modelleniyorsa doğrusal analizler yapılabilir. Bu durum lamine elastomerik mesnetler için geçerlidir. Taban izolatörü tarafından üretilen kuvvet, F_b , doğrusal yayın ve sönümlemenin paralel etkisidir [8],

$$F_b = c_b \dot{x}_b + k_b x_b, \quad (3.1)$$

burada c_b izolatör sönüm katsayısı, k_b izolatörün rijitliğidir. \dot{x}_b tabanın hız tepkisidir. Yatay rijitlik, taban izolatörünün periyodu (T_b) ve sönüm oranı (ξ_b) gibi önceden belirlenmiş parametrelere göre belirlenir [31]:

$$T_b = 2\pi \sqrt{\frac{M_T}{k_b}}, \quad (3.2)$$

$$\xi_b = \frac{c_b}{2M_T \cdot \omega_b}, \quad (3.3)$$

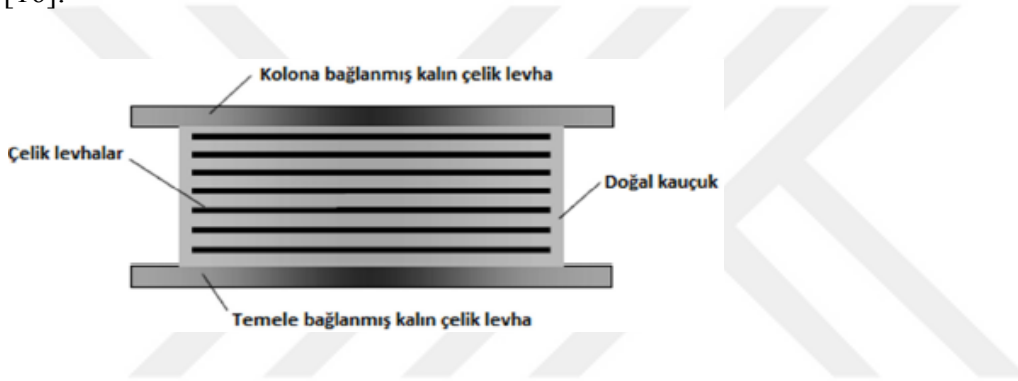
burada M_T izolatörler üzerindeki üst yapının toplam kütleini, ω_b izolatörün açısal frekansını temsil etmektedir. $2\pi / T_b$ 'den bulunmaktadır. Taban izolatör periyotları çoğunlukla 1 ve 3 s arasında alınır. ξ_b sönümleme katsayısını temsil eder ve genellikle 0,10 alınır. İzolatörlerin hemen üzerindeki üst yapının oturduğu kat kütleli de yapının bir kat kütleinin 1,5 katı olarak hesap edilebilir [31].

3.2 Taban İzolatör Çeşitleri

Taban izolatörlerinde çalışma prensibi aynı olsa da çeşitli türleri bulunmaktadır. Elastomerik mesnetler, kurşun çekirdekli mesnetler, yüksek sönümlü kauçuk mesnetler, sürtünmeli sarkaç mesnetler ve diğer taban izolatörleri olarak sıralanabilmektedir.

3.2.1 Elastomerik Mesnetler

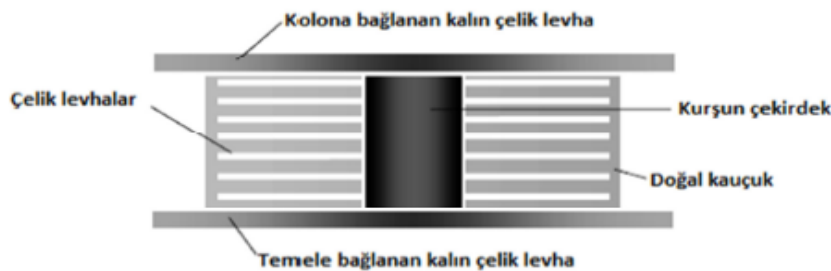
Elastomerik Mesnetler doğal kauçuktan yapılmaktadır. Son zamanlarda, çelik plakalar ve sac levhalar ile birlikte özellikleri geliştirilmiştir. Sadece kauçuk kullanılan mesnetlerle karşılaştırıldığında, çelik levhaların kullanılmasının; yapının düşey yükü altında mesnetin düşey deformasyonunu fazlasıyla azalttığı ve mesnetin yatay yöndeki şişmesini engellediği ortaya çıkmaktadır. Şekil 3.1’de elastomerik mesnet gösterilmektedir [16].



Şekil 3.1 Elastomerik mesnet [16]

3.2.2 Kurşun Çekirdekli Mesnetler

Elastomerik mesnetlerin ortasına, kurşun çekirdekten daha küçük bir delik açılır. Kurşun çekirdek, açılan deliğin içine sıkıca yerleştirilir. Bu mesnetlerin performansları, uygulanan yatay kuvvete bağlıdır. Yatay kuvvet küçük ise çelik plakaların hareketi kurşun çekirdek tarafından engellenmekte ve mesnet yüksek yatay rijitlik göstermektedir. Yüksek ise çelik plakalar kurşun çekirdeği deformasyon yapmaya ve akmaya zorlamaktadır. Bu sebepten, mesnetin yatay rijitliği düşmektedir. Kurşun çekirdekli mesnetlerin sönümleri %15-%35 arası değişmektedir. Kurşun çekirdekli mesnet Şekil 3.2’deki gibidir [16].



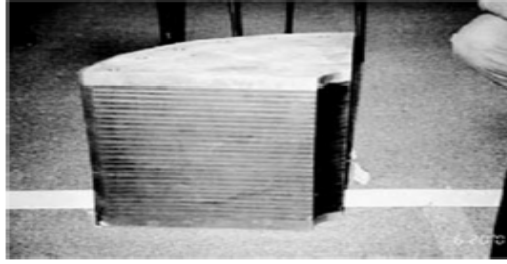
Şekil 3.2 Kurşun çekirdekli mesnet [16]

3.2.3 Yüksek Sönümlü Kauçuk Mesnetler

Bu mesnetler sadece kauçuk ve çelik levhalardan oluşmaktadır. Ancak gerekli esneklik ve enerji kırılımı kapasitesine sahiptir. Yüksek sönümlü kauçuk mesnetlerin karakteristikleri zaman, sıcaklık ve aşırı yükleme ile değişmektedir. Mesnetin rijitlik ve sönüm özellikleri, kauçuğun bileşenleri ile değişmektedir. Mesnetler Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te görülmektedir [16].



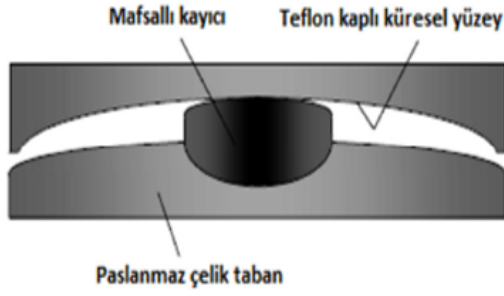
Şekil 3.3 Yüksek sönümlü kauçuk mesnet [16]



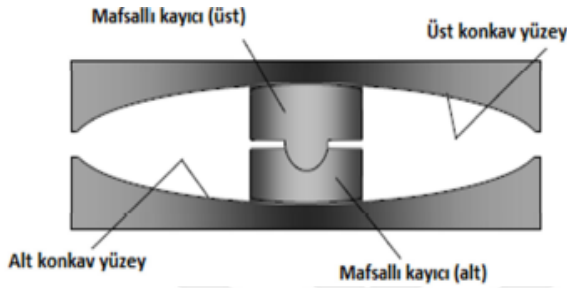
Şekil 3.4 Test edilmiş kauçuk mesnet kesiti [16]

3.2.4 Sürtünlü Sarkaç Mesnetler

Sürtünlü sarkaç mesnetler, yassı kayıcı bir yüzeye sahiptir. Uygulanan yatay kuvvete karşı koyan kuvvet, sürtünme katsayısının ve mesnet üzerindeki düşey yüklerin bileşkesidir. Söz konusu mesnetlerin dezavantajı, deprem sonrasında bu mesnetlerin uygulandığı binaların ilk konumuna geri dönememesidir. Bunun sebebi uygulanan yatay kuvvetin, sürtünme kuvvetinden küçük olması ve binanın merkez konumundan uzakta kalmasıdır. Artçı sarsıntılar binanın asıl konumundan daha fazla uzaklaşmasına neden olabilmektedir ve binanın bu hareketi, mesnetleri zorlayarak arızaya yol açabilmektedir. Deprem sonrasında merkezden olan uzaklığını azaltmak için, küresel veya konkav kayma yüzeyleri geliştirilmiştir. Bu tip mesnetlere Sürtünlü Sarkaç Mesnet adı verilmiştir. Bu mesnetler Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da görülmektedir [16].



Şekil 3.5 Sürtünmeli sarkaç mesnet [16]

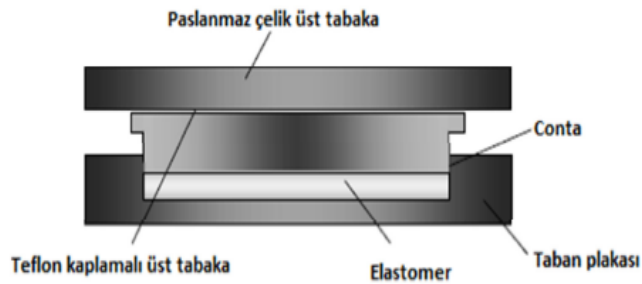


Şekil 3.6 Çift konkav yüzeyli sürtünmeli sarkaç mesnet [16]

Çift konkav yüzeyli sürtünmeli sarkaç mesnetlerin kullanımı, yatay kuvvetin, mesnetin üst ve alt konkav yüzeyler vasıtasıyla karşılanmasını sağlamaktadır ve bu sayede mesnet boyutları azalmaktadır.

3.2.5 Diğer Taban İzolasyonu Sistemleri

Elastomer tabakası, tepe kısmında bulunan, teflon tabakası ile kaplanmış kap şeklindeki bir piston tarafından hapsedilmiştir. Hapsedilmiş piston sayesinde, elastomerin yüksek basınçlar altında şişmesi engellenmektedir. Aynı zamanda, deprem anındaki yer değiştirmeler altında, kayıcı yüzün yüklere daha üniform bir şekilde maruz kalabilmesi için, kap şeklindeki mesnet dönme kapasitesine sahiptir. Fakat, yatay hareketten kaynaklanan eksantriste, izolasyon altında bulunan yapısal sistemin ek hareketler yapmasına sebep olabilmektedir. Çanak mesnet Şekil 3.7’de görülmektedir [16].



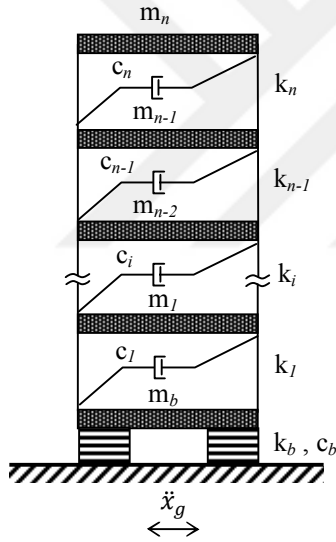
Şekil 3.7 Çanak mesnet [16]

3.3 Taban İzolasyonlu Yapılarda Hareket Denklemleri

Zeminden taban izolasyonu sistemi ile ayrılan binalarda, izole edilmiş yapısal sistem zemin hareketinden kaynaklanan sismik kuvvetlere daha az ölçüde maruz kalmakta ve bunun sonucu olarak binaya etkiyen kuvvetler çok büyük ölçüde azalmaktadır. Şekil 3.8'deki gibi n katlı, toplanmış kütle modeli ile modellenmiş, yatay yönde yer değiştirme serbestlik derecesine sahip izolatörlü bir binanın hareket denklemi,

$$[\mathbf{M}]\{\ddot{x}\} + [\mathbf{C}]\{\dot{x}\} + [\mathbf{K}]\{x\} = -\ddot{x}_g[\mathbf{M}]\{1\}, \quad (3.4)$$

ile gösterilir. Matrislerin boyutları izolatör ile birlikte $(n + 1) \times (n + 1)$ olur. Burada $[\mathbf{M}]$ kütle matrisi, $[\mathbf{C}]$ sönüm matrisi, $[\mathbf{K}]$ ise rijitlik matrisi olup, $\{1\}$ vektörü $n + 1$ satırdan oluşan birim vektör olmak üzere, $\{x\}$, $\{\dot{x}\}$ ve $\{\ddot{x}\}$ sismik izolasyonlu yapının; rölatif yer değiştirme vektörü, hız vektörü ve ivme vektörüdür. \ddot{x}_g 'de deprem ivmesini göstermektedir. Matris ve vektörlerin detayları aşağıda verilmiştir. b alt indisi taban izolatörünü simgelemektedir. Tabandan izole edilmiş bina Şekil 3.8'deki gibidir [16].



Şekil 3.8 Taban izolasyonlu bina

$[\mathbf{M}]$ kütle matrisi:

$$[\mathbf{M}] = \begin{bmatrix} m_b & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_1 & 0 & 0 & 0 \\ & & m_2 & & \\ & & \text{sim.} & \ddots & \\ & & & & m_n \end{bmatrix}, \quad (3.5)$$

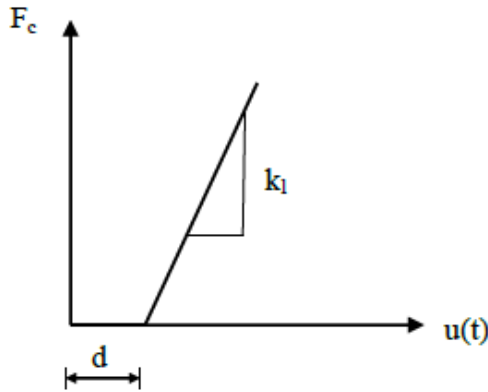
burada m_b izolatör kütlesidir.

$$u(t) = u_j(t) - u_i(t), \quad (4.1)$$

$$F_c = k_l(u(t) - d) \quad u(t) - d > 0 \quad (\text{çarpışmanın olduğu durum}), \quad (4.2)$$

$$F_c = 0 \quad u(t) - d \leq 0 \quad (\text{çarpışmanın olmadığı durum}), \quad (4.3)$$

burada, $u_i(t)$ ve $u_j(t)$ komşu binaların aynı doğrultudaki rölatif yer değiştirmelerini, d iki bina arasındaki boşluğu, k_l doğrusal elastik yay sabitini ve F_c çarpma kuvvetini temsil etmektedir. Doğrusal yay katsayısının kuvvet-yer değiştirme grafiği Şekil 4.2’de görüldüğü gibidir [8]:



Şekil 4.2 Doğrusal elastik yayın kuvvet–yer değiştirme ilişkisi [8]

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere aradaki boşluk (d) sıfır olmadığı sürece yay çalışmamaktadır. Boşluk kapandığı andan hemen sonra çarpışma olayı başlamakta ve yay, binaların yaptığı ötelenmeye ile kuvvet aktarmaktadır. Çarpışmadan sonra ayrılma gerçekleştiği andan itibaren yay kuvveti yine sıfır olmakta ve yay çalışmamaktadır.

Yay katsayısı k_l doğrusal değiştiğinden, formülasyonu kolay olmakta ve hesaplamalarda büyük avantaj sağlamaktadır ancak bu yay modelinde enerji kaybı temsil edilememektedir. Dolayısıyla doğrusal elastik yay modeli yapılar arasındaki çarpışma olayını temsil etmekte yetersiz kalmaktadır [25].

4.1.2 Doğrusal Viskoelastik Yay (Kelvin-Voigt) Modeli

Bu model, doğrusal bir yaydan (k_L) ve çarpışma sırasındaki enerji kaybının temsil edilmesi için bir sönümleyiciden (c_L) oluşmaktadır. Doğrusal elastik yay modelinde olduğu gibi; yayın, i ve j uçlarının tanımlandığı doğrultudaki rölatif yer değiştirmeleri sonucu kuvvet aktarımı başlamaktadır. Ancak bu kuvvet aktarımı binalar arasındaki boşluğun (d) tamamen kapanmasıyla başlamakta ve bu boşluğun (d) tekrar sıfırdan büyük olmasıyla sona ermektedir. Doğrusal elastik yay modelinden farklı olarak bu modelde binalar arasındaki boşluğun kapanmasıyla birlikte doğrusal bir sönümleyici çalışmaya başlamaktadır. Çarpışma sırasındaki temas kuvveti aşağıdaki gibi tanımlanabilir [25];

$$u(t) = u_i(t) - u_j(t), \quad (4.4)$$

$$\dot{u}(t) = \dot{u}_i(t) - \dot{u}_j(t), \quad (4.5)$$

$$F_c = k_L(u(t) - d) + c_L \dot{u}(t), \quad u(t) - d \geq 0, \quad (\text{çarpışmanın olmadığı durum}), \quad (4.6)$$

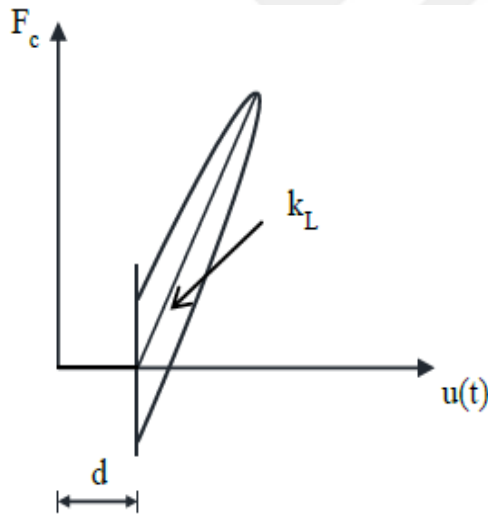
$$F_c = 0, \quad u(t) - d < 0, \quad (\text{çarpışmanın olmadığı durum}), \quad (4.7)$$

burada, $u_i(t)$ ve $u_j(t)$ komşu binaların aynı doğrultudaki rölatif yer değiştirmelerini, $\dot{u}_i(t)$ ve $\dot{u}_j(t)$ komşu binaların aynı doğrultudaki rölatif hızlarını, d iki bina arasındaki boşluğu (gap), k_L doğrusal viskoelastik yay sabitini, c_L doğrusal sönüm sabitini ve F_c çarpma kuvvetini temsil etmektedir. Doğrusal sönüm sabiti aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır [8];

$$C_L = 2\xi \sqrt{k_L \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}}, \quad (4.8)$$

$$\xi = \frac{\ln e}{\sqrt{\pi^2 + (\ln e)^2}}, \quad (4.9)$$

burada m_1 ve m_2 çarpışan katların kütlelerini, ξ çarpışan kütlelerin sönüm oranını ve e çarpışma katsayısını temsil etmektedir. Doğrusal viskoelastik yay katsayısının kuvvet–yer değiştirme ilişkisi Şekil 4.3’de verilmiştir [8].



Şekil 4.3 Doğrusal viskoelastik yay modelinde kuvvet–yer değiştirme ilişkisi (Kelvin-Voigt Modeli) [8]

Bu modelinin tek dezavantajı; çarpışma boyunca aynı sönüm değeriyle çalışmasıdır. Enerjinin çoğu yaklaşma aşamasında kaybedildiğinden, çarpışma sırasında az miktarda elastik şekil değiştirme enerjisi kaybedilir. Yani yaklaşma ve çarpma aşamaları boyunca sönüm aynı değerde çalışmamaktadır. Fakat bu model de sönüm katsayısı ve yay sabiti doğrusal değiştiği için hesaplamalarda kolaylık sağlamaktadır. Basit olduğu ve kolay modellendiği için bu yaklaşım yaygın olarak kullanılmaktadır [5].

4.1.3 Doğrusal Olmayan Elastik Yay (Hertz) Modeli

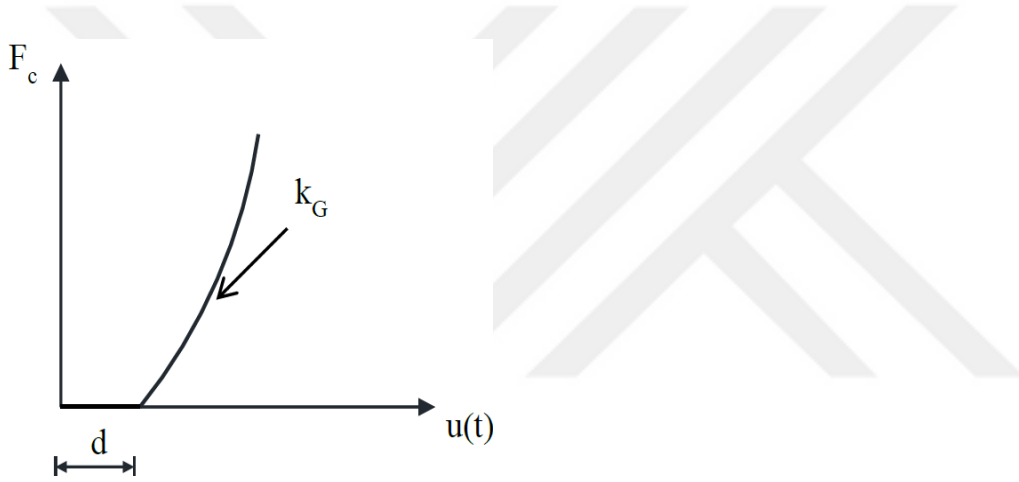
Bu modelde çarpma kuvveti-deformasyon ilişkisini anlatabilmek için, Hertz temas yasasından yola çıkılarak doğrusal olmayan elastik yay kullanılmıştır. Çarpışma sırasındaki temas kuvveti aşağıdaki gibi temsil edilmektedir [3];

$$u(t) = u_i(t) - u_j(t), \quad (4.10)$$

$$F_c = k_G (u(t) - d)^{3/2} \quad u(t) - d > 0 \quad (\text{çarpışmanın olduğu durum}) \quad (4.11)$$

$$F_c = 0 \quad (u(t) - d) \leq 0 \quad (\text{çarpışmanın olmadığı durum}) \quad (4.12)$$

Burada $u_i(t)$ ve $u_j(t)$ komşu binaların aynı doğrultudaki rölatif yer değiştirmelerini, d iki bina arasındaki boşluğu (gap), k_G doğrusal olmayan elastik yay sabitini ve F_c çarpma kuvvetini temsil etmektedir. Doğrusal olmayan elastik yay katsayısının kuvvet-yer değiştirme ilişkisi Şekil 4.4'te verilmiştir [8].



Şekil 4.4 Doğrusal olmayan elastik yayın kuvvet-yer değiştirme ilişkisi (Hertz Modeli) [8]

Doğrusal olmayan elastik yay modelinde, yay tamamen elastik çalışmaktadır. Bu durum; model açısından olumsuzluk yaratmaktadır. Çarpışma sırasındaki plastik deformasyon, bölgesel çatlama ve sürtünmeden dolayı kaybedilen enerji, temsil edilememektedir [5].

4.1.4 Doğrusal Olmayan Viskoelastik Yay (Hertzdamper) Modeli

Bu modelde, doğrusal viskoelastik ve doğrusal olmayan elastik yay modellerinin dezavantajları göz önüne alınmış ve bu dezavantajlar en aza indirilmiştir. Doğrusal olmayan elastik yay modelinden farklı olarak bu modelde, yaklaşma aşamasında doğrusal olmayan bir sönümleyici devreye girmektedir. Böylece yaklaşma aşaması boyunca kaybedilen enerji temsil edilebilmiş olmaktadır. Bu aşama sırasında kaybedilen enerjinin miktarı çok az olduğu için doğrusal olmayan viskoelastik yay modelinde çarpışma aşamasında kaybedilen enerji ihmal edilmektedir [5]. Bu modelde, çarpışma anındaki temas kuvveti, sönümün etkili olduğu ve olmadığı durumlara göre değişmektedir. Çarpma kuvveti aşağıdaki denklemler ile temsil edilmektedir [5]:

$$u(t) = u_i(t) - u_j(t), \quad (4.13)$$

$$\dot{u}(t) = \dot{u}_i(t) - \dot{u}_j(t), \quad (4.14)$$

$$F_c = 0, \quad u(t) - d \leq 0, \quad (\text{çarpışma yok}), \quad (4.15)$$

$$F_c = k_H(u(t) - d)^{3/2} + c_H(t)\dot{u}_i(t), \quad u(t) - d > 0, \quad \text{ve } \dot{u}(t) > 0, \quad (\text{yakınlaşma aşaması}), \quad (4.16)$$

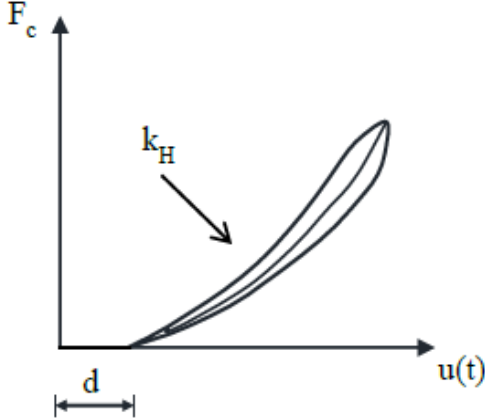
$$F_c = k_H(u(t) - d)^{3/2} \quad u(t) - d > 0 \quad \text{ve } \dot{u}(t) \leq 0 \quad (\text{çarpışma aşaması}) \quad (4.17)$$

burada $u_i(t)$ ve $u_j(t)$ komşu binaların aynı doğrultudaki rölâtif yer değiştirmelerini, $\dot{u}_i(t)$ ve $\dot{u}_j(t)$ komşu binaların aynı doğrultudaki rölâtif hızlarını, d iki bina arasındaki boşluğu (gap), k_H çarpışan malzemelere bağı doğrusal olmayan elastik yay sabitini, $c_H(t)$ zamana bağı doğrusal olmayan sönüm ve F_c çarpma kuvvetini temsil etmektedir. Zamana bağı doğrusal olmayan sönüm aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır [5]:

$$C_H(t) = 2\xi \sqrt{k_H \sqrt{u(t) - d} \cdot \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}} \quad (4.18)$$

bu denklemde m_1 ve m_2 çarpışan katların kütlelerini ve ξ çarpışan kütlelerin sönüm oranını temsil etmektedir.

Hertz yay sabiti (k_H) ve sönüm oranı (ξ) deneysel olarak elde edilmelidir. Yay ve sönüm doğrusal olmadığından bu modelde ξ , doğrusal viskoelastik yay modelinde olduğu gibi kolaylıkla formülize edilememektedir. Doğrusal olmayan elastik yay katsayısının kuvvet–yer değiştirme ilişkisi Şekil 4.5'te verilmiştir [8].



Şekil 4.5 Doğrusal olmayan viskoelastik yayın kuvvet–yer değiştirme ilişkisi (Hertzdamp Modeli) [8]

4.2 Sismik Taban İzolasyonlu Bitişik Yapıların Çarpışma Anındaki Davranışının Teorik İncelenmesi

Bu bölümde, taban izolasyon sisteminin çalışma prensibi ve özelliklerini anlatmak amacıyla örnek olarak sismik taban yalıtımı yapılmış iki bitişik bina çarpışma açısından analiz edilmiştir. Yapı modelleri, toplanmış kütle modeli ile MATLAB ortamında oluşturularak sismik taban izolatörlerinin özelliklerinin çarpma kuvvetlerine olan etkileri

incelenmiş ve yorumlar elde edilmiştir.

Çalışmada taban izolasyonlu bitişik iki binanın, kat sayısının değişimi ile yüksek sönümleyici kauçuk mesnetlerin dinamik özelliklerinin çarpma kuvvetlerine etkisi incelenmiştir. 1999 Düzce depreminin Bolu istasyonunda (PGA 739.5 gal) ölçülen kuzey-güney ivme kaydı yer hareketi olarak kullanılmıştır. Veriler, güçlü bir titreşim sergileyen yakın fay etkisi tipi hareket içerir. Güçlü yer hareketi sırasında binaların taban seviyelerinde birbirleriyle çarpışmaları muhtemeldir. İzolatör karakteristiklerindeki değişim, yer değiştirme tepkilerinin değişimine yol açar ve izolatörler binaların periyodunu değiştirebildiğinden sismik hareket sırasında kuvvetleri etkiler. Bu nedenle, farklı izolatör karakteristiklerine sahip bitişik binalar için çarpışma kaçınılmazdır.

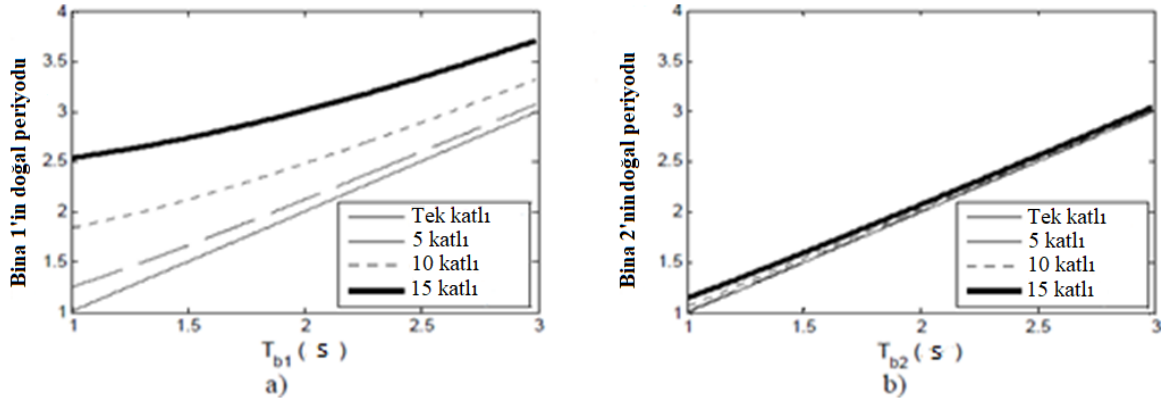
Son yıllarda, taban izolasyonlu yapıların çarpışması konusu, araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmektedir. Agarwal ve arkadaşları teflon yüzeyli mesnetleri, iki serbestlik dereceli binada izolatör olarak kullanmıştır. Sürtünme katsayısının, çarpışma sayıları ve kuvvetleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır [14]. Pant ve Wijeyewickrema, 4 katlı taban izolasyonlu ve tabanda istinat duvarlarına sahip tipik bir binanın çarpma analizini 3 boyutlu sonlu elemanlar üzerinde yapmıştır [27]. Komodromos ve arkadaşları, taban izolasyonlu bir binanın istinat duvarlarına çarpmasını parametrik olarak incelemiş ve sismik izolasyona olan zarar verici etkilerini ortaya koymuştur [15]. Mavronicola ve arkadaşları, çeşitli çarpışma modelleri kullanarak taban izolasyonlu binaların maksimum tepkilerinin değişimini araştırmıştır [33]. Masroor ve Mosqueda, farklı istinat duvar türleri ile taban izolasyonlu binaların birbirlerine çarpma davranışları üzerine deneysel ve teorik çalışmalar yapmıştır [24].

4.2.1 Örnek Yapı

Parametrik çalışma sonuçlarını uygun bir şekilde sunmak için, oluşturulan model ve yapılan analizlerde bir takım kabuller yapmak gereklidir. Bu bölümün konusu olan sismik izolasyonlu iki yapı planda simetrik olarak kabul edilmiş ve yer hareketinin temelde bir yönde olduğu ve sonuçta iki boyutlu sismik tepki analizinin yeterli olduğu varsayılmıştır. Binalar kesme tipi olarak modellenmiştir. Katlar aynı hizada olup kat yükseklikleri eşittir. Çarpışma sırasında meydana gelen plastik deformasyonlar ihmal edilmiştir. Her bir kat için kütle ve rijitlik sırasıyla bina 1 için $m_{i,1} = m_{i,2} = 1 \times 10^5$ kg ve $k_{i,1} = 6,8 \times 10^7$ N/m ve bina 2 için $k_{i,2} = 10 \times 10^8$ N/m'dir. Taban izolasyonun kullanılma amacı daha çok izolatörlerin üstündeki yapılarının elastik aralıkta hareket etmesini sağlamaktır, bu nedenle binaların sönümleme oranı % 2 olarak kabul edilmiştir. Elastomerik izolatörler orta katlı yapılar için efektif çalışabildiğinden, çalışmada her iki bina için kat numaraları 1, 5, 10 ve 15 olarak seçilmiştir. Zemin-yapı etkileşimi ihmal edilmiştir. Sismik hareketler altındaki zamana bağlı yağışal tepkiler Newmark- β metodu ile hesaplanmıştır.

İzolasyonlu yapıların doğal periyodu, izolatör periyoduna bağlı olarak değişmektedir. Bu değişim, Şekil 4.6'da gösterilmiştir. T_{b1} ve T_{b2} sırasıyla Bina 1 ve 2'deki izolatörlerin doğal periyotlarını belirtmektedir. Bina 1'in kat sayısı arttıkça, doğal periyot ve izolatör periyodu birbirinden önemli derecede uzaklaşmaya başlamıştır. Bununla birlikte, daha rijit olan binanın (Bina 2) doğal periyodu değişim göstermemektedir. Tek katlı binalarda binanın doğal periyodu izolatör periyoduna uzatılmaktadır. Başka bir

deyişle, binanın kendi esnekliği, temel dinamik özellikler üzerinde hiçbir etkiye sahip değildir [34].

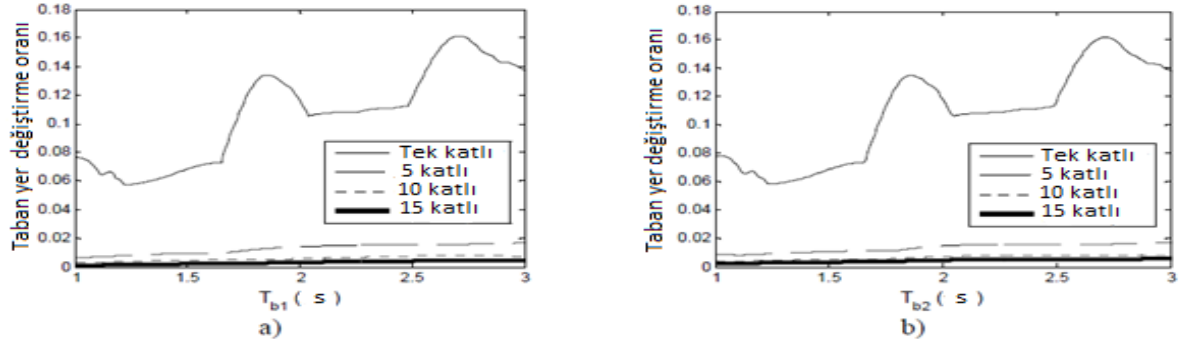


Şekil 4.6 Doğal periyot değişimi a) Bina 1'in periyodu b) Bina 2'nin periyodu [34]

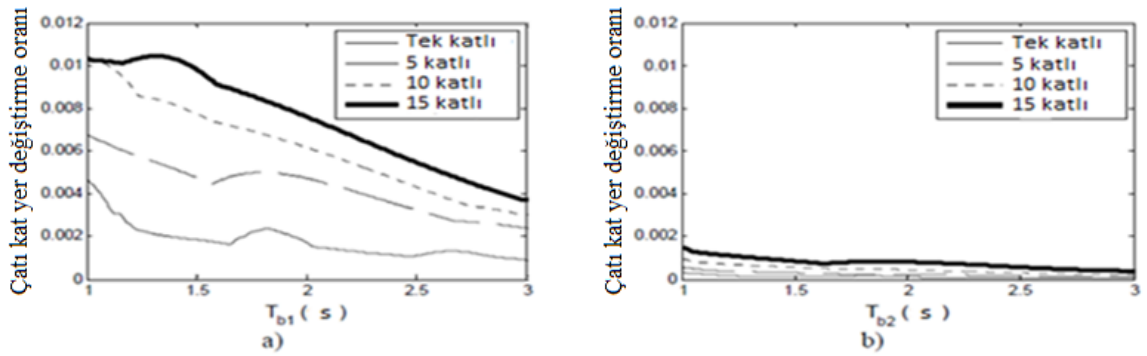
4.2.2 İzolatör Periyoduna Bağlı Olarak Sismik Tepkilerin ve Çarpma Kuvvetini Değişimi

Bu bölümde yapılan analizler, binalardan birinin altındaki izolatörün periyodu değiştirilirken, diğerinin altındakinin 2 sye sabitlendiği durumlar için yapılmıştır. Tek katlı, 5, 10, ve 15 katlı binalar için sismik boşluk sırasıyla DBYBHY 2007'ye göre 3, 6, 11 ve 16 cm olarak alınmıştır.

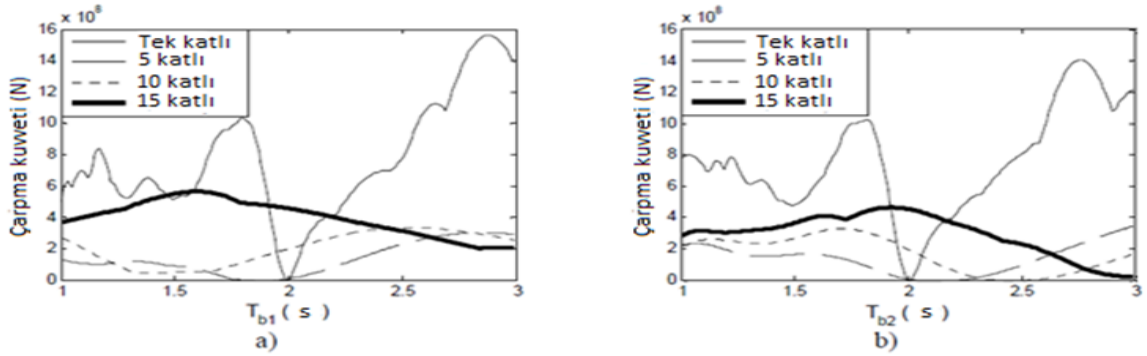
Şekil 4.6'daki taban yer değiştirme oranı, taban yer değiştirmesinin toplam bina yüksekliğine oranını ifade etmektedir. Şekil 4.7 (a)'da 2. binanın altındaki, Şekil 4.7 (b)'de ise 1. binanın altındaki izolatör periyodu 2 s olarak sabit tutulmuş ve diğer binanın altındaki izolatör periyodu 1 ile 3 s arasında değerler almıştır. Görüldüğü üzere grafikler arasında belirgin fark yoktur. Çünkü bina üst yapısının rijitliğinin, taban yer değiştirmesine etkisi yoktur. Tek katlı bina, en az toplam kütle ve dolayısıyla izolatör rijitliğine sahip olduğundan dolayı, diğer çok katlı binalar arasında en büyük taban yer değiştirme oranına sahiptir. Bunlara ek olarak çatı kat yer değiştirme değerleri de, bina rijitliğinin sismik cevaplara katkısını gözlemlemek bakımından tatmin edici bir parametredir. Şekil 4.8'de rölatif çatı katı yer değiştirme oranı (çatı kat yer değiştirmesinin toplam bina yüksekliğine oranı) ile izolatör periyot değişim grafikleri verilmiştir. Şekil 4.8 (a)'da görülmektedir ki, daha esnek olan birinci binanın esnekliği sismik davranışı oldukça etkilemektedir. Ancak diğer grafikte, ikinci bina daha rijit olduğu için, bina hareketinin izolatör periyot değişimi ile fazla etkilenmediği anlaşılmaktadır [34].



şekil 4.7 Taban yer değiştirme oranı a) Bina 1 b) Bina 2 [34]



şekil 4.8 Çatı kat yer değiştirme oranı a) Bina 1 b) Bina 2 [34]



şekil 4.9 Çarpma kuvvetleri a) Bina 1 b) Bina 2 [34]

Çizelge 4.1 Sabit temelli ve izole edilmiş binaların en üst katlarında minimum çarpma kuvvetleri

Kat no. Bina 1/2	Minimum çarpma kuvveti ($\times 10^8$ N)		
	Sabit temelli bina [35]	İzolasyonlu bina (T_{b1})	İzolasyonlu bina (T_{b2})
01/01	0	0 (2 s)	0 (2 s)
05/05	1.14	0 (1.79 s ve 1.96 s arası)	0 (2.04 s ve 2.21 s arası)
10/10	2.05	0.40 (1.33 s)	0 (2.40 s ve 2.52 s arası)
15/15	3.70	2.05 (3 s)	0.24 (3 s)

Her binanın sismik yer değiştirmesine ek olarak, üst katların çarpma kuvvetleri de çeşitli izolatör periyotlarına dayalı olarak araştırılmıştır. Tek katlı ve 5 katlı binalar gibi az katlı binalar için T_{b1} 2 s ve daha düşük olduğunda çarpma kuvveti ortadan kaldırılabilir. Kat sayıları arttıķça çarpışmalar her an meydana gelir. Öte yandan, T_{b2} 2 s veya daha uzun bir süre olduğunda çarpma kuvveti oluşmaz. Ancak bu, 15 katlı binalar için geçerli değildir.

Çizelge 4.1’de izolasyonlu binaların çarpma kuvvetleri, kütle ve rijitlik gibi aynı dinamik özelliklere sahip izolatörsüz binaların sonuçları karşılaştırılmıştır. Taban izolasyonlu binalarda, izolatörlerin belirli periyot değerleri için izolatörsüz binalara göre daha düşük, hatta sıfır çarpma kuvveti değerleri aldığı açıktır [34].



5 TEZE KONU OLAN BİNA VE ANALİZİ

5.1 Bina Özellikleri

Tez çalışmasında ele alınan yapı, Manisa'nın Salihli ilçesi 1. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır. Bu nedenle çalışmada okul amaçlı kullanılan ve birbirine bitişik dilatasyon derzleriyle ayrılmış binalardan oluşan bu yapı seçilmiştir. Günün belli saatlerinde kullanım yoğunluğunun olduğu ve olası bir deprem sonrasında kullanılması gereken yapılardan biri de okul tipi yapılardır. Sismik izolatörler bu tip yapılarda sıklıkla tercih edilir. Çalışmamızda üç ayrı binadan oluşan yapının zemin kat kolonlarının altına sismik izolatörler yerleştirilmiştir. Ve deprem etkisi altındaki davranışları ve binaların birbirlerine çarpma kuvvetleri incelenmiştir. Bu binaların aralarında 5 cm'lik derzler mevcuttur. Şekil 5.1 okul yerleşkesini göstermektedir. Şekil 5.2, Şekil 5.3 ve Şekil 5.4'te görünüşleri verilmiştir. Şekil 5.5 ise ana bina zemin kat planıdır. Yapı, çatı ile beraber 6 katlıdır ve toplam yüksekliği 18,955 m'dir. Zemin kat 3,475 m, 1., 2., 3. ve 4. katlar 3,2 m 5. kat ise 2,68 m yüksekliğindedir. Üç binada toplam 428 adet kolon, 23 adet perde ve 714 adet kiriş bulunmaktadır. Binalarda kullanılan kolon, kiriş ve perde sayıları ve boyutları aşağıdaki gibidir;

1) 22 adet 100/30, 24 adet 30/100, 211 adet 30/80, 104 adet 80/30, 43 adet daire, 24 adet poligon kolon vardır. Kolonlarda S420 çeliğinden Ø16 çapında boyuna donatı ve Ø8 çapında etriye bulunmaktadır.

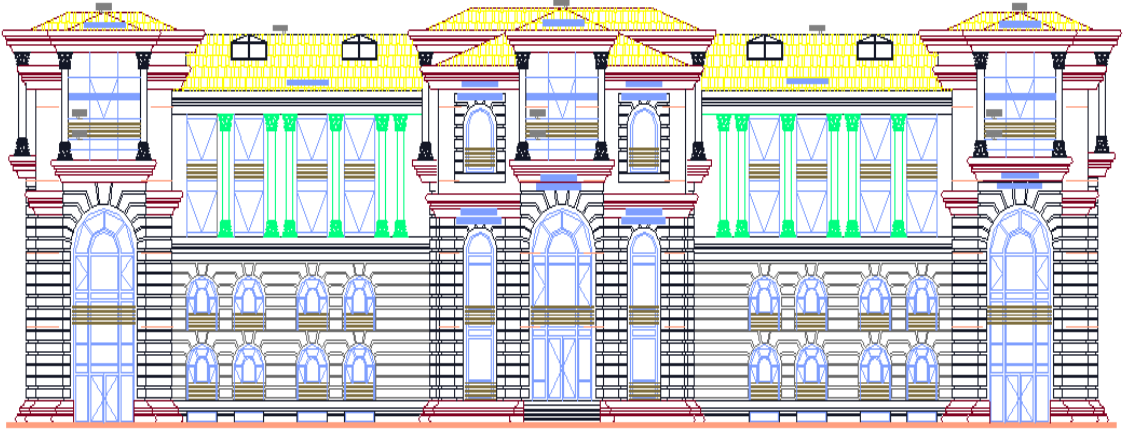
2) 11 adet 200/25, 12 adet 30/300 boyutunda perde vardır. Perdelerde kolonlarla aynı olarak S420 çeliğinden Ø16 çapında boyuna donatı ve Ø8 çapında etriye bulunmaktadır.

3) 607 adet 25/50, 4 adet 25/60, 22 adet 25/80, 76 adet 30/50, 2 adet 30/60, 3 adet 30/80 boyutunda kiriş vardır. Kirişlerde S420 çeliğinden Ø14 çapında düz donatı ve montaj donatısı, Ø8 çapında etriye bulunmaktadır.

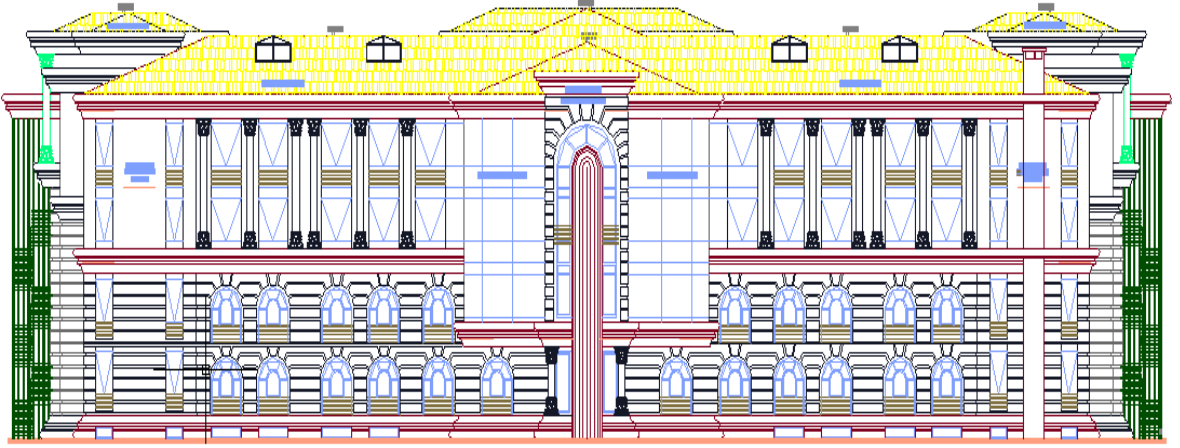
4) SAP2000 ile yapılan modelleme işleminde tüm taşıyıcı sistemlerde C30 sınıfı beton ve S420 sınıfı çelik kullanılmıştır. Döşeme kalınlıkları 15 cm alınmıştır.



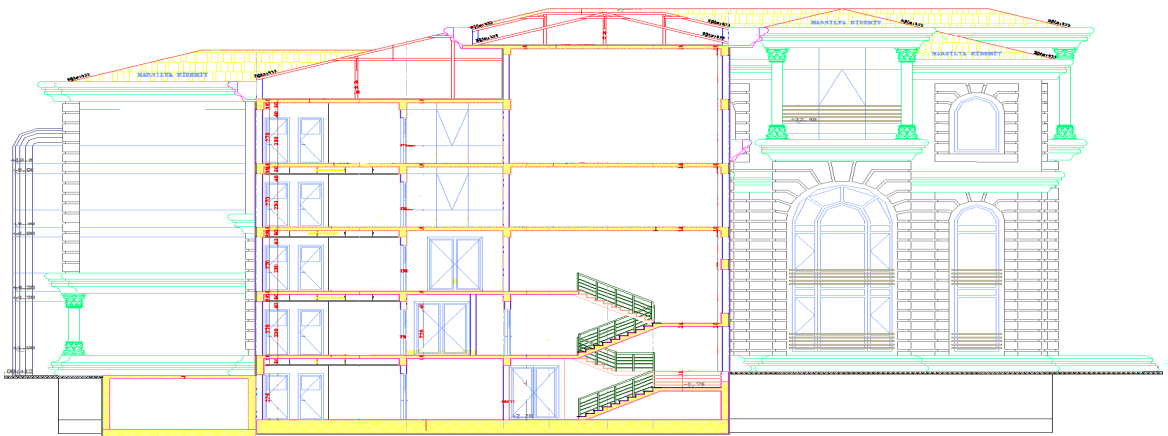
Şekil 5.1 Salihli Fen Bilimleri Koleji yerleşkesi



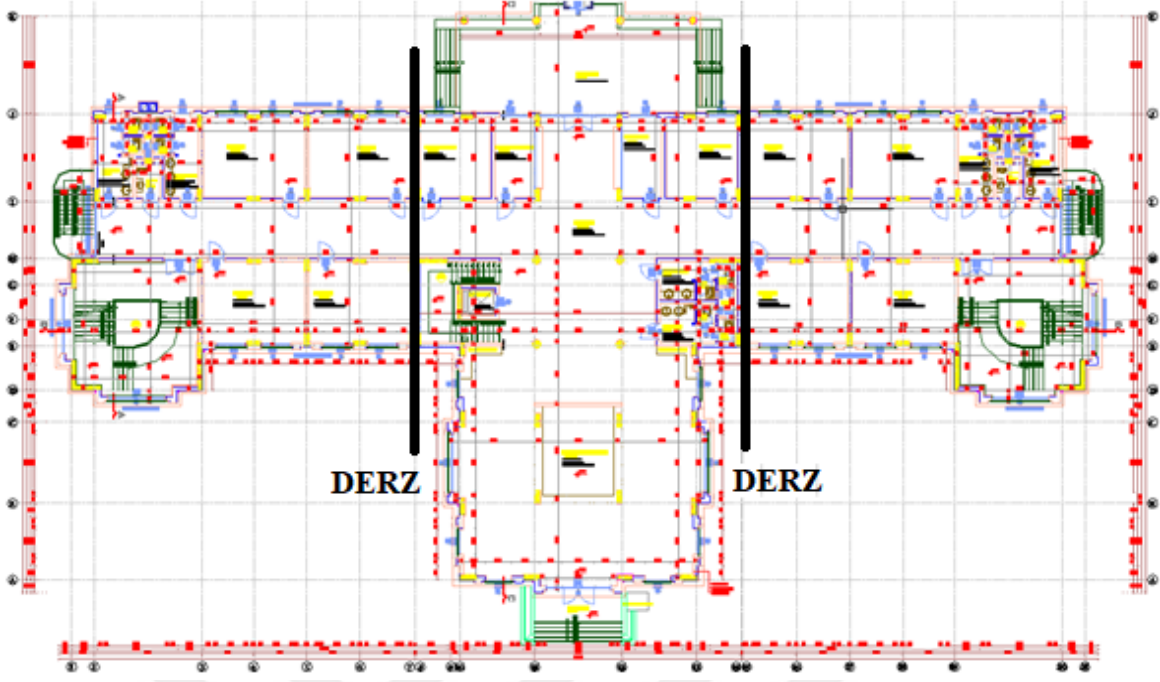
Şekil 5.2 Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası ön görünüşü



Şekil 5.3 Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası arka görünüşü



Şekil 5.4 Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası yan görünüşü

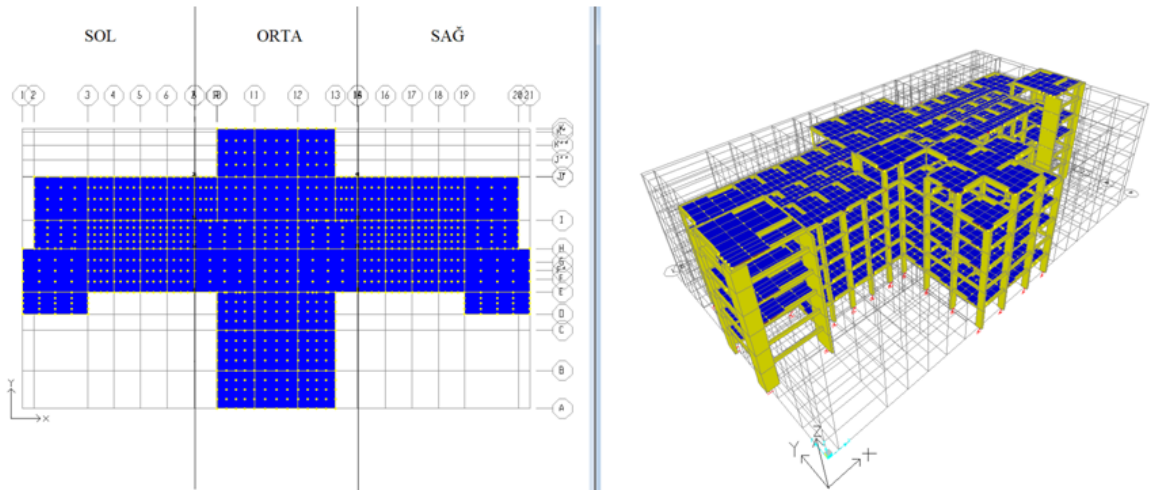


Şekil 5.5 Salihli Fen Bilimleri Koleji ana eğitim binası zemin kat planı

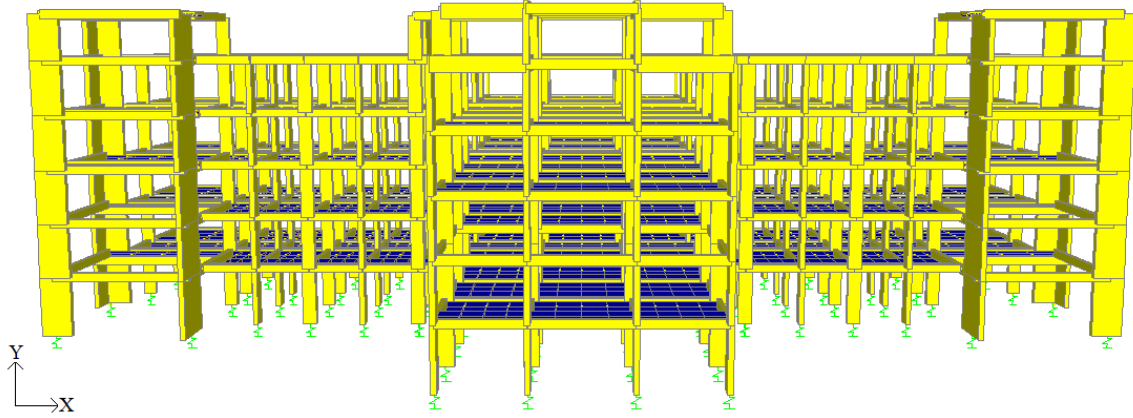
5.2 Bina Modeli ve Sismik Taban İzolatörlerinin Özellikleri

Sismik derzlerle ayrılmış üç ayrı binadan oluşan ana bina, SAP2000 v11.0.0 kullanılarak bilgisayar ortamında kolon, kiriş ve döşemeler tanımlanarak modellenmiştir.

Kolonlar, kirişler ve döşemeler C30 beton sınıfına ait olup, elastisite modülleri 32000 MPa, Poisson oranları ise 0,2 olacak şekilde tanımlanmıştır. Yapının modellenmiş bir hali Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Ana bina SAP2000 modeli üstten ve üç boyutlu görünüş



Şekil 5.7 SAP2000 modeli önden görünüş

Binalarda çarpışmaların kat seviyelerinde meydana geldiği kabul edilmiştir. Bu nedenle çarpma kuvvetlerini ölçmek için her bir bitişik kat arasına yay elemanlar atanmıştır. Çalışmada çarpma kuvvetinin hesabı için doğrusal olmayan elastik yay (Hertz) modeli kullanılmıştır.

Yapı 3 ayrı binadan oluşmaktadır. Sağ ve sol binalar aynı orta bina farklı kolon, kiriş ve döşeme sayıları ile farklı ağırlıklara sahiptir.

Sağ ve sol binada 24'er adet kolon vardır. Toplam döşeme ağırlıkları 15236 kN'dur. Döşeme ağırlığı beton yükü, ölü yük ve hareketli yükten oluşmaktadır. Ölü yükler yapı elemanları üzerinde kalıcı olarak bulunan ve yer değiştirmeyen yüklerdir. Yapı elemanının kendi ağırlığı, tesisat elemanları, döşeme kaplamaları gibi malzemelerin ağırlıkları ölü yük olarak hesap edilmektedir. Hareketli yük $5,1 \text{ kN/m}^2$, ölü yük ise $2,04 \text{ kN/m}^2$ olarak alınmıştır, toplam kiriş ağırlıkları 3025 kN'dur, toplam duvar yükü 2450 kN'dur, toplam kolon ağırlığı 2830 kN'dur ve yapının toplam ağırlığı 23540 kN'dur. $M_b = 1,5 \times (\text{bir katın kütlesi})$, formülünden $M_b = 1,5 \times 4462 = 6693 \text{ kN'dur}$. Ağırlık = $6693 \times 9,81 = 65658 \text{ kNm/s}^2$ 'dir.

Eş. 3.2'den T ve M_T yerine konularak rijitlik bulunmuştur. Periyot $1 \leq T \leq 3$ aralığında alınmıştır. Sağ ve sol binalar için $M_T = 23540 \text{ kN}$ alınmıştır. Bu formülden k_b yani rijitlik çekilir, sağ ve sol binalardaki 24'er adet kolon sayısına bölünerek (Etkif rijitlik = $k_b/24$) bulunur.

Eş. 3.3'ten ise sönümlenme katsayısı olan c_b bulunmuştur. Bulunan c_b sayısı sağ ve sol binadaki 24'er adet kolon sayısına bölünerek (Etkif sönüm = $c_b/24$) bulunur. bulunur. Formülde $\xi_b = 0,10$ alınmıştır.

Orta binada 38 adet kolon vardır. Toplam döşeme ağırlığı 29582 kN'dur. Döşeme ağırlığının içinde beton yükü, ölü yük ve hareketli yük bulunmaktadır, toplam kiriş ağırlığı 451,7 ton'dur, toplam duvar yükü 375,8 ton'dur, toplam kolon ağırlığı 4263 kN'dur, yapının toplam ağırlığı 42122 kN'dur. $M_b = 1,5 \times (\text{bir katın kütlesi})$ formülünden $M_b = 1,5 \times 8556,8 = 1283,5 \text{ ton'dur}$. Ağırlık = $1283,5 \times 9,81 = 125913 \text{ kN}$ bulunur.

Yine Eş. 3.2'den T ve M_T yerine koyularak rijitlik bulunmuştur. Periyot $1 \leq T \leq 3$ aralığında alınmıştır. Orta bina için $M_T = 4212,2 \text{ ton}$ alınmıştır. Bu formülden k yani rijitlik

çekilir ve orta binadaki 38 adet kolon sayısına bölünerek (Efektif rijitlik = $kb/38$) bulunur.

Eş. 3.3'ten sönümlenme katsayısı olan c_b bulunmuştur. Bulunan c_b sayısı sağ ve sol binadaki 38'er adet kolon sayısına bölünür ve efektif sönümlenme katsayısı bulunur. Formülde $\xi_b = 0,10$ alınmıştır.

Yapıdaki bir katın kütle hesabında kullanılan indisler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

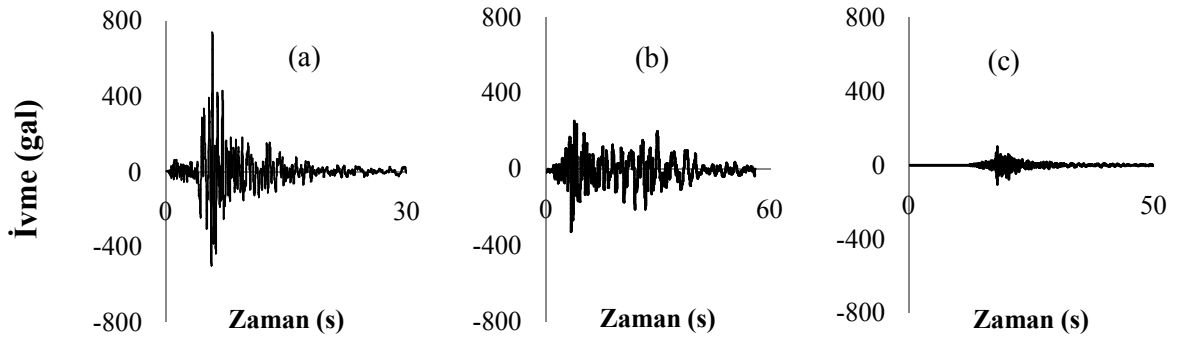
Çizelge 5.1 Bir katın kütle hesabında kullanılan veriler

	Sağ / Sol Bina	Orta Bina
Kolon adedi	24	38
Kolon Ağırlığı	2830 kN	4263 kN
Döşeme Ağırlığı	15236 kN	29582 kN
Kiriş Ağırlığı	3025 kN	4517 kN
Toplam Ağırlık	23540 kN	42122 kN
Bir Katın Kütle	446,2 ton	855,6 ton
M_b	669,3 ton	1283,5 ton
Ağırlık	65658 kN	125913 kN

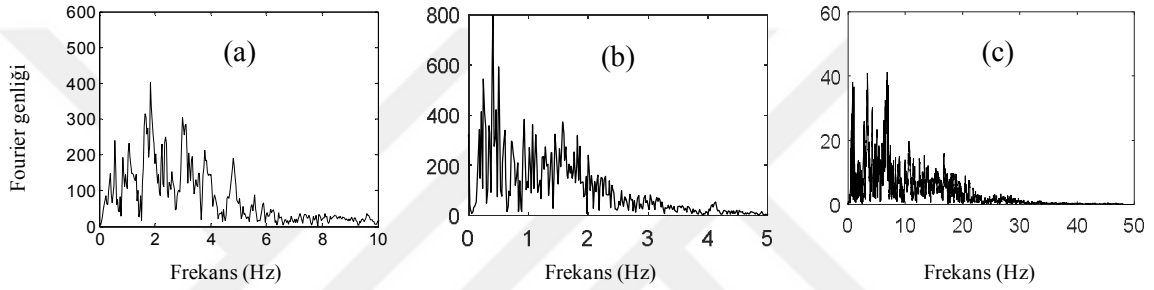
Tez çalışmasında deprem verisi olarak 1999 Düzce (kuzey-güney bileşeni), 1995 Dinar (doğu-batı bileşeni) ve 2011 Gediz (doğu-batı bileşeni) depremlerinin ivme kayıtları kullanılmıştır. Kayıtlar PEER Ground Motion veritabanından alınmıştır [40]. Çizelge 5.2 kullanılan depremlerin özelliklerini göstermektedir.

Çizelge 5.2 Kullanılan depremlerin özellikleri

İstasyon	Episantr Koordinatları	Şiddet	Derinlik (km)	PGA (gal)	PGV (cm/s)	Rjb (km)	Vs 30 (m/s)
1401-Düzce (KG)	40,79K-31,21 D	7,2 M_w	11	739,5	56,6	8,01	294
0302-Dinar (DB)	38,11K-30,05D	6,0 M_L	5	329,7	20,7	0	198,1
4304-Gediz (DB)	39,13K-29,08D	5,7 M_L	24,5	103,9	3,6	160,7	343,2



Şekil 5.8 (a) Düzce depremi kuzey-güney bileşeni ivme-zaman grafiği (b) Dinar depremi doğu-batı bileşeni ivme-zaman grafiği (c) Gediz depremi doğu-batı bileşeni ivme-zaman grafiği



Şekil 5.9 Fourier genlikleri (a) Düzce depremi kuzey-güney bileşeni (b) Dinar depremi doğu-batı bileşeni (c) Gediz depremi doğu-batı bileşeni

Şekil 5.8’de çalışmada kullanılan depremlerin ivme-zaman grafikleri verilmiş olup, Şekil 5.9’da da dominant frekanslarını belirlemek adına Fourier spektrumları gösterilmektedir. Düzce depreminin dominant frekansları 0-6 Hz arasında, Dinar depreminin dominant frekansları 0-2 Hz arasında ve Gediz depreminin dominant frekansları 0-10 Hz arasında bulunmaktadır.

5.3 Sismik Analiz ve Sonuçlar

Çalışmada, üç binanın köşe noktalarının yer değiştirmeleri, görece kat ötelemeleri ve katlar arası çarpma kuvvetleri araştırılmıştır. Öncelikle Düzce depremi etkisi altındaki yapı analiz edilmiştir. Sonuçlardaki deprem etkilerinin daha net anlaşılması için de Dinar ve Gediz depremleri etkisi altındaki yapı için de analizler gerçekleştirilmiştir. Bu iki deprem için sonuçlar yalnızca sol binanın yer değiştirmeleri ile sol ve orta bina arasındaki çarpma kuvvetleri olarak verilmiştir.

İşlem sürecinde zaman tanımlı analiz ve modal analizden faydalanılmıştır. Modal analizde toplam 30 mod alınmıştır. Mod tipi olarak Eigen Vectors kullanılmıştır. Zaman tanım alanında analizde, doğrudan integrasyon metodu kullanılmıştır. Depremler yapıların diziliş doğrultusunda (X doğrultusunda) etki etmektedir.

5.3.1 İzolatörsüz ve İzolatörlü Yapının Periyotları

İzolatörsüz yapıda bütün kolonlara ankastre mesnet atanmıştır. İzolatörlü yapıda izolatörlerin rijitliğini bulmak için Eş. 3.2'deki formül kullanılmıştır ve sonuçlar Çizelge 5.3'deki gibi elde edilmiştir. Çalışmada izolatör periyotları $1 \leq T \leq 3$ s aralığında alınmıştır. Periyot formülünden rijitlikleri bulunan izolatörlü yapıların periyotları Çizelge 5.4'te verilmiştir. Yapı 3 bölüme ayrıldığından dolayı sağ, sol ve orta bina olarak ayrı ayrı incelenmiştir.

Çizelge 5.3 İzolatörlerin rijitlik ve sönüm katsayıları

	k_b sol,sağ	k_b orta	c_b sol,sağ	c_b orta
$T_b=1$ s	38722 kN/m	43760 kN/m	1232 kNs/m	1393 kNs/m
$T_b=1,5$ s	17210 kN/m	19450 kN/m	822 kNs/m	929 kNs/m
$T_b=2$ s	9680 kN/m	10940 kN/m	616 kNs/m	696 kNs/m
$T_b=2,5$ s	6195 kN/m	7002 kN/m	493 kNs/m	557 kNs/m
$T_b=3$ s	4302 kN/m	4862 kN/m	411 kNs/m	464 kNs/m

Çizelge 5.4 Sağ, sol ve orta binanın periyotları

	İzolatör Periyodu					
	İzolatörsüz	$T_b = 1$ s	$T_b = 1,5$ s	$T_b = 2$ s	$T_b = 2,5$ s	$T_b = 3$ s
Orta Binanın Periyodu	0,48 s	2,42 s	3,64 s	4,85 s	6,06 s	7,27 s
Sağ ve Sol Binanın Periyodu	0,32 s	1,91 s	2,86 s	3,82 s	4,78 s	5,73 s

Binaların periyodu, izolatör periyotları arttıkça beklendiği üzere yükselmiştir. Eş. 3.2'de görüldüğü gibi izolatörün rijitliği azaldıkça periyot artmaktadır. Böylece binanın periyodu da artmaktadır.

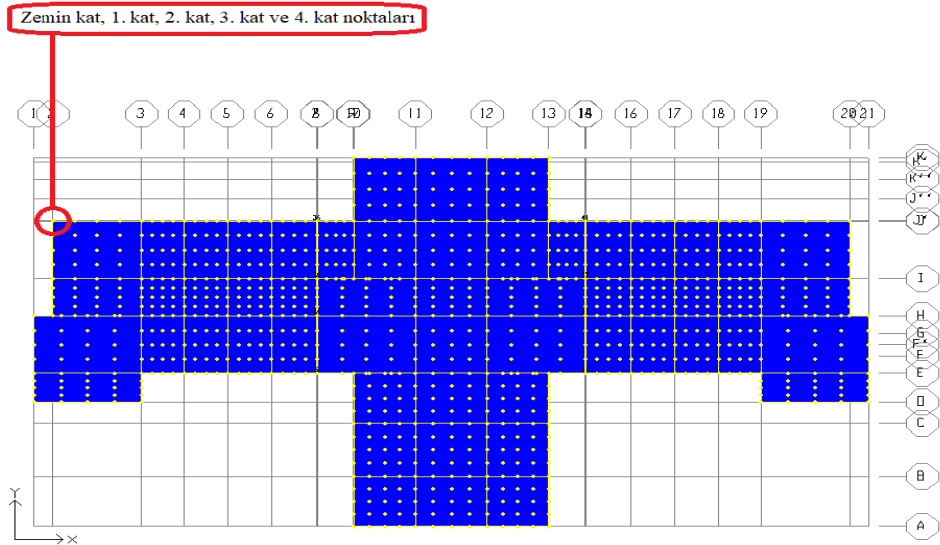
5.3.2 Düzce Depremi Etkisinde İzolatörsüz ve İzolatörlü Yapının Sismik Analiz Sonuçları

Binaların köşe noktalarının izolatörsüz ve izolatörlü durumlarda yer değiştirme değerleri hesaplanmıştır. İzolatörsüz sol bina için yer değiştirme-zaman grafikleri örnek

olarak gösterilmiş olup, diğer binalar ve durumlar için yalnızca maksimum yer değiştirme değerleri tablo halinde verilmiştir.

5.3.2.1 Sol Bina Köşe Yer Değiştirmesi

Yapının sol kısmında Şekil 5.10’da gösterilmekte olan noktaların yer değiştirmeleri incelenmiştir. Bu noktalar sol binadaki kritik olan uç bölge noktalarıdır. Sonuçlar katlara ve izolatörsüz/izolatörlü yapı durumlarına göre çizelge halinde verilmiştir.



Şekil 5.10 Sol binada yer değiştirmeleri incelenen noktalar

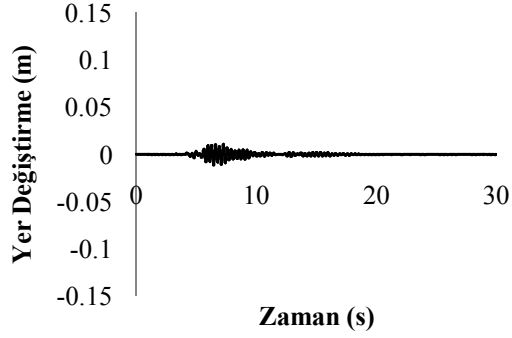
Çizelge 5.5 Sol bina köşe noktası yer değiştirmeleri

	İzolatörsüz	$T_b = 1 \text{ s}$	$T_b = 1,5 \text{ s}$	$T_b = 2 \text{ s}$	$T_b = 2,5 \text{ s}$	$T_b = 3 \text{ s}$
Zemin Kat	0,0115 m	0,1905 m	0,2031 m	0,1918 m	0,2052 m	0,2352 m
1. Kat	0,0303 m	0,1959 m	0,2058 m	0,1930 m	0,2059 m	0,2357 m
2. Kat	0,0522 m	0,2009 m	0,2082 m	0,1939 m	0,2064 m	0,2361 m
3. Kat	0,0749 m	0,2053 m	0,2102 m	0,1947 m	0,2068 m	0,2364 m
4. Kat	0,0934 m	0,2086 m	0,2116 m	0,1953 m	0,2071 m	0,2367 m

Çizelge 5.5’te maksimum değerleri verilen yer değiştirmelerin, yer değiştirme-zaman grafikleri aşağıda gösterilmiştir

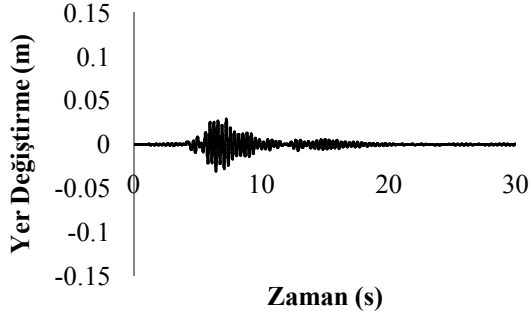
İzolatörsüz Yapı

Sol bina zemin kat yer değiştirmeleri Şekil 5.11'deki gibidir.



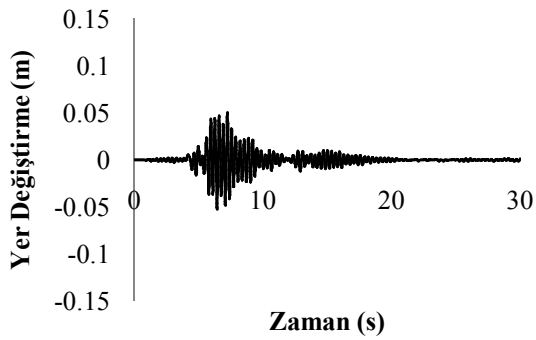
Şekil 5.11 İzolatörsüz sol bina zemin kat yer değiştirmeleri

Sol bina 1. kat yer değiştirmeleri Şekil 5.12'deki gibidir.



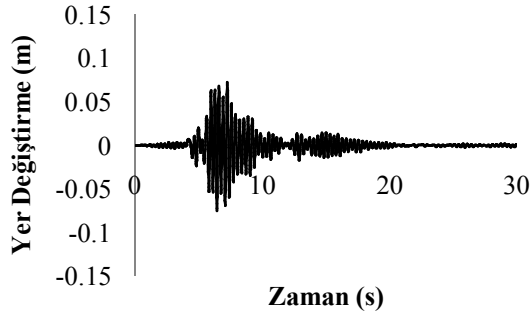
Şekil 5.12 İzolatörsüz sol bina 1. kat yer değiştirmeleri

Sol bina 2. kat yer değiştirmeleri Şekil 5.13'deki gibidir.



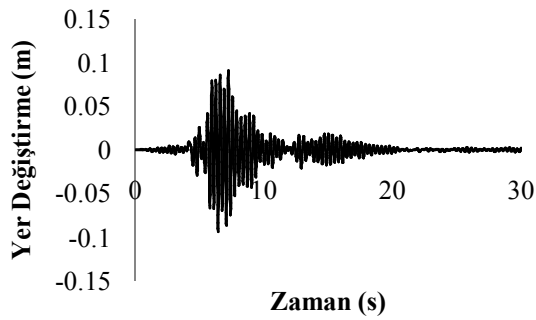
Şekil 5.13 İzolatörsüz sol bina 2. kat yer değiştirmeleri

Sol bina 3. kat yer değiştirmeleri Şekil 5.14'deki gibidir.

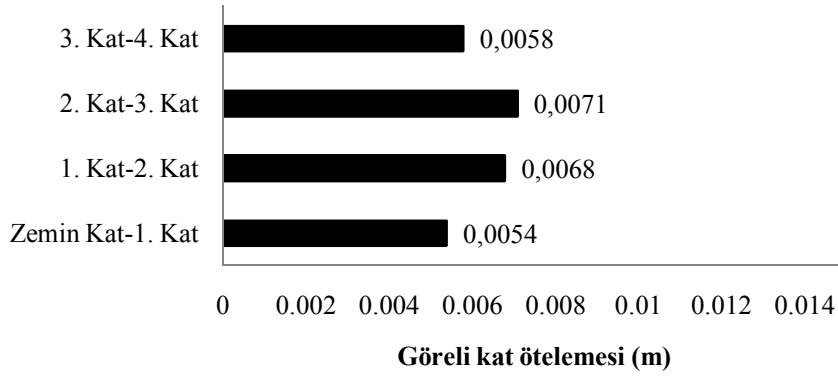


Şekil 5.14 İzolatörsüz sol bina 3. kat yer değiştirmeleri

Sol bina 4. kat yer değiştirmeleri Şekil 5.15'deki gibidir.

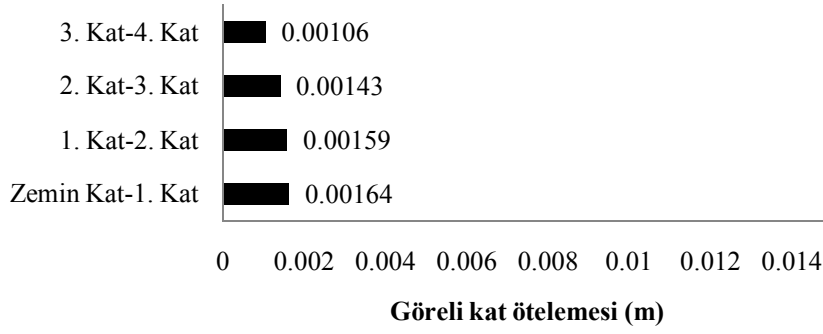


Şekil 5.15 İzolatörsüz sol bina 4. kat yer değiştirmeleri



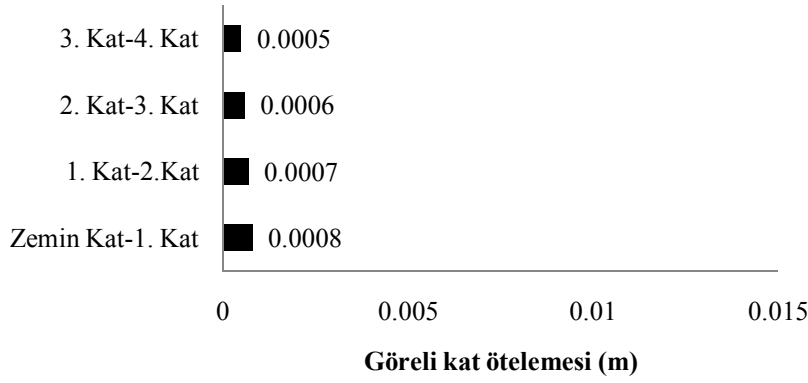
Şekil 5.16 İzolatörsüz sol bina görelı kat ötelemeleri

İzolator Periyodu 1 s Olan Yapı



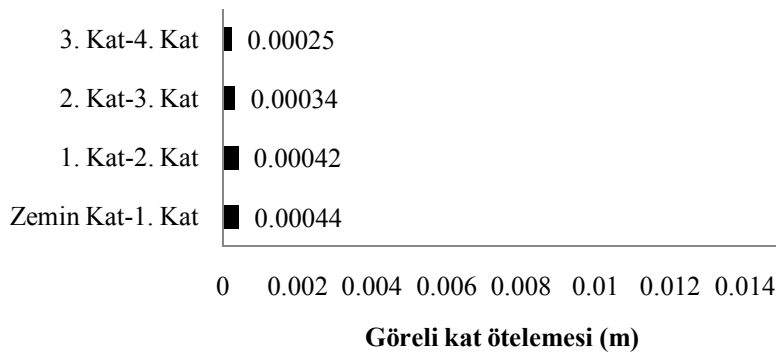
Şekil 5.17 $T_b = 1$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri

İzolator Periyodu 1,5 s Olan Yapı



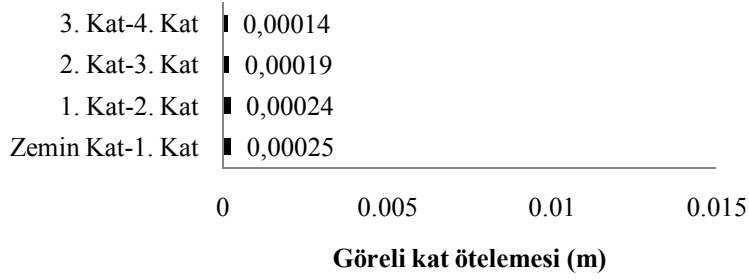
Şekil 5.18 $T_b = 1,5$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri

İzolator Periyodu 2 s Olan Yapı



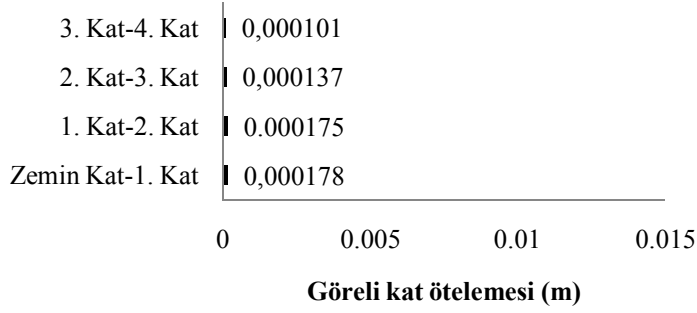
Şekil 5.19 $T_b = 2$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri

İzolatör Periyodu 2,5 s Olan Yapı



Şekil 5.20 $T_b = 2,5$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri

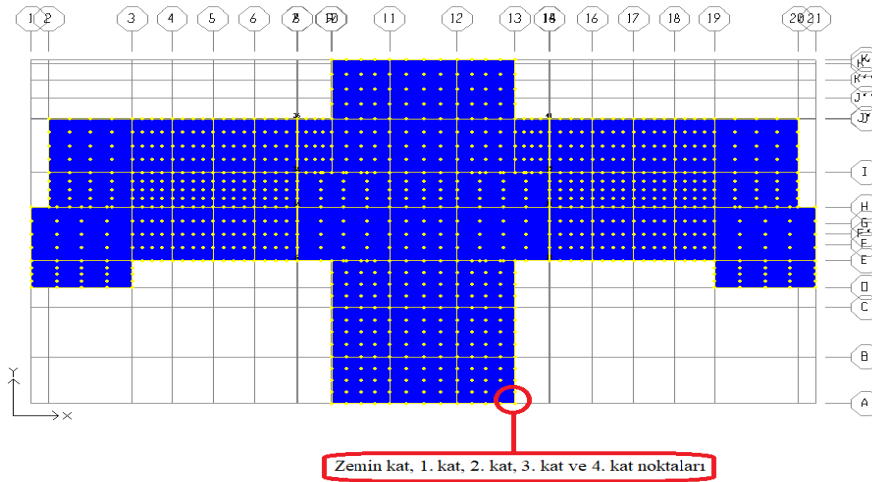
İzolatör Periyodu 3 s Olan Yapı



Şekil 5.21 $T_b = 3$ s iken sol bina görelî kat ötelemeleri

5.3.2.2 Orta Bina Köşe Yer Değiştirmesi

Orta binada Şekil 5.22’de gösterilmekte olan noktaların yer değiştirmeleri incelenmiştir.



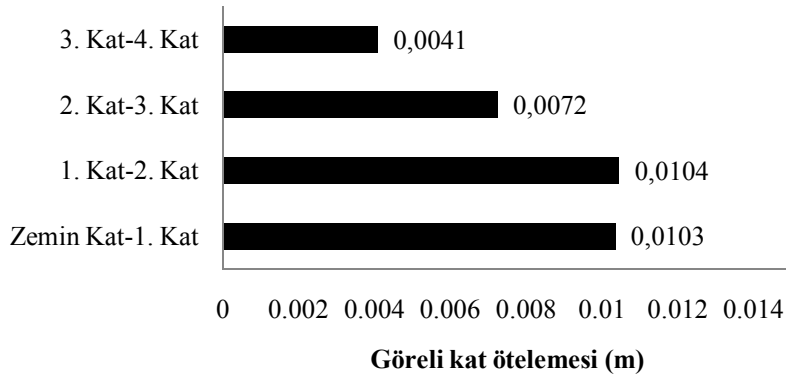
Şekil 5.22 Orta binada yer değiştirmeleri incelenen noktalar

Şekil 5.22’de gösterilen noktaların yer değiştirmeleri Çizelge 5.6’da verilmiştir.

Çizelge 5.6 Orta bina köşe noktası yer değiştirmeleri

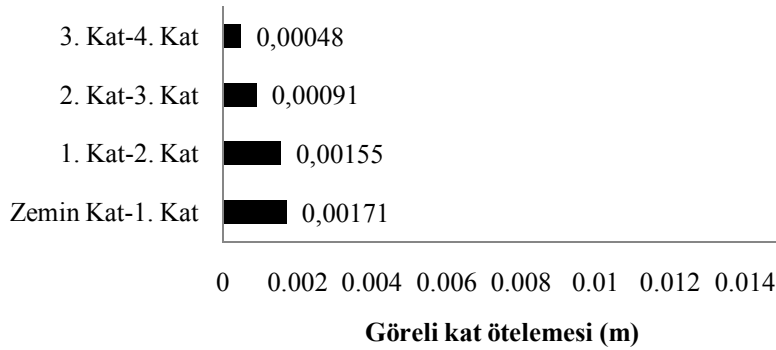
	İzolatsız	T=1 s	T=1,5 s	T=2 s	T=2,5 s	T=3 s
Zemin Kat	0,0246 m	0,2284 m	0,1943 m	0,2200 m	0,2443 m	0,2120 m
1. Kat	0,0605 m	0,2342 m	0,1962 m	0,2211 m	0,2449 m	0,2124 m
2. Kat	0,0939 m	0,2391 m	0,1977 m	0,2219 m	0,2454 m	0,2127 m
3. Kat	0,1155 m	0,2420 m	0,1985 m	0,2223 m	0,2457 m	0,2128 m
4. Kat	0,1276 m	0,2435 m	0,1990 m	0,2226 m	0,2458 m	0,2129 m

İzolatsız Yapı



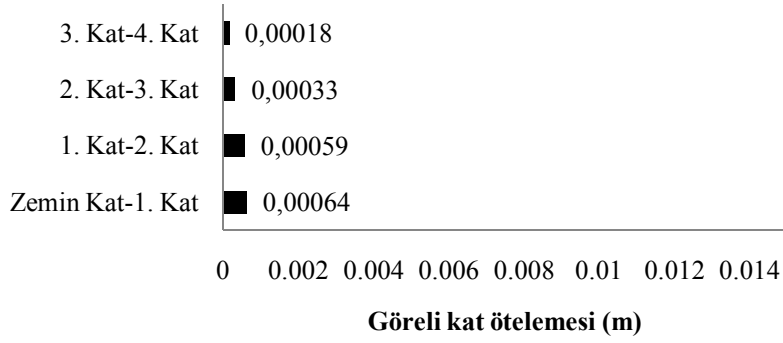
Şekil 5.23 İzolatsız orta bina görelî kat ötelemeleri

İzolâtör Periyodu 1 s Olan Yapı



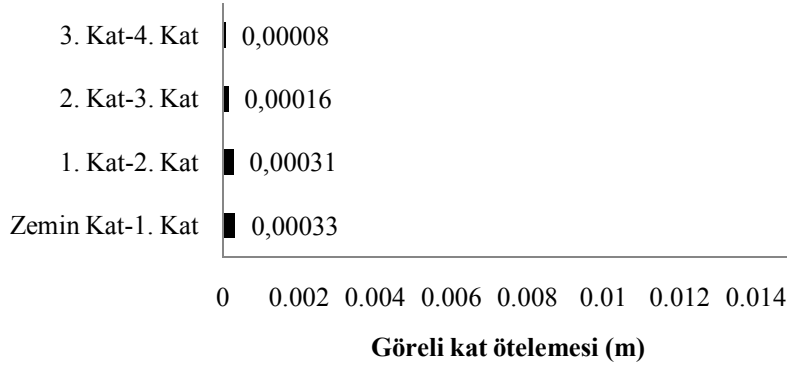
Şekil 5.24 $T_b = 1$ s iken orta bina görelî kat ötelemeleri

İzolatör Periyodu 1,5 s Olan Yapı



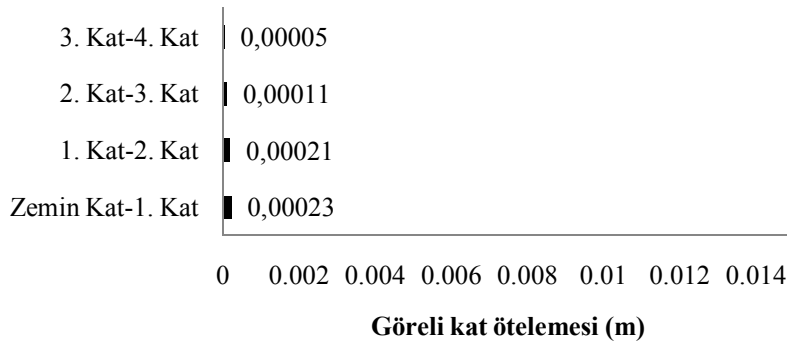
Şekil 5.25 $T_b = 1,5$ s iken orta bina görelî kat ötelemeleri

İzolatör Periyodu 2 s Olan Yapı



Şekil 5.26 $T_b = 2$ s iken orta bina görelî kat ötelemeleri

İzolatör Periyodu 2,5 s Olan Yapı



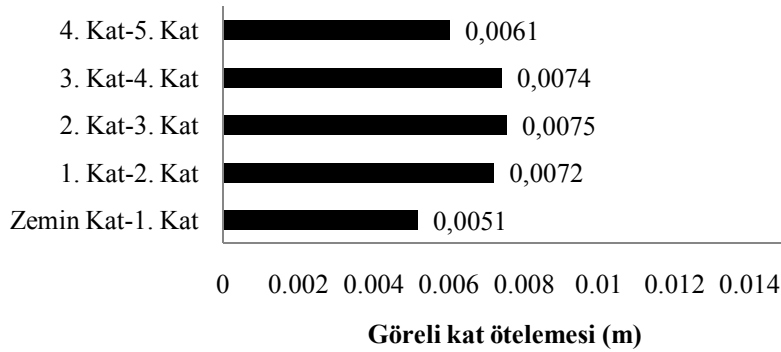
Şekil 5.27 $T_b = 2,5$ s iken orta bina görelî kat ötelemeleri

Şekil 5.29’da gösterilen noktaların yer değiştirmeleri Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Sağ bina köşe noktası yer değiştirmeleri

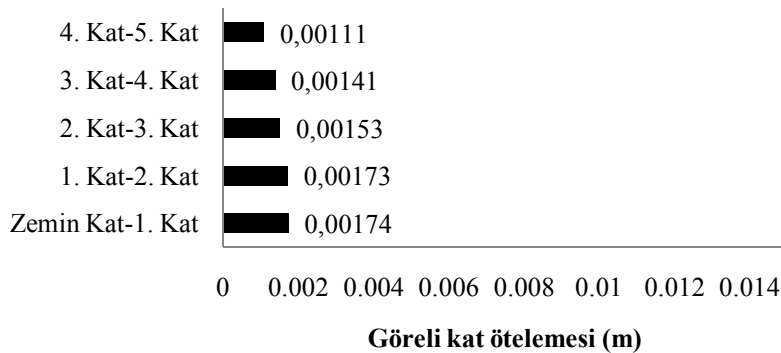
	İzolatsız	T=1 s	T=1,5 s	T=2 s	T=2,5 s	T=3 s
Zemin Kat	0,0084 m	0,1893 m	0,2041 m	0,1921 m	0,2055 m	0,2352 m
1. Kat	0,0264 m	0,1951 m	0,2062 m	0,1930 m	0,2059 m	0,2356 m
2. Kat	0,0495 m	0,2004 m	0,2082 m	0,1938 m	0,2064 m	0,2360 m
3. Kat	0,0736 m	0,2052 m	0,2101 m	0,1946 m	0,2068 m	0,2364 m
4. Kat	0,0973 m	0,2096 m	0,2119 m	0,1953 m	0,2072 m	0,2367 m
5. Kat	0,1167 m	0,2130 m	0,2134 m	0,1959 m	0,2075 m	0,2370 m

İzolatsız Yapı



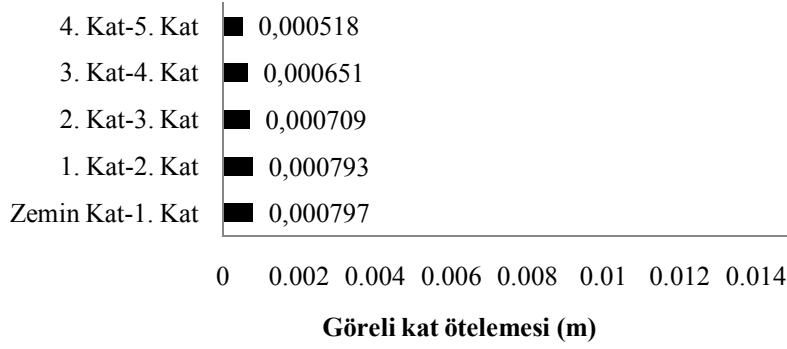
Şekil 5.30 İzolatsız sağ bina görelî kat ötelemeleri

İzolâtör Periyodu 1 s Olan Yapı



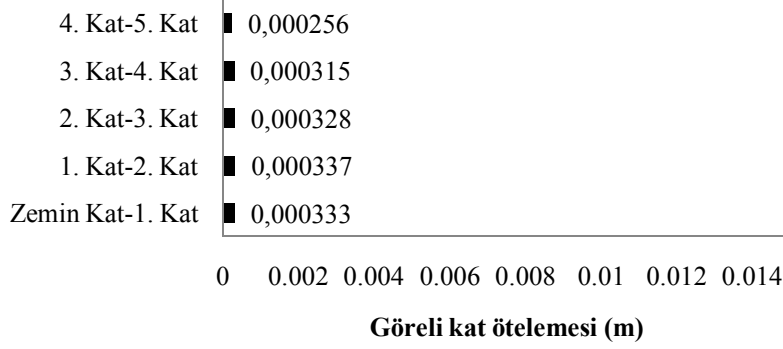
Şekil 5.31 $T_b = 1$ s iken sağ bina görelî kat ötelemeleri

İzolatör Periyodu 1,5 s Olan Yapı



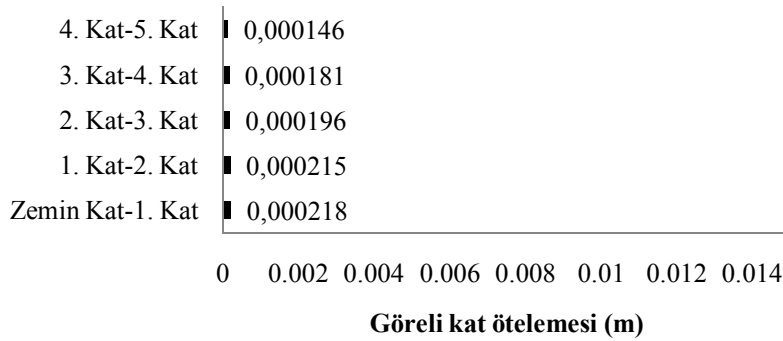
Şekil 5.32 $T_b = 1,5$ s iken sağ bina görelî kat ötelemeleri

İzolatör Periyodu 2 s Olan Yapı



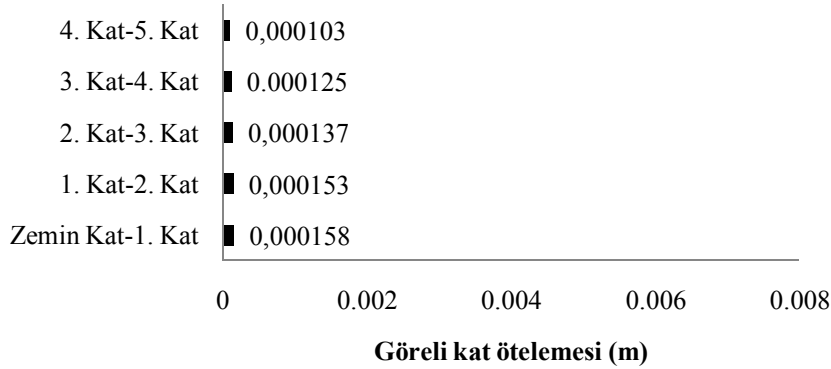
Şekil 5.33 $T_b = 2$ s iken sağ bina görelî kat ötelemeleri

İzolatör Periyodu 2,5 s Olan Yapı



Şekil 5.34 $T_b = 2,5$ s iken sağ bina görelî kat ötelemeleri

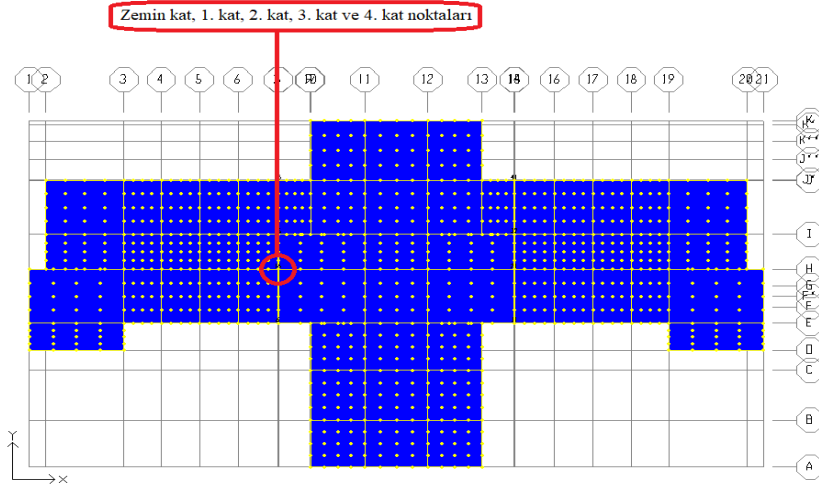
İzolatör Periyodu 3 s Olan Yapı



Şekil 5.35 $T_b = 3$ s iken sağ bina görelî kat ötelemeleri

İzolatörsüz yapıda kolonların zemine rijit bağlantıda olması nedeniyle düşük yer değiştirmeler görülmektedir. Ancak deprem sırasında, yapı güvenliğinin sağlanması için az olması istenen katlar arası yer değiştirmeler çok büyük çıkmaktadır. Farklı periyotta çalışan izolatörlü yapılarda ise zemin kat yer değiştirmesi, izolatörün yatay rijitliğinin düşük olması ve bu rijitliğin izolatör periyodu arttıkça azalması nedeniyle, izolatör periyodu arttıkça yer değiştirme miktarı artmaktadır. Ancak görelî kat ötelemelerinin izolatörsüz yapıya göre büyük ölçüde azaldığı gözlenmektedir. Ayrıca izolatör periyodu arttıkça, üst yapının daha rijit davrandığı görülmüştür.

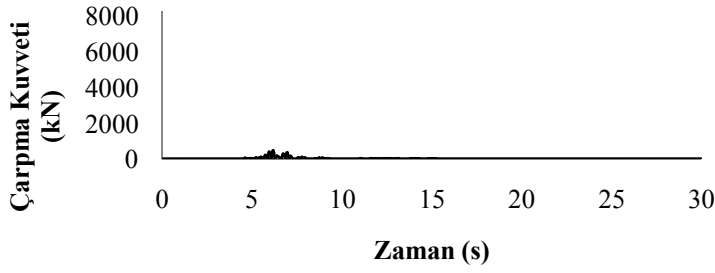
5.3.2.4 Sol ve Orta Binanın Çarpma Kuvvetleri



Şekil 5.36 Sol bina-orta bina arasında çarpışmanın incelendiği noktalar

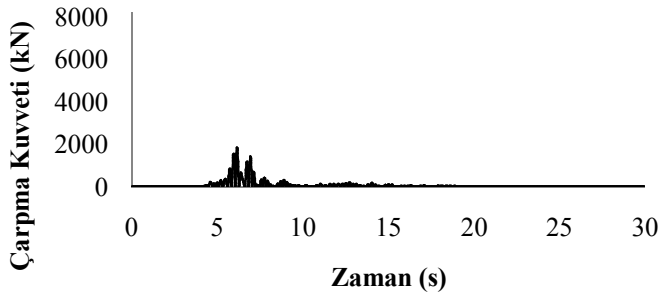
İzolatörsüz Yapı

Zemin katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.37'de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 480,9 kN olarak bulunmuştur.



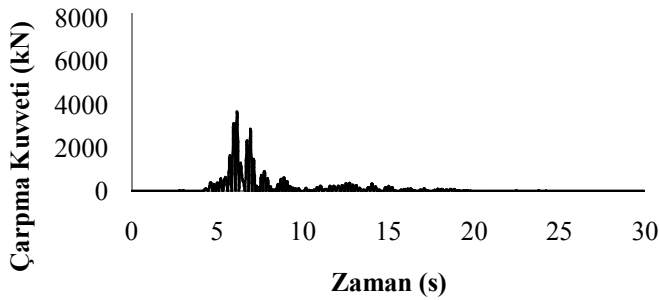
Şekil 5.37 İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina zemin kat çarpma kuvvetleri

1. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.38’de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 1852,1 kN olarak bulunmuştur.



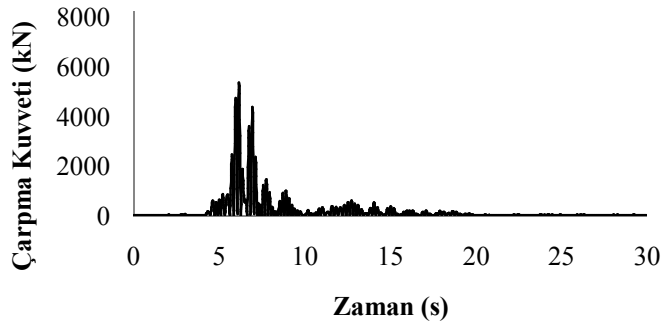
Şekil 5.38 İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina 1. kat çarpma kuvvetleri

2. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.39’da gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 3664,9 kN olarak bulunmuştur.



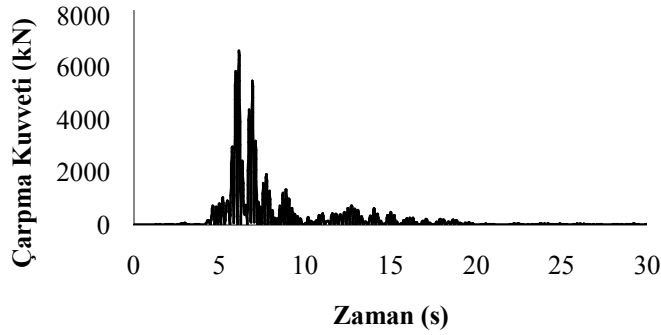
Şekil 5.39 İzolatörsüz yapının sol bina-orta bina 2. kat çarpma kuvvetleri

3. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.40’de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 5402,9 kN olarak bulunmuştur.



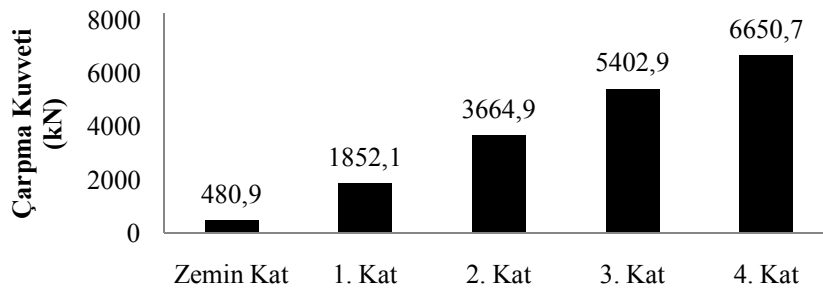
Şekil 5.40 İzolatsız yapının sol bina-orta bina 3. kat çarpma kuvvetleri

4. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.41’de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 6650,7 kN olarak bulunmuştur.



Şekil 5.41 İzolatsız yapının sol bina-orta bina 4. kat çarpma kuvvetleri

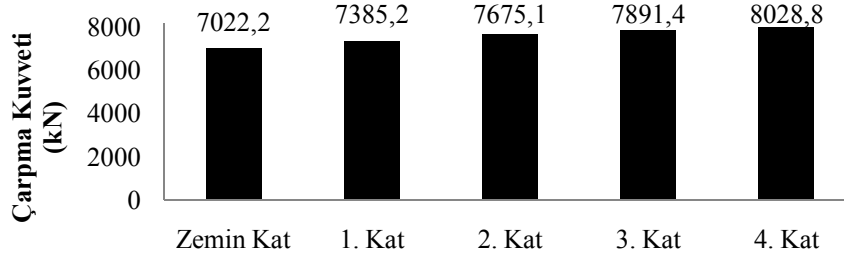
İzolatsız yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.42’de gösterilmiştir.



Şekil 5.42 İzolatsız yapının sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 1 s Olan Yapı

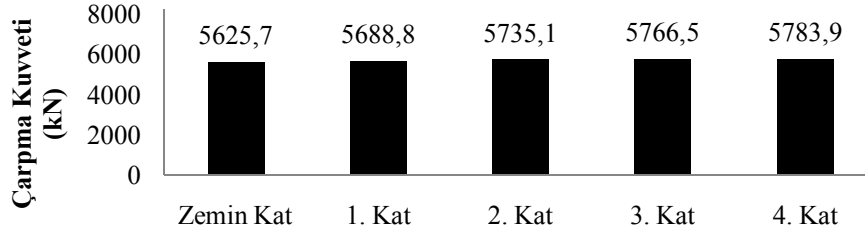
İzolatör periyodu 1 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.43’de gösterilmiştir.



Şekil 5.43 $T_b = 1$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 1,5 s Olan Yapı

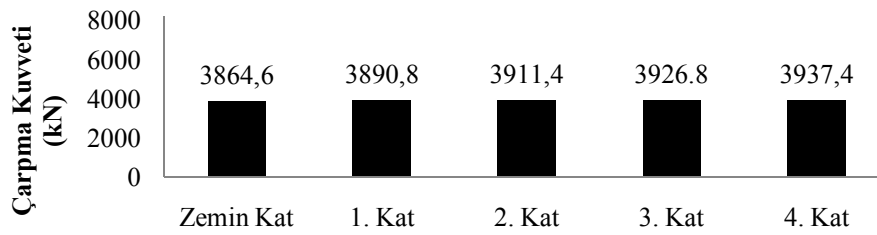
İzolatör periyodu 1,5 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.44’te gösterilmiştir.



Şekil 5.44 $T_b = 1,5$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 2 s Olan Yapı

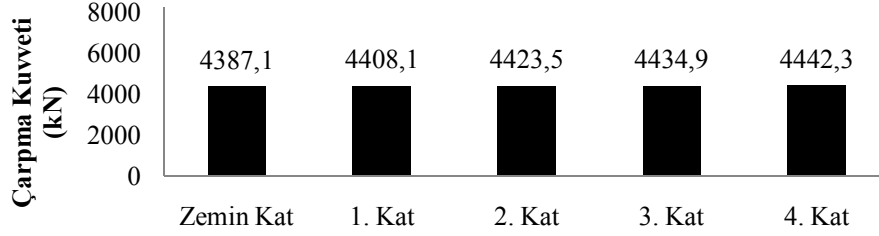
İzolatör periyodu 2 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.45’te gösterilmiştir.



Şekil 5.45 $T_b = 2$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 2,5 s Olan Yapı

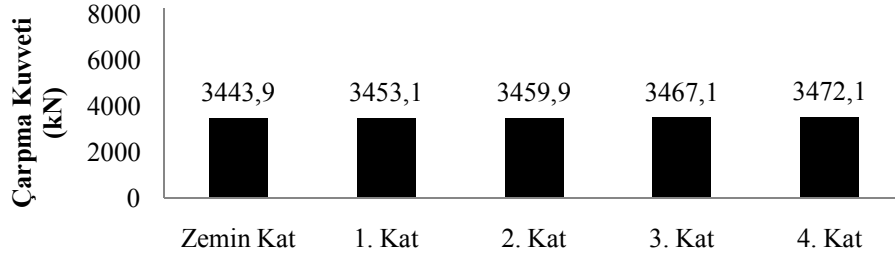
İzolatör periyodu 2,5 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.46'da gösterilmiştir.



Şekil 5.46 $T_b = 2,5$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 3 s Olan Yapı

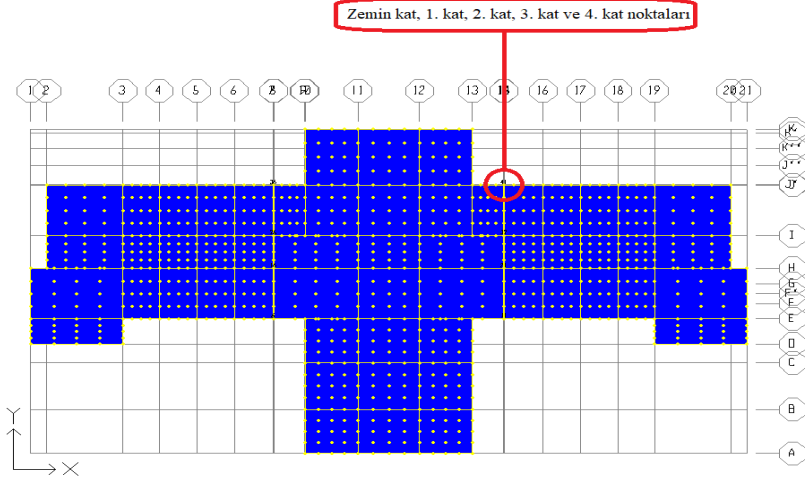
İzolatör periyodu 3 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.47'de gösterilmiştir.



Şekil 5.47 $T_b = 3$ s iken sol bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

5.3.2.5 Sağ ve Orta Binanın Çarpma Kuvvetleri

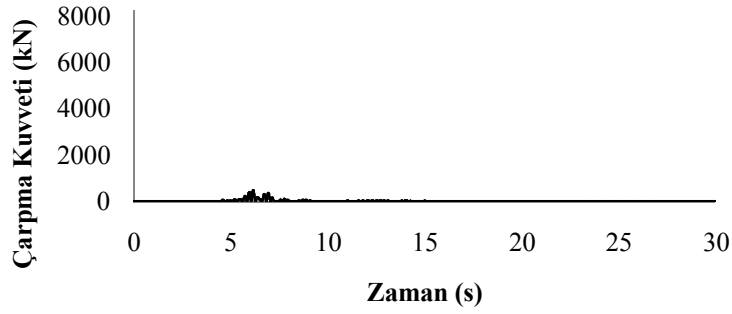
Şekil 5.48’de sağ ve orta binanın deprem kuvvetleri altında çarpma kuvvetlerini göstermek için seçilmiş noktalar verilmiştir. Kuvvetler kat yüksekliklerine göre grafiklerle gösterilmiştir.



Şekil 5.48 Sağ bina-orta bina arasında çarpışmanın incelendiği noktalar

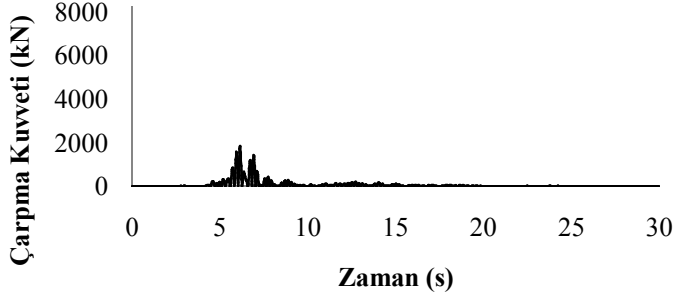
İzolatörsüz Yapı

Zemin katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.49’da gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 483,5 kN olarak bulunmuştur.



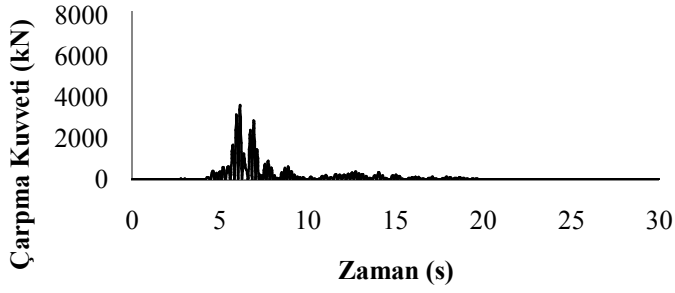
Şekil 5.49 İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina zemin kat çarpma kuvvetleri

1. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.50’de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 1848,3 kN olarak bulunmuştur.



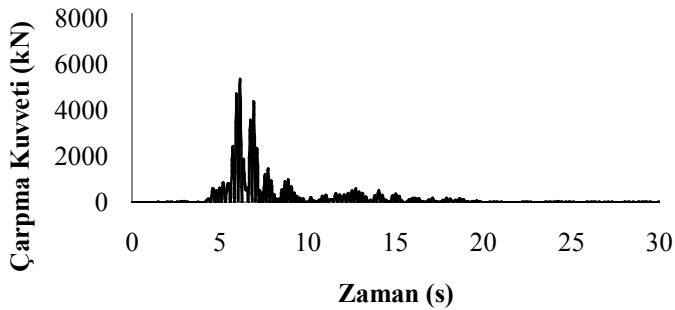
Şekil 5.50 İzolatörsüz yapının sağ-orta bina 1. kat çarpma kuvvetleri

2. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.51’de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 3645,6 kN olarak bulunmuştur.



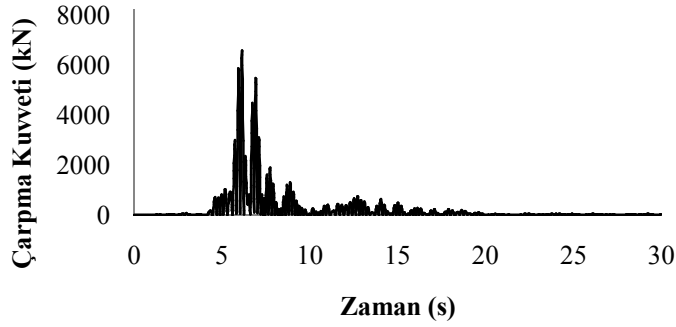
Şekil 5.51 İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina 2. kat çarpma kuvvetleri

3. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.52’de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 5368,2 kN olarak bulunmuştur.



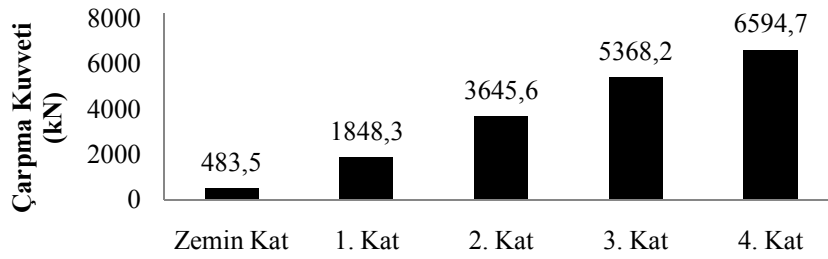
Şekil 5.52 İzolatörsüz yapının sağ bina-orta bina 3. kat çarpma kuvvetleri

4. katın çarpma kuvvetleri Şekil 5.53’de gösterilmiştir. Burada en yüksek çarpma kuvveti 6594,7 kN olarak bulunmuştur.



Şekil 5.53 İzolatsız yapının sağ bina-orta bina 4. kat çarpma kuvvetleri

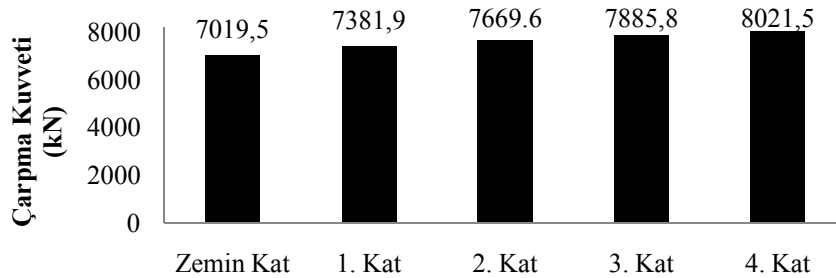
İzolatsız yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.54’te gösterilmiştir.



Şekil 5.54 İzolatsız yapının sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolator Periyodu 1 s Olan Yapı

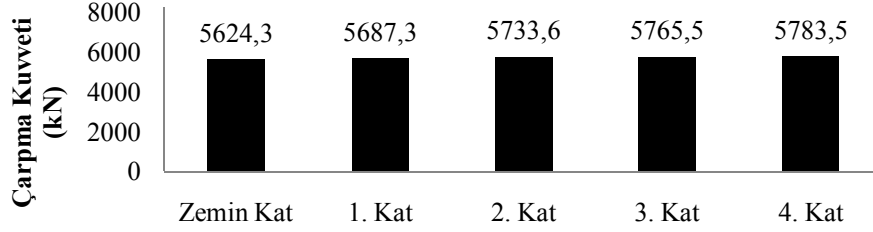
İzolator periyodu 1 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.55’te gösterilmiştir.



Şekil 5.55 $T_b = 1$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 1,5 s Olan Yapı

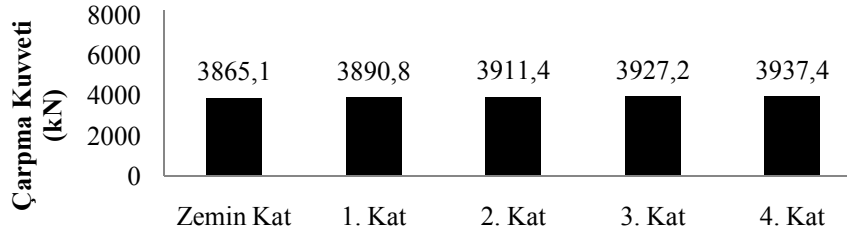
İzolatör periyodu 1,5 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.56'da gösterilmiştir.



Şekil 5.56 $T_b = 1,5$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 2 s Olan Yapı

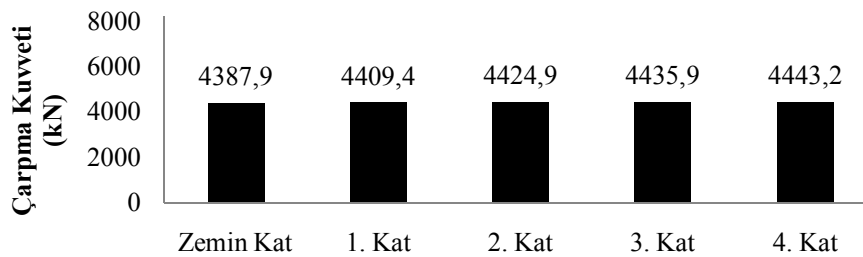
İzolatör periyodu 2 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.57'de gösterilmiştir.



Şekil 5.57 $T_b = 2$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 2,5 s Olan Yapı

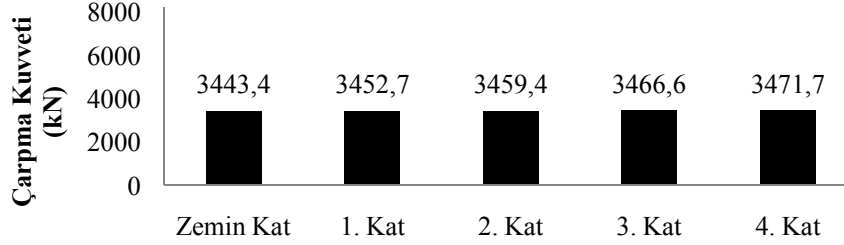
İzolatör periyodu 2,5 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.58'de gösterilmiştir.



Şekil 5.58 $T_b = 2,5$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

İzolatör Periyodu 3 s Olan Yapı

İzolatör periyodu 3 s olan yapının katlar arası çarpma kuvvetleri farkının daha net anlaşılabilmesi için sonuçlar Şekil 5.59'da gösterilmiştir.



Şekil 5.59 $T_b = 3$ s iken sağ bina-orta bina katlar arası çarpma kuvvetleri

5.3.4 Dinar ve Gediz Deprem Verilerine Göre Analiz Sonuçları

Düzce depremine ek olarak yapının Dinar ve Gediz depremi verileri ile de analizi yapılarak farklı depremlerde yer değiştirme ve çarpma kuvvetlerinin değişimleri incelenmiştir.

5.3.4.1 Dinar Depremine Göre Sol Bina Köşe Yer Değiştirmeleri

Dinar depremi verilerine göre analiz yapıldığında sol binanın yer değiştirme sonuçları Çizelge 5.8'deki gibi çıkmıştır

Çizelge 5.8 Dinar depreminde sol bina yer değiştirmeleri

	İzolatörsüz	$T_b = 1$ s	$T_b = 1,5$ s	$T_b = 2$ s	$T_b = 2,5$ s	$T_b = 3$ s
Zemin Kat	0,00521 m	0,48462 m	1,06747 m	1,49135 m	1,66529 m	1,52845 m
1. Kat	0,01358 m	0,49548 m	1,07813m	1,49954 m	1,67076 m	1,53192 m
2. Kat	0,02341 m	0,50429 m	1,08638 m	1,50582 m	1,67485 m	1,53455 m
3. Kat	0,03366 m	0,51190 m	1,09316 m	1,51107 m	1,67830 m	1,53680 m
4. Kat	0,04201 m	0,51756 m	1,09316 m	1,51494 m	1,68084 m	1,53847 m

5.3.4.2 Gediz Depremine Göre Sol Bina Köşe Yer Değiştirmeleri

Gediz depremi ivmelerine göre analiz yapıldığında sol binanın yer değiştirme sonuçları Çizelge 5.9'daki gibi çıkmıştır.

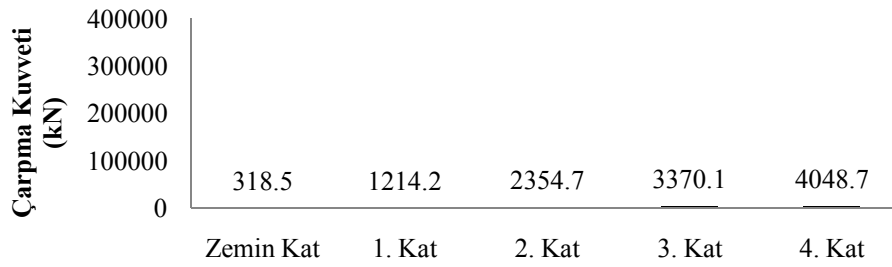
Çizelge 5.9 Gediz depreminde sol bina yer değiştirmeleri

	İzolatsız	$T_b = 1$ s	$T_b = 1,5$ s	$T_b = 2$ s	$T_b = 2,5$ s	$T_b = 3$ s
Zemin Kat	0,00174 m	0,01677 m	0,01009 m	0,01128 m	0,01226 m	0,00888 m
1. Kat	0,00444 m	0,01715 m	0,01022 m	0,01134 m	0,01229 m	0,00890 m
2. Kat	0,00739 m	0,01744 m	0,01032 m	0,01139 m	0,01232 m	0,00892 m
3. Kat	0,01029 m	0,01768 m	0,01041 m	0,01143 m	0,01234 m	0,00893 m
4. Kat	0,01305 m	0,01786 m	0,01048 m	0,01147 m	0,01235 m	0,00894 m

5.3.4.3 Dinar Depremine Göre Sol ve Orta Bina Çarpma Kuvvetleri

İzolatsız Yapı

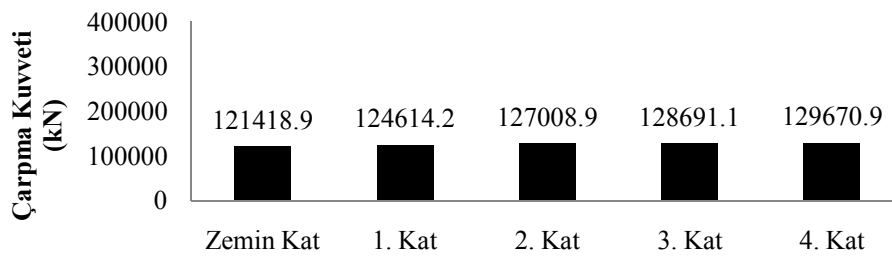
İzolatsız yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.60'da verilmiştir.



Şekil 5.60 Dinar depremine göre izolatsız sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolator periyodu 1 s olan yapı

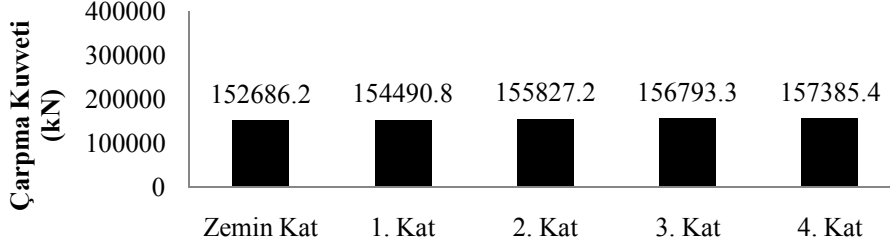
İzolator periyodu 1 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.61'de verilmiştir.



Şekil 5.61 Dinar depremine göre $T_b = 1$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 1,5 s olan yapı

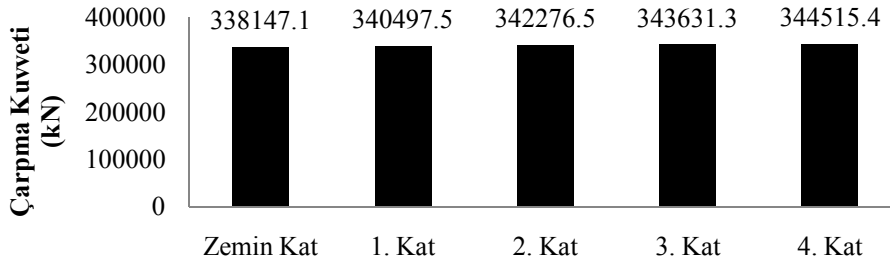
İzolatör periyodu 1,5 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.62’de verilmiştir.



Şekil 5.62 Dinar depremine göre $T_b = 1,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 2 s olan yapı

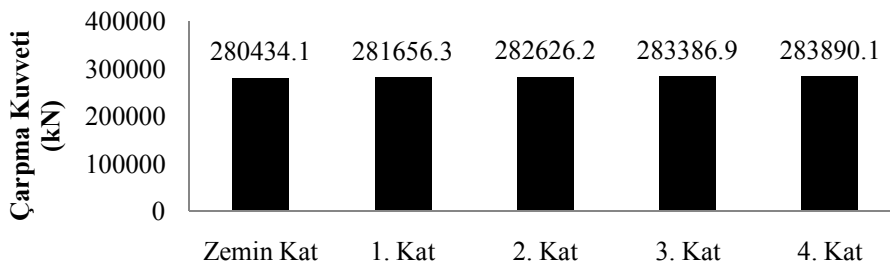
İzolatör periyodu 2 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.63’de verilmiştir.



Şekil 5.63 Dinar depremine göre $T_b = 2$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 2,5 s olan yapı

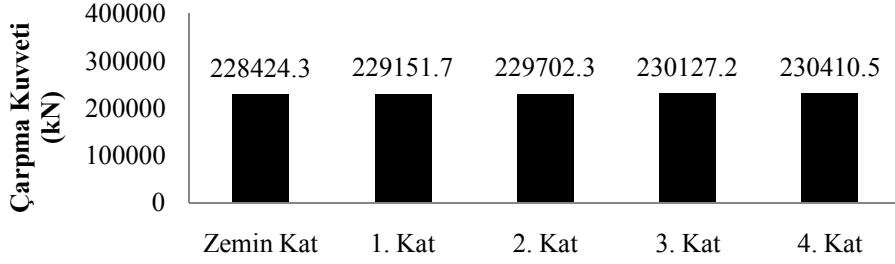
İzolatör periyodu 2,5 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.64’de verilmiştir.



Şekil 5.64 Dinar depremine göre $T_b = 2,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 3 s olan yapı

İzolatör periyodu 3 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.65’de verilmiştir.

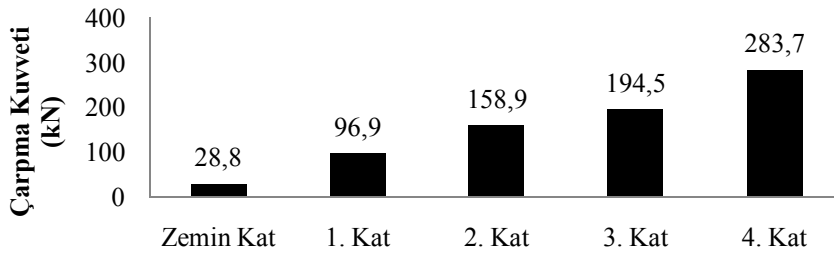


Şekil 5.65 Dinar depremine göre $T_b = 3$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

5.3.4.4 Gediz Depremine Göre Sol ve Orta Bina Çarpma Kuvvetleri

İzolatörsüz Yapı

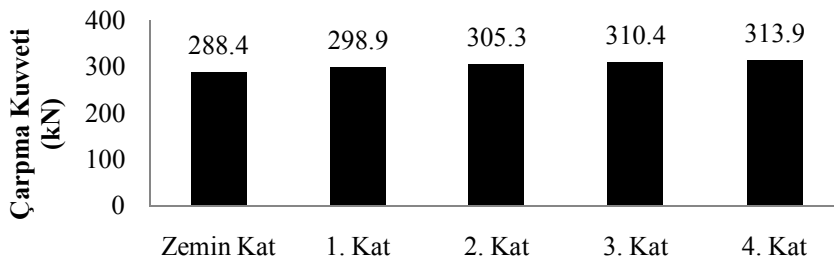
İzolatörsüz yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.66’da verilmiştir.



Şekil 5.66 Gediz depremine göre izolatörsüz sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 1 s olan yapı

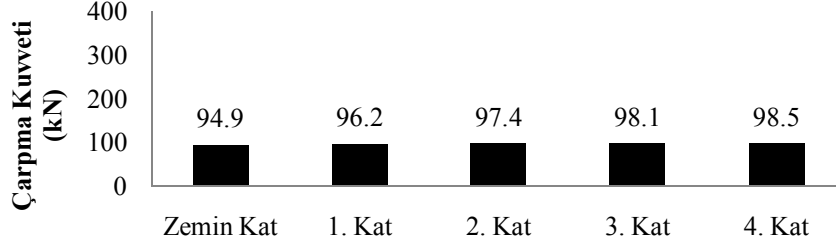
İzolatör periyodu 1 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.67’de verilmiştir.



Şekil 5.67 Gediz depremine göre $T_b = 1$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 1,5 s olan yapı

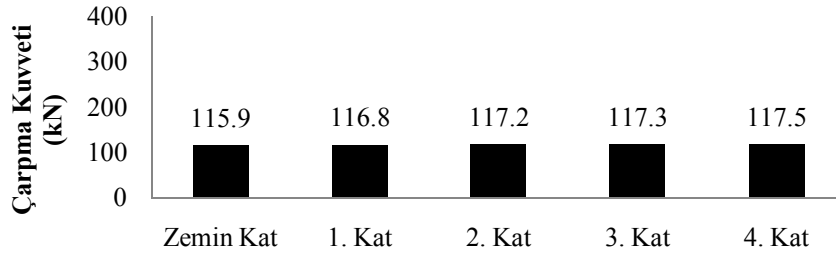
İzolatör periyodu 1,5 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.68’de verilmiştir.



Şekil 5.68 Gediz depremine göre $T_b = 1,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 2 s olan yapı

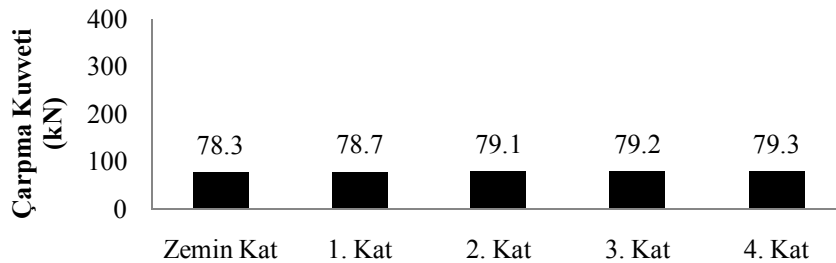
İzolatör periyodu 2 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.69’da verilmiştir.



Şekil 5.69 Gediz depremine göre $T_b = 2$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 2,5 s olan yapı

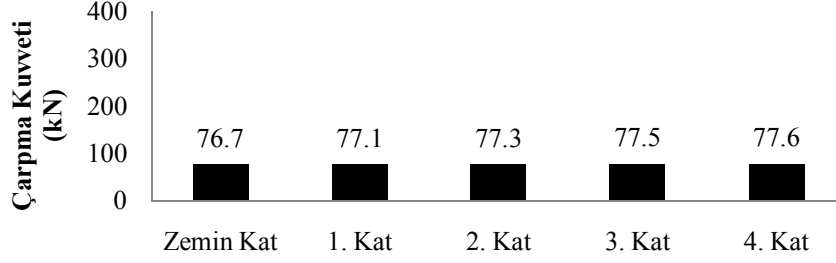
İzolatör periyodu 2,5 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.70’de verilmiştir.



Şekil 5.70 Gediz depremine göre $T_b = 2,5$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri

İzolatör periyodu 3 s olan yapı

İzolatör periyodu 3 s olan yapının çarpma kuvvetleri Şekil 5.71’de verilmiştir.



Şekil 5.71 Gediz depremine göre $T_b = 3$ s iken sol orta bina çarpma kuvvetleri



6 SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışmasında, taban izolatörsüz bitişik yapılar ile değişik izolatör periyotlarına sahip taban izolatörlü yapıların deprem altındaki davranışları incelenmiştir. Çalışma iki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, teorik açıdan oluşturulan iki bina modeli üzerinde, izolatör periyot değişiminin çarpma kuvvetine etkisi incelenmiştir. Analizler sonucu, izolatör rijitliğinin, esnek olan yapılarda rijit olan yapılara kıyasla daha baskın rol aldığı, doğal periyot sonuçlarından anlaşılmıştır. Kat sayısı arttıkça çarpma kuvvetleri izolatörün her bir rijitik değeri için meydana gelmektedir. Ancak belli bir kat seviyesi ele alındığında, belli izolatör periyodu değeri ve/veya aralığı için hiç çarpma kuvvetinin gözlenmediği durumlar da mevcuttur. Binaların bitişik inşa edileceği ve taban izolatörü kullanılacağı tasarımlar için, bu çalışmadaki analizlerin yapıлып, çarpışmanın oluşmadığı durumlar tespit edilmelidir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, halihazırda Manisa ilinde bulunan okul binası ele alınmıştır. Okulun ana binası dilatasyon derzleri ile ayrılmış olan üç adet bitişik binadan oluşmaktadır. Binalar taban izolatörsüzdür. Binaların dinamik karakteristikleri ortadaki farklı ve yanlardaki binalar aynı olmak üzere hesaplanmıştır. Dinamik analizleri gerçekleştirmek üzere SAP 2000 programı kullanılarak yapının modeli bilgisayar ortamında oluşturulmuştur. Çalışmamızda, yapının deprem altındaki davranışı incelenmiş ve yer değiştirme sonuçları ile çarpma kuvvetleri elde edilmiştir. Daha sonra taban izolatör kapasiteleri her bina için belli izolatör periyot aralıklarında ayrı ayrı hesap edilerek yapıya eklenmiş ve her durum için analizler gerçekleştirilmiştir. Yer değiştirme sonuçları ve çarpma kuvvetleri izolatörlü yapı için de elde edilmiştir. Böylece izolatörsüz ve izolatörlü yapılar deprem davranışı bakımında kıyaslanmıştır.

Bu analizler sonucunda özetle aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

- 1) Yapının izolatör kullanılmamış modelinde zemin kattan 4. kata kadar olan yer değiştirmeler izolatörlü modele göre temelin ankastre davranışından dolayı daha azdır. İzolatörlü modellerin hepsinde yatay rijitliğin düşük olması sebebiyle üst yapının temel seviyesine göre çok daha fazla yer değiştirme yaptığı anlaşılmıştır.
- 2) İzolatörsüz modelde katlar arası yer değiştirme ise, zemin katta oldukça az iken üst katlara doğru büyük bir artışla devam etmiştir.
- 3) İzolatörlü modelde katlar arasındaki yer değiştirme, izolatör üst yapıya tek bir kat gibi hareket etme olanağı sağladığı için oldukça düşük çıkmıştır.
- 4) Taban izolatörleri katlar arası yer değiştirmeyi azalttığı halde, zemin katın yer değiştirmesini arttırdığı için çarpma kuvvetleri izolatörlü yapılarda izolatörsüz yapıya kıyasla daha büyük çıkmıştır. Ancak bitişik binaların tümünde aynı taban izolatörü yerine her binanın periyodunu eşitleyecek taban izolatörleri kullanıldığında çarpışma kuvvetinin en düşük değerleri aldığı saptanmıştır.
- 5) Sol, sağ ve ortadaki binaların köşelerinden alınan noktaların yer değiştirmeleri çarpma kuvvetleriyle doğru orantılı çıkmıştır. Bu yer değiştirmelerin izolatörsüz yapıda 0,84 cm ile 12,79 cm arasında, izolatörlü yapılarda izolatör periyotları sırasıyla $T_b = 1s$ iken 18,93 cm ile 24,36 cm arasında, $T_b = 1,5s$ iken 19,43 cm ile 21,34 cm arasında, $T_b = 2s$ iken 19,18 cm ile 22,26 cm arasında, $T_b = 2,5s$ iken 20,52 cm ile 24,58 cm arasında ve $T_b = 3s$ iken 21,20 cm ile 23,70 cm arasında olduğu anlaşılmıştır.

İzolatörler, yapılarda zemin kat seviyelerinde yatay esneklik sağladığı için, yer değiştirme değerleri, izolatör periyodu arttıkça artmıştır. Buna karşın, katlar arası yer değiştirmeler tam tersi şekilde sonuçlanmıştır.

Ek olarak Dinar ve Gediz deprem verileri ile yapılan analizler sonucunda çarpma kuvvetleri Düzce depremine göre Gediz depreminde daha düşük Dinar depreminde ise oldukça yüksek çıkmıştır. Depremlerin dominant frekans aralıklarında sistem tepkilerinin arttığı görülmüştür.

Çalışmada farklı depremlerde farklı izolatör periyotlarına göre analiz yapıldığında yer değiştirmelerin bazı izolatör periyotlarında azaldığı gözlemlenmiştir. Bu konuyla ilgili bir çalışma yapılabilir.

Düzce depremine göre izolatör periyodu 1 s iken çarpma kuvvetinin diğer izolatörlere göre istisnai olarak arttığı görülmüştür. Bu konu üzerinde bir çalışma yapılabilir.

Bu çalışma ile literatürde deprem etkisi altındaki bitişik binalar ile ilgili çalışmalara referans olmak hedeflenmiştir. Çalışmanın sonuçları, binaların altındaki izolatör periyotlarının birbirinden farklı olması durumu için de analizler içererek genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Takayama, K., 1973., "Earthquake response of a building collided with a neighboring building", *Proc. of The 5th World Conference on Earthquake Engineering*, 2211-2214, Loma.
- [2] Maison, B. ve F., Kasai, K., 1997., "Building Pounding Damage During The 1989 Loma Prieta Earthquake", *Engineering Structures*, 19, 3, 195-207.
- [3] Malhotra, P. K., 1997, "Dynamics of seismic impacts in base-isolated buildings", *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, 26 (8): 797–813. ve Tsai, H. C., 1997, "Dynamic analysis of base-isolated shear beams bumping against stops", *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, 26 (5): 515–528.
- [4] Matsagar, V. A., Jangid, R. S., 2003, "Seismic response of base-isolated structures during impact with adjacent structures", *Eng. Struct.*, 25 (10): 1311–1323.
- [5] Jankowski, R., 2005, "Non-linear viscoelastic modeling of earthquake-induced structural pounding", *Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Earthquake Engng Struct*, 34, 595-611.
- [6] Güler, K., Uludağ, S., 2005, "Taban izolasyonlu sistemlerin karşılaştırmalı analizi", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [7] Abacıoğlu, M.A., 2006, "Bitişik nizamda yapılmış binaların depremde etkileşimi", Yüksek Lisans Tezi, *Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kahramanmaraş.
- [8] Muthukumar, S. ve DesRoches, R., 2006. "A Hertz Contact Model with Non-linear damping for Pounding Simulation", *Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Earthquake Engng Struct*, 35, 811-828.
- [9] Elma, M., 2006, "Sismik taban izolasyonlu yapılarda üst yapı rijitliğinin yapının sismik davranışına etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- [10] Urgu, M.İ., 2006, "Sismik izolasyonlu yapıların tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- [11] Özbaşaran, H., 2007, "Deprem esnasında çok katlı yapıların çarpışması etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

- [12] Bal, İ.E., Tezcan, S.S., Gülay, F.G., 2007, “Betonarme binaların göçme riskinin belirlenmesi için P25 hızlı değerlendirme yöntemi”, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, İstanbul.
- [13] Öztürk, B.K., 2007, “Yapısal kontrol sistemlerinin değerlendirilmesi ve taban izolatörlerinin betonarme bir binaya uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- [14] Agarwal V. K., Niedzwecki J. M., van de Lindt J. W., 2007, “Earthquake induced pounding in friction varying base isolated buildings”, *Engineering Structures*, Vol. 29, p. 2825-2832.
- [15] Komodromos P., Polycarpou P. C., Papaloizou L., Phocas M. C., 2007, “Response of seismically isolated buildings considering poundings”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 36, Issue 12, p. 1605-1622.
- [16] Cheng, F., Jiang H., Lou K., 2008, “Smart Structures: Innovative Systems for Seismic Response Control, CRC Press/Taylor & Francis Group”, New York, 11-14
- [17] Komodromos, P, 2008, “Simulation of the earthquake-induced pounding of seismically isolated buildings”, *Comput. Struct.*, 86 (7–8): 618–626. Petros Komodromos
- [18] Jankowski, R., 2008., “Earthquake-induced pounding between equal height buildings with substantially different dynamic properties”, *Engineering of Structures*, 30, 2818-2829.
- [19] Demir, S., 2008, “Sismik izolasyon sistemleriyle yapıların tasarımı ve mevcut bir yapıya uygulanması”, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- [20] Gökhan, E., 2009, “ Betonarme yapılarda izolatör kullanımının taşıyıcı sistem davranışına etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- [21] Şengel, H.S., Erol, H., Yavuz, E., 2009, “Sismik izolasyon tekniği ve kullanımına ilişkin örnek uygulama”, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(2): 166-178.
- [22] Çetinkaya, G., 2011, “Deprem yer hareketine maruz komşu binaların çarpışma analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

- [23] Akköse, M., Çetinkaya, G., 2011, “Depreme maruz farklı yükseklikteki iki komşu betonarme binanın çarpışma analizi”, *1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [24] Masroor A., Mosqueda G., 2012, “Experimental simulation of base-isolated buildings pounding against moat wall and effects on superstructure response”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 41, p. 2093-2109.
- [25] Pant D. R., Wijeyewickrema A. C., 2012, “Structural performance of a base-isolated reinforced concrete building subjected to seismic pounding”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 41, Issue 12, p. 1709-1716.
- [26] Akköse, M., Çetinkaya G., 2013, “Planda düzensizliğe sahip binaların deprem kaynaklı çarpışma davranışının incelenmesi”, *2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay.
- [27] Pant D. R., Wijeyewickrema A. C., 2014, “Performance of base-isolated reinforced concrete buildings under bidirectional seismic excitation considering pounding with retaining walls including friction effects”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, Vol. 43, Issue 10, p. 1521-1541.
- [28] Turhan, Ö., 2015, “Bitişik nizam yapıların çarpışmasını önlemek için optimum sönümleyici dağılımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde.
- [29] Altınel, O., 2015, “Mevcut sıralı binalarda çekiçlemenin sismik performans üzerindeki etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- [30] Pala, M., Tekin, Ö.F., Eşit, M., 2015, “Yumuşak kat düzensizliğine sahip bitişik nizam binaların deprem kaynaklı çarpışma analizi”, *Akademik Platform*, 1183-1191.
- [31] Chopra A.K., 2015, “Earthquake Dynamics of Base-Isolated Buildings”, *Dynamics of Structures 4th ed.*, *Prentice Hall*, California, 809-835.
- [32] Kamal, M., 2016, “Mevcut bitişik ikili binalardaki çekiçlemenin sismik performans üzerindeki etkilerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli.
- [33] Mavronicola E. A., Polycarpou P. C., Komodromos P., 2016, “Effect of planar impact modelling on the pounding response of base-isolated buildings”, *Frontiers in Built Environment*, <https://doi.org/10.3389/fbuil.2016.00011>.

- [34] Kandemir-Mazanoglu E. C., 2017, “Effects of isolator properties on viscous damper capacity of base isolated adjacent buildings” *JVE International LTD. Journal Of Vibroengineering*, 19 (4): 1-10.
- [35] Kandemir-Mazanoglu E. C., 2017, “An optimization study for viscous dampers between adjacent buildings” *Mechanical Systems and Signal Processing*, 89: 88-96.
- [36] Zhi-wu Y., Han-yun L., Wei G., Qun L., 2017, “A general spectral difference method for calculating the minimum safety distance to avoid the pounding of adjacent structures during earthquakes”, *Engineering Structures*, Vol.150. p.646-655
- [37] Elwardanya H., Seleemah A., Jankowski R., 2017, “Seismic pounding behavior of multi-story buildings in series considering the effect of infill panels”, *Engineering Structures*, Vol.144. p.139-150
- [38] Sołtysik B., Falborski T., Jankowski R., 2017, “Preventing of earthquake-induced pounding between steel structures by using polymer elements – experimental study”, *Procedia Engineering*, Vol.199. p.278-283
- [39] Crozet V., Politopoulos I., M. Yang, Martinez J.-M., Erlicher S., 2018, “Sensitivity analysis of pounding between adjacent structures”, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*
- [40] PEER Ground Motion Database, “Earthquake Acceleration Records”
<https://ngawest2.berkeley.edu/>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÇETİNÖZ, Kürşad
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 20.04.1993 Bornova
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (545) 520 04 93
e-mail : cetinozkursad@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Pamukkale Üniversitesi / İnşaat Mühendisliği Bölümü	2015
Lise	Sarıgöl Anadolu Lisesi	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-2017	Sarıkız Yapı Denetim Şirketi	Kontrol Elemanlığı

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bağlama çalmak, Basketbol oynamak, Yüzmek, Masa tenisi oynamak, Gezmek.