

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**TASARIM DEPREMİNDEN ÖNCE GELEN DÜŞÜK ŞİDDETLİ
DEPREMLERİN ÇEKİÇLEMENİN ÖNLENMESİ İÇİN
KULLANILAN YAPILAR ARASI DERZ MESAFELERİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

Hakan ÖZDEMİR

Yüksek Lisans Tezi

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2025

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

**TASARIM DEPREMİNDEN ÖNCE GELEN DÜŞÜK ŞİDDETLİ
DEPREMLERİN ÇEKİÇLEMENİN ÖNLENMESİ İÇİN KULLANILAN
YAPILAR ARASI DERZ MESAFELERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

Tez Yazarı
Hakan ÖZDEMİR

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Ruşen DURUCAN

ŞUBAT 2025
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı: Tasarım Depreminden Önce Gelen Düşük Şiddetli Depremlerin
Çekiçlemenin Önlenmesi İçin Kullanılan Yapılar Arası Derz Mesafeleri
Üzerindeki Etkisi

Yazarı: Hakan ÖZDEMİR

İlk Teslim Tarihi: 12.12.2024

Savunma Tarihi: 05.02.2025

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Ruşen DURUCAN Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	<i>İmza</i> Onayladım
Başkan:	Dr. Öğr. Üyesi Hümeysra ŞAHİN Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi	Onayladım
Üye:	Dr. Öğr. Üyesi Hakan BAYRAK Kafkas Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza

Prof. Dr. Burhan ERGEN
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım ‘‘Tasarım Depreminden Önce Gelen Düşük Şiddetli Depremlerin Çekişlemenin Önlenmesi İçin Kullanılan Yapılar Arası Derz Mesafeleri Üzerindeki Etkisi ’’ Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

05.02.2025

Hakan ÖZDEMİR



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim hayatım boyunca tüm çalışmalarım ve tezimin her aşamasında ilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübesiyle bana her daim destek olan saygıdeğer danışman hocam Dr.Öğr.Üyesi Ayşe Ruşen DURUCAN'a teşekkürlerimi sunarım. Deprem seçimi ve yapı modelleme aşamalarında desteğini hep gördüğüm değerli hocam Dr. Nurbanu DEMİRBAŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi olarak hep yanımda olan, bana olan sevgisini ve inancını hep hissettiğim sevgili anne ve babama ve tüm zorlukların beraber üstesinden geldiğimiz sevgili eşim Ebru FIRAT ÖZDEMİR'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Yapmış olduğum bu bilimsel çalışmanın, büyüyen ve gelişen Türkiye'mizde yaşanması beklenen depremlere karşı bir faydası olması ümidi ile...

Hakan ÖZDEMİR
ELAZIĞ, 2025

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması	2
2. ÇEKİÇLEME ETKİSİ.....	4
2.1. Çekiçleme Etkisi Nedir?.....	4
2.2. Sık Görülen Çekiçleme Çeşitleri	5
2.2.1. Kat Seviyeleri Farklı Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi.....	5
2.2.2. Kat Seviyeleri Aynı Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi	6
2.2.3. Yığma Binalarda Çekiçleme Etkisi	7
2.2.4. Kenarda Bitişik Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi	8
2.2.5. Ortada Bitişik Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi.....	8
2.2.6. Köşede Bitişik Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi.....	8
2.3. Farklı Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerine Göre Dilatasyon Derz Mesafeleri	9
2.4. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Çekiçleme Etkisine Karşı Alınacak Önlemler ..	9
3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM	11
3.1. Çalışmanın Aşamaları.....	11
3.2. Yapının Modellenmesi	11
3.2.1. Plastik Mafsalların Modellenmesi.....	15
3.2.2. Gap Eleman(Bağlantı Elemanı) Modellenmesi.....	16
4. YER HAREKETİ KAYITLARI.....	18
5. YAPI ANALİZİ.....	20
6. ANALİZ SONUÇLARI.....	21
7. ÖZET VE SONUÇLAR	32
KAYNAKLAR.....	34
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Tasarım Depreminden Önce Gelen Düşük Şiddetli Depremlerin Çekişlemenin Önlenmesi İçin Kullanılan Yapılar Arası Derz Mesafeleri Üzerindeki Etkisi

Hakan ÖZDEMİR

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat 2025, Sayfa: x + 35

Bu çalışmada, düşük şiddetli sarsıntılar sonucu meydana gelen olası yapısal hasarların, yapıların çekişleme davranışı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu inceleme için doğrusal olmayan davranışı dikkate alan yapı modelleri kurulmuştur. Analizler için altı, dokuz ve on katlı betonarme çerçeveler yan yana modellenmiş, yapılar arasındaki boşluğu modellemek için ise çarpışma noktalarını temsil eden basit bir modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Kullanılan yaklaşım, yapılar arası çekişleme davranışını tam olarak yansıtmasa da, çekişleme olup olmadığını belirlemek ve olası çekişlemenin şiddetini görel olarak ölçmek için kullanılabilir özelliktedir. Çalışma kapsamında 11 adet yer hareketi kaydı belirlenerek ölçeklendirilmiştir. Kullanılan yer hareketi kayıtları, faya uzak bölgelerden alınmıştır ve hız darbesi benzeri özellikler göstermemektedir. Çalışmanın sonuçları, düşük şiddetli öncü depremlerin arkasından gelen ana depremlerin doğurduğu çekişleme riskinin çoğu zaman öncü depremsiz duruma göre daha yüksek olduğunu göstermiştir. Öncü depremin şiddeti arttıkça, çekişleme davranışının arttığı görülmüştür. Ayrıca çok benzer kat sayılarına ve çok benzer dinamik özelliklere sahip yapıların, deprem yükleri altında benzer salınım yapımları sebebiyle çekişlemeye maruz kalmayabilecekleri görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Performans Analizi, Çekişleme, Deprem

ABSTRACT

Effects of Low Intensity Earthquakes Preceding The Design Earthquake, on The Gap Distances Between Structures Used to Prevent Pounding.

Hakan ÖZDEMİR

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

February 2025, Pages: x + 35

In this study, the effect of possible structural damage resulting from low-intensity earthquakes on the pounding behavior of structures was examined. For this investigation, structural models that consider nonlinear behavior were established. For the analyses, six, nine and ten-story reinforced concrete frames were modeled next to each other, and a simple modeling approach, which represent the pounding points, was used to model the space between the structures. Although the approach used does not fully reflect the pounding behavior between structures, it can be used to determine whether pounding has occurred and to relatively measure the severity of possible pounding. In scope of the study, eleven ground motion records were determined and scaled. The used ground motion records were taken from areas far from the fault and do not show velocity pulse-like features. The results of the study revealed that the risk of pounding caused by main earthquakes following low-intensity foreshocks was generally higher than that of main earthquakes do not preceded by foreshocks. It was observed that the extent of pounding behavior increases together with the intensity of foreshock. Also it is found that structures with very similar story numbers and dynamic properties may not be exposed to pounding owing to similar displacements under earthquake loads.

Keywords: Performance Analysis, Pounding, Earthquake

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1.	Geçmiş depremlere ait çekiçleme etkisi görüntüleri 1
Şekil 2.1.	Çekiçleme etkisi ve olası çarpışma tipleri..... 4
Şekil 2.2.	Kolon döşeme etkileşimi nedeniyle meydana gelen çekiçleme etkisi..... 5
Şekil 2.3.	Farklı kütlelere sahip komşu binalarda meydana gelen çekiçleme etkisi..... 6
Şekil 2.4.	Yükseklikleri farklı olan binalarda çekiçleme etkisi..... 7
Şekil 2.5.	Aynı sırada aralarında boşluk bulunmayan yapılarda çekiçleme etkisi 7
Şekil 2.6.	Yığma binalarda çekiçleme etkisi 8
Şekil 2.7.	Çekiçlemeye maruz kalacak kenar, bitişik, orta konumlu yapı nizam durumları 9
Şekil 3.1.	10-9 katlı yapı modelleri..... 13
Şekil 3.2.	10-6 katlı yapı modelleri..... 14
Şekil 3.3.	Kolon donatı alanları 15
Şekil 3.4.	Plastik Mafsalların Modellenmesi 16
Şekil 6.1.	9 ve 10 katlı yapıların çatı katı deplasmanlarının ana deprem yüklemeleri (0 yüklemesi) altında değişimi..... 23
Şekil 6.2.	9 ve 10 katlı yapıların çatı katı deplasmanlarının düşük şiddetli öncü ve ana deprem yüklemeleri (0.4+0 deprem yüklemesi) altında değişimi..... 24
Şekil 6.3.	9 ve 10 katlı yapıların çatı katı deplasmanlarının orta şiddetli öncü ve ana deprem yüklemeleri (0.8+0 deprem yüklemesi) altında değişimi..... 25
Şekil 6.4.	6 katlı yapının (6-10 kat çarpışma durumunda) çatı deplasmanının zamanla değişimi 26
Şekil 6.5.	9 katlı yapının (9-10 çarpışma durumunda) çatı deplasmanının zamanla değişimi 27
Şekil 6.6.	10 katlı yapının (10-6 çarpışma durumunda) çatı deplasmanının zamanla değişimi 28
Şekil 6.7.	10 katlı yapının (9-10 çarpışma durumunda) çatı deplasmanının zamanla değişimi 29
Şekil 6.8.	6-10 katlı yapı çifti için 735 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi 30
Şekil 6.9.	6-10 katlı yapı çifti için 736 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi 30
Şekil 6.10.	6-10 katlı yapı çifti için 748 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi 31
Şekil 6.11.	6-10 katlı yapı çifti için 762 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi 31
Şekil 6.12.	6-10 katlı yapı çifti için 771 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi 31
Şekil 6.13.	6-10 katlı yapı çifti için 792 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi 31

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Betonarme kolon boyutları	14
Tablo 4.1. Yer Hareketi Kayıtları	18
Tablo 4.2. Çalışma kapsamında kullanılan deprem kayıtlarına ait ölçek faktörleri	19
Tablo 6.1. 6 ve 10 katlı yapılar arasındaki çarpışma durumunun katlara göre değişimi	21
Tablo 6.2. 10 ve 9 katlı yapılar arasındaki çarpışma durumunun katlara göre değişimi	22



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

L_p	: Plastik mafsal boyu
H	: Eleman hesap uzunluğu
R	: Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_{d1}	: 1.0 saniye periyot için tasarım spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı [boyutsuz]
S_a	: Yatay elastik tasarım spektral ivmesi.
T_e	: Temel titreşim periyodu
T_i	: Yapının elastik temel titreşim periyodu
T	: Doğal titreşim periyodu [s]
V_{s30}	: Üst 30 metredeki ortalama kayma dalgası hızı [m/s]
ZC	: Çok sıkı kum, çakıl ve sert kil tabakaları veya ayrılmış, çok çatlaklı zayıf kayalar

Kısaltmalar

FEMA	: Federal Emergency Management Agency
SAP2000	: Structural Analysis Program
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği

1. GİRİŞ

Ülkemiz yoğun ve yıkıcı depremlerin yaşandığı bir coğrafi konumda bulunmaktadır. Bununla birlikte dünyamızda ve ülkemizde artan nüfus nedeniyle yeni yaşam alanları üretmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle nüfusun devasa rakamlara ulaştığı şehirlerde yeni yapılar için çok fazla boş arsa kalmadığından yapılar yan yana veya bitişik nizam olarak inşa edilmektedir. Ancak yapıların birbirlerine çok yakın inşa edilmesinin tehlikeli yanları bulunmaktadır. Birbirine bitişik veya çok yakın inşa edilen yapılar deprem sırasında farklı salınımlar yaparak birbirlerine temas edebilirler. Yapı kütlelerinin oldukça fazla olduğu dikkate alındığında bu temasların çarpışma etkisi oluşturabileceği söylenebilir. Bu etkiler dikkate alınmadığında deprem sırasında büyük hasarlar meydana gelebilir.

Çarpışma yani çekiçleme hasarları geçmişte birçok depremde gözlemlenmiştir. 1985 Mexico City depreminden sonra yıkılan binaların %15 inde çekiçleme hasarı tespit edilmiştir[1]. Yine 1999 yılında ülkemizde meydana gelen Kocaeli Gölçük depreminde bitişik nizam inşa edilen 6 katlı ve 2 katlı iki yapıda deprem sırasında çekiçleme meydana gelmiştir. Birbirine bitişik bu yapıların kat döşemelerinin farklı seviyelerinde olmalarından kaynaklı her iki yapıda da ciddi hasarlar meydana gelmiş ve iki yapı da göçmüştür[2]. Geçmiş depremlerde çekiçleme etkisi ile oluşan hasarların bazıları Şekil 1.1’de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Geçmiş depremlere ait çekiçleme etkisi görüntüleri

Bilindiği gibi yapılar ömürleri boyunca irili ufaklı çok sayıda depreme maruz kalmaktadır. Bu depremlerden birçoğu tasarım depreminden küçük olduğundan yapılara ya hiç hasar vermemekte veya sadece küçük onarımlar yapılarak giderilebilecek hasarlara sebep olmaktadır. Bunun yanında daha şiddetli ancak yine de tasarım depreminden küçük olan depremler, bazı yapıların taşıyıcı elemanlarında gözle görülmesi pek mümkün olmayan çatlakların oluşmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada, düşük şiddetli sarsıntılar sonucu meydana gelen ve gözle tespiti (çatlağın inceliği sebebiyle) mümkün olmayan olası yapısal hasarların, yapıların çekişme davranışı üzerindeki etkisi incelenecektir. Bunu inceleyebilmek için, doğrusal olmayan davranışı dikkate alan yapı modelleri kurulmuştur. Analizler için değişen kat sayılarına sahip olan yapılar yan yana modellenmiş, yapılar arasındaki boşluğu modellemek için ise boşluk elemanı (gap element) kullanılmıştır. Kullanılan boşluk elemanı, yapılar arası çekişme davranışını tam olarak yansıtmasa da, çekişme olup olmadığını belirlemek ve olası çekişmenin şiddetini görece olarak ölçmek için kullanılabilir özelliktedir.

1.1. Literatür Taraması

Yakın inşa edilmiş yapıların deprem performansları üzerine yapılmış oldukça fazla sayıda çalışma vardır[2],[4]. Bunların yanında bazı çalışmalar; yapı özelliklerini, yapıların birbirlerine göre durumlarını [5] ve deprem özelliklerini [6],[7],[8] parametre olarak almış ve yapıların deprem performanslarını bu parametrelerin değişimi ile ilgili olarak incelemiştir. Bu çalışmalar farklı dinamik özelliklerdeki yapıların çekişmeden farklı seviyede etkilendiğini, benzer şekilde yapı nizamının ve depremin şiddetinin de çekişme etkilerine maruz kalan yapıların deprem performansları üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermiştir. Khatami vd.[6] yaptıkları çalışmada düzenli ve düzensiz olarak tasarlanmış ve yumuşak kat içeren çelik yapıların ana deprem ve artçı deprem kombinasyonları altında analizlerini yapmışlardır. Analizler sonucunda artçı sarsıntıların, yapılar arası boşluk miktarları üzerinde önemli etkisi olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca düzenli ve düzensiz çelik yapıların arasında bırakılması gereken boşlukla ilgili deneysel bir denklem de önermişlerdir. Kazemi ve Jankowski [5] ise yaptıkları çalışmada 3-5 ve 9 katlı betonarme ve çelik yapılar üzerinden parametrik analizler yaparak yakın saha deprem kayıtları altında bu yapıların çarpışma durumlarını incelemişlerdir. Ayrıca, bitişik nizam veya yeterli boşluk bırakılmadan inşa edilen yapılar üzerindeki çarpışma etkilerini azaltmak için enerji sönümleyicilerin de kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Efraimiadou vd. [7] ise çalışmalarında, 4 düzlem çerçevenin 9 farklı kombinasyonunu 5 gerçek deprem serisine maruz bırakarak çekişme durumunu incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada deprem serileri arasında tamirat için yeterli süre bulunmadığından bu depremlerin çekişme üzerinde oldukça önemli etkileri olduğunu göstermişlerdir.

Öte yandan, bitişik nizamda inşa edilmiş yapıların çekiçlemeye karşı nasıl korunacağını araştıran çalışmalar da literatürde mevcuttur[8],[11]. Bu çalışmalardan bazıları [9], [11], [12], [13] köprülerin çekiçleme etkilerinden korunmasına yoğunlaşmıştır. Bir çalışmada ise Jankowski[10], çarpışma kuvveti spektrumu fikrini ortaya atmıştır. Buna göre, boşluk miktarı, periyot, sönüm katsayısı, kütle ve süneklik gibi etkenlerin ortaya çıkabilecek çarpışma kuvvetlerini ciddi oranda etkileyeceği ortaya çıkarılmıştır. Buna dayanarak, yapıların dinamik özelliklerini değiştirerek çarpışma etkilerinin en aza indirilebileceği ortaya koyulmuştur.

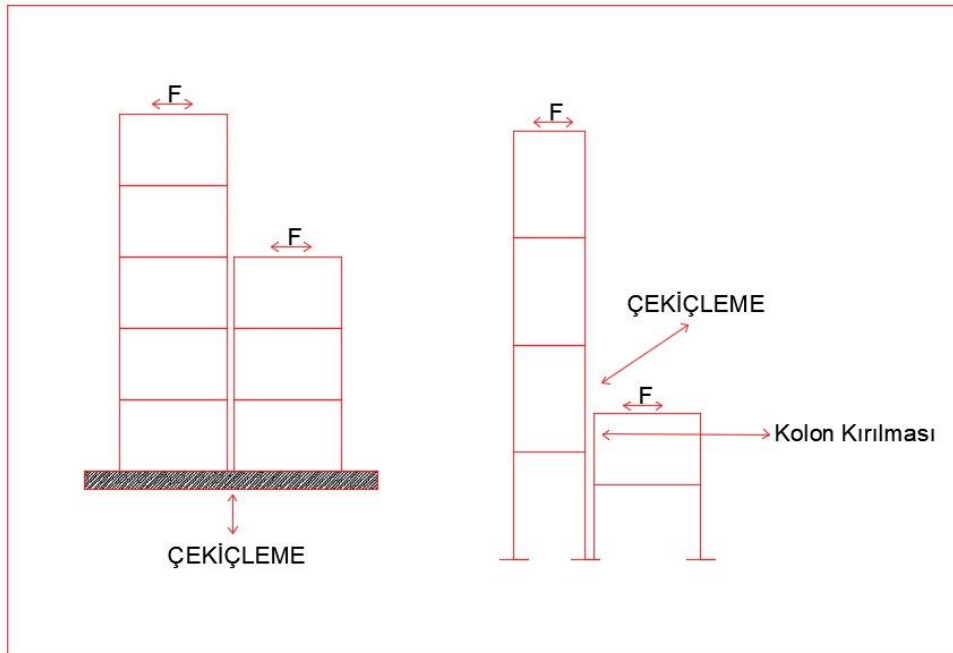
Şimdiye kadar konu üzerinde yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, bu çalışmadaki parametrelerin seçilmesinde önemli rol oynamıştır. Deprem serilerinin çekiçlemeye bağlı deplasman talepleri ile ilişkisini inceleyen çalışmaların büyük çoğunluğunun, ana deprem ve artçı deprem serileri üzerinde çalıştığı görülmüştür. Öncü deprem ve ana deprem serilerinin etkilerinin ise çok daha az sayıda çalışma ile ve görece dar kapsamlı şekilde incelendiği literatür taramasından elde edilen bilgilerle ortaya çıkmıştır. Buna bağlı olarak bu çalışma, yapıların çekiçlemeye maruz kalmaması için bırakılması gereken boşluğun öncü depremin şiddeti ile nasıl değiştiğini inceleyecek şekilde tasarlanmıştır.

2. ÇEKİÇLEME ETKİSİ

2.1. Çekiçleme Etkisi Nedir?

Birbirinden farklı özelliklere sahip yakın veya bitişik inşa edilmiş binaların deprem esnasında farklı ötelenme hareketlerinden dolayı çarpışarak/temas ederek oluşturdukları etkiye çekiçleme etkisi denir. Binalar arasında yeterli dilatasyon derz mesafesinin bırakılmaması sonucunda binalar birbirine çarpar ve yapısal hasarlar meydana gelir. Deprem bölgelerinde çekiçleme etkisinden kaynaklı pek çok hasarlı yapı bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda 1964 Alaska Depremi'nde, 1995 yılında meydana gelen Kobe Depremi'nde ve 2008 Wenchuan depremlerinde de birçok binada benzer çekiçleme etkileri tespit edilmiştir.[14]

Çetinkaya ve Akköse[15] tarafından yapılan çalışmada 1985 Meksika Depremi sonrasında hasar gören yapılar incelendiğinde binaların %40'ında çekiçleme etkisinden kaynaklı yapısal hasar meydana geldiği tespit edilmiş, aynı şekilde 1989 yılında Loma Prieta Depremi sonrasında 200'den fazla binada çekiçleme etkisi görüldüğü belirtilmiştir[15]. Ülkemizde yaşanan 1999 Kocaeli Depremi'nde farklı kat yükseklikleri olan komşu binaların kolon-döşeme çarpışması sonucunda hasar aldığı görülmüş ve depremler sonrasında yapılan incelemelerde çekiçleme etkisine maruz kalan yapılarda direk bir göçmeden ziyade kolonların çekiçleme nedeniyle hasara uğraması sonucunda göçmelerin meydana geldiği tespit edilmiştir[15]. Şekil 2.1'de çekiçleme etkisi oluşumu ve döşeme-döşeme ya da kolon- döşeme çarpışma tipleri görülmektedir.



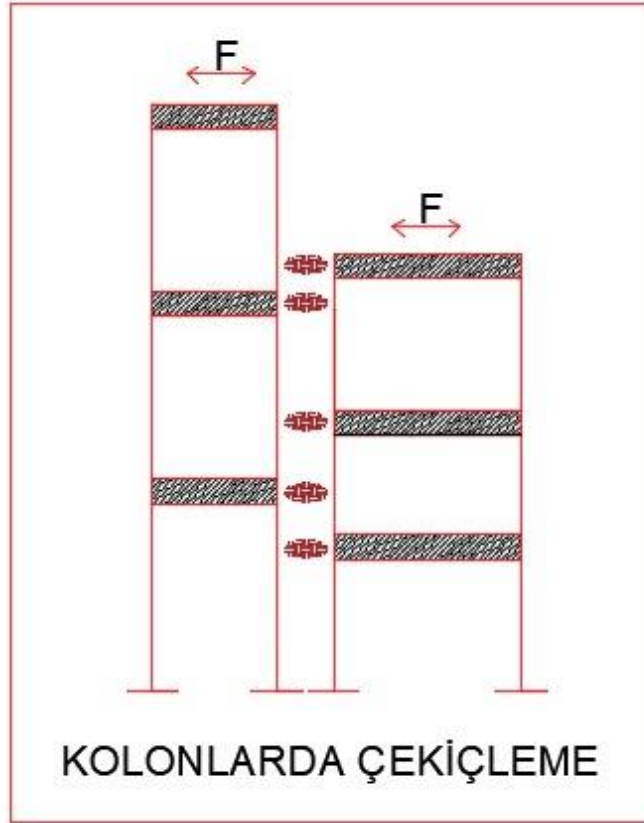
Şekil 2.1. Çekiçleme etkisi ve olası çarpışma tipleri.

2.2. Sık Görülen Çekiçleme Çeşitleri

Bu bölümde, Bölüm 2.1’de tarifi yapılan çekiçleme etkisine ilişkin daha fazla detay verilecektir. Bu detaylar konunun genişliğinin anlaşılması için verilmiştir. Tez içinde çalışılan konu, çekiçleme davranışını incelemek için yapılması gereken çalışmalardan sadece dar kapsamlı bir alanı temsil etmektedir.

2.2.1. Kat Seviyeleri Farklı Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi

Deprem sonrasında görülen çekiçleme türlerinin kat seviyelerinden kaynaklı döşeme-kolon veya döşeme-duvar tipi çekiçleme etkisi bulunmaktadır. Bu tür hasarlarda binanın döşemesi komşu binanın kolonuna çarptığında düşey taşıyıcı sistem elamanlarında ciddi anlamda hasara neden olur. Aynı şekilde döşeme komşu binanın duvarına çarptığında yine yapısal hasarlara neden olabilir. Şekil 2.2’de kolon döşeme etkileşimi nedeniyle meydana gelen çekiçleme etkisi görülmektedir.



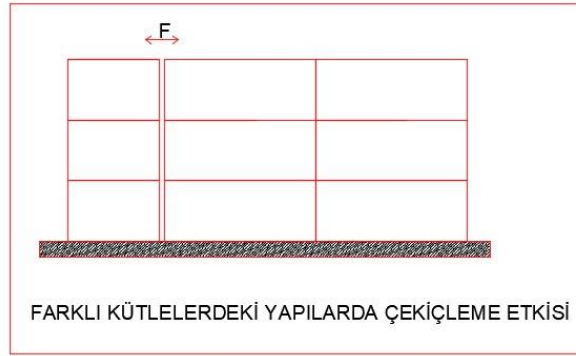
Şekil 2.2. Kolon döşeme etkileşimi nedeniyle meydana gelen çekiçleme etkisi

2.2.2. Kat Seviyeleri Aynı Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi

Çekiçlemenin bir diğer çeşidi olan kat seviyeleri aynı olan binalarda çekiçleme davranışı ise başka kriterlere göre sınıflandırılabilir. Bu bölümde kat seviyeleri aynı olan yapılarda çekiçleme etkisi ayrıca incelenmiştir.

Farklı Kütlelere Sahip Komşu Binalarda Meydana Gelen Çekiçleme Etkisi

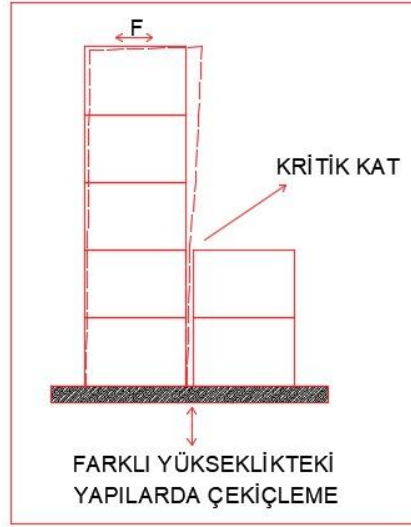
Farklı kütlelere sahip komşu iki binanın çarpışması sonucunda ortaya çıkan hasardır. Tipik çekiçleme etkisindeki benzer hasarlar gözlemek mümkündür. Şekil 2.3’de farklı kütlelere sahip komşu binalarda meydana gelen çekiçleme etkisi görülmektedir. Bu etkiyi basitçe tarif etmek için tek açıklıklı üç katlı bir çerçeve ve iki açıklıklı üç katlı bir çerçeveyi temsil eden bir çizim kullanılmıştır. Farklı kütlelere fakat aynı kat yüksekliklerine sahip iki binaya örnek olarak; bir ana bina ve ona bağlı merdiven kulesi de gösterilebilir.



Şekil 2.3. Farklı kütlelere sahip komşu binalarda meydana gelen çekiçleme etkisi

Yükseklikleri Farklı Olan Binalarda Çekiçleme Etkisi

Birbirine bitişik olan binalarda, kat seviyeleri aynı olduğu halde toplam bina yükseklikleri arasında büyük fark olan iki yapı arasında yeterli dilatasyon derzi bırakılmadığı takdirde, çekiçleme etkisiyle deprem sırasında yapısal hasarlar gözlenebilir. Bu tür hasarların önlenmesi için yeterli dilatasyon derzi hesaplanmalıdır. Şekil 2.4’de yükseklikleri farklı olan binalarda meydana gelen çekiçleme etkisi görülmektedir. Şekil 2.4’te kritik kat olarak isimlendirilen kat seviyesinde ciddi hasarlar gözlenebilir.



Şekil 2.4. Yükseklikleri farklı olan binalarda çekiçleme etkisi

Aynı Sırada Aralarında Boşluk Bulunmayan Yapılarda Çekiçleme Etkisi

Yılmaz[16]'ın çalışmasında belirtildiği üzere çekiçleme hasarı Christchurch ve Darfield Depremlerinde en sık görülen hasarların başında, aynı sırada bulunan farklı dinamik etkilere sahip binalar üzerinde gözlemlenmiştir. Özellikle sıra halinde bulunan blokların baş ve sonlarında olan binalarda kuvvet transferi nedeniyle daha büyük hasarların meydana geldiği gözlemlenmiştir[16]. Şekil 2.5'de aynı sırada aralarında boşluk bulunmayan yapılarda meydana gelen çekiçleme etkisi görülmektedir.



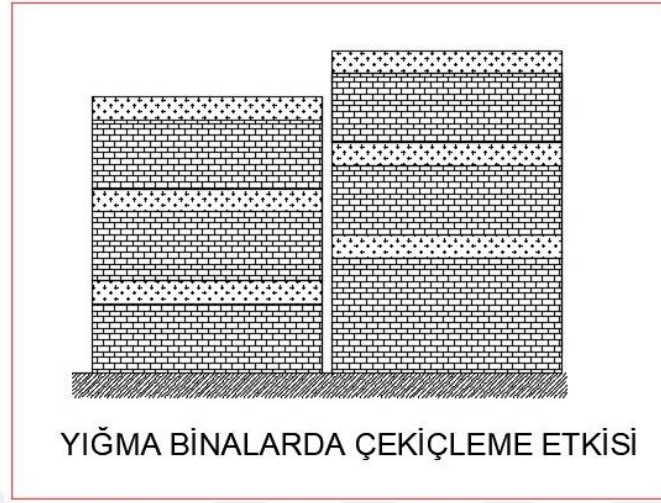
Şekil 2.5. Aynı sırada aralarında boşluk bulunmayan yapılarda çekiçleme etkisi

2.2.3. Yığma Binalarda Çekiçleme Etkisi

Yığma binalarda gevrek malzemeler kullanılması nedeniyle çarpışmanın etkisiyle, binalarda çekiçlemeye bağlı hasarları gözlemlenmek mümkündür[17].

Elazığ ilinde 2010 yılında Okçular Köyünde meydana gelen depremde birbirine bitişik nizamda inşa edilmiş kargir ev ve ahırların çekiçleme etkisiyle yıkıldığı tez yazarı tarafından

yapılan hasar tespit çalışmalarında gözlemlenmiştir. Şekil 2.6’da yığma binalarda meydana gelen çekiçleme etkisi görülmektedir.



Şekil 2.6. Yığma binalarda çekiçleme etkisi

2.2.4. Kenarda Bitişik Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi

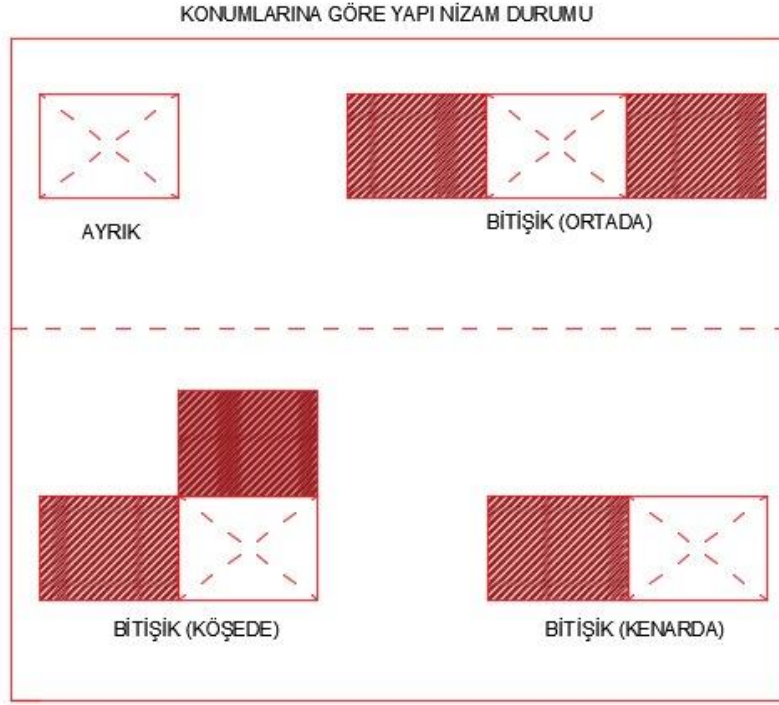
Ülkemizde kullanılan, 6306 sayılı kanunun Ek-2 Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar şartnamesine göre bitişik binaların konumları deprem performansını çarpışma nedeniyle etkileyebilmektedir[18]. Kenarda yer alan binalar bu durumdan en olumsuz etkilenmekte, bitişik bina ile kat seviyeleri farklıysa bu olumsuzluk daha da artmaktadır. Çünkü sıra halinde yapılaşmış yapılarda her bir yapının momentumu yanındaki binaya aktarılacağından kenardaki yapılara kümülatif olarak daha fazla kuvvet aktarılmış olacaktır. Şekil 2.7’de çekiçlemeye maruz kalacak kenarda bitişik konumlu yapı nizam durumları görülmektedir.

2.2.5. Ortada Bitişik Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi

Birbirine bitişik nizamda inşa edilmiş yapı grubunda ortadaki yapının karşılaştığı çekiçleme etkisidir. Bitişik olan her bir yapı en büyük yer değiştirmesi doğrultusunda ortadaki yapıda çekiçleme etkisi oluşturmaktadır. Şekil 2.7’de Çekiçlemeye maruz kalacak ortada konumlu yapı nizam durumları görülmektedir.

2.2.6. Köşede Bitişik Olan Yapılarda Çekiçleme Etkisi

Birbirine bitişik nizamda ve köşede inşa edilmiş yapı grubunda köşe konumda kalan yapının karşılaştığı çekiçleme etkisidir. Köşedeki yapı kendisine komşu her iki doğrultuda da çekiçlemeye maruz kalır. Şekil 2.7’de çekiçlemeye maruz kalacak köşede bitişik konumlu yapı nizam durumları görülmektedir.



Şekil 2.7. Çekiçlemeye maruz kalacak kenar, bitişik, orta konumlu yapı nizam durumları

2.3. Farklı Ülkelerin Deprem Yönetmeliklerine Göre Dilatasyon Derz Mesafeleri

Rajaram ve Kumar[19]'ın çalışması incelendiğinde komşu yapılar arasındaki derz miktarının dünyadaki çeşitli yönetmeliklere göre çeşitli yaklaşımlarla hesaplandığı görülmüştür. Bu yaklaşımlardan bazılarında iki bina arasında bırakılması gereken dilatasyon derz miktarının; bina yüksekliği boyunca kat deplasmanlarını dikkate alarak, 2.5 cm'den az olmayacak şekilde, maksimum yer değiştirmeyi, bir büyütme faktörünü ve yapı önem katsayısını dikkate alacak şekilde, zemin durumu ve yapı yüksekliğini dikkate alan şekilde çeşitli mertebeden denklemlerle hesaplandığı görülmüştür. Daha detaylı bilgi için Rajaram ve Kumar[19]'ın çalışmasına bakılabilir.

2.4. 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'ne Göre Çekiçleme Etkisine Karşı Alınacak Önlemler

Ülkemizde kullanılmakta olan TBDY-2018 [20] yönetmeliğinde, deprem etkisi için bırakılacak derz boşlukları ile ilgili önemli maddeler bulunmaktadır. Bu maddeler TBDY-2018 [20] Bölüm 4.9.3'te detaylı olarak verilmiştir. Buna göre yapılar arasındaki derz mesafeleri belirlenirken, yapıların kat seviyelerinin, aynı olup olmadığı, bina önem katsayıları ve taşıyıcı sistem katsayıları dikkate alınmaktadır. Bununla birlikte, ilgili yönetmelikte, bir alt limit olarak 6m

yükseklİğe kadar en az 3cm, 6m yükseklikten sonra ise her 3m'lik yükseklik için en az 1cm derz mesafesi eklenmesi şart tutulmaktadır.



3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEM

Bu bölümde çalışmanın nasıl yapıldığı bütün detayları ile verilmiştir.

3.1. Çalışmanın Aşamaları

Çalışma kapsamında, öncü deprem şiddetini parametre alan artımsal dinamik analizler yapılmıştır. Artımsal dinamik analiz yöntemi; yapıların doğrusal olmayan davranışlarını seçilen şiddet parametresinin değişimiyle hesaplamak için kullanılan doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden biridir.

Artımsal dinamik analiz yönteminin nasıl uygulanacağına detayları aşağıda açıklanmıştır.

- Çalışmada kullanılan 10, 9 ve 6 kat yüksekliklerine sahip iki boyutlu betonarme çerçevelerin mod analizleri yapılarak titreşim periyotları belirlenmiştir.
- Modellenen yapıların titreşim periyotlarına uygun şekilde ölçeklendirilmek üzere deprem kayıtları seçilmiştir. Seçilen deprem kayıtları çeşitli şiddetteki öncü depremleri temsil etmek üzere ölçeklendirilmiştir.
- Doğrusal olmayan analizlere kuvvet kontrollü doğrusal olmayan düşey yük analizleri yapılarak başlanmıştır. Ancak bu çalışma kapsamında ikinci mertebe etkileri (geometri kaynaklı doğrusal olmayan davranış) dikkate alınmamıştır. Bütün analizlerde yalnızca malzeme kaynaklı doğrusal olmayan davranış dikkate alınmıştır.
- Bu adımda ise, önceki adımda yapılan düşey yük analizlerini takip eden doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler yapılmıştır. Bu analizler yapılırken ölçeklendirilmiş olan yer hareketi kayıtları kullanılmıştır. Bu analizler sonucunda, aralarında TBDY-2018 [20]'in önerdiği alt limit kadar boşluk bırakılan yapıların çekiçlemeye maruz kalıp kalmadığı tespit edilmiştir.
- Daha sonra çeşitli ölçekteki öncü depremlerin analiz sonuçları başlangıç şartı kabul edilerek zaman tanım alanında tekrar analizler yapıp, aralarında TBDY-2018 [20]'in önerdiği alt limit kadar boşluk bırakılan yapıların öncü depremler olması durumunda çekiçlemeye maruz kalıp kalmadığı, çekiçleme varsa, öncü depremler sonrası çekiçlemede artış olup olmadığı tespit edilmiştir.

3.2. Yapının Modellenmesi

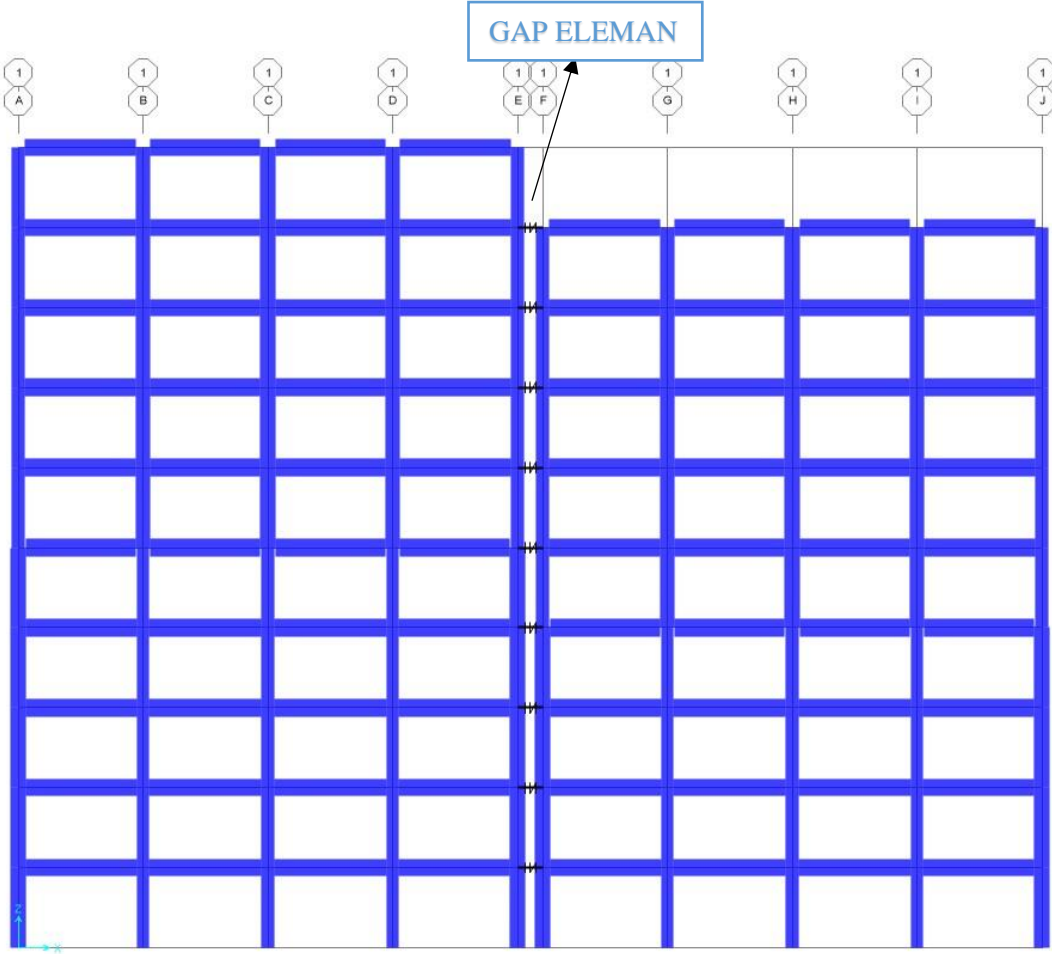
Bu tez kapsamında 2 boyutlu 10, 9 ve 6 katlı yapı modelleri oluşturulmuştur. Modellenen yapıların kat sayıları belirlenirken temel titreşim periyotlarının birbirine yakın ve uzak olması durumları dikkate alınmıştır. Buna göre 6-10 ve 9-10 katlı yapı çiftleri arasındaki olası çarpışma

durumları temel titreşim periyotları birbirinden uzak ve birbirine yakın olan yapılar arasındaki etkileşimi temsil etmek üzere kullanılacaktır.

Oluşturulan modeller, daha önce Gümüş ve Durucan [21] tarafından modellenen 15 Katlı çerçeve kullanılarak elde edilmiştir. Gümüş ve Durucan [21] tarafından kullanılan çerçevenin beton sınıfı C30 ve donatı çeliği ise S420'dir. Zemin sınıfı ZC, yapı önem katsayısı 1, deprem yükü azaltma katsayısı ise $R=8$ 'dir. Betonarme çerçeve elemanlar kullanılarak tasarlanan çerçevenin kat yüksekliği 3.2m'dir. Yapı yatay düzlemde bir doğrultuda 4 açıklıklı ve açıklık mesafesi 5m olacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan betonarme çerçeveler ile ilgili diğer detaylara Gümüş ve Durucan [21]'in çalışmasından ulaşılabilir.

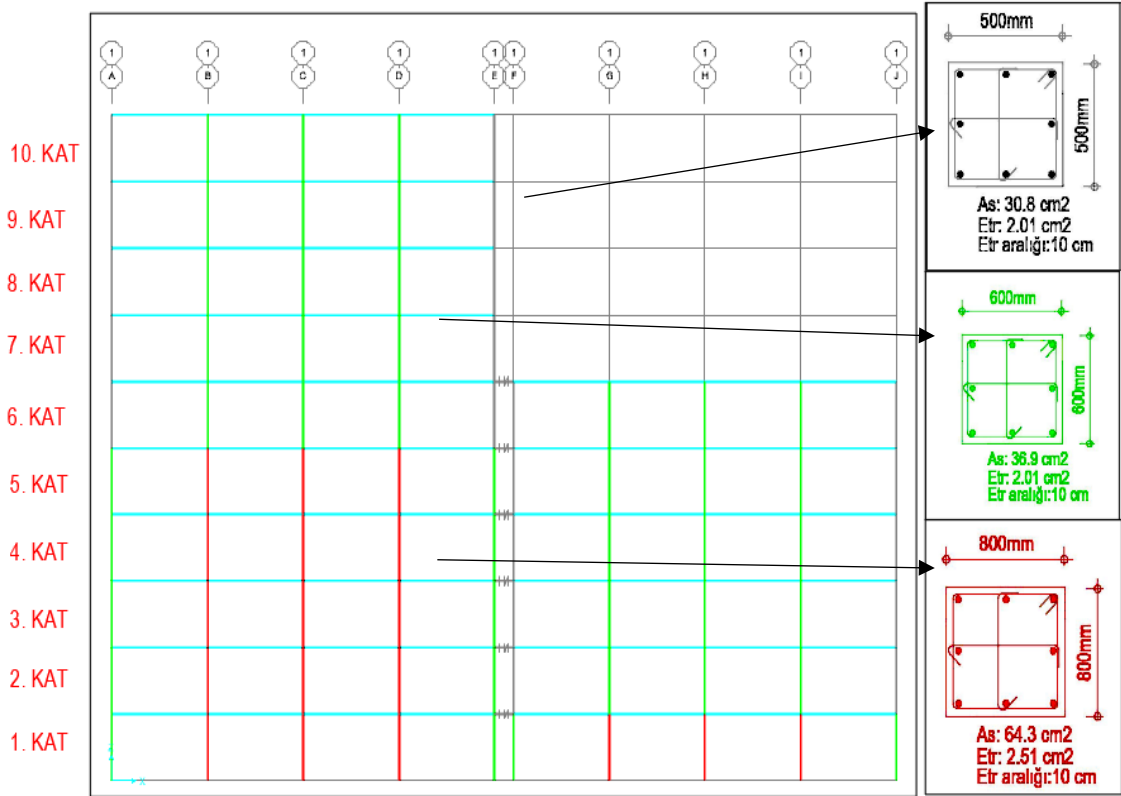
Bu çalışma kapsamında kullanılan 6, 9 ve 10 katlı betonarme çerçeveler ise Gümüş ve Durucan[21] tarafından kullanılan 15 katlı betonarme çerçevenin üst 10 katı kullanılarak elde edilmiştir. 10 katlı binanın bir alt katı silinerek 9 katlı betonarme çerçeve, alt 4 katı silinerek ise 6 katlı betonarme çerçeve elde edilmiştir.

Modellenen iki boyutlu çerçeveler, çarpışma kuvvetlerini aktarmak için kullanılan bir ara eleman (gap element) ile birbirine döşeme seviyelerinde bağlanmıştır.10-9 kat ve 10-6 katlı, gap elemanı ile birbirlerine bağlı yapı modelleri Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.1. 10-9 katlı yapı modelleri

2018[20] Bölüm 4.5.8 'de doğrusal analizler için önerilen etkin kesit rijitliği çarpanları dikkate alınmıştır. Analizlerde doğrusal olmayan analizler için önerilenler yerine, doğrusal analiz için önerilen etkin kesit rijitliklerinin kullanılmasının sebebi ise hesap kolaylığıdır. Amacın, gerçek yapı davranışını ölçmek yerine, artan şiddetteki depremlerin olası etkilerini parametrik olarak gözlemlemek olduğu bu çalışmada böyle bir kabul yapmak makul görünmektedir. Modellenen betonarme çerçevelerin temel titreşim periyotları; sırasıyla 6, 9 ve 10 katlı yapılar için; yaklaşık olarak 1.0, 1.6 ve 1.8s'dir.

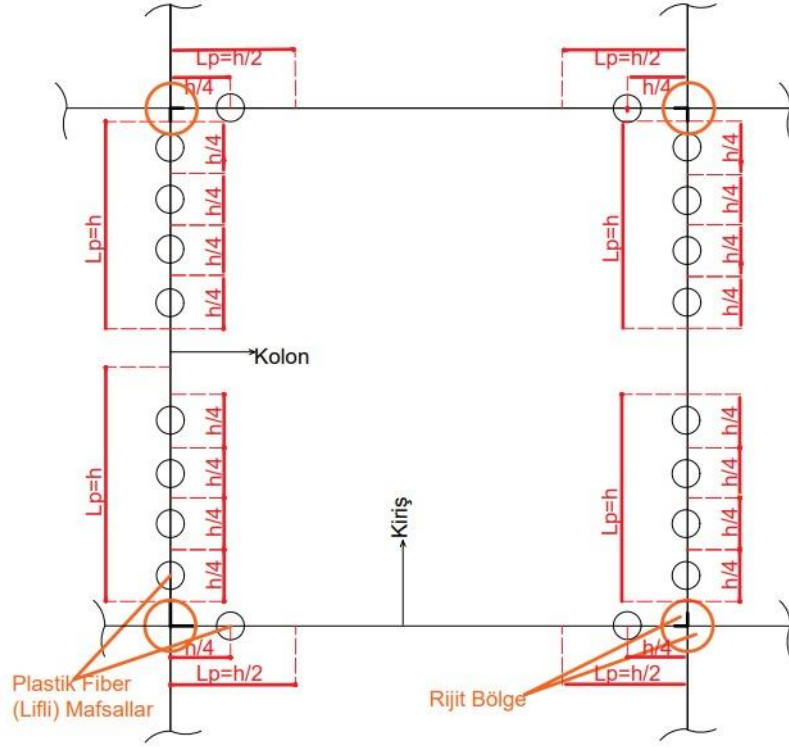


Şekil 3.3. Kolon donatı alanları

3.2.1. Plastik Mafsalların Modellenmesi

10, 9 ve 6 katlı yapı modellerinde doğrusal olmayan davranışı dikkate alabilmek için plastik mafsallar kullanılmıştır. Bu plastik mafsallar kolonların uç bölgelerinde eleman yüksekliği mesafesinde ve kirişlerin uç bölgelerinde eleman yüksekliğinin yarısı mesafesinde bir uzunlukta yerleştirilmiştir. Plastik mafsalsal tipi, lifli plastik mafsalsal şeklinde kullanılmıştır. Kolon uçlarında daha gerçekçi bir eğrilik dağılımı elde etmek amacıyla her kolonun her iki ucunda eşit şekilde 4'er adet 0,25h boyunda fiber mafsalsal kullanılmıştır. Kiriş uçlarında ise 0,5h boyunda bir adet plastik mafsalsal kullanılmıştır. Bir fiber mafsalsalda $11 \times 11 = 121$ adet fiber lifler kullanılmıştır. Plastik mafsalların sayısı ve yerleşimi ve bu mafsallar içindeki liflerin sayısı belirlenirken literatürde

bulunan hassasiyet analizlerinin sonuçları kullanılmıştır[22]. Bu lifler; kabuk beton, çekirdek beton ve donatı için ayrı ayrı malzeme modelleri üzerinden gerilme - birim şekil değiştirme ilişkileri kullanarak kesitin toplam taşıma gücü kapasitesini hesaplamaktadır. Kolon-kiriş birleşim bölgeleri tam rijit kabul edilmiştir. Modelleme yapılırken betonarme döşeme rijit diyafram kabulü ile tasarlanmıştır. Bu tez çalışmasında analizler için SAP2000[23] yapı analiz programı kullanılmıştır. Plastik mafsalların nasıl uygulandığı Şekil 3.4'da verilmiştir.



Şekil 3.4. Plastik Mafsalların Modellenmesi

3.2.2. Gap Eleman(Bağlantı Elemanı) Modellenmesi

Bu çalışmada aynı kat seviyeleri ve aynı kat kütlelerine sahip 10-9 katlı ve 10-6 katlı ikişer yapı birbirlerine SAP2000[23] programında gap eleman (boşluk eleman) ile bağlanmıştır. Boşluk elemanı aynı kat seviyesi ve aynı kütlere sahip iki model arasındaki kuvvetleri aktarmak için aynı döşeme seviyesinde ara yüz elemanı olarak kullanılmıştır. Bu bağlantı elemanı yalnızca basınç yüklerini rijit şekilde aktarır. Çekme gerilmesine maruz kaldığında ise herhangi bir rijitliği yoktur.

Bu çalışmada, modellenen yapılar arasındaki derz mesafeleri; mevcut durumdaki iki adet binanın TBDY-2018[20] tarafından şart koşulan derz mesafeleri hesabı yapılmadan inşa edildiği ancak arada bir miktar boşluk bırakıldığı, bu boşluğun ise TBDY-2018[20]'de önerilen alt limit kadar derz mesafelerine yakın olduğu kabul edilmiştir. Bu çalışmada, modellenen yapılar arasında bırakılan derz mesafeleri belirlenirken "6 m yüksekliğe kadar en az 3cm, 6 m'den sonraki her 3

m'lik yükseklik için en az 1 cm eklenmesi gereklidir” kriteri dikkate alınmıştır. Buna göre 10-9 katlı bitişik nizam yapılar arasındaki derz mesafesi 11 cm, 10-6 katlı bitişik nizam yapılar arasındaki derz mesafesi 8 cm olarak hesaplanmıştır.

Derz mesafesi hesabı yapılırken. 10-9 katlı bitişik nizam yapıların arasındaki derz mesafesinin hesabı için, yapıların en fazla deplasman yapacağı ve çarpışacağı nokta olan 9. Kat yüksekliği 28.8m olarak ölçülmüş ve hesaba katılmıştır. Eğer bu hesapta, 9 yerine 10 katlı binanın yüksekliği baz alınırsa aradaki mesafe bir miktar daha artacaktır.

- $28,8m-6m=22,8m$ (6 m yüksekliğe kadar en az 3cm)
- $22,8/3=7,6cm$ (6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 1 cm) olup,
- $3+7,6=10,6cm$ hesaplanmıştır. Buna göre min. 11 cm derz bırakılmalıdır.

10-6 katlı bitişik nizam yapıların arasındaki derz mesafesinin hesabı için, yapıların en fazla deplasman yapacağı ve çarpışacağı nokta olan 6. Kat yüksekliği 19,2m olarak ölçülmüş ve hesaba katılmıştır. Eğer bu hesapta, 6 yerine 10 katlı binanın yüksekliği baz alınırsa aradaki mesafe bir miktar daha artacaktır.

- $19,2m-6m=13,2m$ (6 m yüksekliğe kadar en az 3cm)
- $13,2/3=4,4cm$ (6 m'den sonraki her 3 m'lik yükseklik için en az 1 cm) olup,
- $3+4,4=7,4cm$ hesaplanmıştır. Buna göre min. 8 cm derz bırakılmalıdır

4. YER HAREKETİ KAYITLARI

Tez çalışmasının bu bölümünde analizlerde kullanılan yer hareketi kayıtları belirtilmiştir. PEER[24] veri tabanından deprem kayıtları indirilmiştir. PEER[24] veri tabanından yapılan deprem seçiminde faya olan mesafe 38km-160km aralığında seçilmiştir. Zemin grubu ZC, Vs30 değeri 360-760 m/s olup, hız darbesi içermeyen kayıtlar kullanılarak seçimler yapılmıştır. TBDY-2018[20] 'e göre zaman tanım alanında analizlerde kullanılacak yer hareketi kayıt sayısının en az 11 adet olması gerektiği belirtilmiştir. Gümüş ve Durucan'ın [21] çerçeveleri tasarlamak için kullandığı tasarım spektrumu ile uyumlu 11 adet deprem ivme kaydı görsel inceleme sonucu seçilmiştir. Seçilen deprem kayıtlarına ait genel bilgiler Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Yer Hareketi Kayıtları

	<u>KAYIT NO</u>	<u>DEPREMİN ADI</u>	<u>KAYIT İSTASYONU</u>	<u>FAYA UZAKLIK (KM)</u>	<u>Vs30</u>	<u>BİLEŞEN</u>
1	15	Kern County(1952)	Taft Lincoln School	38,42	385,43	H1
2	484	Pelekanada, Greece(1984)	Pelekanada	154,56	527,96	H1
3	731	Loma Prieta(1989)	APEEL 10 - Skyline	41,71	391,91	H1
4	735	Loma Prieta(1989)	APEEL 7 - Pulgas	41,68	415,27	H1
5	736	Loma Prieta(1989)	APEEL 9 - Crystal Springs Res	40,85	449,64	H1
6	748	Loma Prieta(1989)	Belmont - Envirotech	43,94	627,59	H1
7	762	Loma Prieta(1989)	Fremont - Mission San Jose	39,32	367,57	H1
8	771	Loma Prieta(1989)	Golden Gate Bridge	79,71	584,17	H1
9	785	Loma Prieta(1989)	Olema - Point Reyes Station	117,02	418,07	H1
10	792	Loma Prieta(1989)	SF - 1295 Shafter	68,05	362,4	H1
11	793	Loma Prieta(1989)	SF - Cliff House	78,58	614,57	H1

Gözlemsel olarak tasarım ivme spektrumuna yakın olan deprem ivme kayıtları seçilmiştir. Ardından, ölçek faktörleri hesaplanırken; zaman tanım alanında doğrusal analizler yapılmıştır. Yapının tüm deprem ivme kaydı için en büyük taban kesme kuvveti değerleri SAP2000 programından hesaplanarak alınmıştır. Yapılarda elastik ötesi davranışın oluşmasını sağlamak ve yapıya uygulanacak her bir deprem ivme kaydının yapı üzerinde benzer deprem talebi oluşturmasını sağlamak amacıyla R katsayısı 2 seçilmiştir. Seçilen deprem ivme kayıtlarından bulunan taban kesme kuvvetleri ile statik itme (pushover) analizlerinden elde edilen akma kapasitesi arasında bir oran hesaplanarak analizlerde kullanılacak ölçek faktörleri bulunmuştur. Ölçeklendirmede kullanılan R katsayısı yanal dayanım katsayı oranıdır. Bu değer lineer zaman tanım alanında analizden bulunan, binaya etki eden en büyük taban kesme kuvvetinin binanın akma kapasitesine bölünmesi ile bulunmuştur. Hesaplanmış olan bu değer 2 veya daha küçük olduğu

durumda ilgili yapının mukavemetli bir yapı olduğu söylenebilir[21],[25],26]. Elde edilen ölçek faktörleri her bir deprem ivme kaydı için Tablo 4.2 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.2. Çalışma kapsamında kullanılan deprem kayıtlarına ait ölçek faktörleri

ÖLÇEK FAKTÖRÜ			
10 KATLI BİNA (R=2) (F:590KN)			
DEPREM NO	LİNEER TABAN KESME KUVVETİ (KN)	ÖLÇEK FAKTÖRÜ	
1	15	475,00	2,50
2	484	692,00	1,70
3	731	926,00	1,30
4	735	772,00	1,60
5	736	985,00	1,20
6	748	987,00	1,20
7	762	693,00	1,70
8	771	1326,00	0,90
9	785	532,00	2,30
10	792	738,00	1,60
11	793	495,00	2,40

5. YAPI ANALİZİ

Tez çalışmasının bu bölümünde analiz adımları detaylandırılmıştır.

Modeli kurulan 6, 9 ve 10 kat sayısına sahip iki boyutlu betonarme çerçevelerin mod analizleri yapılarak titreşim periyotları belirlenmiştir. Modellenen yapıların titreşim periyotlarına uygun şekilde ölçeklendirilmek üzere deprem kayıtları seçilmiştir. Seçilen deprem kayıtları çeşitli şiddetteki öncü depremleri temsil etmek üzere ölçeklendirilmiştir.

Doğrusal olmayan analizlere kuvvet kontrollü doğrusal olmayan düşey yük analizleri yapılarak başlanmıştır. Önceki adımda yapılan düşey yük analizlerini takip eden doğrusal olmayan zaman tanım alanında analizler yapılmıştır. Bu analizler yapılırken öncü depremleri temsil etmesi için ölçeklendirilmiş olan yer hareketi kayıtları kullanılmıştır. Öncü depremler seçilirken tasarım depremi 0,4 ve 0,8 oranlarıyla azaltılıp uygulanmıştır. Daha sonra bu öncü depremler başlangıç şartı kabul edilip zaman tanım alanında analizler yapıp üç farklı durum için;

1. Durum: 0,4xtasarım depremi + tasarım depremi,
2. Durum: 0,8xtasarım depremi + tasarım depremi ve
3. Durum: Tasarım depremi (öncü depremsiz)

aralarında TBDY-2018[20]' in önerdiği minimum boşluk oranı (detaylı hesap gerektirmeyen) kadar boşluk bırakılan yapıların çekiçlemeye maruz kalıp kalmadığı tespit edilmiştir.

Öncü depremlerin ölçeklendirilmesinde kullanılan 0.4 ve 0.8 değerleri ise yapıya hasar vermesi beklenmeyen ve yapıya az hasar vermesi beklenen depremleri benzeştirmek için seçilmiştir. Yapıya gelecek ana depremlerin $R=2$ alınarak seçildiği belirtilmiştir. Bu durumda ana depremin 0.4'le çarpılması durumunda R değeri $2 \times 0.4 = 0.8$ olarak ortaya çıkacaktır. R değerinin birden küçük olması ise büyük ihtimalle yapının deprem yüklemesi altında hasar görmeyeceğini gösterir. Bu sebeple 0.4 ölçek faktörüyle çarpılmış depremler yapıya hasar vermesi beklenmeyen düşük şiddetli yer sarsıntılarını temsil etmekte kullanılmıştır. Benzer şekilde ölçek faktörünün 0.8 olarak alınması ise; R değerinin 1.6 olmasını sağlamış ve R değerinin 1'in üzerine çıkması fakat 2'nin altında kalması ile yapıda düşük seviyede hasar oluşmasını sağlamıştır.

6. ANALİZ SONUÇLARI

Bu bölümde, yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Analiz sonuçları; (i) deprem süresince meydana gelen çatı katı deplasmanları ve (ii) katlardaki çarpışma durumlarını gösteren tablolar kullanılarak sunulmuştur. Tablo 6.1-6.2'de 6-10 katlı ve 10-9 katlı yapılar arasındaki çarpışma durumu, deprem yüklemesi ve kat seviyesine bağlı olarak, sırasıyla sunulmuştur. Şekil 6.4-6.7 arasında; 6-10, 9-10, 10-6, 10-9 modellerinin deprem analizleri sonucunda, isimlendirmede ilk olarak verilen yapının çatı katında meydana gelen deplasmanlar 3 farklı deprem yüklemesi durumu için sırasıyla verilmiştir. Örneğin 6-10 durumunda, 6 ve 10 katlı yapıların birlikte analizinden elde edilen sonuçlar, 6 katlı yapının çatı deplasmanlarının zamanla değişimi olarak verilmiştir. Benzer şekilde 10-6 durumunda ise 6 ve 10 katlı yapıların birlikte analizinden elde edilen sonuçlar 10 katlı yapının çatı deplasmanlarının zamanla değişimi olarak verilmiştir.

Tablo 6.1. 6 ve 10 katlı yapılar arasındaki çarpışma durumunun katlara göre değişimi

10-6 KAT ÇARPIŞMA DURUMU			
DEPREM NO	0 (ÖNCÜ DEPREMSİZ)	0,4+0	0,8+0
15	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
484	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
731	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
735	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4,3)
736	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4,3)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4,3)
748	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6)
762	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)
771	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4,3)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4,3)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)
785	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
792	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5)	ÇARPIŞMA VAR (KAT;6,5,4)
793	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK

Tablo 6.1 incelendiğinde herhangi bir öncü deprem olmayan durumda 11 deprem yüklemesinden 5 tanesinde yapılar arasında çekiçleme olduğu görülmektedir. Bu durum, yapılar arasında yönetmelik tarafından önerilen minimum boşluk bırakılmasının bu çalışma için seçilen ve ölçeklendirilen depremler etkisi altında çekiçlemeyi önlemek için yeterli olmadığını, yapılar arasında bırakılacak boşluk miktarının yönetmelikte belirtilen şekilde yapı analizi yoluyla elde edilmesi gerektiğini göstermiştir. Yine aynı tablodan görülen bir başka sonuç ise deprem yüklemesi altında çekiçlemenin genelde 3., 4., 5. ve 6. Katlarda meydana geldiğidir. Öncü deprem olmayan durumda toplam 15 adet (3+3+3+4+2) çarpışma durumunun meydana geldiği tespit edilmiştir. Yapıya hasar vermesi beklenmeyen düşük şiddetli bir öncü depremin varlığında (0.4+0 durumu) ise toplam 17 adet çarpışma durumunun meydana geldiği, yapıya az miktarda hasar vermesi beklenen orta şiddette bir öncü depremin varlığında (0.8+0 durumu) ise toplam 18 adet çarpışma durumunun meydana geldiği görülmüştür. 748 numaralı deprem yüklemesi altında, yapılar arasında

bırakılan minimum boşluğun öncü deprem olmaması durumunda çekişmeyi engellemek için yeterli olduğu, ancak öncü depremlerin varlığında 6. Kat seviyesinde çekişme meydana geldiğini gösteriyor. Bu durum ise, öncü depremlerin çekişme davranışı üzerinde olumsuz etkileri olabileceğini ortaya çıkarıyor.

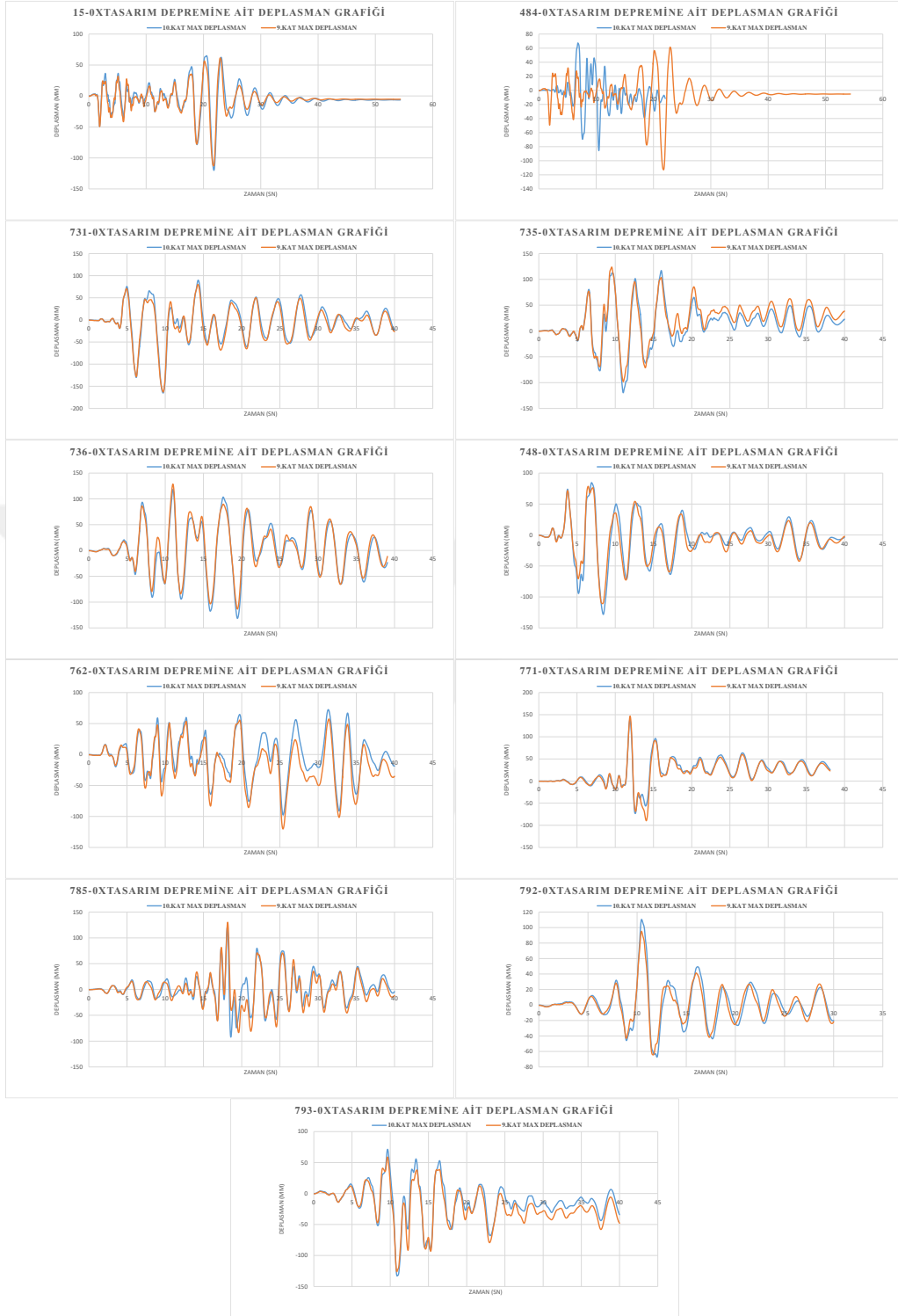
Tablo 6.2 incelenecek olursa 9 ve 10 katlı yapılar arasında herhangi bir deprem yüklemesi altında çekişme meydana gelmediği görülmüştür.

Tablo 6.2. 10 ve 9 katlı yapılar arasındaki çarpışma durumunun katlara göre değişimi

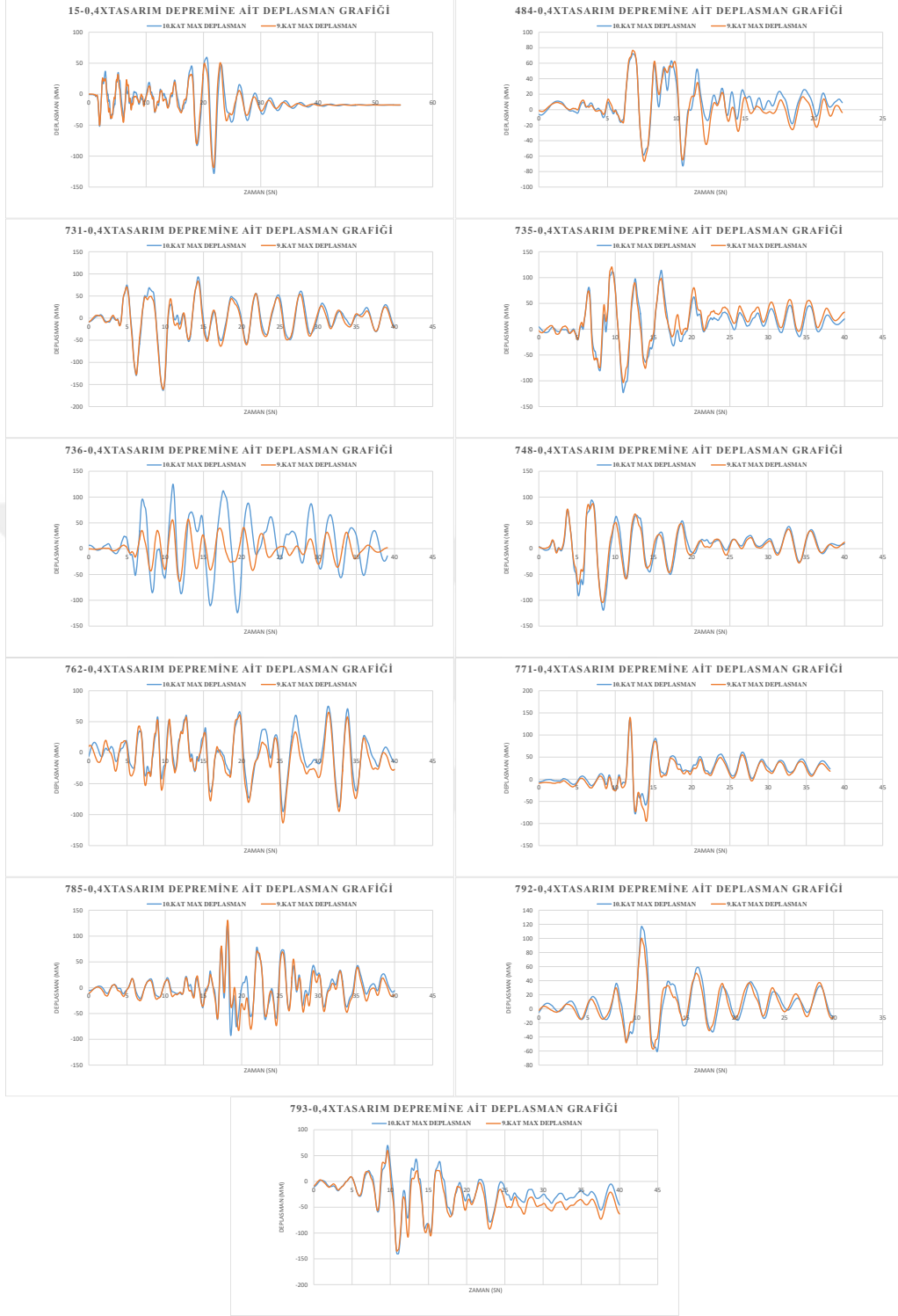
10-9 KAT ÇARPIŞMA DURUMU			
DEPREM NO	0 (ÖNCÜ DEPREMSİZ)	0,4+0	0,8+0
15	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
484	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
731	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
735	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
736	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
748	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
762	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
771	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
785	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
792	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK
793	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK	ÇARPIŞMA YOK

Tablo 6.2 görülen bu durumun ise temel titreşim periyotları birbirine oldukça yakın olan 9 katlı (temel titreşim periyodu yaklaşık 1.6 saniye) ve 10 katlı (temel titreşim periyodu yaklaşık 1.8 saniye) yapıların deprem yüklemesi altında ciddi bir faz farkı olmaksızın benzer salınımları yapmasından kaynaklı görünmektedir (Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3). Dokuz ve on katlı yapıların deprem yüklemeleri altındaki en büyük deplasmanlarının (Şekil 6.1, Şekil 6.2 ve Şekil 6.3) iki yapı arasında bırakılan 11cm derz mesafesinden büyük olduğu, ancak bu deplasmanların çoğunlukla önemli bir faz farkı olmadan meydana gelmesi sebebiyle çekişme davranışının meydana gelmediği görülmüştür. Deplasmanların birbirinden farklı olduğu nadir durumlarda ise, anlık olarak oluşan farklı deplasmanların çekişme ortaya çıkaracak seviyede olmadığı görülmektedir.

Bu olası durumu genellemek doğru değildir, ancak kat yükseklikleri benzer yapıların, deprem anında benzer deplasmanlar yapma ihtimali olması sebebiyle, çekişme durumunda daha az etkilenme olasılıkları olduğu söylenebilir.



Şekil 6.1. 9 ve 10 katlı yapıların çatı katı deplasmanlarının ana deprem yüklemeleri (0 yüklemesi) altında değişimi



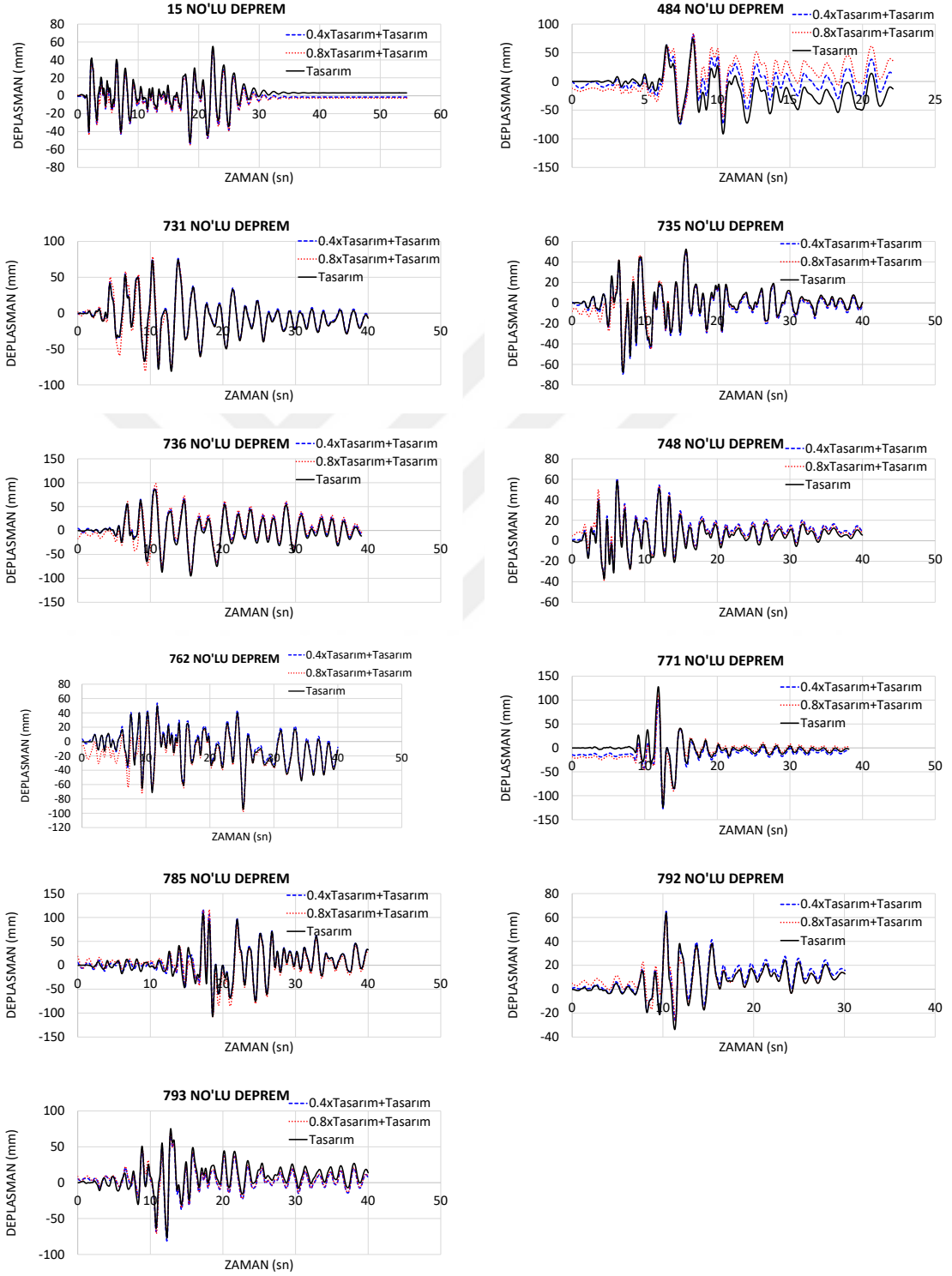
Şekil 6.2. 9 ve 10 katlı yapıların çatı katı deplasmanlarının düşük şiddetli öncü ve ana deprem yüklemeleri (0,4+0 deprem yüklemesi) altında değişimi



Şekil 6.3. 9 ve 10 katlı yapıların çatı katı deplasmanlarının orta şiddetli öncü ve ana deprem yüklemeleri (0.8+0 deprem yüklemesi) altında değişimi

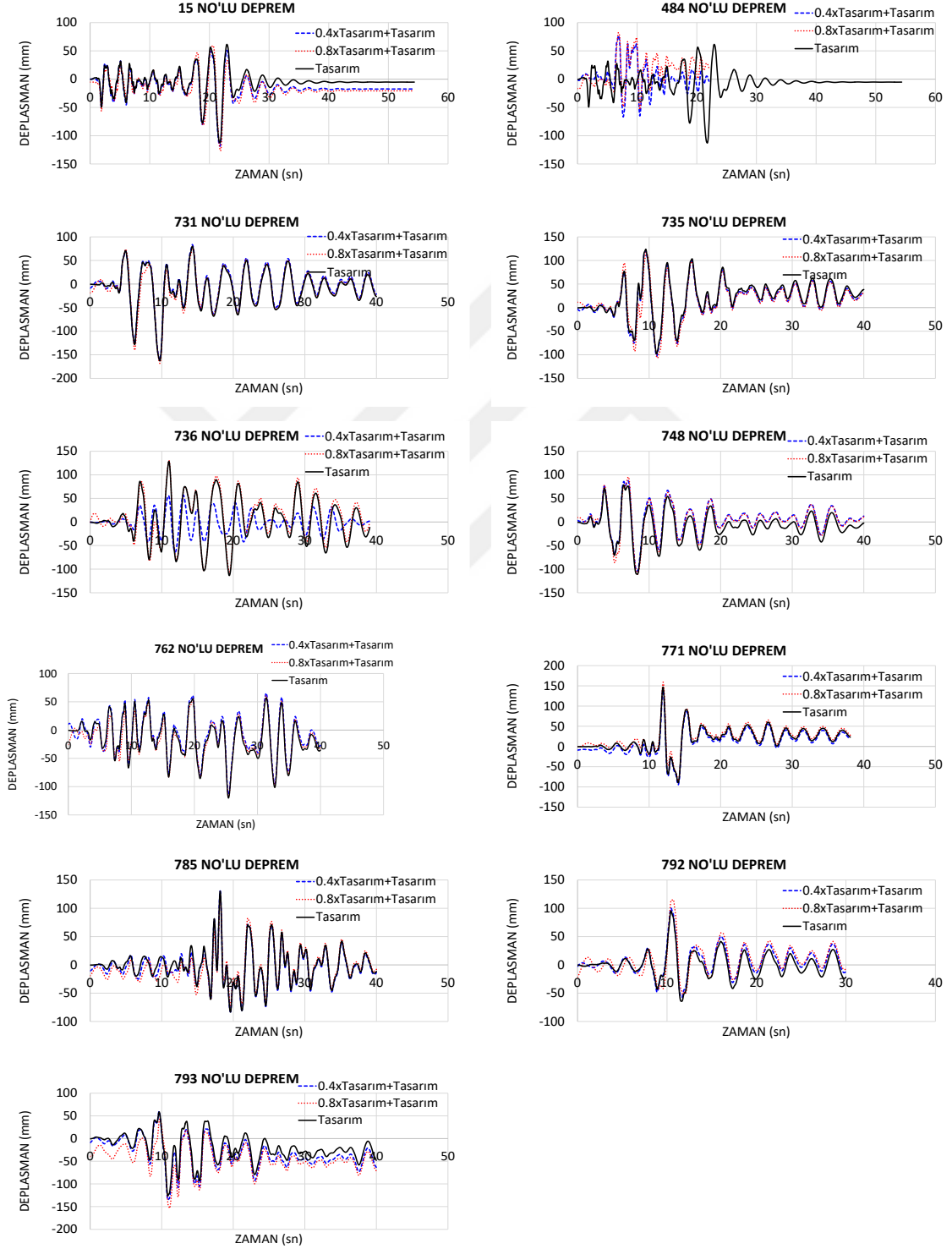
Şekil 6.4’de, 6 katlı yapı ile 10 katlı yapının arasında yönetmelikte öngörülen minimum mesafe olması durumunda 6 katlı yapının deprem yükleri altındaki çatı deplasmanının zamana bağlı

değişimi verilmiştir. Şekil 6.4 incelendiğinde, 484 no'lu deprem kaydı altındaki yüklenme durumu haricinde, 6 katlı yapının 10 katlı yapı ile birlikte analizinden elde edilen sonuçların görece düşük şiddetli yer hareketlerinin varlığından çok etkilenmediği söylenebilir.



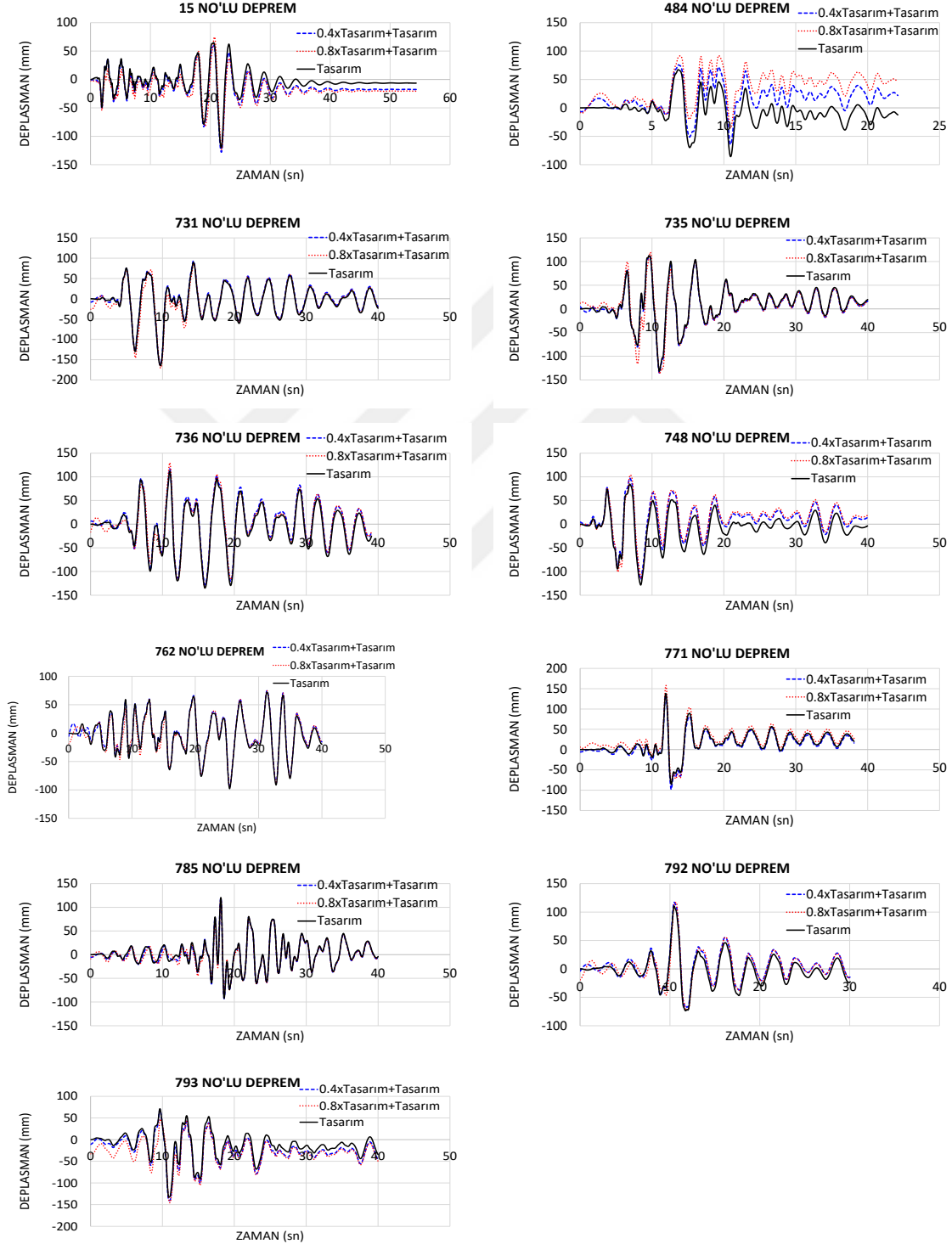
Şekil 6.4. 6 katlı yapının (6-10 kat çarpışma durumunda) çatı deplasmanının zamanla değişimi

Şekil 6.5'te, 9 katlı yapı ile 10 katlı yapının arasında yönetmelikte öngörülen minimum mesafe olması durumunda 9 katlı yapının deprem yükleri altındaki çatı deplasmanının zaman bağlı değişimi verilmiştir. Şekil incelendiğinde, 484, 736 ve 793 no'lu deprem kayıtları altındaki yükleme durumlarında, sonuçların görece düşük şiddetli yer hareketlerinin varlığından etkilendiği, diğer yükleme durumlarında deplasman tarihçesinde ciddi bir değişim gözlenmediği söylenebilir.



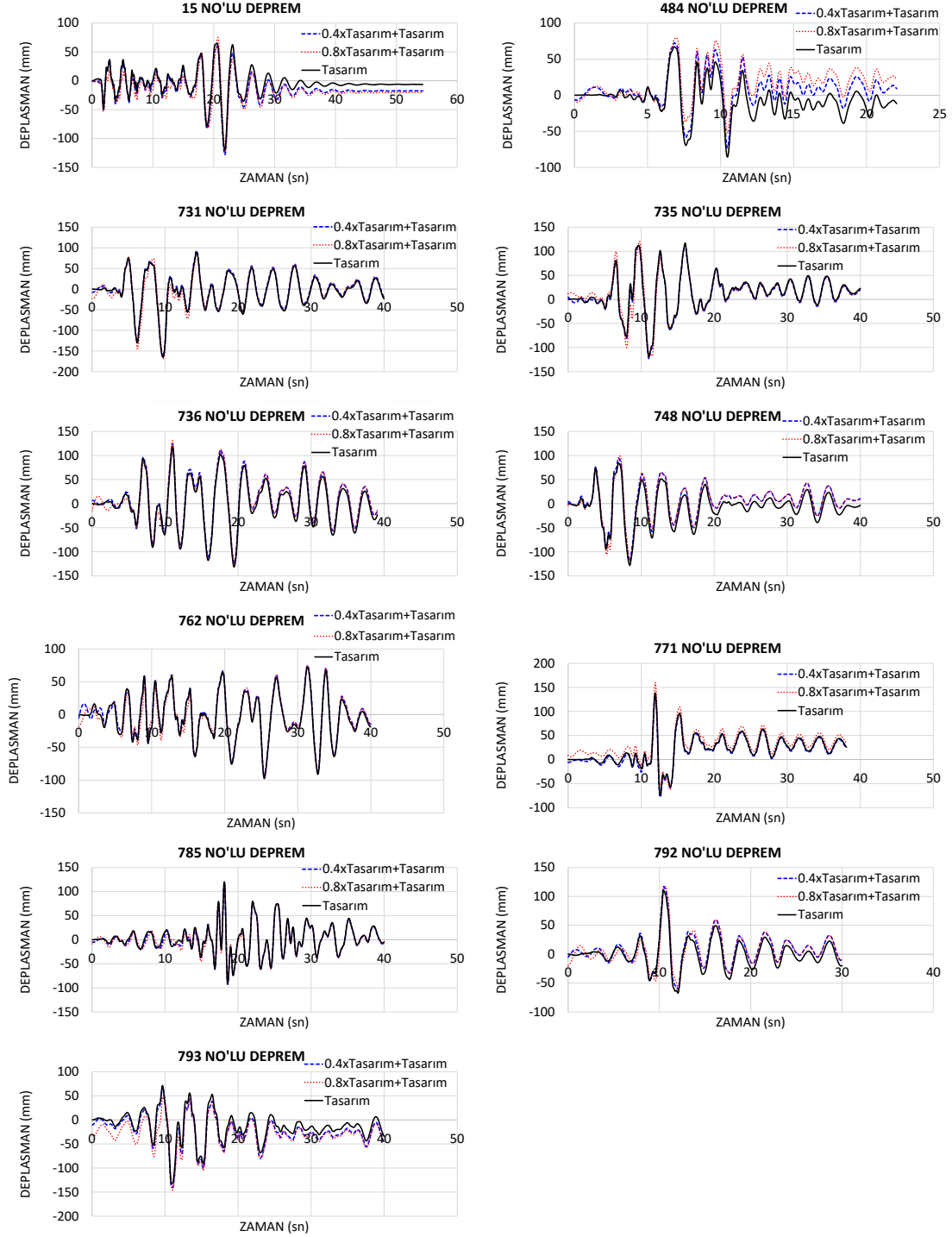
Şekil 6.5. 9 katlı yapının (9-10 çarpışma durumunda) çatı deplasmanının zamanla değişimi

Şekil 6.6'da, 6 katlı yapı ile 10 katlı yapının arasında yönetmelikte öngörülen minimum mesafe olması durumunda 10 katlı yapının deprem yükleri altındaki çatı deplasmanının tarihçesi verilmiştir. Şekil incelendiğinde 15, 484, 735 ve 748 ve 793 no'lu yükleme durumlarında, deplasman taleplerinin düşük şiddetli yer hareketlerinin varlığından etkilendiği, diğer yükleme durumlarında deplasman tarihçesinde ciddi bir değişim gözlenmediği söylenebilir.



Şekil 6.6. 10 katlı yapının (10-6 çarpışma durumunda) çatı deplasmanın zamanla değişimi

Şekil 6.7’de, 9 katlı yapı ile 10 katlı yapının arasında yönetmelikte öngörülen minimum mesafe olması durumunda 10 katlı yapının deprem yükleri altındaki çatı deplasmanının tarihçesi verilmiştir. Şekil incelendiğinde 15, 484 ve 748 no’lu yükleme durumlarında, deplasman taleplerinin düşük şiddetli yer hareketlerinin varlığından etkilendiği, diğer yükleme durumlarında deplasman tarihçesinde ciddi bir değişim gözlenmediği söylenebilir.



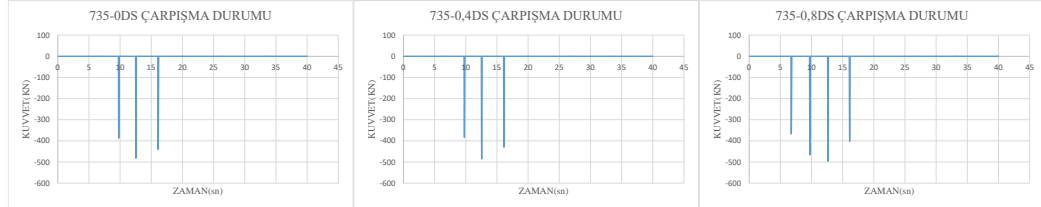
Şekil 6.7. 10 katlı yapının (9-10 çarpışma durumunda) çatı deplasmanın zamanla değişimi

SAP2000[23] analiz programında modellenen 10-6 katlı yapılar arasına yerleştirilen gap elemanlarda(6. Kattaki) oluşan kuvvet grafikleri, çarpışma gerçekleşen durumlar için Şekil 6.8, Şekil 6.9, Şekil 6.10, Şekil 6.11, Şekil 6.12 ve Şekil 6.13' de üç farklı yükleme durumuna göre;

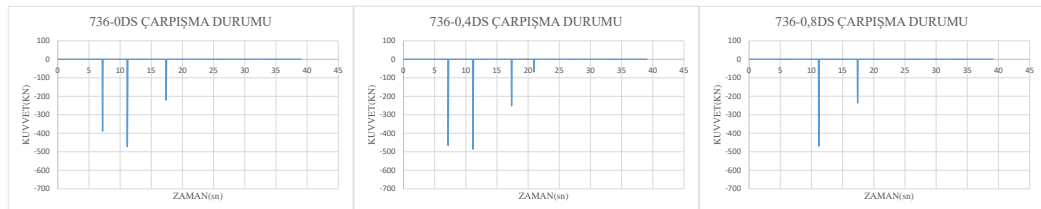
1. Durum: 0,4xtasarım depremi + tasarım depremi,
2. Durum:0,8xtasarım depremi + tasarım depremi ve
3. Durum: tasarım depremi (öncü depremsiz)

gösterilmiştir.

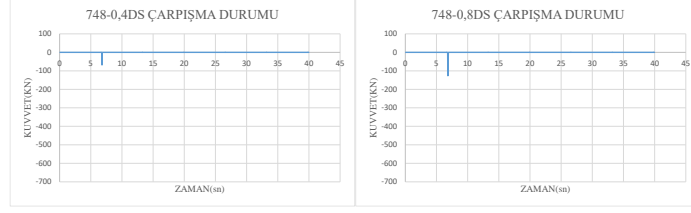
Şekiller 6.8-6.13, incelendiğinde 735 numaralı yer hareketine ait grafiklerde, 0.8 faktörlü öncü depreme ardından ana depreme maruz kalan yapıda çekiçleme sayısının deprem süresince daha fazla olduğu görülmektedir. 736 numaralı yer hareketine ait grafiklerde ise 0.4 faktörlü öncü depreme ardından ana depreme maruz kalan yapıda öncü depremsiz duruma göre çekiçleme sayısında bir artış, 0.8 faktörlü öncü depreme ardından ana depreme maruz kalan yapıda öncü depremsiz duruma göre çekiçleme sayısında bir azalma görülmektedir. 748 numaralı yer hareketine ait grafiklerde ise, ana depremde çarpışma olmamışken, öncü depremden sonra gelen ana depremleri içeren durumda çekiçleme meydana geldiği, ayrıca artan öncü deprem şiddetinin çekiçleme oluşan an sayısını arttırmadığı ancak oluşan çekiçleme kuvvetini arttırdığı görülmüştür. 762 numaralı yer hareketine ait grafiklerde 0.4 faktörlü öncü deprem içeren durumun çekiçleme üzerinde bir etkisi olmadığı ancak 0.8 faktörlü öncü deprem içeren durumun, çekiçleme etkisiyle ortaya çıkan kuvvet miktarını arttırdığı görülmüştür. 771 ve 792 numaralı yükleme durumları içinde yukarıda verilenlere benzer sonuçlar elde edilmiştir.



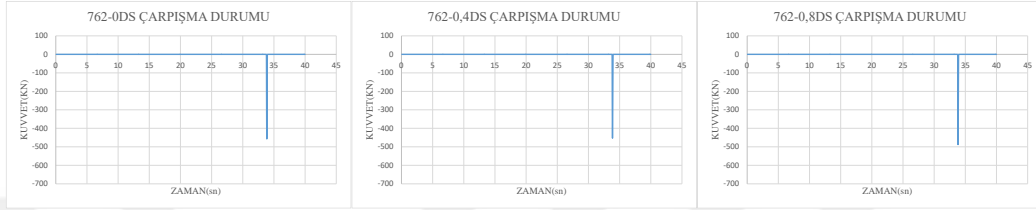
Şekil 6.8. 6-10 katlı yapı çifti için 735 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi



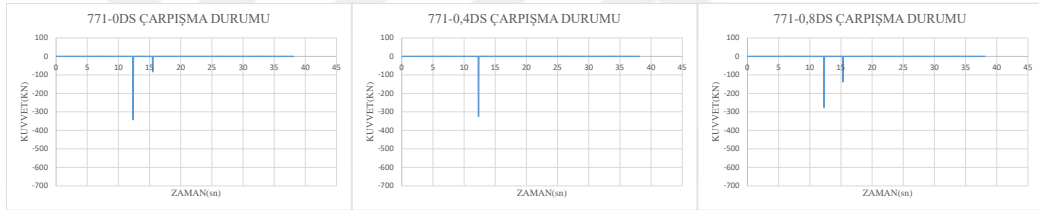
Şekil 6.9. 6-10 katlı yapı çifti için 736 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi



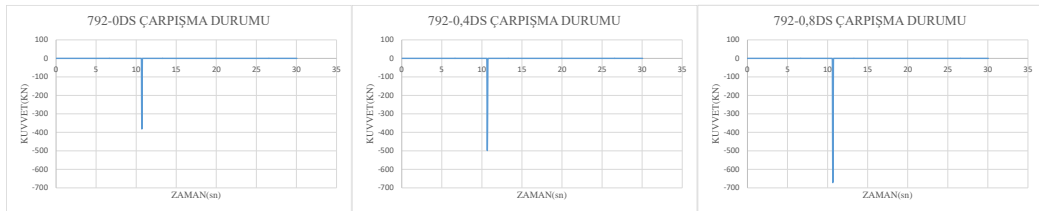
Şekil 6.10. 6-10 katlı yapı çifti için 748 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi



Şekil 6.11. 6-10 katlı yapı çifti için 762 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi



Şekil 6.12. 6-10 katlı yapı çifti için 771 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi



Şekil 6.13. 6-10 katlı yapı çifti için 792 numaralı yer hareketi kaydı etkisinde oluşan çekiçleme kuvvetlerinin zamana göre değişimi

7. ÖZET VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında temel titreşim periyotları birbirine yakın (9-10 katlı) ve birbirinden uzak (6-10) olan iki adet betonarme çerçeveden oluşan yapı çiftinin deprem davranışları incelenmiştir. Bunun için yapı çiftlerini oluşturan yapılar arasında TBDY-2018[20] tarafından önerilen minimum derz boşluğu (6 metre yapı yüksekliğine kadar 3cm, daha sonra her 3m için 1 cm eklenerek elde edilen minimum boşluk miktarı) kadar boşluk bırakılmıştır. TBDY-2018[20]'e göre yapılan hesapla elde edilen derz miktarı bu boşluk miktarından daha az olamaz. Burada belirtilmesi gereken bir nokta ise hesaplarda yan yana olan iki yapıdan az katlı olanının yüksekliğinin dikkate alınmış olmasıdır. Derz mesafesi hesabında çok katlı yapının yüksekliği dikkate alınırsa aradaki derz mesafesi bir miktar daha artacaktır.

Daha sonra yapı çiftlerine üç farklı deprem yükü uygulanmıştır:

- Birinci yükleme, (6-10) ve (9-10) katlı yapıya gelmesi beklenen ana deprem.
- İkinci yükleme, (6-10) ve (9-10) katlı yapıya gelmesi beklenen ana depremin %40'ı şiddetinde bir öncü deprem (görünür hasar vermesi beklenmeyen deprem yükü), arkasından (6-10) ve (9-10) katlı yapıya gelmesi beklenen ana deprem.
- Üçüncü yükleme, (6-10) ve (9-10) katlı yapıya gelmesi beklenen ana depremin %80'i şiddetinde bir öncü deprem (hafif seviyede hasar vermesi beklenen deprem yükü), arkasından (6-10) ve (9-10) katlı yapıya gelmesi beklenen ana deprem.

Yapı davranışını incelemek için gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde deprem yüklemesi olarak yakın saha fay etkileri içermeyen 11 adet yer hareketi kaydı kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçları, öncü depremlerin yapıların olası çekiçleme davranışlarını nasıl etkileyebileceğini içerecek şekilde sunulmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Aralarında TBDY-2018[20]'de önerilen minimum boşluk miktarı (6 metre yapı yüksekliğine kadar 3cm, daha sonra her 3m için 1 cm eklenerek elde edilen minimum boşluk miktarı, kadar boşluk bırakılan yapılar çekiçleme açısından her zaman güvenli olmayabilir. TBDY-2018[20]'de yapılar arasına bırakılacak derz miktarının belirlenmesi çekiçleme açısından her zaman güvenli olmayabilir.
- Düşük seviyeli de olsalar öncü depremler, öncü depremsiz durumda çekiçlemeye maruz kalmayan yapıların çekiçlemeye maruz kalmasına veya mevcut çekiçleme durumunun artmasına sebep olabilir.
- Öncü depremin şiddeti arttıkça yapıda beklenen çekiçleme davranışı yoğunlaşmaktadır.

- Benzer temel titreşim periyoduna sahip yapılar yakın nizam inşa edilmiş olsalar bile deprem yükleri altında, ciddi bir faz farkı olmadan, benzer salınımları yapacakları için çekiçlemeye maruz kalmayabilirler.

Bu çalışma kapsamında yapılan analizler; (i) betonarme çerçeve modelleri kullanılarak, (ii)sınırlı özellikteki depremleri temsil eden 11 adet deprem kaydı etkisi altında, (iii) ikinci mertebe etkileri dikkate alınmadan gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar analizi yapılan modeller için yapılan kabuller (malzeme, davranış, derz mesafesi vs.) çerçevesinde geçerlidir. Bu bilgiler ışığında, farklı özellikteki deprem yüklemelerine maruz kalan, çeşitli yapısal düzensizliklere ve dinamik özelliklere sahip, birbirinden farklı olası plastik mekanizmalar barındıran (yumuşak kat, zayıf kat, kısa kolon, ağır çıkma, zayıf kolon- kuvvetli giriş vb.) yapı modelleri kullanılarak, ikinci mertebe etkilerini de dikkate alarak çeşitli parametrik analizler içeren çalışmalar yapılması konuyu daha ileri götürecektir. Gözle görülür hasar vermeyen veya düşük seviyede hasara yol açan öncü depremlerin yapıların çekiçleme davranışı üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, bu tezdenden farklı olarak, TBDY-2018[20]'in belirlediği minimum derz boşluğu değil de, yine TBDY-2018[20]'de verilen, hesaba dayalı gerçek derz boşluğu miktarının yapıları çekiçleme etkisinden ne ölçüde koruduğu da parametrik şekilde, gelecekte çalışılabilecek konular arasındadır.

KAYNAKLAR

- [1] Rosenblueth, E. And Meli, R. (1986) The 1985 Earthquake: Causes And Effects İn Mexico City. Concrete International, 8, 23-24.
- [2] Altınel, O. (2015). *Mevcut Sıralı Binalarda Çekiçlemenin Sismik Performans Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- [3] Çetin, K. Ve Demir, A.(2021) Investigation Of Pounding Effect In Mid-Rise Adjacent Structures, *ADYU Mühendislik Bilimleri Dergisi* 15, 283-293
- [4] Özkaynak H, Güler S.(2018) Reduction Of Seismic Collision Effect İn Reinforced Concrete Structure. *In: 1st International Congress On Engineering And Architecture*, Alanya, Turkey
- [5] Kazemi, F., Miari, M. & Jankowski, R. Investigating The Effects Of Structural Pounding On The Seismic Performance Of Adjacent RC And Steel Mrfs. *Bull Earthquake Eng* 19, 317–343 (2021).
- [6] [6] M. Khatami, M. Gerami, A. Kheyroddin, And N. Siahpolo, "The Effect Of The Mainshock–Aftershock On The Estimation Of The Separation Gap Of Regular And İrregular Adjacent Structures With The Soft Story," *Journal Of Earthquake And Tsunami*, DOI: <https://doi.org/10.1142/S>, 2019.
- [7] Efraimiadou S, Hatzigeorgiou GD, Beskos DE (2013) Structural Pounding Between Adjacent Buildings Subjected To Strong Ground Motions. Part II: The Effect Of Multiple Earthquakes. *Earthq Eng Struct Dyn* 42:1529–1545
- [8] Durucan, A.R. (2017). Çarpışma Önlemenin Çok Serbestlik Dereceli Yapı Sistemlerinin Kalıntı Deplasman Oranları Üzerindeki Etkisinin Deprem Ve Yapı Karakteristiklerine Bağlı Olarak İncelenmesi, *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 2017
- [9] Ruangrassamee A, Kawashima K (2001) Relative Displacement Response Spectra With Pounding Effect. *Earthq Eng Struct Dyn* 30:1511–1538
- [10] Jankowski R (2006) Pounding Force Response Spectrum Under Earthquake Excitation. *Eng Struct* 28:1149–1161
- [11] Kun C, Chouw N (2019) Estimation Of Response Of Skewed Bridges Considering Pounding And Supporting Soil. *Eng Struct* 184:469–479
- [12] Shinozuka M, Feng MQ, Kim J-M, Nagashima F, Kim H (2000) Mitigation Of Seismic Pounding Effect On Bridges Using Dynamic Restrainers. In: *Smart Structures And Materials 2000: Damping And Isolation*, Pp 377–388. <https://doi.org/10.1117/12.384579>
- [13] Kawashima K, Shoji G (2000) Effect Of Restrainers To Mitigate Pounding Between Adjacent Decks Subjected To A Strong Ground Motion. In: *12th World Conference On Earthquake Engineering*
- [14] Changhai, Z., Shan, J., Shuang, L. & Lili, X. (2015). Dimensional Analysis Of Earthquake-İnduced Pounding Betweenadjacent İnelastic MDOF Buildings, School Of Civil Engineering, Harbin Institute Of Technology, China.
- [15] Çetinkaya, G., Akköse, M. Depreme Maruz Farklı Yükseklikteki İki Komşu Betonarme Binanın Çarpışma Analizi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği Ve Sismoloji Konferansı, Ekim 2011, ODTÜ, ANKARA.
- [16] Yılmaz E.,(2019). Depremlerde Meydana Gelen Tipik Betonarme Yapı Hasarlarına 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğine Göre Alınabilecek Önlemler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesidepremmühendisliği Ve Afet Yönetimi Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [17] Cole, G.L., Dhakal R. P. & Chouw, N. (2012). Building Pounding Damage Observed İn The 2011 Christchurch Earthquake, 15 WCEE, Lisboa.
- [18] RYTEİE, “Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımını Belirlemek İçin Kullanılabilecek Basitleştirilmiş Yöntemler”, 6306 Sayılı Kanunun Uygulama Yönetmeliği, T.C. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2019

- [19] Rajaram, C. & Kumar, R. P. (2012). Study On İmpact Between Adjacent Buildings, Comparison Of Codal Provisions, 15WCEE, Lisbon
- [20] TBDY-2018, “Türkiye”, Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2018.
- [21] Durucan, C.,Gümüş, M. (2018). Direct Use Of Peak Ground Motion Parameters For The Estimation Of İnelastic Displacement Ratio Of SDOF Systems Subjected To Repeated Far Fault Ground Motions. Earthq Eng & Eng Vib., DOI: <https://doi.org/10.1007/S11803-018-0475-4>.
- [22] Demirbaş, N., Durucan, C., Şahin, H.(2019). An Energy-Based Method To Calculate The Vulnerability Scores Of RC Buildings For Rapid Structural Assessment Methods. Structures 41 (2022) 147-158.
- [23] SAP2000 Nonlinear., Structural Analysis Program, Computers And Structures, Inc.
- [24] PEER, Strong Ground Motion Database, [Http://Peer.Berkeley.Edu/Smcat/Search.Html](http://peer.berkeley.edu/smcat/search.html)
- [25] Ruiz-Garcia J.,(2010). On The İnfluence Of Strong-Ground Motion Duration On Residual Displacement Demands, Earthquake And Structures, 4 (2010), 000-000.
- [26] Ruiz-García, J., Domínguez-Solorzano, O. (2021). Collapse Strength Ratios For Weak First-Story Buildings Under Soft Soil İntraslab Earthquakes. *Soil Dynamics And Earthquake Engineering*, 151 (2021) 107004.
- [27] Özdemir, H. ,Durucan, A.R. (2023). Tasarım Depreminden Önce Gelen Düşük Şiddetli Depremlerin Çekişlemenin Önlenmesi İcin Kullanılan Yapılar Arası Derz Mesafeleri Üzerindeki Etkisi . 12. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi. İstanbul – Zoom Online / İnternet Üzerinden / Çevrimiçi. Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları Yayıncı Sertifika No: E-ISBN: 57/2023

ÖZGEÇMİŞ

Hakan ÖZDEMİR

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

AKADEMİK FAALİYETLER

Bildiriler:

- Özdemir, H. ,Durucan, A.R. (2023). Tasarım Depreminden Önce Gelen Düşük Şiddetli Depremlerin Çekişlemenin Önlenmesi İçin Kullanılan Yapılar Arası Derz Mesafeleri Üzerindeki Etkisi . 12. Uluslararası Mühendislik Mimarlık ve Tasarım Kongresi. İstanbul – Zoom Online / İnternet Üzerinden / Çevrimiçi. Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları Yayıncı Sertifika No: E-ISBN: 57/2023