



T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



FARKLI ORAN VE DÜZENDEKİ DOLGU DUVARLARA SAHİP BETONARME
YAPILARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülfem Çisem KÖSE SUNCA

MAYIS 2019
GÜMÜŞHANE

T.C.
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI ORAN VE DÜZENDEKİ DOLGU DUVARLARA SAHİP BETONARME
YAPILARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gülfem Çisem KÖSE SUNCA

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
“İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı”
Yüksek Lisans Programında Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16.05.2019
Tezin Sözlü Savunma Tarihi : 11.06.2019

MAYIS 2019



KABUL ve ONAY



Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR danışmanlığında Gülfem Çisem KÖSE SUNCA tarafından hazırlanan “ FARKLI ORAN VE DÜZENDEKİ DOLGU DUVARLARA SAHİP BETONARME YAPILARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ ” isimli bu çalışma jürimiz tarafından Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans Tezi olarak Oy Birliği ile kabul edilmiştir.


Başkan

: 
Prof. Dr. Ahmet Can ALTUNIŞIK

Üye (Danışman)

: 
Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR

Üye

: 
Doç. Dr. Mustafa ÇULLU

ONAY

Bu tez 03.07.2019 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca kabul edilmiştir.


Prof. Dr. Ferkan SIPAHİ 7.
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü v.

TEZ BEYANNAMESİ

Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlamış olduğum "Farklı Oran ve Düzendeki Dolgu Duvarlara Sahip Betonarme Yapıların Sismik Performanslarının Belirlenmesi" isimli tez çalışmada; bütün bilgi ve belgeleri genel akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel ve yazılı bütün bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak hazırlayıp sunduğumu, başka kaynaklardan yararlandığım bilgileri metin ve kaynaklarda eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksi durumda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.16/05/2019


Gülfem Çisem KÖSE SUNCA

ÖZET
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI ORAN VE DÜZENDEKİ DOLGU DUVARLARA SAHİP
BETONARME YAPILARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ BELİRLENMESİ**

Gülfem Çisem KÖSE SUNCA

Gümüşhane Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR

2019, 116 sayfa

Günümüzde yapıların tasarım ve analizlerinde, yapısal olmayan eleman olarak tanımlanan dolgu duvarların yapı performansına etkileri ihmal edilmektedir. Bununla birlikte, dolgu duvarlar yapılarıdaki rijitlik, süneklik, mod şekli, sönüm ve periyot gibi yapısal karakteristikleri etkileyen özelliklere sahiptir. Dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısının hesaplarda dikkate alınmaması durumu güvenli tarafta kalındığı düşüncesini doğursa da dolgu duvarların kat içerisindeki dağılımı ve oranı; burulma düzensizliği, kısa kolon, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği gibi bazı olumsuzluklara neden olabilmektedir. Bu sebeple, gerçek yapı davranışını elde edebilmek için dolgu duvarlar, yapıların tasarım ve analiz aşamasında göz önüne alınmalıdır.

Bu çalışmada, farklı oran ve düzendeki dolgu duvarların betonarme yapıların sismik

performanslarına olan etkilerini araştırılacaktır. Bu amaçla, öncelikle betonarme bir yapının tasarımı Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018)'de verilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Yapının tasarımında doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Tasarımı yapılan betonarme binada 6 farklı oran ve düzende dolgu duvarlar dikkate alınarak TBDY-2018'de belirtilen koşullara uygun olarak seçilen ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre binaların performans seviyeleri belirlenmiştir. Analizlerde kullanılan 11 adet yer hareketi kaydı, yakın ve uzak fay etkileri, Ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtları, yatay elastik deprem spektrumuyla uyumlu olacak şekilde basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirilmiştir. Yapının sonlu eleman modeli ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri için Structural Analysis Program (SAP2000-2015), kesit analizleri ve moment eğrilik ilişkileri için RESPONSE2000 (RESPONSE2000, 2000) programı kullanılmıştır.

Analizler sonucunda, binada dikkate alınan farklı dolgu duvar oranları ve düzenleri için elde edilen, mod şekilleri, periyot değerleri taban kesme kuvvetleri, görelî kat ötelenmeleri ve yapı performansları seviyeleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Analizler neticesinde, dolgu duvarların periyot değerlerinde ve görelî kat ötelenmelerinde ciddi azalmalara neden olduğu ve binaları deprem performansına önemli katkılar sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeleri: Betonarme binalar, Doğrusal olmayan analiz, Dolgu duvar, Performans değerlendirmesi, TBDY-2018, Zaman tanım alanında analiz.

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINING SEISMIC PERFORMANCES OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH INFILL WALLS FOR DIFFERENT RATIO AND CONFIGURATION

Gülfem Çisem KÖSE SUNCA

Gümüşhane University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Özlem ÇAVDAR

2019, 116 pages

In the design and analysis of the structures in modern-days, the effects of infill walls that are defined as non-structural elements on the building performance are ignored. However, infill walls affect the structural characteristics of the structures such as stiffness, ductility, mode shapes, damping and periods. It is thought because infill walls are not taken into consideration in calculations, it is stayed the safe sides. However, the layout and ratio of the infill walls in the floor may cause some irregularities such as torsional irregularity, short column, weak and soft story irregularity. Therefore, the infill walls should be considered for the actual structural behavior, in the design and analysis of the structures.

In this study, the effects of infill walls with different ratio and layout on the seismic performance of reinforced concrete structures were investigated. For this purpose, a

reinforced concrete structure was designed according to the Turkish Earthquake Code-2018. Equivalent earthquake load method that is one of linear analysis method was used in the design of the structure. In the analysis, 5 different ratios and layouts of infill walls were taken into account. The nonlinear analyses and performance assessments were performed by using time history analysis with ground motion records which were selected according to TEC-2018. 11 ground motions used in the analyses were selected considering some parameters such as near and far fault effects, Turkey's fault mechanism. The selected ground motion records were scaled by using simple scaling method to be compatible with the horizontal elastic design spectrum. The finite element models and nonlinear time history analyses were performed with SAP2000 structural analysis program. RESPONSE2000 program was used for section analysis and moment-curvature relations.

As a result of the analyses, mode shapes, periods, base shear forces, story drift ratios and performance levels, which were obtained for the different infill walls ratio and layouts, were examined, comparatively.

As a result of the analyses, it was observed that the infill walls provided significant reductions in the period values and relative displacement of the buildings. Moreover, it was determined that the infill walls provided significant contributions for earthquake performance of the buildings.

Keywords: Reinforced concrete buildings, Nonlinear analysis, Infill Wall, Performance assessment, TEC-2018, Time history analysis.

TEŞEKKÜR

“Farklı Oran ve Düzendeki Dolgu Duvarlara Sahip Betonarme Yapıların Sismik Performanslarının Belirlenmesi” isimli bu çalışma; Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışmalarım sırasında benimle yakından ilgilenen, engin bilgileri sayesinde hem akademik hem de gündelik yaşamımda her türlü desteği sağlayan, işim nedeniyle uzakta olmama rağmen ilgisini ve dikkatini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Özlem ÇAVDAR’a sonsuz teşekkürlerimi sunmaktan büyük gurur ve mutluluk duyarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen sevgili eşim Arş. Gör. Fezayil SUNCA’ ya, öğrenim hayatımın her aşamasında maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman eksik etmeyen aileme müteşekkir olduğumu belirtir, bu çalışmanın ülkemize faydalı olmasını temenni ederim.

Gülfem Çisem KÖSE SUNCA

Gümüşhane, 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIV
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş	1
1.2. Dolgu Duvar Modelleme Teknikleri	2
1.2.1. Diyagonal (Eşdeğer) Basınç Çubuğu Modeli	2
1.2.2. Çoklu Diyagonal Basınç Çubuğu Modeli.....	5
1.2.3. Sonlu Eleman Yöntemi ile Modelleme.....	6
1.3. Dolgu Duvarların Yapısal Davranışa Olumlu ve Olumsuz Etkileri	7
1.4. Literatür Araştırması.....	9
1.5. Tezin Amacı ve İçeriği	12
1.6. TBDY-2018'e Göre Doğrusal Olmayan Yöntemler ile Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi.....	13
1.6.1. Bina Türü Yapıların Taşıyıcı Sistem Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri	13
1.6.2. Mevcut Binaların Performansının Değerlendirilmesinde ve Yeni Binaların Tasarımında Hedeflenen Deprem Performansı	14
1.6.3. Mevcut Binaların Deprem Hesapları İçin TBDY-2018'deki Kurallar	15
1.6.4. Mevcut Binaların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleriyle Belirlenmesi.....	16
1.6.4.1. Taşıyıcı Sistem Elemanlarında Davranışın İdealleştirilmesi.....	16
1.6.4.1.1. Yığılı Plastik Davranış Modeli	17
1.6.4.1.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli	18
1.6.4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri ile Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi	18

1.6.4.2.1.	İtme Yöntemleri.....	18
1.6.4.2.2.	Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi.....	19
1.6.4.3.	Bina Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Performans Seviyelerinin Belirlenmesi ve Şekildeğiştirme/Plastik Dönme Sınırları.....	20
1.6.4.4.	Mevcut Binaların Performansının Düzeylerinin Tespiti	23
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	26
2.1.	Giriş	26
2.2.	Betonarme Bir Konut Binasının TBDY-2018'e Göre Tasarımı.....	26
2.2.1.	Binanın Genel Özellikleri	26
2.2.2.	Deprem Tasarım Parametreleri.....	28
2.2.3.	Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlarının Belirlenmesi	29
2.2.4.	Deprem Etkisi Altında Tasarım İçin Genel Esaslar.....	31
2.2.5.	Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması.....	33
2.2.6.	Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi	34
2.2.7.	Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi ve Tasarım için İç Kuvvetlerin Elde Edilmesi	36
2.2.8.	Düzensizlikler ve Görelî Kat Ötelenmelerinin Değerlendirilmesi	36
2.2.9.	Betonarme Elemanların Hesap ve Tasarımı	39
2.2.9.1.	Betonarme Kirişlerin Tasarımı	39
2.2.9.2.	Betonarme Kolonların Tasarımı	42
2.2.9.3.	Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü.....	46
2.3.	Betonarme Bir Konut Binasının TBDY-2018'e Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi.....	47
2.3.1.	Yapının Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması ve Analizi	47
2.3.2.	İncelenen Yapı İçin Hedeflenen Performans	50
2.3.2.	Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi	51
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	64
3.1.	Giriş	64
3.2.	İncelenen Yapıya Ait Analiz Sonuçları	64
3.2.1.	Modal Analiz	64
3.2.2.	Görelî Kat Ötelenmeleri	72
3.2.3.	Taban Kesme Kuvvetleri	75

3.2.4.	Binanın Performans Seviyelerinin Belirlenmesi	98
4.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	110
5.	KAYNAKLAR	113
	ÖZGEÇMİŞ.....	117

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1.	Yatay yükler altında dolgu duvar-taşıyıcı sistem elemanları arasındaki etkileşim.....	3
Şekil 1.2.	Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu.....	4
Şekil 1.3.	Açıklık oranı ile rijitlik azaltma oranı arasındaki ilişki.....	4
Şekil 1.4.	Çoklu Diyagonal Basınç Çubuğu Modeli.....	5
Şekil 1.5.	Sonlu Eleman Yöntemi ile dolgu duvar modellenmesi.....	7
Şekil 1.6.	Dolgu duvarlar nedeniyle kolon serbest boyunun azaltılması.....	9
Şekil 1.7.	Hasar bölgeleri ve sınırları.....	14
Şekil 1.8.	Konsol bir kolon için yığılı plastik davranış modeli.....	17
Şekil 1.9.	Bina deprem performansı belirlenirken takip edilen adımlar.....	23
Şekil 2.1.	İncelenen yapının kat planı.....	27
Şekil 2.2.	Uygulama amacıyla tasarımı ve değerlendirmesi yapılacak binanın lokasyonu.....	28
Şekil 2.3.	Deprem düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumu.....	29
Şekil 2.4.	Deprem yükü azaltma katsayısının periyot ile değişimi.....	32
Şekil 2.5.	Binaya ait azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu.....	32
Şekil 2.6.	İncelenen binanın sonlu eleman modeli.....	33
Şekil 2.7.	Taşıyıcı sistem elemanlarına etkin rijitliklerin tanımlanması.....	34
Şekil 2.8.	İncelenen kolona ait etkileşim diyagramı.....	43
Şekil 2.9.	Kolon ve kirişlerin taşıma gücü momentleri.....	46
Şekil 2.10.	Süneklik düzeyi yüksek elemanların birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolü.....	47
Şekil 2.11.	Betonun ve donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi.....	48
Şekil 2.12.	Analizlerde dikkate alınan dolgu duvar oran ve düzenleri.....	50
Şekil 2.13.	1. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	52
Şekil 2.14.	2. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	53
Şekil 2.15.	3. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	54
Şekil 2.16.	4. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	55

Şekil 2.17.	5. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	56
Şekil 2.18.	6. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	57
Şekil 2.19.	7. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	58
Şekil 2.20.	8. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	59
Şekil 2.21.	9. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	60
Şekil 2.22.	10. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	61
Şekil 2.23.	11. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikler.....	62
Şekil 2.24.	Ölçeklendirilen ivme kayıtlarına ait tepki spektrumları.....	63
Şekil 3.1.	Model-1 görelî kat ötelenmesi kontrolü.....	73
Şekil 3.2.	Model-2 görelî kat ötelenmesi kontrolü.....	73
Şekil 3.3.	Model-3 görelî kat ötelenmesi kontrolü.....	73
Şekil 3.4.	Model-4 görelî kat ötelenmesi kontrolü.....	74
Şekil 3.5.	Model-5 görelî kat ötelenmesi kontrolü.....	74
Şekil 3.6.	Model-6 görelî kat ötelenmesi kontrolü.....	74
Şekil 3.7.	Seçilen duvar oran ve düzenleri için görelî kat ötelenmelerinin karşılaştırılması.....	75
Şekil 3.8.	Dolgu duvarların kapasitesine erişinceye kadar taban kesme kuvveti değişimi.....	76
Şekil 3.9.	RSN33 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	77
Şekil 3.10.	RSN221 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	79
Şekil 3.11.	RSN239 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	81
Şekil 3.12.	RSN248 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	83
Şekil 3.13.	RSN250 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	85
Şekil 3.14.	RSN265 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	87
Şekil 3.15.	RSN548 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	89
Şekil 3.16.	RSN1633 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	91
Şekil 3.16.	RSN1633 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	91
Şekil 3.17.	RSN6876 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	93
Şekil 3.18.	RSN6878 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	95
Şekil 3.19.	RSN6915 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi.....	97
Şekil 3.20.	Plastik dönme sınırları hesaplanan kolonlar.....	99
Şekil 3.21.	Kirişler için elde edilen moment-eğrilik ilişkisi.....	101
Şekil 3.22.	Kolonlar için elde edilen moment-eğrilik ilişkileri.....	101

Şekil 3.23. RSN33 depremi için elde edilen plastik mafsallar.....	103
---	-----

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.1.	Bina türü yapılar için bilgi düzeyi katsayıları.....	13
Tablo 1.2.	Bina türü yapılar için esas alınacak performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları.....	14
Tablo 1.3.	Etkin kesit rijitlikleri.....	16
Tablo 2.1.	Seçilen binaya ait proje parametreleri.....	26
Tablo 2.2.	Deprem düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumuna ait katsayılar	29
Tablo 2.3.	Taban kesme kuvveti ve kat kesme kuvvetleri.....	36
Tablo 2.4.	A1-Burulma düzensizliği kontrolü.....	37
Tablo 2.5.	B2 - Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat) kontrolü.....	37
Tablo 2.6.	Görelî kat ötelenmelerinin kontrolü.....	39
Tablo 2.7.	Mevcut binalar için performans hedefleri.....	51
Tablo 2.8.	Seçilen ivme kayıtlarının özellikleri ve ölçek katsayıları.....	63
Tablo 3.1.	Model-1'e ait modal analiz sonuçları.....	66
Tablo 3.2.	Model-2'ye ait modal analiz sonuçları.....	67
Tablo 3.3.	Model-3'ye ait modal analiz sonuçları.....	68
Tablo 3.4.	Model-4'ye ait modal analiz sonuçları.....	69
Tablo 3.5.	Model-5'ye ait modal analiz sonuçları.....	70
Tablo 3.6.	Model-6'ya ait modal analiz sonuçları.....	71
Tablo 3.7.	Kirişler için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri.....	99
Tablo 3.8.	Kolonlar için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri.....	100
Tablo 3.9.	Model-1 kirişlerinin hasar düzeyleri.....	104
Tablo 3.10.	Model-2, Model-3, Model-4 ve Model-5 kirişlerinin hasar düzeyleri.....	104
Tablo 3.11.	Model-1 kolonlarının hasar düzeyleri.....	105
Tablo 3.12.	Model-2 kolonlarının hasar düzeyleri.....	106
Tablo 3.13.	Model-3, Model-4, Model-5 kolonlarının hasar düzeyleri.....	107

SEMBOLLER ve KISALTMALAR DİZİNİ

BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
DBYBHY	: Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik
DGT	: Dayanıma Göre Tasarım
DD-2	: Standart Tasarım Deprem Yer Hareketi
DD-3	: Sık Deprem Yer Hareketi
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
ŞDGT	: Şekildeğiştirmeye Göre Tasarım
TBDY	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
A_c	: Kolon en kesit alanı
A_{ck}	: Çekirdek beton alanı
a_i	: Etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı
A_s	: Donatı alanı
A_{s1}	: Kolon-kiriş düğüm noktasının bir tarafında, kirişin negatif momentini karşılamak için üste konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{s2}	: Kolon-kiriş düğüm noktasının A_{s1} 'e göre öbür tarafında, kirişin pozitif momentini karşılamak için alta konulan çekme donatısının toplam alanı
A_{sh} ve A_{os}	: Sargı donatısı alanı
b_j	: Birleşim bölgesinde kiriş genişliği
b_k	: Dik doğrultuda çekirdek boyutu
b_o ve h_o	: Sargılı beton boyutları
b_w	: Kiriş genişliği
C_t	: Ampirik doğal titreşim periyodu hesabında kullanılan katsayı
d	: Duvar çerçeve temas uzunluğu
D	: Sargı donatısının eksenleri arasındaki uzaklık
D	: Dayanım fazlalığı katsayısı
d	: Faydalı yükseklik
$E_d^{(H)}$: Doğrultu birleştirilmesi uygulanmış tasarıma esas yatay deprem etkisi
$E_d^{(Z)}$: Düşey deprem etkileri
E_{fe}	: Çevresindeki betonun elastisite modülü
E_{me}	: Dolgu duvar elastisite modülü
F_1	: 1.0 saniye periyot için yerel zemin etki katsayısı
f_{cd}	: Betonun tasarım dayanımı
f_{ce}	: Betonun ortalama basınç dayanımı
f_{ck}	: Betonun karakteristik basınç dayanımı
F_s	: Kısa periyot bölgesi için yerel zemin etki katsayısı
f_{yd}	: Donatı çeliğinin tasarım akma dayanımı
f_{ywe}	: Sargı donatısının ortalama akma dayanımı
f_{ywk}	: Enine donatının karakteristik akma dayanımı
G	: Ölü yükler
h_{col}	: Kolon Yüksekliğini
h_f	: Döşeme kalınlığı
h_{inf}	: Dolgu duvar yüksekliği

h_k	: Kiriş yüksekliği
H_N	: Binanın bodrum katlarının üstündeki üst bölüm'ünün toplam yüksekliği
I	: Bina önem katsayısı
I_{col}	: Kolonun atalet momenti
k_g	: Boşluk elemanı rijitliği
k_i	: Dolgu duvar rijitliği
l_n	: Kolonun kirişler arasında kalan serbest yüksekliği, kirişin kolon veya perde yüzleri arasında kalan serbest açıklığı
L_p	: Plastik mafsallık boyu
L_s	: Kesme açıklığı
l_{sn}	: Döşeme kısa kenar net mesafesi
m	: Döşeme uzun kenarın kısa kenara oranı
M_d	: Hesap momenti
M_{pi}	: Kiriş pozitif veya negatif moment kapasitesi
M_{ri}	: Kirişin pozitif veya negatif taşıma gücü momenti
m_t	: Bina kütlesi
N	: Toplam katsayısı
n_{bi}	: Burulma düzensizliği katsayısı
Q	: Hareketli yükler
R	: Taşıyıcı sistem davranış katsayısı
$R_a(T)$: Deprem yükü azaltma katsayısı
r_{inf}	: Dolgu duvarı köşegen uzunluğu
s	: Enine donatı aralığı, spiral/sargı donatı adımı
S_1	: 1.0 saniye periyot için harita spektral ivme katsayısı
$SaR(T)$: Azaltılmış tasarım ivme spektrumu
S_{D1}	: 1.0 saniye periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_{DS}	: Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
S_s	: Kısa periyot harita spektral ivme katsayısı
T_A	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	: Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
t_{inf}	: Dolgu duvar kalınlığı
T_p	: Hakim titreşim periyodu
$T_p^{(X)}$: Hesaplanan bina hakim titreşim periyodu
T_{pA}	: Ampirik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyodu
$u_i^{(X)}$: Azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanmış yerdeğiştirmeler
V_c	: Betonun kesme kuvveti dayanımına katkısı
V_{cr}	: Kesitin kesmede çatlama dayanımı
V_d	: Düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisinde hesaplanan kesme kuvveti
V_{dy}	: Kirişin herhangi bir kesitinde yük katsayıları ile çarpılmamış düşey yüklerden meydana gelen basit kiriş kesme kuvveti
V_e	: Kolon, kiriş, birleşim bölgesi ve perdede enine donatı hesabında esas alınan kesme kuvveti
V_{kol}	: Kolon kesme kuvvetlerinden küçük olanı
V_{tE}	: Bina tabanına etkiyen toplam kesme kuvveti
V_w	: Donatının kesme dayanımına katkısı
w	: Duvar Genişliği
α_s	: Döşeme sürekli kenarlar uzunlukları toplamının toplam kenar uzunluklarının toplamına oranı
α_{se}	: Sargı donatısı etkinlik katsayısı

$\Delta F_{NE}^{(X)}$: Binanın N'inci katına (tepesine) etkiyen ek eşdeğer deprem yükü
δ_i	: Etkin görelî kat ötelenmelesi
δ_{imax}	: Etkin görelî kat ötelenmelerinin kat içindeki en büyük değeri
$\epsilon_c^{(GÖ)}$: Göçmenin önlenmesi performans seviyesi için betonun birim kısalma sınırı
$\epsilon_c^{(KH)}$: Kontrollü hasar performans seviyesi için betonun birim kısalma sınırı
$\epsilon_c^{(SH)}$: Sınırlı hasar performans seviyesi için betonun birim kısalma sınırı
$\epsilon_s^{(KH)}$: Kontrollü hasar performans seviyesi için çeliğin birim uzaması
$\epsilon_s^{(SH)}$: Sınırlı hasar performans seviyesi için çeliğin birim uzaması
ϵ_{su}	: Donatının çekme dayanımına karşılık gelen birim uzaması
η_{ki}	: Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği katsayısı
θ	: Dolgu duvar diyagonal açısı
$\theta_p^{(GÖ)}$: Göçmenin önlenmesi performans seviyesi için kesitin dönme sınırı
$\theta_p^{(KH)}$: Kontrollü hasar performans seviyesi için kesitin dönme sınırı
$\theta_p^{(SH)}$: Sınırlı hasar performans seviyesi için kesitin dönme sınırı
λ_{grafik}	: Rijitlik azaltma faktörü
ρ	: Donatı oranı
ρ_{sh}	: Sargı donatısının hacimsel oranı
$\rho_{sh,min}$: Kesitteki yatay doğrultulardaki sargı donatısının hacimsel oranının küçük olan değeri
ϕ_u	: Göçme öncesi toplam eğrilik
ϕ_y	: Akma eğriligi
ψ	: Mekanik donatı oranı
ω_{we}	: Etkin sargı donatısının mekanik donatı oranı

1.GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Türkiye; dünyanın en diri faylarından olan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay hatları gibi diri fayları barındıran bir deprem ülkesidir. Ülkemizde özellikle kentsel yerleşim bölgelerinde meydana gelen depremler, insanların yaşamını yitirmesine neden olmuş ve oluşan yıkımlar ekonomiyi büyük zarara uğratmıştır. Deprem bölgeleri haritasına göre ülkemizin %92'sinin deprem bölgeleri içinde olması, nüfusunun, büyük sanayi merkezlerinin ve barajlarının deprem bölgesinde bulunması ve yapılaşmanın hızlı bir şekilde artması nedeniyle deprem tehlikesi de artmaktadır. Bundan dolayı da yapıların olası depremlere hazır olması için depreme dayanıklı tasarım ilkesi her geçen gün daha da önem arz etmektedir (Türkay, 2013).

Günümüzde yapıların tasarım ve analizlerinde, yapıya gelen bütün yüklerin perde, kolon ve kirişler gibi taşıyıcı sistem elemanları (birincil yapı elemanlar) tarafından karşılandığı varsayılmaktadır. Dolgu duvarlar gibi ikincil yapı elemanlarının ise bu yüklerin taşınmasındaki katkıları genellikle ihmal edilmektedir. Öte yandan gerek ülkemizde kullanılan Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY, 2018) gerekse dünya üzerinde yaygın olarak kullanılan birçok yönetmelikte bina deprem performansı değerlendirilirken taşıyıcı sistem – dolgu duvar etkileşimi dikkate alınmamaktadır. Ayrıca yapısal tasarımlarda kullanılan mevcut paket programlarda da duvarlar sadece düşey yük olarak dikkate alınmaktadır. Ancak çok katlı veya prefabrik yapılar gibi geniş yüzeylere sahip yapılarda kullanılan dolgu duvarlarının yatay yüklerde yatay rijitliğe katkısı ihmal edilemeyecek düzeydedir (Dağ, 2014). Dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısının hesaplarda dikkate alınmaması güvenli tarafta kalındığı düşüncesini doğursa da, dolgu duvarların kat içerisindeki dağılımı ve oranı burulma düzensizliği, kısa kolon, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği gibi bazı olumsuzluklara neden olabilmektedir (Aydın, 2015). Bu sebeple, gerçek yapı davranışını elde edebilmek için dolgu duvarlar, yapıların tasarım ve analiz aşamasında göz önüne alınmalıdır.

1.2. Dolgu Duvar Modelleme Teknikleri

Deprem gibi yatay yükler altında, betonarme yapılarda taşıyıcı sistem elemanları ile dolgu duvarların arasındaki etkileşim oldukça önem kazanmaktadır. Bu nedenle yapıların deprem yükleri altında performansının değerlendirilirken bu etkileşimin doğru şekilde hesaplarda dikkate alınması gerekmektedir.

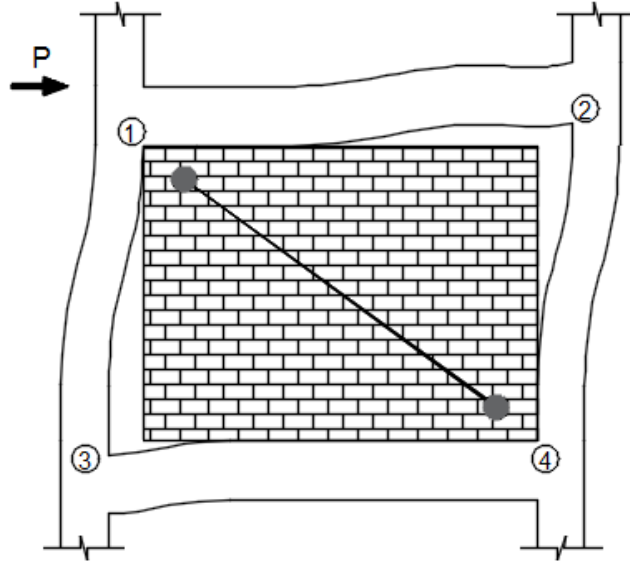
Yapı tasarımı ve değerlendirmesi yapılırken, dolgu duvarların hesap modelinde hassas bir şekilde modellenmesi bir takım zorluklar içerir. Bu zorluklar, duvar inşasında farklı tür malzemelerin kullanılması, kullanılan bu malzeme ve bağlayıcıların homojen ve izotrop olmayışı ve duvarların inşasında birçok farklılıkların bulunmasıdır (Öztürkoğlu, 2016).

Literatürde dolgu duvarların modellenmesi için birçok teknik sunulmuştur. Ancak eşdeğer basınç çubuğu ve sonlu elemanlar yöntemi metodları dolgu duvarların modellenmesinde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Öztürkoğlu, 2016).

1.2.1. Diyagonal (Eşdeğer) Basınç Çubuğu Modeli

Dolgu duvarların yapı davranışına etkisi üzerine ilk çalışmalar 1950'li yıllarda başlamıştır. 1956 yılında Polyakov (Polyakov, 1956) dolgu duvarları diyagonal basınç çubukları ile temsil etmiştir. Eşdeğer diyagonal basınç çubukları hesap kolaylığı ve dolgu duvarları gerçekçi olarak temsil etmesi sebebiyle günümüzde de birçok çalışma ve yönetmeliklerde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Diyagonal (eşdeğer) basınç çubuğu modelinde esas alınan düşünce Şekil 1.1'de gösterildiği gibidir. Dolgu duvar ile taşıyıcı sistem elemanları arasındaki birleşim 2 ve 3 numaralı bölgelerde ayrılmış olup, 1 ve 4 numaralı bölgelerde dolgu duvar, taşıyıcı sistem elemanları arasındaki etkileşim devam etmektedir dolayısıyla yük aktarımı bu hat üzerinden gerçekleşmektedir. Bu sebeple dolgu duvar bu hat üzerinden geçen bir çubuk gibi modellenebilmektedir. Analizlerde bu çubuğun sadece eksenel kuvvete çalışması için iki ucunun mafsallı olarak dikkate alınması gerekmektedir. Öte yandan Şekil 1.1'de görüleceği üzere yatay yüklerin etkidiği yöne göre eşdeğer basınç çubuğunun yönü değiştirilmelidir (Öztürkoğlu, 2016).



Şekil 1.1. Yatay yükler altında dolgu duvar-taşıyıcı sistem elemanları arasındaki etkileşim

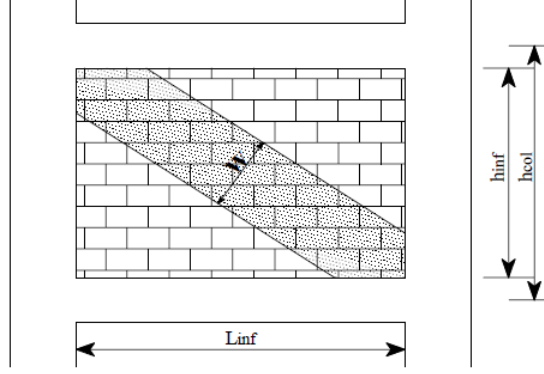
Bu basınç çubuklarının genişliği boşluksuz dolgu duvar için TBDY-2018 ve Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings (FEMA 306, 2005)' da Denk. 1.1-1.2' deki gibi önerilmiştir.

$$w = 0.175(\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (1.1)$$

Burada w çubuk genişliğini (mm), h_{col} kolon boyunu (mm), r_{inf} dolgu duvarı köşegen uzunluğudur (mm). λ_1 ise aşağıdaki gibi hesaplanır;

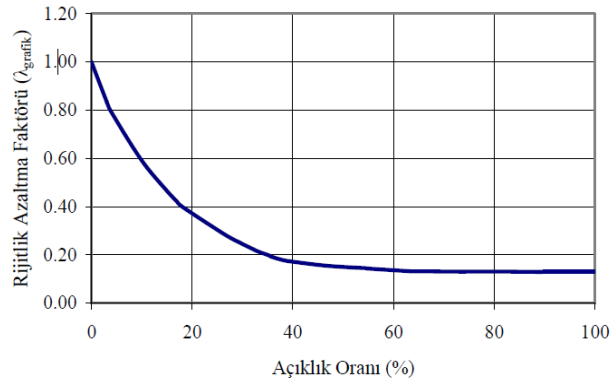
$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{me} t_{inf} \sin 2\theta}{4E_{fe} I_{col} h_{inf}} \right]^{1/4}, \quad \theta = \tan^{-1} \left(\frac{h_{inf}}{L_{inf}} \right) \quad (1.2)$$

Denk. 1.2'deki E_{me} ve E_{fe} dolgu duvarı ve çevresindeki betonun elastisite modülü, t_{inf} dolgu duvar kalınlığını, h_{inf} dolgu duvar yüksekliğini θ dolgu duvar diyagonal açısını, I_{col} kolonun atalet momentini temsil etmektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Eşdeğer diyagonal basınç çubuğu

Mimari kaygılar ve servis kullanımı sebebiyle duvarda bulunması gereken kapı ve pencere boşlukları duvarın rijitliğini boşluk oranına bağlı olarak azaltmaktadır. Bu azaltma Denklem 1'in rijitlik azaltma faktörü, λ_{grafik} , ile çarpılmasıyla ifade edilir (Asteris, 2003). Bu açıklık oranı, duvardaki boşluk alanının duvar alanına bölünmesiyle elde edilir ve rijitlik azaltma faktörü bu orana bağlı olarak Şekil 1.3'de verilen grafik ile elde edilir.



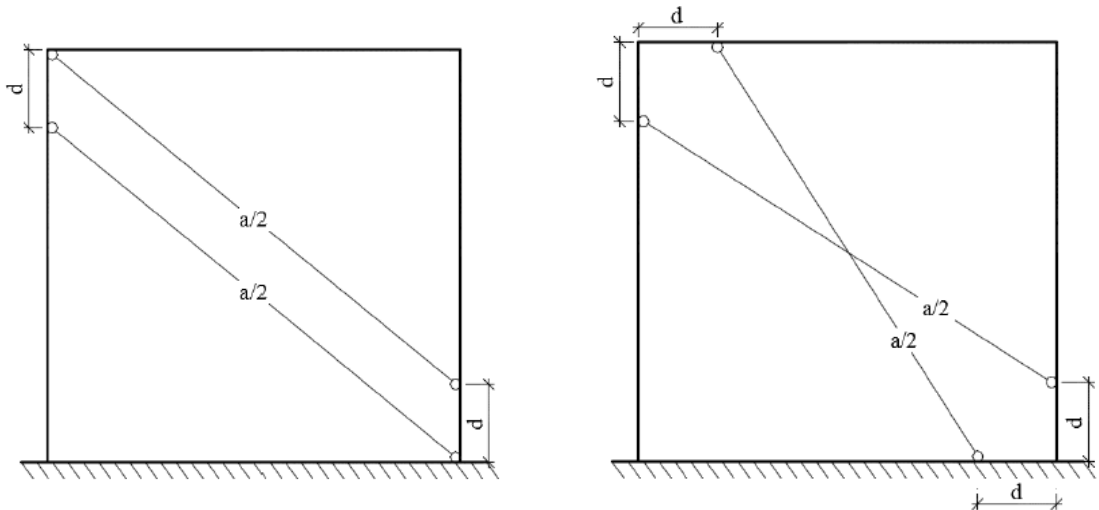
Şekil 1.3. Açıklık oranı ile rijitlik azaltma oranı arasındaki ilişki

Bu durumda boşluklu duvar için eşdeğer basınç çubuğu genişliği Denk. 1.1 rijitlik azaltma faktörü ile çarpılarak Denk. 1.3 elde edilir.

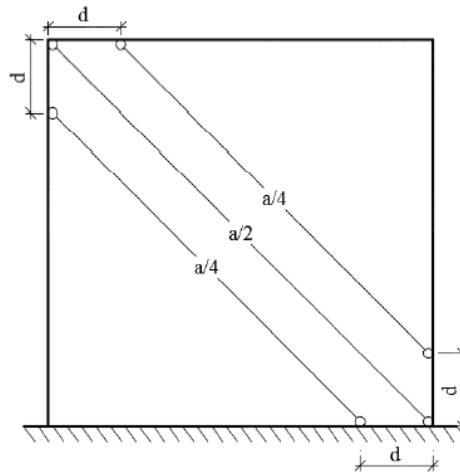
$$w = 0.175 \lambda_{grafik} (\lambda_1 h_{col})^{-0.4} r_{inf} \quad (1.3)$$

1.2.2. Çoklu Diyagonal Basınç Çubuğu Modeli

Diyagonal basınç çubuğu tek olarak duvar rijitliğini yeterli doğrulukta temsil edebilmektedir. Ancak deprem gibi yatay yükler altında taşıyıcı sistem elemanlarının kesme kuvveti ve moment değerleri duvarların çoklu diyagonal basınç çubuğu ile modellendiğinde tekli çubuğa göre farklı olarak hesaplanabilmektedir (Durmazgezer, 2013). Bu nedenle bazı araştırmacılar duvarları, hesap modelinde çoklu basınç çubukları ile temsil etmeye çalışmışlardır. Bazı çoklu diyagonal basınç çubuğu düzenleri Şekil 1.4’de verilmiştir (Öztürkoğlu, 2016). Şekil 1.4’de a terimi duvar elemanının genişliğini temsil etmektedir.



a. İki çubuk ile paralel düzendeki basınç çubuğu modeli b. İki çubuk ile çapraz düzendeki basınç çubuğu modeli



c. Üç çubuk ile düzenlenmiş basınç çubuğu modeli

Şekil 1.4. Çoklu diyagonal basınç çubuğu modeli

Hesap modelinde, çoklu diyagonal basınç çubuklarının kalınlıkları ve elastisite modülleri duvar ile aynı olarak dikkate alınır. Çubukların genişliği ise tekli diyagonal basınç çubuğu modelinde Denk.1.1 ile hesaplanır ve çoklu diyagonal çubuklara orantılı olarak dağıtılır. Çoklu diyagonal basınç çubuğu modelinde, iki çubuk göz önüne alınması durumunda çubuklar eşit genişlikte olduğu varsayılır. Üç çubuk olarak hesaplarda göz önüne alınması durumunda ise gerilme dağılımı nedeniyle ortadaki çubuk kenardaki çubukların iki katı genişliğine sahip olmaktadır.

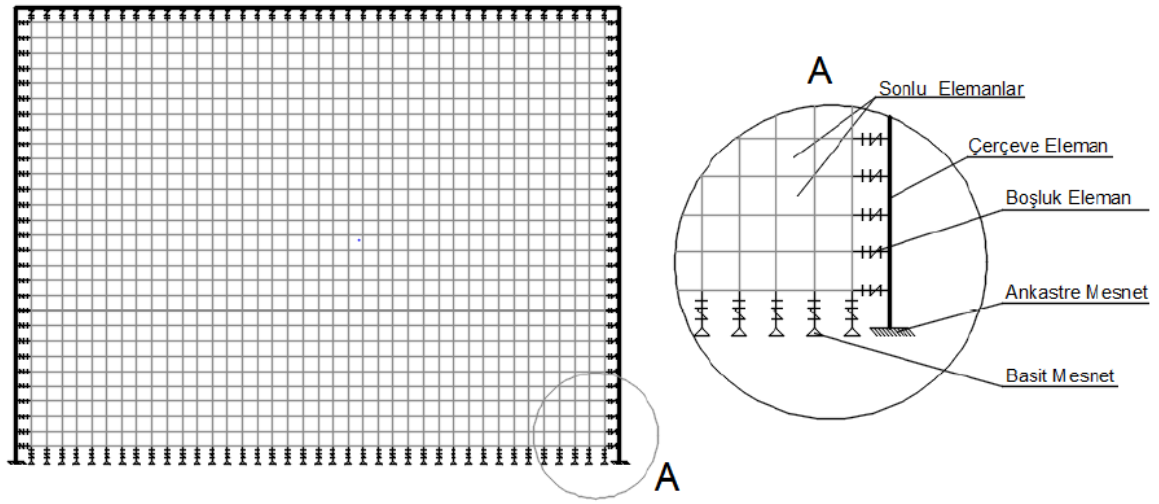
Çoklu diyagonal basınç çubukları modellenirken duvar üzerinde tanımlanacak yerlerin belirlenebilmesi için, duvar çerçeve temas uzunluğu (d) Denk. 1.4 ile gibi hesaplanır.

$$d = \frac{\pi}{2} \sqrt[4]{\frac{4E_{fe} I_{col} h_{inf}}{E_{me} t_{inf} \sin(2\theta)}} \quad (1.4)$$

1.2.3. Sonlu Eleman Yöntemi ile Modelleme

Dolgu duvarların kalınlığının diğer iki boyutuna oranla daha küçük olması nedeniyle kabuk eleman olarak hesap modellerinde dikkate alınabilir. Bu yöntemde, dolgu duvarlar sonlu eleman olarak adlandırılan parçalara bölünür. Hesaplarda kullanılacak sonlu eleman boyutlarının, hesapların yeteri hassasiyette yapılabilmesi, işlem hacminin ve analiz süresini yeteri kadar kısaltılması için uygun olması gerekmektedir.

Daha önce yapılan çalışmalarda dolgu duvar ile taşıyıcı sistem elemanları arasındaki etkinin farklı şekillerde modellenmesinden dolayı sonuçların farklılaştığı görülmektedir. Sonlu eleman yönteminden, dolgu duvar ve taşıyıcı sistem arasındaki etkileşimi tanımlamak için sadece eksenel basınç aktaran boşluk elemanları kullanılmaktadır (Şekil 1.5). Tanımlanan bu boşluk elemanlarının sadece eksenel basınç çalışması sebebiyle, sonlu eleman modelinde duvarlardan taşıyıcı sistem elemanlarına sadece eksenel basınç kuvveti iletilecek olup, çekme veya moment etkileri gözükmeyecektir (Öztürkoğlu, 2016).



Şekil 1.5. Sonlu eleman yöntemi ile dolgu duvar modellenmesi (Öztürkoğlu, 2016)

Sonlu eleman modellerinde etkileşimi sağlayan boşluk elemanlarının rijitliğinin uygun bir şekilde belirlenmesi analizin doğruluğu açısından oldukça önemlidir. Boşluk elemanı rijitliği literatürde bazı ampirik bağlantılar geliştirilmiştir ve bu bağlantılar Denk. 1.5 - 1.6 ile verilmiştir (Dorji ve Thambiratnam, 2009).

$$k_i = t_{\text{inf}} E_{me} \quad (1.5)$$

$$k_g = 0.0378k_i + 347 \quad (1.6)$$

Burada, k_i dolgu duvar rijitliğini ve k_g ise boşluk elemanı rijitliğini ifade etmektedir. Bunun yanında boşluk elemanı rijitlikleri, diyagonal basınç çubuğu rijitliğinden de elde edilebilir (Durmazgezer, 2013).

$$k_a = k_g = \frac{t_{\text{inf}} a E_{me}}{r_{\text{inf}}} \quad (1.7)$$

1.3. Dolgu Duvarların Yapısal Davranışa Olumlu ve Olumsuz Etkileri

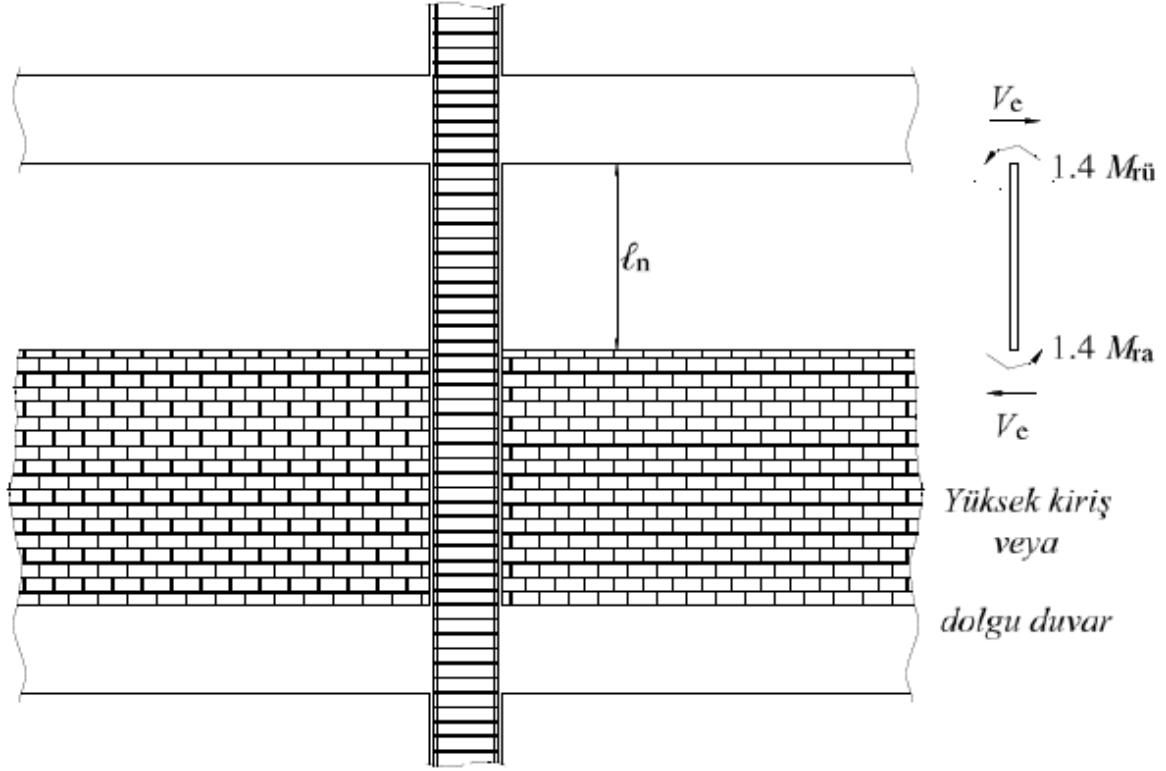
Dolgu duvar taşıyıcı sistem elemanı (birincil yapı elemanı) olarak hesaplarda dikkate

alınmasa da deprem ve rüzgar gibi yatay yükler altında yapıların yanal rijitliğini, enerji yutma kapasitesini ve yatay yük taşıma kapasitesini arttırdığı geçmiş çalışmalarla görülmüştür (Mosalam vd. 1997, Pujol ve Fick 2010). Yanal rijitliği artırması sebebiyle yapıların periyodunu azaltan dolgu duvarlar yapının davranışını etkilemektedir. Ancak dolgu duvarların yapı davranışına katkılarının yanında kat içerisindeki dağılımı ve oranının uygun olmaması durumunda burulma düzensizliği, kısa kolon, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği gibi bazı olumsuzluklara neden olabilmektedir (Timurağaoğlu, 2015).

Dolgu duvarların yapısal davranışa olan olumsuz etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Burulma davranışı üzerine etkisi: yapının kütle merkezine etki eden deprem kuvvetleri, yapının rijitlik merkezi tarafından karşılanmaktadır. Kütle ve rijitlik merkezi çakışmayan binalarda ise bu deprem kuvvetleri nedeniyle burulma hareketi meydana gelmektedir. Simetrik ve düzenli bir taşıyıcı sisteme sahip yapılarda simetrik olarak yerleştirilmeyen dolgu duvarlar yapının rijitlik merkezi konumunun değişmesine neden olabilmekte bu durum ise oluşacak dış merkezlik nedeniyle yapılarda fazladan burulma momenti oluşmasına neden olabilmektedir.
- Yumuşak kat düzensizliği üzerine etkisi: genellikle binalarda zemin katların ticari amaçla kullanılması sebebiyle bu katlardaki dolgu duvarların oranı diğer katlara oranla oldukça azdır. Dolayısıyla yatay yükler altında yapıların yanal rijitliğini arttıran dolgu duvarların katkısından mahrum kalan bu katlar üst katlara oranla yanal ötelenmeler bakımından daha zayıf olurlar (Tezcan vd. 2007).
- Zayıf kat düzensizliğine olan etkisi: TBDY-2018’de bu düzensizlik türünün, incelenen deprem doğrultusunda herhangi bir kattaki etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranı olarak tanımlanan dayanım düzensizliği katsayısının 0.80’den küçük olması durumunda ortaya çıktığı ifade edilmiştir. Etkili kesme alanının hesaplanmasında perde ve kolon en kesitlerinin tamamı, dolgu duvarların ise en kesit alanının %15’i hesaplarda göz önüne alınmaktadır. Sıklıkla ticari amaçlarla kullanılan bina giriş katlarında dolgu duvar oranının diğer katlara oranla oldukça az olması bu düzensizliğin oluşmasına neden olabilmektedir.
- Kısa kolon oluşumu üzerine etkisi: dolgu duvarda mimari amaçlarla çeşitli formlarda boşlukların bırakılması ve özellikle bant pencereler kısa kolon oluşmasına neden olmaktadır. Kolon yüksekliği boyunca yükselen dolgu duvarlar, pencere boşluğundan dolayı kolonun serbest boyunu azaltmakta dolayısıyla kolona

etkiyen kesme kuvvetinin artmasına neden olmaktadır (Şekil 1.6). Tasarım aşamasında göz önüne alınmayan bu etkiler nedeniyle kolonlarda büyük hasarlar meydana gelebilmektedir.



Şekil 1.6. Dolgu duvarlar nedeniyle kolon serbest boyunun azaltması (TBDY, 2018)

1.4. Literatür Araştırması

Dolgu duvarların yapı davranışına etkisi ve duvar-taşıyıcı sistem etkileşimi üzerine geçmiş yıllarda birçok deneysel ve analitik çalışma yapılmıştır. Bu kapsamda;

Murty ve Jain (2000), itme deneyleri ile dolgu duvarların yapısal davranışa olumlu katkılarını araştırmışlardır. Çalışma sonucunda dolgu duvarların yapıların yanal rijitliğine, dayanımına ve enerji yutma kapasitesine ciddi oranda katkıları bulunduğunu ifade etmişlerdir.

El-Dakhkhni vd. (2003), dolgu duvarların yatay yük kapasitesini ve köşegenlerde meydana gelen çatlakları araştırmak için yeni bir duvar modeli sunmuşlardır. Bu duvar modeli için, üç eşdeğer diagonal basınç çubuğu kullanarak dolgu duvarların kuvvet-

deformasyon ilişkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Sundukları bu yeni modelin, lineer olmayan analizlerde beton dolgu duvarlara sahip çelik yapıların tasarımında kolaylıkla kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Hashemi ve Mosalam (2006), dolgu duvarların yapısal davranışa ve tasarıma olan etkilerini araştırmak için sarsma masası deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Deneyler sonucunda, dolgu duvarların deney numunelerinin kapasite ve sünekliğini ciddi oranda etkilediğini ve bu nedenle yapıların tasarımında dolgu duvar etkilerinin dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Köse ve Karşlıoğlu (2007) yaptıkları çalışmada, dolgu duvarların yapıların dinamik davranışlarına etkilerini araştırmak için Kahramanmaraş ilinde inşa edilmiş üç farklı betonarme binayı incelemişlerdir. Bu dolgu duvar etkileri belirlemek için binaları duvar olmadan ve dolgu duvarlı olarak SAP2000 programında modellemişlerdir. Sonlu eleman modelinde, dolgu duvarları eşdeğer basınç çubuğu olarak dikkate almışlardır. Analizler sonucunda, dolgu duvarların binaların mod şeklinde herhangi etkisinin olmadığını ancak periyot değerlerinde azalmalara neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Asteris vd. (2011), literatürde dolgu duvarların modellenmesinde yaygın olarak kullanılan eşdeğer basınç çubuklarına, dolgu duvarlarda bulunan boşlukların yansıtılabilmesi için azaltma parametresi sunmuşlardır. Bu amaçla çeşitli deneysel çalışmalardan elde ettikleri verilere göre güncelledikleri analitik modelleri kullanmışlardır.

Wakchaure ve Ped (2012), yüksek binaların yapısal davranışına dolgu duvar etkilerini araştırmışlardır. Dolgu duvarları, eşdeğer basınç çubuğu olarak hesaplarda göz önüne almışlardır. Zaman tanım alanında gerçekleştirdikleri doğrusal analizler sonucunda, dolgu duvarların deplasman ve periyot değerini azaltırken, taban kesme kuvvetini artırdığı tespit etmişlerdir.

Koçak (2013), 1992 Erzincan depreminde hasar görmüş bir betonarme konut binasının sismik performansını zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemiyle araştırmıştır. Çalışmada incelediği binada hasarların dolgu duvarların oluşturduğu kısa kolonlarda oluştuğunu tespit etmiştir. Ayrıca zemin katta bant pencereler sebebiyle oluşan kısa kolonları çeşitli pencere genişlikleri kullanarak incelemiştir. Kullanılan bant pencere genişliklerinin kısa kolon düzensizliğine sebep olabileceğini ifade etmiştir.

Dağ (2014), iki farklı doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanarak Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007) esaslarına göre tasarladığı 8 katlı bir betonarme binanın performansı üzerine dolgu duvarların etkilerini

araştırmıştır. Analizlerde dolgu duvarsız ve 2 farklı düzende dolgu duvar dikkate almıştır. Analizler sonucunda, dolgu duvarların yapı performansına olumlu etkilediğini, çerçeve rijitliğini ve yapının yatay yük kapasitesini artırdığını tespit etmiştir.

Hermanns vd. (2014), 2011 Lorca depremi sonrasında gerçekleştirdikleri gözlemsel çalışmalar neticesinde, yanal rijitliği yetersiz olan binaların dolgu duvarların katkısı ile depremlerden az hasar aldığını, zemin katlarda dolgu duvar oranının diğer katlara az olmasından dolayı ortaya çıkan yumuşak kat düzensizliğinin yapısal hasarları önemli ölçüde artırdığını, kolonların serbest boylarını kısaltan dolgu duvarların kısa kolon oluşumuna neden olduğunu ve bu kolonların gevrek olarak hasar almasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle dolgu duvarların analiz ve tasarımlarda göz önüne alınması gerektiğini ve binalarda uygun dağılım ve oranda dolgu duvarların kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Meral (2014), dolgu duvarların mevcut binaların yapısal davranışına katkılarını araştırmıştır. Bu amaçla ülkemizdeki geçmiş yönetmelikleri kullanarak düşük ve orta yükseklikte binalar tasarlamıştır.

Boztaş (2015), yaptığı çalışmada dolgu duvarların betonarme yapıların sismik performansına olan etkilerini iki farklı hesap yöntemi kullanarak incelemiştir. Analizler sonucunda, dolgu duvarların; yapıların yanal rijitliğine katkıları sebebiyle periyotlarda azalmalara neden olduğunu, tepe yerdeğiştirmeleri azalttığını ve taban kesme kuvvetini artırdığını tespit etmiştir. Ayrıca dolgu duvarların, yapı performansını olumlu etkilediğini tespit etmiştir.

Saydam (2016), çeşitli kat ve açıklıklar dikkate alarak oluşturduğu betonarme yapılarda dolgu duvarlı ve duvarsız performans analizleri gerçekleştirmiştir. Analizler sonucunda dolgu duvarların, incelenen modellerin %80'inde göçme öncesi performans seviyesini can güvenliği performans seviyesine getirdiğini tespit etmiştir.

Qian ve Li (2016), dolgu duvarlı ve dolgu duvarsız çerçeveler üzerinden gerçekleştirdikleri deneysel çalışmalarda, dolgu duvarın çerçevelerin göçme mekanizmalarına ve yük-deplasman eğrilerine olan etkilerini araştırmışlardır.

Ning vd. (2017), ABAQUS programında oluşturdukları betonarme çerçevede modelinin göçme mekanizmasını duvarsız, tam dolu duvar, yarı dolgu düzenlerini göz önüne alarak incelemiştir. Analizlerde statik itme (pushover) analizi kullanmışlardır. Analizler sonucunda, dolgu duvar düzenlerinin yapısal elemanlardaki plastik mafsallıklarının etkilediğini tespit etmişlerdir.

Kareem ve Güneyisi (2018), hem dolgu duvar modellemede kullanılan eşdeğer diagonal basınç çubuğu için literatürde verilen çeşitli formülleri karşılaştırmış hem de dolgu duvarların yapısal performansa etkilerini belirlemek için çeşitli kat yüksekliğine ve açıklığa sahip betonarme binalarda farklı dolgu duvar konumları dikkate alarak performans analizleri gerçekleştirmişlerdir. Yapıların performanslarını statik itme yöntemi ile belirlemişlerdir. Analizler sonucunda binalardaki dolgu duvar konumlarının yapı performansını ciddi oranda etkilediğini tespit etmişlerdir.

Özkaya (2018), dolgu duvarların binalarda yumuşak kat düzensizliği üzerine etkisini araştırmıştır. Analizler sonucunda, dolgu duvarların tasarım ve analizlerde göz ardı edilmesinin olumsuz sonuçlara neden olabileceğini ve yumuşak kat düzensizliğinde etkili olduklarını ifade etmiştir.

Zhou vd. (2018), dolgu duvarın oluşturduğu kısa kolon etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneyler sırasında dolgu duvarsız ve dolgu duvarlı üç farklı numune kullanmışlardır. Deneyler sonucunda, yapıların performansının ve göçme modlarının duvar yüksekliğine, duvarın çerçeveye bağlanma türüne, kolon ve duvarın kesme kapasitelerinin oranına bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

1.5. Tezin Amacı ve İçeriği

Bu tez çalışmasının amacı, farklı oran ve düzendeki dolgu duvarların betonarme yapıların sismik performanslarına olan etkilerini araştırmak üzere öncelikle betonarme bir yapının tasarımı TBDY-2018’de verilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Yapının tasarımında doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Tasarımı yapılan betonarme binada 6 farklı oranlarda ve düzende dolgu duvarları dikkate alınarak TBDY-2018’de belirtilen koşullara uygun olarak seçilen ivme kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir.

Analizlerde kullanılan 11 adet yer hareketi kaydı, yerel zemin özellikleri, yakın ve uzak fay etkileri, Ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtları, yatay elastik deprem spektrumuyla uyumlu olacak şekilde basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirilmiştir.

Yapının sonlu eleman modeli ve analizleri için SAP2000 programı, kesit analizleri ve moment eğrilik ilişkileri için RESPONSE2000 programı kullanılmıştır.

1.6. TBDY-2018'e Göre Doğrusal Olmayan Yöntemler ile Yapıların Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Tezin bu kısmında, TBDY-2018'de bina türü mevcut yapıların deprem performansının doğrusal olmayan hesap yöntemleriyle değerlendirilmesinde uyulması gereken kurallar ve esaslar özet olarak sunulmuştur.

TBDY-2018'de mevcut binalarda yapılan incelemeler sonucu elde edilen bilgilerin kapsamına bağlı olarak, binalar için bilgi düzeyi ve bilgi düzeyi katsayıları belirlenir. DBYBHY-2007'den farklı olarak yenilenen TBDY-2018'de orta bilgi düzeyi kaldırılmıştır. Tablo 1.1'de bina türü yapılar için performans değerlendirilmesinde kullanılacak bilgi düzeyleri ve bilgi düzeyi katsayıları verilmiştir.

Sınırlı bilgi düzeyinde, yapının taşıyıcı sistem elemanlarına ait projeler mevcut değildir ve binadan yapılacak ölçümler ile bina taşıyıcı sistemine ait özellikler belirlenir. Bu bilgi düzeyi, Bina Kullanım Sınıfı (BKS) 1 olan depremler sonrası hemen kullanılacak ve insanların kısa süreli ve yoğun olarak kullandığı binalarda (BKS=2) kullanılamaz.

Kapsamlı bilgi düzeyinde ise sınırlı bilgi düzeyinde gerçekleştirilecek ölçümlerden daha fazla ölçüm yapılır ve bütün bina kullanım sınıflarına uygulanabilmektedir.

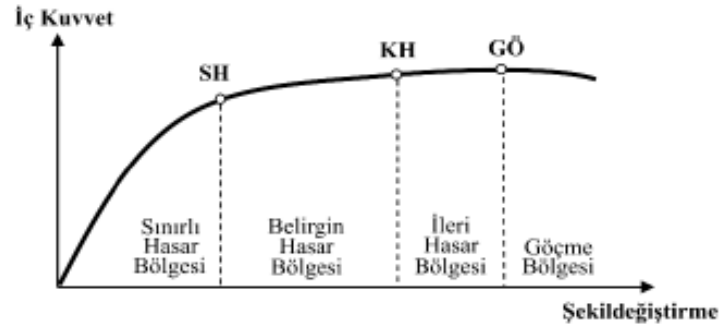
Tablo 1.1. Bina türü yapılar için bilgi düzeyi katsayıları

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

1.6.1. Bina Türü Yapıların Taşıyıcı Sistem Elemanlarında Hasar Sınırları ve Hasar Bölgeleri

TBDY-2018'de bina türü yapıların taşıyıcı sistem elemanları için kesit bazında hasar durumu için üç sınır belirlenmiştir. Bu hasar sınırları sünek taşıyıcı sistem elemanları için geçerlidir. Gevrek taşıyıcı sistem elemanları, herhangi bir güçlendirme yöntemiyle güçlendirilmez ise performans değerlendirmesinde göçme bölgesinde bulunduğu varsayılır ve bu sınırlara göre performans değerlendirmede kullanılamaz. Yönetmelikte sünek elemanlar için esas alınacak sınırlar; *Sınırlı Hasar (SH)*, *Kontrollü Hasar (KH)* ve *Göçme Öncesi Hasar (GÖ)* durumlarıdır. Sınırlı hasar dikkate alınan kesitte doğrusal olmayan

davranışın başlangıcını, kontrollü hasar kesitin dayanımının güvenli olarak sağlandığı doğrusal olmayan davranışın sınırını, göçme öncesi hasar ise kesitte ileri düzeyde doğrusal olmayan davranışı ifade etmekte kullanılır. TBDY-2018’de hasar bölgelerine bağlı olarak tanımlanan hasar sınırları Şekil 1.7’de ile gösterilmiştir.



Şekil 1.7. Hasar bölgeleri ve sınırları

1.6.2. Mevcut Binaların Performansının Değerlendirilmesinde ve Yeni Binaların Tasarımında Hedeflenen Deprem Performansı

Mevcut binaların deprem performansının değerlendirilmesinde ve yeni yapılacak binaların tasarımında esas alınacak minimum performans hedefleri, TBDY-2018’de binaların deprem tasarım sınıfı ve deprem yer hareketi düzeyine bağlı olarak verilmiştir. Mevcut ve yeni yapılacak bina türü yapılar için esas alınacak performans hedefleri ve tasarım/değerlendirme yöntemleri Tablo 1.2.’de sunulmuştur.

Tablo 1.2. Bina türü yapılar için esas alınacak performans hedefleri ve tasarım yaklaşımları

	Deprem Düzeyi	DTS = 1, 1a, 2, 2a, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
		Normal Performans Hedefi	Yöntem	İleri Performans Hedefi	Yöntem
Yeni Yapılacak Binalar	DD-3	-	-	Sınırlı Hasar	ŞGDT
	DD-2	Kontrollü Hasar	DGT	Kontrollü Hasar	DGT
	DD-1	-	-	Kontrollü Hasar	ŞDGT
	Deprem Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
		Normal Performans Hedefi	Yöntem	İleri Performans Hedefi	Yöntem
Mevcut Binalar	DD-3	-	-	Sınırlı Hasar	ŞGDT
	DD-2	Kontrollü Hasar	ŞDGT	-	-
	DD-1	-	-	Kontrollü Hasar	ŞDGT

1.6.3. Mevcut Binaların Deprem Hesapları İçin TBDY-2018'deki Kurallar

Mevcut binaların deprem performansı belirlenirken kullanılacak bu ilke ve kurallar, doğrusal hesap yöntemleri ve doğrusal olmayan hesap yöntemlerinin ikisi içinde geçerlidir. TBDY-2018'de sunulan bu ilke ve kurallar;

- Mevcut binalardaki deprem etkisinin tanımında, göz önüne alınan her bir deprem düzeyi için tanımlanan yatay elastik tasarım spektrumu veya sahaya özel elastik ivme spektrumu kullanılacaktır.
- Performans değerlendirmesinde bina önem katsayısı 1 olarak dikkate alınacaktır.
- Mevcut binaların deprem performansı belirlenirken, hareketli yük katılım katsayısı (n)'da dikkate alınarak hesaplanan düşey yükler ile deprem yüklerin birleşik etkileri kullanılacaktır.
- Deprem yükleri, her iki deprem doğrultusu ve her iki yönde de dikkate alınacaktır.
- Rijit diyafram çalışan döşemelere sahip yapılarda, her bir katta iki yatay doğrultuda ötelenme ile düşey eksen etrafında dönme serbestlik dereceleri göz önüne alınmalıdır.
- Performansı değerlendirilecek yapıdaki belirsizlikler, binadan elde edilen bilgiler ışığında TBDY-2018'de verilen bilgi düzeyi katsayıları vasıtasıyla hesap yöntemlerine yansıtılacaktır.
- Eğilme etkisindeki betonarme taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılacak etkin kesit rijitlikleri Tablo 1.3.'de verilmiştir.
- Eğilme ve eksenel kuvvet etkisi altındaki betonarme kesitlerin etkileşim diyagramları tanımlanırken; hesaplarda beton ve donatının mevcut dayanımları esas alınacaktır. Bu dayanımlar bilgi düzeyi katsayılarına göre belirlenecektir. Ayrıca betonun maksimum basınç birim şekildeğiştirme 0.0035, donatının maksimum birim şekildeğiştirme 0.01 olarak dikkate alınabilir.
- Yapı zeminindeki deformasyonların yapısal davranışı etkileyeceği durumlarda zemin parametreleri modellere yansıtılacaktır.

Tablo 1.3. Etkin kesit rijitlikleri

Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği	
Perde ve Döşeme (Düzlem İçi)	Eksenel	Kayma
Perde	0.50	0.50
Bodrum Perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
Perde-Döşeme (Düzlem Dışı)	Eğilme	Kesme
Perde	0.25	1.00
Bodrum Perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
Çubuk Eleman	Eğilme	Kesme
Kiriş	0.35	1.00
Kolon	0.70	1.00
Eşdeğer çubuk ile modellenmiş perde	0.50	0.50

1.6.4. Mevcut Binaların Deprem Performansının Doğrusal Elastik Olmayan Hesap Yöntemleriyle Belirlenmesi

Deprem etkisi altında mevcut binaların performanslarının değerlendirilmesinde doğrusal olmayan hesap yöntemler, sünek yapı elemanlarında meydana gelen plastik dönmeler ve plastik şekildeğiştirmeler ile gevrek yapı elemanlarında meydana gelebilecek iç kuvvet taleplerinin hesaplanması amacıyla kullanılmaktadır. Hesaplanan bu büyüklükler, yönetmelikte verilen sınır değerler ile kıyaslanarak kesitlerin performans değerlendirilmesi yapılır. Daha sonra bu kesit düzeyinde yapılan performans değerlendirmesi ile bina düzeyinde yapısal performans değerlendirmesi yapılır. TBDY-2018’de doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri, Tek ve Çok Modlu İtme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi olmak üzere üç sınıfta toplanmıştır.

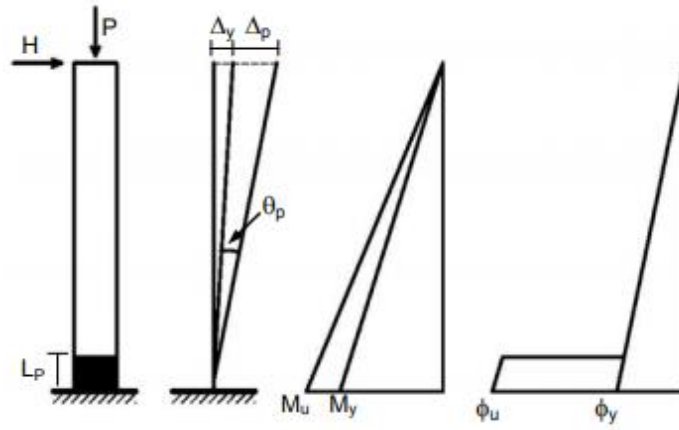
1.6.4.1. Taşıyıcı Sistem Elemanlarında Davranışın İdealleştirilmesi

TBDY-2018’de taşıyıcı sistem elemanlarında doğrusal olmayan davranışın idealleştirilmesi için yığılı plastik davranış modeli ve yayılı plastik davranış modelleri esas

alınmıştır.

1.6.4.1.1. Yığılı Plastik Davranış Modeli

Bu davranış modelinde plastik şekildeğiştirmelerin, yapı taşıyıcı sistem elemanlarında meydana iç kuvvetlerin plastik kapasitelerine ulaşması sonucu oluşan sonlu uzunluktaki bölgelerde düzgün yayılı biçimde oluştuğu varsayılır (Şekil 1.8).



Şekil 1.8. Konsol bir kolon için yığılı plastik davranış modeli (Özmen vd. 2007)

Bu modelde kullanılırken dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda verilmiştir.

- Bu davranış modeli çubuk sonlu eleman olarak modellenen kolon ve kirişlerde kullanılabilir. Ayrıca TBDY-2018 4.5.3.8’de verilen koşulları sağlayan betonarme perdeler eşdeğer çubuk sonlu eleman olarak modellenebilmekte ve bu perdelerde de yığılı plastik davranış modeli kullanılabilir.
- Plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği bu bölgenin uzunluğu plastik mafsallık boyu olarak da adlandırılmaktadır. Plastik mafsallık boyu, TBDY-2018 esaslarına göre göz önüne alınan doğrultudaki kesit boyutunun yarısı olarak hesaplarda kullanılır.
- Sadece aksel kuvvetler nedeniyle plastik şekildeğiştirme yapan taşıyıcı sistem elemanlarında plastik mafsallık boyu, elemanın serbest boyu olarak dikkate alınır.
- Bu modelde, plastik şekildeğiştirmelerin meydana geldiği bölgenin dışındaki diğer bölgelerin elastik kalacağı kabul edilir.

- Yönetmelikte, plastik mafsalların bazı idealleştirmelerle kolon ve kirişlerin net açıklıklarının uçlarına konulmasına müsaade edilir.

1.6.4.1.2. Yayılı Plastik Davranış Modeli

Bu modelde, yığılı plastik davranış modelinin aksine taşıyıcı sistem elemanının tüm uzunluğu boyunca plastik şekil değiştirmelerin sürekli (yayılı) biçimde olduğu kabul edilir. Yayılı plastik mafsallarda modelinde, taşıyıcı sistem elemanının kesitindeki çekirdek beton, kabuk beton ve donatı lif elemanlara bölünür. Bu durum taşıyıcı sistem elemanının kesitinde ve eleman uzunluğu boyunca doğrusal olmayan davranışın izlenmesine ve davranışın daha hassas bir biçimde belirlenmesine imkan vermektedir (Yön ve Calayır, 2013).

Yayılı plastik mafsallarda modeli, tüm taşıyıcı sistem elemanlarının idealleştirilmesinde kullanılabilir. Ancak uygulamada özellikle karmaşık kesitli (U, L, C veya T şeklinde) betonarme perdelerin doğrusal olmayan davranışının idealleştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.6.4.2. Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemleri ile Mevcut Binaların Deprem Performansının Belirlenmesi

Şekil değiştirmeye dayalı değerlendirme ve tasarımda kullanılacak olan doğrusal olmayan hesap yöntemleri, olası yer hareketleri için sünük taşıyıcı sistem elemanlarında plastik şekil değiştirme istemlerinin ve gevrek taşıyıcı sistem elemanlarında iç kuvvet istemlerinin elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. TBDY-2018’de şekil değiştirmeye dayalı değerlendirmede ve tasarımda kullanılabilecek doğrusal elastik olmayan hesap yöntemleri, tek modlu itme yöntemleri, çok modlu itme yöntemleri ve zaman tanım alanında hesap yöntemi olarak üç başlık altında verilmiştir.

1.6.4.2.1. İtme Yöntemleri

TBDY-2018’de itme yöntemleri tek modlu itme yöntemleri ve çok modlu itme yöntemleri olarak iki başlık altında verilmiştir. Tek modlu itme yöntemlerinde amaç, göz önüne alınan deprem doğrultusu için ilk (hakim) mod şekli ile orantılı olarak yerdeğiştirme

talebine kadar artırılan deprem yüklerinin etkisi altında lineer olmayan analizin gerçekleştirilmesidir. Çok modlu itme yönteminde ise elastik olmayan davranışa katkısı olan tüm modlar hesaba katılarak doğrusal olmayan analizin yapılması amaçlamaktadır (Alıcı vd. 2015). Aşağıdaki koşulların sağlanması halinde yeni binaların şekil değiştirmeye dayalı tasarımında ve mevcut binalarının deprem performanslarının belirlenmesinde itme yöntemleri kullanılabilir;

- Sabit tek modlu itme yöntemi ve değişken tek modlu itme yöntemi olarak iki gruba ayrılan tek modlu itme yöntemleri;
 - Bina yükseklik sınıfı (BKS) 5 ve 5’den büyük olan binalar,
 - Herhangi bir katta doğrusal elastik davranış dikkate alınarak hesaplanan burulma düzensizliği katsayısının $n_{bi} < 1.4$ olduğu binalar,
 - İncelenen deprem doğrultusunda, doğrusal elastik yöntemler ile hesaplanan hakim titreşim moduna ait etkin kütlelerin toplam bina kütesine oranının en az 0.70 olduğu binalar.
- Çok modlu itme yöntemleri;
 - Bina yükseklik sınıfı (BKS) = 2 ve 2’den büyük olan bütün binalarda kullanılabilir.

1.6.4.2.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yöntemi

Bu yöntemde, doğrusal olmayan yapısal davranışta süperpozisyon ilkesinin geçerli olmaması nedeniyle yer hareketi etkisi altında taşıyıcı sistemin hareket denklemlerini ifade etmekte kullanılan diferansiyel denklem takımının zaman artımları ile adım adım doğrudan integrasyonu söz konusudur.

Şekil değiştirmeye dayalı değerlendirme ve tasarımda kullanılacak zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler için TBDY-2018’e göre en az 11 deprem kaydı kullanılmalı ve bu ivme kayıtlarının birbirine dik yatay iki bileşeninin aynı anda taşıyıcı sistemin X ve Y asal eksenleri doğrultusunda birlikte etki ettirilmelidir. Ayrıca aynı depremden en fazla üç adet ivme kaydı kullanılmalıdır.

Yapıların tasarımı ya da sismik davranışlarının belirlenmesi/değerlendirilmesi amacıyla, zaman tanım alanında hesap yöntemleri için kullanılan ivme kayıtları hesap sonuçlarını direk olarak etkilemektedir (Kayhan, 2012). Bu nedenle, hesaplarda kullanılacak bu ivme kayıtlarının seçilmesi sırasında yönetmelik gereği deprem

büyüklikleri, fay mesafeleri, faylanma mekanizmaları ve yerel zemin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yapıların tasarım ve analizlerinde, binanın bulunduğu bölgede tasarım spektrumu ile uyumlu geçmiş yer deprem kayıtları mevcut ise öncelikle bu ivme kayıtları kullanılmalıdır. Uygun sayı ve özelliklerde deprem kaydının bulunamaması durumunda ise yönetmelik gereği sahanın sismik kaynak, ve yerel zemin koşulları gibi parametreler dikkate alınarak benzeştirilmiş yer hareketi kayıtları zaman tanım alanında analizler için kullanılabilir.

TBDY-2018’de tasarım ve analizlerde kullanılacak ivme kayıtlarının ölçeklendirilmesi için basit ölçeklendirme ve spektral uyuşum yöntemleri sunulmuştur. Basit ölçeklendirme yönteminde;

- Bir veya iki boyutlu hesaplarda; dikkate alınan tüm deprem kayıtlarına ait tepki spektrumlarının ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki değerlerinin, tasarıma esas yatay spektrumun aynı periyot aralığındaki değerlerinden daha küçük olmaması gerekmektedir.
- Üç boyutlu hesaplarda; ilk olarak seçilen deprem kayıtlarının iki yatay bileşeni kullanılarak tüm kayıtlar için bileşke spektrumlar elde edilecektir. Bu bileşke spektrumların ortalamasının $0.2T_p$ ve $1.5T_p$ periyotları arasındaki değerlerinin, tasarıma esas yatay spektrumun aynı periyot aralığındaki değerlerinin 1.3 katından daha küçük olmaması gerekmektedir.

Seçilen deprem kayıtlarının spektral uyuşum sağlanacak şekilde dönüştürülmesinde ise tasarım ve analizlerde kullanılacak dönüştürülmüş ivme kayıtlarının tepki spektrumları ortalamasının, tüm periyotlar için tasarım spektrumundan daha küçük olmaması gerekmektedir.

1.6.4.3. Bina Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Performans Seviyelerinin Belirlenmesi ve Şekildeğiştirme/Plastik Dönme Sınırları

Yeni yapılacak binalar ve mevcut veya güçlendirilmiş binalara ait taşıyıcı sistem elemanlarında analizler sonucu elde edilen şekildeğiştirme ve plastik dönme istemleri TBDY-2018 Madde 5.8’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılarak bu taşıyıcı sistem elemanlarının kesit düzeyinde performans seviyeleri belirlenir. Yönetmelikte, yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri için şekildeğiştirme sınır değerleri farklı formüller ile hesaplanmaktadır. Yayılı plastik davranış modeli için sınır değerler toplam birim

şekildeğiştirme ile yığılı plastik davranış modelinde ise sınır değerler plastik dönmeler ile ifade edilmektedir. Bu sınır değerler;

➤ Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Seviyesi

Yayıllı plastik davranış modeli için dikdörtgen kesitli kolon, kiriş ve perde elemanlarda beton birim kısalması;

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.04\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (1.8)$$

dairesel kesitli kolon, kiriş ve perde elemanlarda beton birim kısalması;

$$\varepsilon_c^{(GÖ)} = 0.0035 + 0.07\sqrt{\omega_{we}} \leq 0.018 \quad (1.9)$$

Denk. 1.8-1.9’da verilen ilk terim kabuk betonun birim kısalmasını, ω_{we} ise etkin sargı donatısının mekanik donatı oranını ifade etmektedir ve Denk. 1.10 ile belirlenmektedir.

$$\omega_{we} = \alpha_{se} \rho_{sh,min} \frac{f_{ywe}}{f_{ce}} \quad (1.10)$$

Denk. 1.10’da α_{se} sargı donatısı etkinlik katsayısını, $\rho_{sh,min}$ kesitteki yatay doğrultulardaki sargı donatısının hacimsel oranının küçük olan değerini, f_{ywe} sargı donatısının ortalama akma dayanımını, f_{ce} ise betonun ortalama basınç dayanımını göstermektedir.

$$\text{Dikdörtgen kesitte } \alpha_{se} = \left(1 - \frac{\sum \alpha_i^2}{6b_o h_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2b_o}\right) \left(1 - \frac{s}{2h_o}\right) \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{A_{sh}}{b_k s} \quad (1.11)$$

$$\text{Dairesel kesitte } \alpha_{se} = \left(1 - \frac{s}{2D}\right)^n \quad ; \quad \rho_{sh} = \frac{2A_{os}}{Ds} \quad (1.12)$$

a_i bir etriye kolu veya çiroz tarafından mesnetlenen boyuna donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o sargılı beton boyutlarını, s enine donatı aralığını veya adımını, b_k dik doğrultuda çekirdek boyutunu, D sargı donatısının eksenleri arasındaki uzaklığı, A_{sh} ve A_{os} sargı donatısı alanını, ρ_{sh} sargı donatısının hacimsel oranını göstermektedir.

Yayıllı plastik davranış modelde göçmenin önlenmesi performans seviyesi için donatı birim şekildeğiştirmesi

$$\varepsilon_s^{(GÖ)} = 0.4\varepsilon_{su} \quad (1.13)$$

ε_{su} donatının çekme dayanımına karşılık gelen birim uzamayı ifade etmektedir.

Yığıllı plastik davranış modeli için göçme öncesi performans seviyesinde plastik dönmeler için esas alınacak sınır değer, kesitteki eksenel kuvvetler ve TBDY-2018 EK5A'da verilen malzeme modelleri dikkate alınarak elde edilen kesit moment-eğrilik ilişkileri kullanılarak Denklem 1.14 ile hesaplanmaktadır.

$$\theta_p^{(GÖ)} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right] \quad (1.14)$$

Denk. 1.14'de ϕ_u TBDY-2018 EK5A'da verilen malzeme modelleri dikkate alınarak gerçekleştirilen kesit eğrilik analizi ile hesaplanmış göçme öncesi toplam eğriliği, ϕ_y akma eğriliğini, L_p plastik mafsallık boyunu, L_s kesme açıklığını, d_b boyuna donatı çapını (çekmede ortalama) temsil etmektedir.

➤ Kontrollü Hasar (GÖ) Performans Seviyesi

Bu performans seviyesi için taşıyıcı sistem elemanlarına ait birim şekildeğiştirmeler ve plastik dönmeler için esas alınacak sınır değerler göçmenin önlenmesi performans düzeyine bağlı olarak verilmiştir.

$$\varepsilon_c^{(KH)} = 0.75\varepsilon_c^{(GÖ)} \quad ; \quad \varepsilon_s^{(KH)} = 0.75\varepsilon_s^{(GÖ)} \quad (1.15)$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75\theta_p^{(GÖ)} \quad (1.16)$$

➤ Sınırlı Hasar (SH) Performans Seviyesi

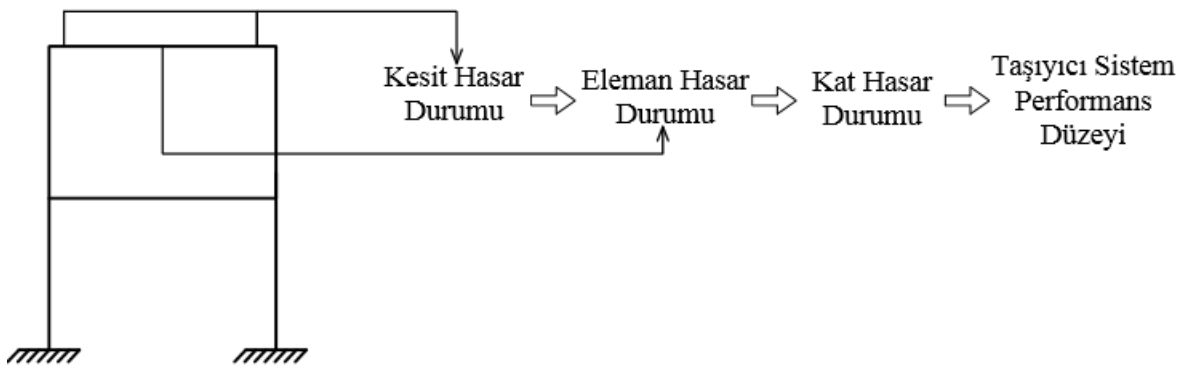
Bu performans seviyesi için taşıyıcı sistem elemanlarına ait birim şekildeğişirmeler için esas alınacak sınır değerler *yayıllı plastik davranış modeli* için Denk 1.17’de verilmiştir. Ancak bu performans seviyesinde, yığılı plastik davranış modeli için taşıyıcı sistem elemanlarında plastik dönmelerin oluşumuna izin verilmemektedir (Denk. 1.18).

$$\varepsilon_c^{(SH)} = 0.0025 \quad ; \quad \varepsilon_s^{(SH)} = 0.0075 \quad (1.17)$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0 \quad (1.18)$$

1.6.4.4. Mevcut Binaların Performansının Düzeylerinin Tespiti

Depreme maruz mevcut binaların performans düzeyleri belirlenirken gerçekleştirilen lineer ve nonlineer analizler sonucunda kesitlerde meydana gelen hasar seviyelerinden, eleman bazında hasar seviyelerine geçilir. Bu elemanların hasar seviyelerine göre taşıyıcı sistemin performans seviyesi belirlenir (Şekil 1.9). TBDY-2018’de mevcut binalardaki deprem etkisi altında meydana gelebilecek hasarlar durumları 4 farklı hasar düzeyi ile tanımlanmıştır.



Şekil 1.9. Bina deprem performansı belirlenirken takip edilen adımlar (Celep,2014)

• **Sınırlı Hasar Performans Düzeyi**

Bu performans düzeyinde, dikkate alınan her bir deprem doğrultusu için gerçekleştirilen analizler sonucunda binanın herhangi bir katındaki kirişlerin en fazla

%20'si belirgin hasar seviyesinde olması, ancak diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tamamının sınırlı hasar bölgesinde kalması gerekmektedir. Taşıyıcı sistem elemanlarındaki gevrek elemanların güçlendirilmesi şartıyla bu durumdaki binaların sınırlı hasar performans düzeyinde olduğu kabul edilir.

- **Kontrollü Hasar Performans Düzeyi**

Taşıyıcı sistem elemanlarındaki gevrek elemanların güçlendirilmesi şartıyla aşağıdaki koşulların sağlandığı binalar kontrollü hasar performans düzeyinde olduğu kabul edilir;

a. Dikkate alınan her bir deprem doğrultusu için gerçekleştirilen analizler sonucunda binanın herhangi bir katındaki kirişlerin en fazla %35'i ileri hasar bölgesinde olabilir.

b. İleri hasar bölgesinde bulunan düşey taşıyıcı sistem elemanlarının, herhangi bir kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerine katkısı %80'nin altında olmalıdır.

c. En üst kattaki ileri hasar bölgesinde bulunan düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerinin toplamına oranı %40'dan az olmalıdır.

d. Diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tamamı sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olabilir. Ancak alt ve üst kesitlerinde aynı anda belirgin hasar sınırı aşılmış düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerinin, dikkate alınan kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetine oranının %30'dan daha az olması gerekmektedir.

- **Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi**

Taşıyıcı sistem elemanlarındaki gevrek elemanların göçme bölgesinde bulunduğu düşünüle aşağıdaki koşulların sağlandığı binalar göçmenin önlenmesi performans düzeyinde olduğu kabul edilir;

a. Dikkate alınan her bir deprem doğrultusu için gerçekleştirilen analizler sonucunda binanın herhangi bir katındaki kirişlerin en fazla %20'si göçme bölgesinde olabilir.

b. Diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tamamı sınırlı hasar bölgesinde, belirgin hasar bölgesinde veya ileri hasar bölgesinde olabilir. Ancak alt ve üst kesitlerinde aynı anda belirgin hasar sınırı aşılmış düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerinin, dikkate alınan kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetine oranının %30'dan daha az olması gerekmektedir.

- **Göçme Durumu**

İncelenen bina göçmenin önlenmesi performans seviyesini sağlamıyorsa bu düzeyde olduğu kabul edilir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Giriş

Bu bölümde, betonarme binalarda kullanılan farklı oran ve düzendeki dolgu duvarların yapıların sismik davranış ve performansına olan etkilerini araştırmak üzere öncelikle TBDY-2018 esaslarına göre konut amacıyla kullanılacak betonarme bir yapının tasarımı eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın devamında, tasarlanan konut binasının performans değerlendirmesi doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden zaman tanım alanında hesap yöntemi ile yapılmıştır. Zaman tanım alanında gerçekleştirilecek analizler için TBDY-2018’de tanımlanan yatay elastik tasarım spektrumuyla uyumlu 11 adet ivme kaydı seçilmiş ve ölçeklendirilmiştir.

Binanın sonlu eleman modelleri SAP2000 programında oluşturulmuş, kesit analizleri ise RESPONSE2000 programında gerçekleştirilmiştir.

2.2. Betonarme Bir Konut Binasının TBDY-2018’e Göre Tasarımı

2.2.1. Binanın Genel Özellikleri

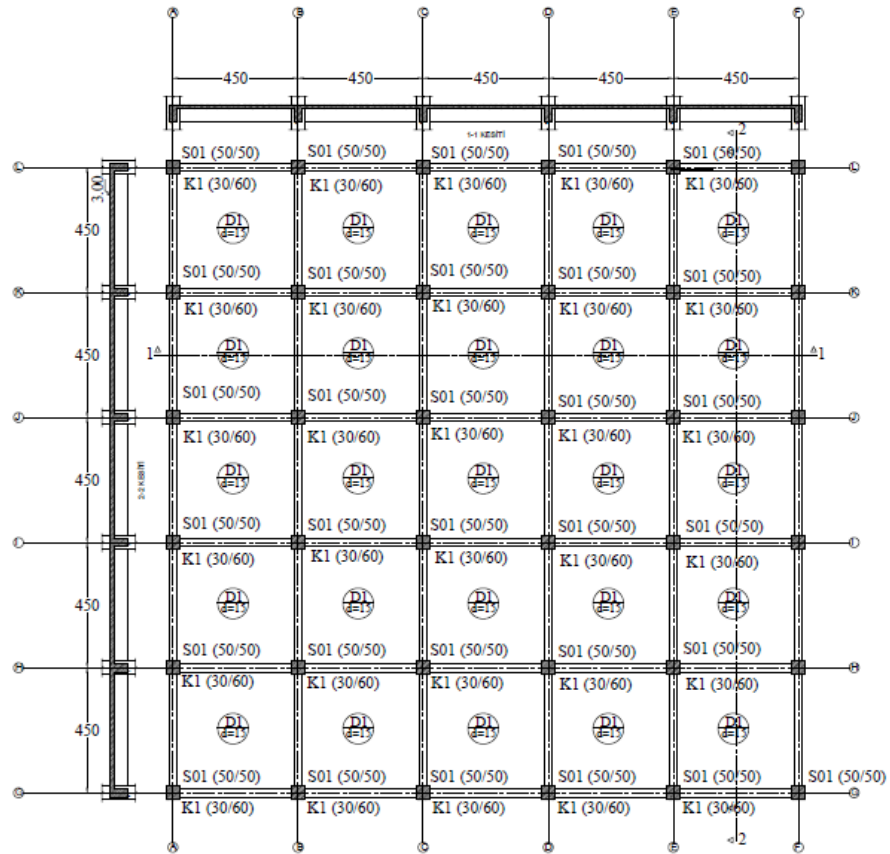
Bu tez çalışmasında, uygulama amacıyla tasarımı ve değerlendirmesi yapılacak binanın İstanbul ili, Eyüp İlçesinde yer aldığı düşünülmüştür. Bina her iki doğrultuda da simetrik olup 4.5 m’lik 5 açıklıktan oluşmaktadır. Kat yüksekliği tüm katlarda aynı olup 3m’dir. Toplam 5 kattan oluşan binanın zemin üstünden toplam yüksekliği 15 m’dir. Konut amacıyla kullanılacak binanın taşıyıcı sisteminin süneklik düzeyi yüksek moment aktaran betonarme çerçevelerden oluşturulması öngörülmüştür. Tasarımı yapılan binaya ait tipik kat planı Şekil 2.1’de proje parametreleri ise Tablo 2.1’de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Seçilen binaya ait proje parametreleri

Yapı Hakkında	
Kat Adedi	5
Bina Kat Yüksekliği	3 m
Bina Oturma Alanı	22.5x22.5=506.25 m ²
Bina Kullanım Amacı	Konut

Tablo 2.1 devamı. Seçilen binaya ait proje parametreleri

Zemin Sınıfı	ZB
Proje Parametreleri	
Kolon Ölçüleri	50x50 cm
Kiriş	30x60 cm
Döşeme	15 cm
Malzeme Özellikleri	
Beton	C30/37
	$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$
	$f_{ctk} = 1.91 \text{ MPa}$
	$f_{cd} = 20 \text{ MPa}$
	$f_{ctd} = 1.27 \text{ MPa}$
Donatı Çeliği	$E_c = 32000 \text{ MPa}$
	B420C
	$f_{yk} = 420 \text{ MPa}$
	$f_{yd} = 365 \text{ MPa}$
	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
Yükler	
Duvar Yükü	6 kN/m (Tüm Duvarlarda)
Sabit Yük	2 kN/m ² (Tüm Katlarda)
Hareketli Yük	2 kN/m ² (Tüm Katlarda)

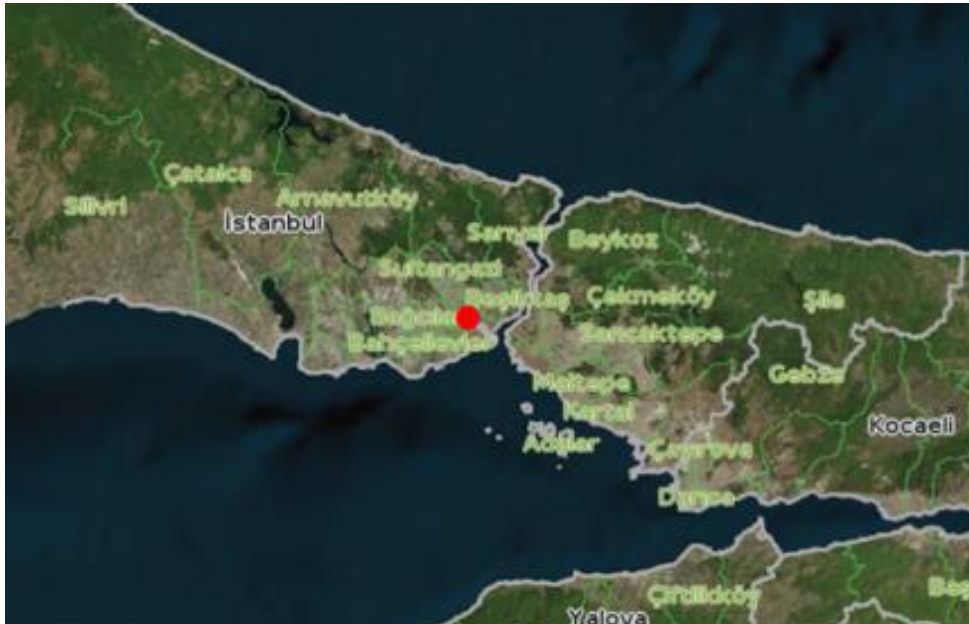


Şekil 2.1. İncelenen yapının kat planı

2.2.2. Deprem Tasarım Parametreleri

Tasarımı yapılacak bina ZB zemin sınırında ve 28.9378° boylam, 41.04388° enleminde İstanbul İlinin Eyüp İlçesinde bulunduğu düşünülmüştür (Şekil 2.2). Bu bilgiler ışığında, TBDY-2018 ve yenilenen Türkiye Deprem Tehlikeleri Haritaları İnteraktif Web Uygulamasına göre bölgenin 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem yer hareketi düzeyi (tasarım depremi) için en büyük yer ivmesi 0.361g'dir. Seçilen bölgenin spektral ivme değerleri ve karakteristik periyotları Tablo 2.2'de, TBDY-2018'de verilen deprem yer hareketi düzeyleri için elde edilen yatay elastik spektrum eğrileri Şekil 2.3'de verilmiştir. Düşey deprem etkileri ($E_d^{(Z)}$) TBDY-2018 Madde 4.4.3.1 ve 4.4.3.2 gereğince açıklığı incelenen binada 20m'den daha fazla olan kirişlerin olmaması, 5m'den daha fazla konsol içermemesi, kirişlere oturan kolonların olmaması ve eğimli kolonların bulunmaması sebebiyle özel bir hesap yapılmadan doğrudan Denklem (2.1) ile hesaplarda göz önüne alınmıştır.

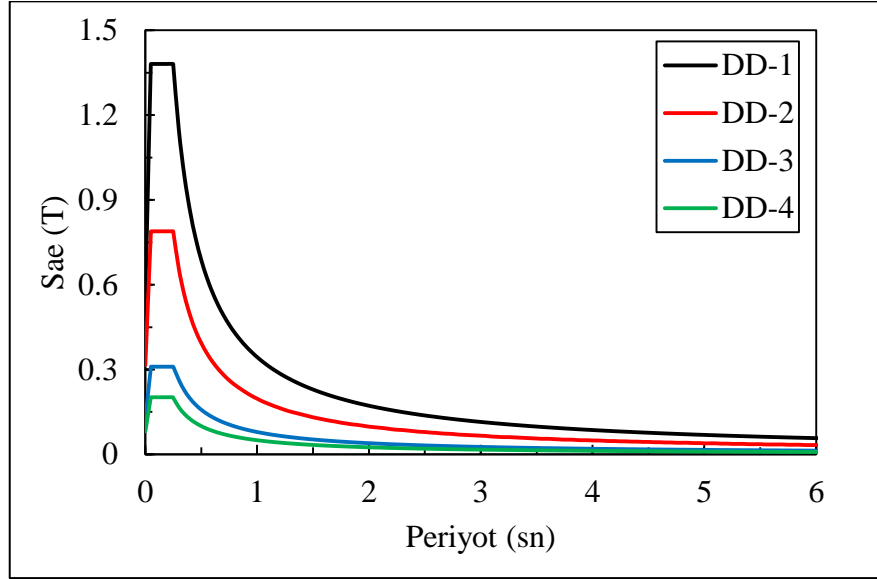
$$E_d^{(Z)} \approx (2/3) S_{DS} G \quad (2.1)$$



Şekil 2.2. Uygulama amacıyla tasarımı ve değerlendirmesi yapılacak binanın lokasyonu

Tablo 2.2. Deprem düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumuna ait katsayılar

Deprem Tasarım Parametreleri								
Deprem Düzeyi	S_s	S_1	F_s	F_1	$S_{DS}=S_s \times F_s$	$S_{D1}=S_1 \times F_1$	T_A	T_B
DD-1	1.535	0.430			1.381	0.344	0.049	0.249
DD-2	0.877	0.246	0.90	0.80	0.789	0.197	0.049	0.249
DD-3	0.345	0.099			0.310	0.079	0.050	0.254
DD-4	0.224	0.063			0.202	0.050	0.049	0.247



Şekil 2.3. Deprem düzeyleri için yatay elastik tasarım spektrumu

2.2.3. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Boyutlarının Belirlenmesi

➤ Döşeme Ön Boyutunun Seçimi;

TBDY-2018' e göre döşeme kalınlığının belirlenmesinde TS500 (TS500, 2000)'de verilen esaslar benimsenmiş olup çift doğrultuda çalışan betonarme döşemelerin kalınlıkları Denk 2.2 ile verilen minimum değerlere göre belirlenir.

$$h_f \geq \begin{cases} 80 \text{ mm} \\ \frac{l_{sn}}{15 + \frac{20}{m}} \left(1 - \frac{\alpha_s}{4}\right) \Rightarrow h_f = \frac{4200}{15 + \frac{20}{1}} \left(1 - \frac{1}{4}\right) = 90 \text{ mm} \\ l_{sn} / 30 \Rightarrow h_f = 4200 / 30 = 140 \text{ mm} \end{cases} \quad (2.2)$$

Burada l_{sn} kısa kenar net mesafesini, m uzun kenarın kısa kenara oranını, α_s ise sürekli kenarlar uzunlukları toplamının toplam kenar uzunluklarının toplamına oranı olarak ifade edilir. Seçilen sistemde tüm döşemelerin kare olması sebebiyle $m=1$, α_s ise köşe döşemelerde 0.5, kenar döşemelerde 0.75, orta döşemelerde ise 1 olarak dikkate alınır. Denklem 2.1'e göre seçilen döşeme kalınlığı (h_f) 15 cm'dir.

➤ Kiriş Ön Boyutlarının Seçimi;

TBDY-2018 ve TS500-2000 gereği betonarme kirişlerin boyutlandırmasında esas alınacak minimum boyutlar Denk. 2.3-2.5'de verilmiştir. Aşağıda verilen koşullara göre kiriş en kesit boyutları 30 cm genişliğinde ve 60 cm yüksekliğinde seçilmiştir.

$$\begin{aligned} b_w &\geq \{250\text{ mm} \\ b_w &\leq \{Kolon Genişliği + Kiriş Yüksekliği \end{aligned} \quad (2.3)$$

$$h_k \geq \begin{cases} 300\text{ mm} \\ 3h_f = 3 \times 150 = 450\text{ mm} \\ l/12 = 4500/12 = 375\text{ mm} \end{cases} \quad (2.4)$$

$$h_k \leq \begin{cases} 3.5b_w = 3.5 \times 300 = 1050\text{ mm} \\ l_n/4 = 4500/4 = 1125\text{ mm} \end{cases} \quad (2.5)$$

➤ Kolon Ön Boyutlarının Seçimi

Kolon ön boyutlandırması yapılırken kolonların etki alanlarındaki bütün ağırlıkları karşılayacak şekilde ön boyutlandırma yapılmıştır ve bu amaçla kolon boyutlarının başlangıçta 50x50 cm seçilmiştir. Taşıyıcı sistem elemanlarının öz ağırlığı ve sistem üzerine ilave edilen sabit/hareketli yükler dikkate alınarak SAP2000 programından elde edilen eksenel yükler, temel yük birleşim katsayıları ile artırılarak kolonların ön boyutlandırılmasında kullanılmıştır.

TS500'de yük katsayıları ile artırılmış düşey yükler altında kolonlarda oluşacak en büyük eksenel basınç kuvveti $N_d \leq 0.90 A_c f_{ck}$ koşulu ile sınırlandırılmıştır. TBDY-2018'de ise hareketli yük azaltma katsayıları dikkate alınarak hesaplanan düşey yükler ve

deprem yüklerinin ortak etkisi altında kolonlarda oluşacak en büyük eksenel basınç kuvveti $N_{dm} \leq 0.40A_c f_{ck}$ koşulu ile sınırlandırılmıştır.

$$A_c = b^2 \geq \frac{1932000}{0.9 \times 30} = 71555.55 \text{ mm}^2 \text{ (} 267 \text{ mm} \times 267 \text{ mm)}$$

$$A_c = b^2 \geq \frac{1932000}{0.4 \times 30} = 161000 \text{ mm}^2 \text{ (} 402 \text{ mm} \times 402 \text{ mm)}$$

Seçilen kolon ön boyutları 50x50 cm'dir.

2.2.4. Deprem Etkisi Altında Tasarım İçin Genel Esaslar

Bina konut türü bir yapı olarak kullanılacaktır. TBDY-2018 Tablo 3.1.'e göre Bina Kullanım Sınıfı (BKS) = 3 ve Bina Önem Katsayısı (I) = 1 olarak belirlenir. İncelenen binanın bulunduğu bölgede DD-2 tasarım deprem düzeyi için kısa periyot spektral ivme katsayısı (S_{DS}) 0.789 olması ve bina kullanım sınıfı 3 olması sebebiyle, TBDY-2018 Tablo 3.2'ye göre Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) = 1'dir. TBDY-2018 Tablo 3.3'e göre incelenen binanın bina yükseklik sınıfı (BYS) = 6'dır.

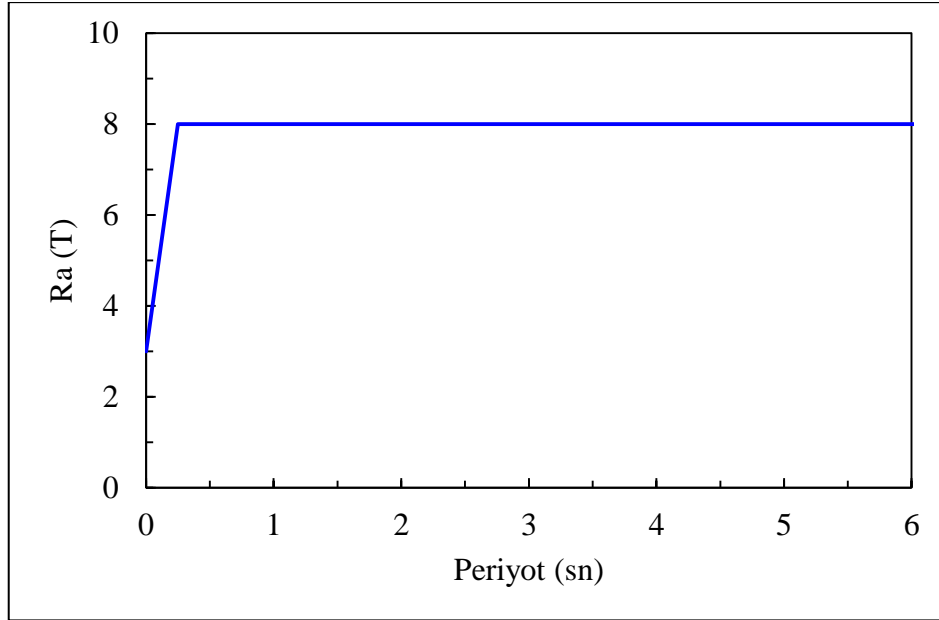
Uygulama amacıyla tasarımı ve değerlendirmesi yapılan binanın taşıyıcı sistemi için moment aktaran betonarme çerçeveler düşünülmüş ve binanın taşıyıcı sistemi süneklik düzeyi yüksek olarak tasarlanacaktır. Bu bilgiler ışığında TBDY-2018 Tablo 4.1' e göre deprem yüklerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar için Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R) = 8, Dayanım Fazlalığı Katsayısı (D) = 3 olarak elde edilir.

TBDY-2018 Madde 4.2.1.2'de Deprem Yüğü Azaltma Katsayısı $R_a(T)$ ve Azaltılmış Tasarım İvme Spektrumu $S_{aR}(T)$ Denk. 2.6-2.7 ile verilmiştir.

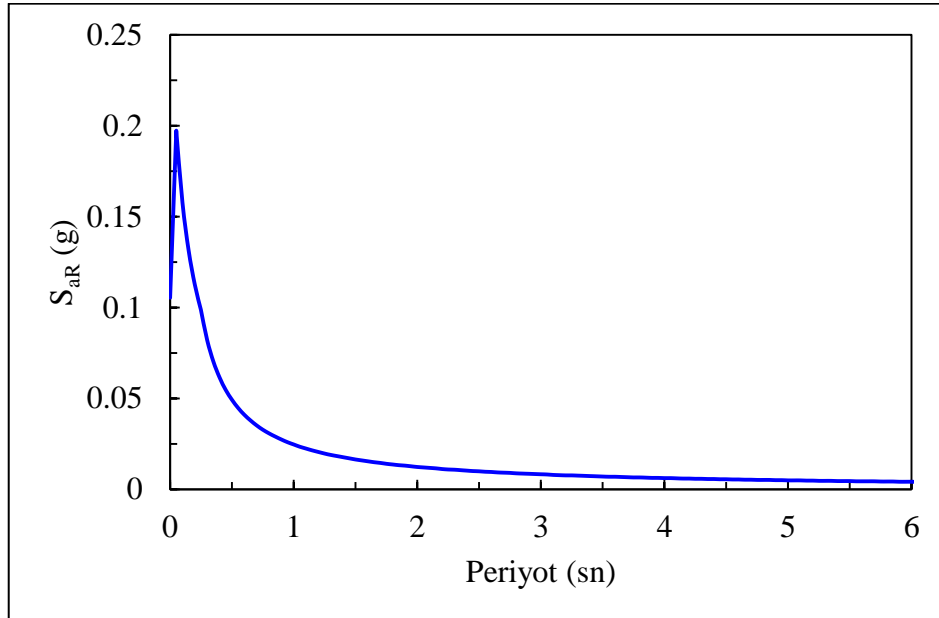
$$\begin{aligned} R_a(T) &= \frac{R}{I} & T > T_B \\ R_a(T) &= D + \left(\frac{R}{I} - D \right) \frac{T}{T_B} & T \leq T_B \end{aligned} \quad (2.6)$$

$$S_{aR}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{R_a(T)} \quad (2.7)$$

Yukarıdaki bilgiler ışığında incelenen bina için elde edilen deprem yükü azaltma katsayısı ve DD-2 tasarım deprem düzeyi azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu Şekil 2.4 ve 2.5’de verilmiştir.



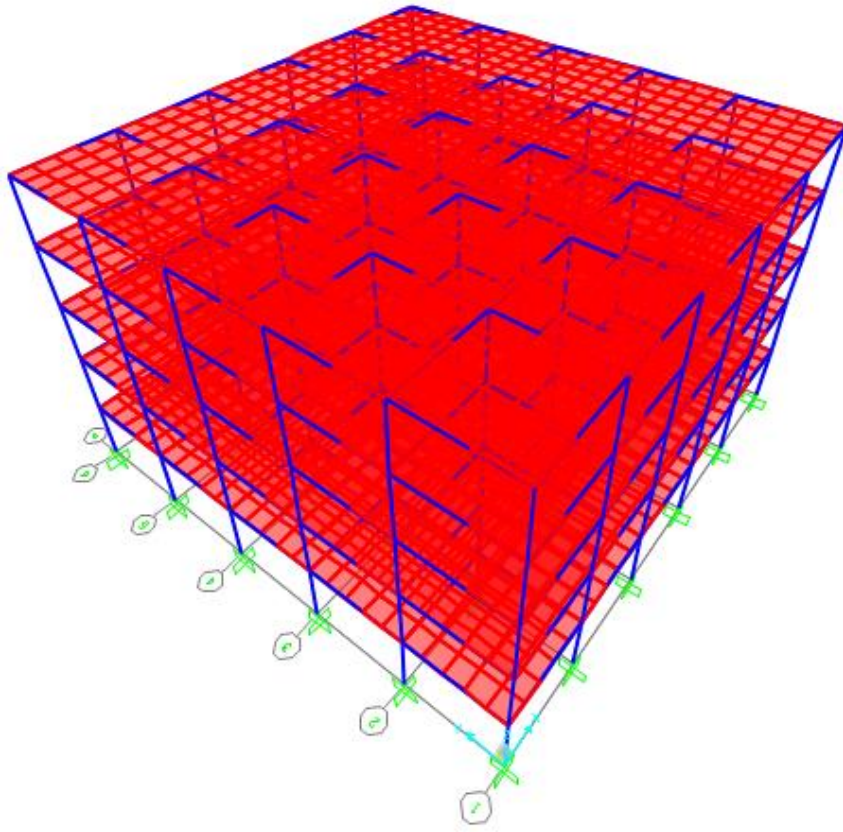
Şekil 2.4. Deprem yükü azaltma katsayısının periyot ile değişimi



Şekil 2.5. Binaya ait azaltılmış yatay elastik tasarım spektrumu

2.2.5. Doğrusal Hesap İçin Taşıyıcı Sistemin Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması

TBDY-2018 Madde 4.5.1.1’göre binanın sonlu eleman modeli üç boyutlu olarak SAP2000 programında oluşturulmuş olup incelenen bina her iki doğrultuda da simetrik olması sebebiyle tek doğrultudaki deprem etkileri göz önüne alınmıştır. İncelenen binaya ait sonlu eleman modeli Şekil 2.6’da sunulmuştur.



Şekil 2.6. İncelenen binanın sonlu eleman modeli

Analizlerde sönüm oranı %5 olarak dikkate alınmıştır (TBDY-2018 Madde 4.5.1.3). Kolonlar ve kirişler çubuk eleman olarak modellenmiş olup, döşemeler düzlem içi ve dışı yerdeğiştirmelere ilişkin serbestlik derecelerini içerecek şekilde kabuk eleman ile modellenmiştir ve rijit diyafram olarak hesaba katılmıştır (TBDY-2018 Madde 4.5.2.1 ve Madde 4.5.6). Analizlerde, hareketli yükler için etki katsayısı TBDY-2018’e göre konutlar için verilen 0.3 değeri kullanılmıştır. Bina taşıyıcı sistem elemanlarına ait etkin eğilme rijitlikleri TBDY-2018 Tablo 4.2’de verilen değerler esas alınarak SAP2000 programına

atanmıştır (Şekil 2.7).

a. Kirişler		b. Kolonlar	
Property/Stiffness Modifiers for Analysis		Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1	Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	1	Shear Area in 2 direction	1
Shear Area in 3 direction	1	Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1	Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	0,35	Moment of Inertia about 2 axis	0,7
Moment of Inertia about 3 axis	0,35	Moment of Inertia about 3 axis	0,7
Mass	1	Mass	1
Weight	1	Weight	1

a. Kirişler

b. Kolonlar

c. Döşemeler	
Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Membrane f11 Modifier	0,25
Membrane f22 Modifier	0,25
Membrane f12 Modifier	0,25
Bending m11 Modifier	0,25
Bending m22 Modifier	0,25
Bending m12 Modifier	0,25
Shear v13 Modifier	1
Shear v23 Modifier	1
Mass Modifier	1
Weight Modifier	1

c. Döşemeler

Şekil 2.7. Taşıyıcı sistem elemanlarına etkin rijitliklerin tanımlanması

2.2.6. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

TBDY-2018 Tablo 4.4’de eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanılabilmesi için bazı koşullar tanımlanmıştır. Tasarımı yapılan binada $BYS = 6$ ve $DTS = 1$ olduğu için eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılabilir. Eşdeğer deprem yükü yöntemiyle doğrusal deprem hesabında bina tabanına etkiyen toplam kesme kuvveti (V_{tE}) Denk. 2.8’deki gibi

hesaplanır.

$$V_{tE}^{(X)} = m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \quad (2.8)$$

Eşdeğer deprem yük yönteminde, hesaplanan hakim titreşim periyodu $T_p^{(X)}$ 'in en büyük değeri Denk (2.9) sunulan T_{pA} periyodunun 1.4 katından daha küçük olması gerekmektedir.

$$T_{pA} = C_t H_N^{3/4} \quad (2.9)$$

TBDY-2018 Madde 4.7.3.4 e göre taşıyıcı sistemi sadece betonarme çerçevelerden oluşan binalarda $C_t = 0.1$ olarak dikkate alınacaktır. Bu durumda $T_{pA} = 0.1 \times 15^{3/4} = 0.762$ sn olarak elde edilir. Yapının sonlu eleman modelinde hakim titreşim periyodu $T_p = 0.712$ sn olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu periyot değeri T_{pA} periyodunun 1.4 katından daha küçük olması nedeniyle Eşdeğer deprem yüklerinin hesabında sonlu eleman modelinden elde edilen bina periyotları kullanılmıştır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre binaya etkiyecek toplam taban kesme kuvveti;

$$\begin{aligned} V_{tE}^{(X)} &= m_t S_{aR}(T_p^{(X)}) g \geq 0.04 m_t I S_{DS} g \\ V_{tE}^{(X)} &= 33623.44 \times 0.0351 = 1180.18 \text{ kN} \geq 0.04 \times 33623.44 \times 1 \times 0.789 = 1061.15 \text{ kN} \\ \Delta F_{NE}^{(X)} &= 0.0075 N V_{tE}^{(X)} = 0.0075 \times 5 \times 1180.18 = 44.25 \text{ kN} \\ V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)} &= 1180.18 - 44.25 = 1135.93 \text{ kN} \end{aligned}$$

TBDY-2018 Madde 4.7.2 ye göre katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri Denk. 2.10 ile hesaplanır. Bu taban kesme kuvvetine ilave olarak analizlerde TBDY-2018 Madde 4.5.10.2'de belirtildiği gibi +%5 ve -%5 kadar dış merkezlik etkisi de dikkate alınmıştır. İncelenen binada yukarıdaki esaslar dikkate alınarak elde edilen eşdeğer taban kesme kuvveti ve katlara etkiyen eşdeğer deprem yükleri Tablo 2.3'de verilmiştir. Denklem 2.10 ile verilen $\Delta F_{NE}^{(X)}$ eşdeğer deprem yükü yönteminde ileri mod katkılarının etkisini göz önüne alabilmek için kullanılmaktadır.

$$\Delta F_{NE}^{(X)} = 0.0075 N V_{tE}^{(X)}$$

$$F_{iE}^{(X)} = (V_{tE}^{(X)} - \Delta F_{NE}^{(X)}) \frac{m_j H_j}{\sum_{j=1}^N m_j H_j} \quad (2.10)$$

$$V_{tE}^{(X)} = \Delta F_{NE}^{(X)} + \sum_{i=1}^N F_{iE}^{(X)}$$

Tablo 2.3. Taban kesme kuvveti ve kat kesme kuvvetleri

Katlar	h _i (m)	H _i (m)	w _i (kN)	w _i xH _i	Oran	F _{tE} ^(X) (kN)	F _{tE} ^(X) +ΔF _{NE} ^(X)
5	3	15	6724.68	100870.2	0.33	374.86	419.12
4	3	12	6724.68	80696.16	0.27	306.70	306.70
3	3	9	6724.68	60522.12	0.20	227.19	227.19
2	3	6	6724.68	40348.08	0.13	147.67	147.67
1	3	3	6724.68	20174.04	0.07	79.51	79.51
Toplam			33624.4	302610.06	1	1135.93	1180.19

2.2.7. Deprem Etkilerinin Birleştirilmesi ve Tasarım için İç Kuvvetlerin Elde Edilmesi

Tasarıma esas iç kuvvetleri elde etmek için kullanılacak yük kombinasyonları TS500 ve TBDY-2018'e göre gerçekleştirilmiştir. İncelenen bina için sünek davranış gösterecek taşıyıcı sistem elemanları için kullanılan yük kombinasyonları 1.4G+1.6Q; G+Q+E_d^(H)+0.3E_d^(Z) ; 0.9G+ E_d^(H)- 0.3E_d^(Z), dir. Burada G ölü yükleri, Q hareketli yükleri E_d^(H) yatay deprem yüklerini ve E_d^(Z) düşey deprem yüklerinin ifade etmektedir.

2.2.8. Düzensizlikler ve Göreli Kat Ötelenmelerinin Değerlendirilmesi

A1 - Burulma düzensizliği kontrolü; incelenen yapının taşıyıcı sisteminin iki doğrultuda da simetrik olması nedeniyle kontroller tek doğrultu da yapılmıştır (Tablo 2.4). Yapılan kontroller neticesinde incelenen yapıda burulma düzensizliği yoktur.

Tablo 2.4. A1-Burulma düzensizliği kontrolü

Katlar	Δ_{imax} (mm)	Δ_{imin} (mm)	Δ_{iort} (mm)	$\eta_{bi} = \Delta_{imax} / \Delta_{iort}$	Kontrol<1.2
5.Kat	0.833	0.67	0.75	1.11	✓
4.Kat	1.44	1.16	1.30	1.11	✓
3. Kat	1.93	1.55	1.74	1.11	✓
2. Kat	2.23	1.79	2.01	1.11	✓
1. Kat	1.82	1.46	1.64	1.11	✓

A2 - Döşeme süreksizliği kontrolü; İncelenen yapıdaki boşlukların toplam alanının döşeme alanına oranı 1/3'den küçüktür ve yatay yüklerin aktarımı engelleyen yerel boşluklar bulunmamasından dolayı döşeme süreksizliği yoktur.

A3 - Planda çıkıntılarının bulunması; incelenen yapının kat planlarında çıkıntı yapan herhangi bir kısım bulunmamaktadır. Bu nedenle A3 türü düzensizlik yoktur.

B1 - Komşu katlar arası dayanım düzensizliği (Zayıf kat)kontrolü; TBDY-2018'e göre bu düzensizlik türü incelenen kattaki toplam etkili kesme alanının bir üst kattaki etkili kesme alanına oranının 0.8'den küçük olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Uygulama amacıyla tasarımı yapılan binada düşey taşıyıcı elemanların en kesitlerinde bina yüksekliği boyunca herhangi bir değişikliğin olmaması ve tüm katlarda aynı oranda duvar kullanılması sebebiyle zayıf kat düzensizliği yoktur.

B2 - Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat) kontrolü; incelenen yapının taşıyıcı sisteminin iki doğrultuda da simetrik olması nedeniyle kontroller tek doğrultu da yapılmıştır ve Tablo 2.5'den görüleceği üzere yumuşak kat düzensizliği mevcut değildir.

Tablo 2.5. B2 - Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (Yumuşak kat) kontrolü

Katlar	h (m)	Δ_{ort} (mm)	Δ_i / h	$\Delta_{(i+1)} / h_{(i+1)}$	$\eta_{ki} = (\Delta_i / h) / (\Delta_{(i+1)} / h_{(i+1)})$	Kontrol<2
5	3.0	0.75	0.00025		-/0.58	✓
4	3.0	1.30	0.000434	0.00025	1.73/0.75	✓
3	3.0	1.74	0.000581	0.000434	1.34/0.87	✓
2	3.0	2.01	0.000671	0.000581	1.16/1.22	✓
1	3.0	1.64	0.000548	0.000671	0.82/-	✓

B3 – Taşıyıcı sistem düşey elemanlarının süreksizliği kontrolü; uygulama amacıyla

tasarımı yapılan binada düşey taşıyıcı elemanların temelden bina yüksekliği boyunca sürekli olması ve kiriş veya güseler üzerine oturtulmaması sebebiyle B3 türü düzensizlik yoktur.

Görelî Kat Ötelenmelerinin Değerlendirilmesi; TBDY-2018 Madde 4.9.1.3' e göre tüm deprem doğrultuları için, binanın herhangi bir katındaki düşey taşıyıcı sistem elemanlarının uçlarındaki deplasmanlara bağılı olarak hesaplanan etkin görelî kat ötelenmelerinin (δ_i) belirli sınırlar altında tutulması gerekmektedir. İncelenen bina için azaltılmış görelî kat ötelenmeleri ve etkin görelî kat ötelenmeleri Denk. 2.11-2.12 ile elde edilmiştir.

$$\Delta_i^{(X)} = u_i^{(X)} - u_{i-1}^{(X)} \quad (2.10)$$

$$\delta_i^{(X)} = \frac{R}{I} \Delta_i^{(X)} \quad (2.11)$$

Denk 2.10'da $u_i^{(X)}$ ve $u_{i-1}^{(X)}$ azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanmış deplasman değerlerini ifade etmektedir. İncelenen deprem doğrultuları ve her bir kat için hesaplanan etkin görelî kat ötelenmelerinin kat içindeki en büyük değeri δ_{imax} TBDY-2018 4.9.1.3.a ve 4.9.1.3b de verilen koşulları sağlamalıdır;

Dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının tamamen bitişik olması durumunda;

$$\lambda \frac{\delta_{imax}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008\kappa$$

Dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının birbirinde esnek bağlantılarla ayrıldığı

$$\text{durumlarda; } \lambda \frac{\delta_{imax}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016\kappa$$

TBDY-2018 Madde 4.9.1.4 esaslarına göre λ katsayısı incelenen bina için 0.40 olarak hesaplanmış, κ katsayısı incelenen binanın betonarme olması sebebiyle 1 olarak dikkate alınmıştır. İncelenen yapının taşıyıcı sisteminin iki doğrultuda da simetrik olması nedeniyle kontroller tek doğrultu da yapılmıştır ve Tablo 2.6'dan görüleceği üzere görelî kat ötelenme kontrolü sağlanmıştır.

Tablo 2.6. Göreli kat ötelenmelerinin kontrolü

Katlar	h (m)	u_i (mm)	u_{i-1} (mm)	Δ_i (mm)	δ_i (mm)	$\lambda(\delta_i/h)$	Kontrol<0.008
5.Kat	3.0	6.6	5.9	0.7	5.6	0.0007	✓
4.Kat	3.0	5.9	4.6	1.3	10.3	0.0013	✓
3. Kat	3.0	4.6	3	1.6	12.8	0.0017	✓
2. Kat	3.0	3	1.2	1.8	14.4	0.0019	✓
1. Kat	3.0	1.2	0	1.2	9.6	0.0013	✓

2.2.9. Betonarme Elemanların Hesap ve Tasarımı

2.2.9.1. Betonarme Kirişlerin Tasarımı

➤ Betonarme Kirişlerin Eğilme Tasarımı;

İncelenen binada analizler sonucunda elde edilen açıklık hesap momenti $M_d=43\text{kNm}$ 'dir. Bu moment değeri için hesaplanan eğilme donatısı hesabı aşağıdaki gibidir.

$$M_d = 0.85 f_{cd} b_w a \left(d - \frac{a}{2}\right) \Rightarrow 43 \times 10^6 = 0.85 \times \frac{30}{1.5} \times 300 \times a \times \left(560 - \frac{a}{2}\right) \Rightarrow a = 15.26 \text{ mm}$$

$$A_s \cdot f_{yd} = 0.85 f_{cd} b_w a \Rightarrow A_s = \frac{0.85 \times 20 \times 300 \times 15.26}{365} = 213.22 \text{ mm}^2$$

TBDY-2018 Madde 7.4.2.1 ve 7.4.2.4'e göre süneklik düzeyi yüksek kirişlerde kullanılması gereken minimum ve maksimum donatı oranları hesaplanmalıdır.

$$\rho_{\min} = 0.8 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.00278 \quad ; \quad \rho_{\max} = 0.02$$

$$\left. \begin{aligned} A_{s \min} &= \rho_{\min} A_c = 0.00278 \times 300 \times 600 = 501.04 \text{ mm}^2 \\ A_{s \max} &= \rho_{\max} A_c = 0.02 \times 300 \times 600 = 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned} \right\} A_{s \min} > A_{s \text{mevcut}}$$

olduğu için seçilen donatı $5\Phi 12$ ($A_{s \text{mevcut}} = 565.48 \text{ mm}^2$)'dir.

İncelenen binada analizler sonucunda elde edilen kiriş mesnet donatısı için $M_d=100\text{kNm}$ 'dir. Yukarıdaki hesaplar tekrarlanırsa;

$$M_d = 0.85 f_{cd} b_w a \left(d - \frac{a}{2}\right) \Rightarrow 100 \times 10^6 = 0.85 \times \frac{30}{1.5} \times 300 \times a \times \left(560 - \frac{a}{2}\right) \Rightarrow a = 36.18 \text{ mm}$$

$$A_s \cdot f_{yd} = 0.85 f_{cd} b_w a \Rightarrow A_s = \frac{0.85 \times 20 \times 300 \times 36.18}{365} = 505.53 \text{ mm}^2$$

Mesnet için seçilen donatı $2\Phi 12$ (montaj) + $2\Phi 16$ (ilave) ($A_{s \text{mevcut}} = 628.31 \text{ mm}^2$)'dir.

$$\rho_{\min} = 0.8 \frac{f_{ctd}}{f_{yd}} = 0.00278$$

$$\left. \begin{aligned} A_{s\min} &= \rho_{\min} A_c = 0.00278 \times 300 \times 600 = 501.04 \text{ mm}^2 \\ A_{s\max} &= \rho_{\max} A_c = 0.02 \times 300 \times 600 = 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned} \right\} A_{s\min} < A_{smevcut} < A_{s\max}$$

TBDY-2018 Madde 7.4.2.3' e göre incelenen binanın Deprem Tasarım sınıfı DTS=1 olması sebebiyle kiriş mesnetlerindeki alt donatılar, aynı mesnetteki üst donatıların %50'sinden az olamaz. İncelenen yapıdaki kirişler mesnetlerinde üstte 628.31 mm², altta 565.48 mm² donatı bulunmaktadır ve bu koşul sağlanır.

➤ Betonarme Kirişlerin Kesme Güvenliğinin Kontrolü;

TBDY-2018 Madde 7.4.5'de kirişlerin sargı donatılarının belirlenmesinde dikkate alınacak kesme kuvveti aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$V_e = V_{dy} \pm \frac{M_{pi} + M_{pj}}{l_n}$$

Kiriş uçlarındaki moment taşıma kapasiteleri $M_{pi}=1.4M_{ri}$ ve $M_{pj}=1.4M_{rj}$ olarak dikkate alınmıştır. Deprem yönüne bağlı olarak hesaplanan kesme kuvvetleri aşağıdaki gibidir.

$$M_{ri} = M_{rj} = 123.27 \text{ kNm} \Rightarrow M_{pi} = M_{pj} = 1.4 \times 123.27 = 172.57 \text{ kNm}$$

$$V_{dy} = 55 \text{ kN}$$

$$+ \text{Deprem Yönü İçin } V_e = 55 + \frac{172.57 + 172.57}{4} = 141.285 \text{ kN}$$

$$- \text{Deprem Yönü İçin } V_e = 55 - \frac{172.57 + 172.57}{4} = -31.285 \text{ kN}$$

TBDY-2018 Madde 7.4.5.1' göre düşey yükler ile birlikte depremde hesaplanan D ile artırılmış kesme kuvvetinin toplamının hesaplanan V_e 'den küçük olması durumunda V_e yerine bu kesme kuvveti kullanılmalıdır. $V=95\text{kN} < V_e=141.285\text{kN}$ olduğundan hesapta dikkate alınacak kesme kuvveti $V_e=95\text{kN}$ 'dur.

TBDY-2018 Madde 7.4.5.3' göre kiriş sarılma bölgesindeki enine donatı hesabında, sadece deprem kuvvetleri nedeniyle oluşan kesme kuvvetlerinin depremli durumdaki toplam kesme kuvvetinin yarısından büyük olması durumunda betonun kesme dayanımına katkısı göz ardı edilebilmektedir. İncelenen binada sadece depremli durumda elde edilen kesme kuvveti 21kN iken depremli durumdaki toplam kesme kuvvetinin yarısı 47.5kN'dur. Bu nedenle betonun kesme dayanımına katkısı ihmal edilememektedir.

➤ TS500'e göre sarılma bölgesinde kesme dayanımının hesabı;

Beton tarafından karşılanan kesme kuvveti;

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 \cdot 1.27 \cdot 300 \cdot 560 = 138684 N = 138.684 kN$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 0.8 \cdot 138.684 = 110.95 kN$$

Sargı donatısı tarafından karşılanması gereken kesme kuvveti;

$$V_w = V_d - V_c \Rightarrow V_w = 95 - 110.95 = -15.95 kN$$

Donatının karşılaması gereken kesme kuvveti eksi olduğu için yönetmelik gereği minimum kesme donatısı kullanılacaktır. Etriye olarak 8 mm çapında iki kollu etriye seçilirse;

V_w pozitif olması halinde aşağıdaki hesaplar yapılmalıdır.

$$A_{sw} = 2x \left(\frac{\pi 8^2}{4} \right) = 100.52 mm$$

Sarılma bölgesindeki etriye aralığı;

$$s_k = \frac{A_{sw} f_{yd} d}{V_w} = \frac{100.52 \cdot 365 \cdot 410}{20.19 \cdot 1000} = 745.00 mm$$

TBDY-2018 Şekil 7.8'e göre sargı donatısı adım aralığı için verilen minimum koşullar;

$$s_k \leq \begin{cases} \frac{h_k}{4} = 150 mm \\ 8\Phi_l = 96 mm \\ 150 mm \end{cases} \Rightarrow \text{seçilen aralık } s_k = 90 mm$$

$$V_w = \frac{100.52 \cdot 365 \cdot 560}{90} = 228.29 kN$$

$$V_r = V_c + V_w = 110.95 + 228.29 = 339.24 kN$$

TBDY-2018 Madde 7.4.5.2'ye göre kesme güvenliği kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrolde TBDY-2018 Denklem 7.10'da verilen esaslar kullanılır. Buna göre;

$$V_e = 95 kN < V_r = 339.24 kN$$

$$V_e = 95 kN < 0.85 \sqrt{f_{ck}} b_w d = 782.15 kN$$

olduğundan kirişin kesme güvenliği sarılma bölgesinde sağlanmıştır.

➤ TS500'e göre kiriş orta bölgesinde kesme dayanımının hesabı;

Orta bölge için en kritik kesitteki etriyelerin karşılamak zorunda olduğu kesme kuvveti; kirişi mesnet yüzünden $2h_k$ uzaklıktaki kesme kuvvetidir olup bu değer $V_e=56$ kN'dur.

Beton tarafından karşılanan kesme kuvveti;

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 \times 1.27 \times 300 \times 560 = 138684 N = 138.684 kN$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 0.8 \times 138.684 = 110.95 kN$$

Sargı donatısı tarafından karşılanması gereken kesme kuvveti;

$$V_w = V_d - V_c \Rightarrow V_w = 56 - 110.95 = -54.95 kN$$

Yukarıdan da görüleceği üzere kiriş üzerindeki kesme kuvveti beton tarafından karşılanabilmektedir. Bu nedenle TBDY-2018’de kiriş orta bölgesi için verilen minimum koşullar kullanılacaktır. Bu durumda seçilen etriye aralığı $s_o = 200$ mm’dir.

$$A_{sw} = 2x \left(\frac{\pi 8^2}{4} \right) = 100.52 mm$$

$$V_w = \frac{100.52 \times 365 \times 560}{200} = 102.73 kN$$

$$V_r = V_c + V_w = 110.95 + 102.73 = 213.68 kN$$

TBDY-2018 7.4.5.2 maddesine göre kesme güvenliği kontrolü yapılmalıdır. Bu kontrolde TBDY-2018 Denklem 7.10’da verilen esaslar kullanılır. Buna göre;

$$V_e = 56 kN < V_r = 213.68 kN$$

$$V_e = 56 kN < 0.85 \sqrt{f_{ck}} b_w d = 782.14 kN$$

olduğundan kirişin kesme güvenliği kirişin orta bölgesi içinde sağlanmıştır.

2.2.9.2. Betonarme Kolonların Tasarımı

➤ Betonarme Kolon Eğilme Tasarımı;

Süneklik düzeyi yüksek kolonların tasarımında TBDY-2018 Madde 7.3’de ve TS500’de verilen esaslar dikkate alınmıştır. TBDY-2018 Madde 7.3.1.2’e göre düşey ve deprem yüklerinin ortak etkisi G+Q+E altında hesaplanan eksenel basınç kuvvetlerinin

(normal kuvvet) maksimum değeri $\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} < 0.4$ koşulunu sağlamalıdır. İncelenen yapıda

için;

$$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} = \frac{961 \times 10^3}{500 \times 500 \times 30} = 0.128 < 0.4 \text{ koşulu sağlanmıştır.}$$

Çeşitli yük kombinasyonları için elde edilen normal kuvvet ve moment değerlerinden en büyük değerler seçilerek kolonların tasarımı gerçekleştirilmiştir.

$$N_d = 961 \text{ kN} ; M_d3 = 80 \text{ kNm} ; M_d2 = \text{ihmal edildi}$$

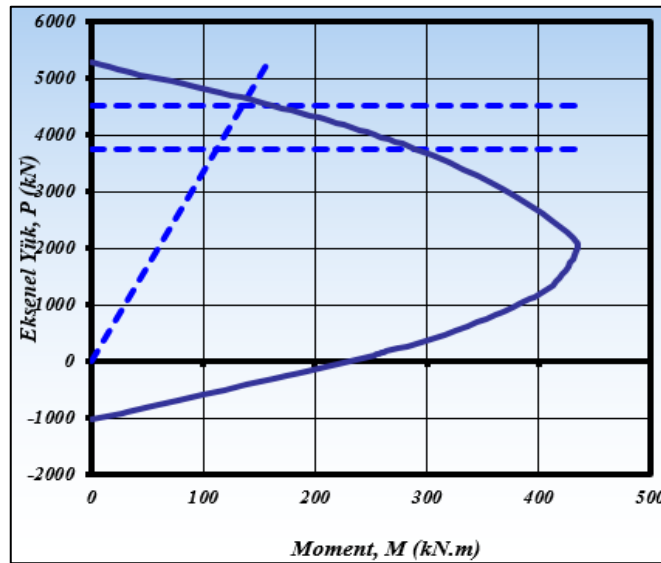
$$\left. \begin{aligned} \frac{N_d}{bh f_{cd}} &= \frac{961 \times 10^3}{500 \times 500 \times 20} = 0.192 \\ \frac{M_d}{bh^2 f_{cd}} &= \frac{80 \times 10^6}{500 \times 500^2 \times 20} = 0.032 \end{aligned} \right\} \frac{d''}{h} = \frac{440}{500} \approx 0.9 \Rightarrow \text{Mekanik Donatı Oranı } \psi = 0.100$$

$$\rho_t = \psi \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0.1 \frac{20}{365} = 0.0057$$

TBDY-2018 Madde 7.3.2.1'e göre kolonlarda boyuna donatı alanı, kolon kesitinin %1'inden az ve %4'ünden daha büyük olamaz. Bu durumda hesaplanan donatı oranı minimum donatı alanından küçük olması sebebiyle hesaplar TBDY-2018 Madde 7.3.2.1'de verilen minimum koşullara göre yapılacaktır.

$$\rho_{\min} = \frac{A_{s \min}}{bh} \Rightarrow 0.01 = \frac{A_{s \min}}{500 \times 500} \Rightarrow A_{s \min} = 2500 \text{ mm}^2$$

Kolonlarda boyuna donatı için 16 mm çapında donatı kullanılacaktır. Bu durumda seçilen donatı 14Φ16 ($A_{s \text{mevcut}} = 2814.86 \text{ mm}^2$). İncelenen kolona ait etkileşim diyagramı Şekil 2.8'de sunulmuştur. Hesaplarda kullanılan tüm kombinasyonlardan elde edilen en olumsuz N_d - M_d çiftlerinin diyagramın sınırlarını aşmadığı ve kolonların eğilme kapasitesinin yeterli olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; $0.9G + E_d^{(H)} - 0.3E_d^{(Z)}$ yük birleşimi için bir kolonda meydana gelen normal kuvvet değeri 855 kN, moment değeri ise 91 kNm'dir. Şekil 2.8 incelendiğinde, bu N_d - M_d çiftlerinin diyagramın sınırlarını aşmadığı ve kolonun eğilme kapasitesinin yeterli olduğu görülecektir.



Şekil 2.8. İncelenen kolona ait etkileşim diyagramı

➤ Betonarme Kolonun Sargı Donatısının Belirlenmesi;

TBDY-2018 Madde 7.3.4.1.d'ye verilen esaslara göre

$$\frac{N_{dm}}{A_c f_{ck}} = \frac{961 \times 10^3}{500 \times 500 \times 30} = 0.128 < 0.2 \text{ olduğu için kolonların sarılma bölgelerinde TBDY-}$$

2018 Denklem 7.1 ile verilen enine donatıların en az 2/3'ü, minimum etriye olarak dikkate alınmıştır. TBDY-2018 7.3.4.1.a maddesine göre sarılma bölgesinde öngörülen düşeyde etriye aralığı aşağıdaki gibidir.

$$s \leq \begin{cases} b / 3 = 500 / 3 = 166.67 \text{ mm} \\ 150 \text{ mm} \\ 6\Phi_l = 6 \times 16 = 96 \text{ mm} \end{cases} \quad \text{seçilen } s=90 \text{ mm}$$

$$A_{sh} \geq 0.30 s b_k \left[\left(A_c / A_{ck} \right) - 1 \right] \left(f_{ck} / f_{ywk} \right)$$

$$\Rightarrow A_{sh} = 0.30 \times 9 \text{ cm} \times 44 \text{ cm} \left[(50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} / 44 \text{ cm} \times 44 \text{ cm}) - 1 \right] \left(\frac{30000 \text{ kN} / \text{m}^2}{420000 \text{ kN} / \text{m}^2} \right) = 2.472 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} \geq 0.075 s b_k \left(f_{ck} / f_{ywk} \right)$$

$$\Rightarrow A_{sh} = 0.075 \times 9 \text{ cm} \times 44 \text{ cm} \left(\frac{30000 \text{ kN} / \text{m}^2}{420000 \text{ kN} / \text{m}^2} \right) = 2.121 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sarılma Bölgesinde gerekli enine donatı alanı } (A_{sh}) = 2.472 \text{ cm}^2$$

TBDY-2018 Madde 7.3.4.1.d'ye göre sarılma bölgesinde gerekli olan enine donatı alanı $1.648 \text{ cm}^2 = 164.8 \text{ mm}^2$ 'dir. Kolonlarda düşünülen enine donatı planı 2 kollu 8 mm çapında etriyedir. Bu durumda kullanılmış olan enine donatı alanı 100.53 mm^2 'dir. Düşeyde sarılma bölgesinde seçilen etriye aralığı 90 mm'dir. Kolon orta bölgesinde ise düşeyde seçilen etriye aralığı ise TBDY-2018 Madde 7.3.4.2 gereği 150 mm'dir.

➤ Betonarme Kolonların Kesme Güvenliğinin Kontrolü;

TBDY-2018 Madde 7.3.7.6'ya göre kolon sarılma bölgesindeki enine donatı hesabında, sadece deprem kuvvetleri nedeniyle oluşan kesme kuvvetlerinin depremli durumdaki toplam kesme kuvvetinin yarısından büyük olması durumunda ve $N_d \leq 0.05 A_c f_{ck}$ koşulunun sağlanması halinde betonun kesme dayanımına katkısı göz ardı edilebilmektedir. İncelenen binada sadece depremli durumda elde edilen kesme kuvveti 35.77 kN iken depremli durumdaki toplam kesme kuvvetinin yarısı 25.475 kN'dur (ilk koşul sağlandı). Ancak ikinci koşul $\frac{N_d}{A_c f_{ck}} = 0.128 \geq 0.05$ olması nedeniyle betonun kesme dayanımına katkısı hesaba katılacaktır. TS500'e göre betonun kesme dayanımına katkısı;

$$V_{cr} = 0.65 f_{ctd} b_w d = 0.65 \times 1.27 \times 500 \times 470 = 193992 N = 193.99 kN$$

$$V_c = 0.8 V_{cr} = 0.8 \times 193.99 = 155.19 kN$$

Enine donatının kesme kuvveti kapasitesine katkısı

$$\rho_s = \frac{A_s}{s b_k} = \frac{100.53}{90 \times 440} = 0.0025$$

$$V_w = \rho_s A_c f_{yd} = 0.0025 \times 500 \times 500 \times 365 = 228.12 kN$$

$$V_r = V_c + V_w = 155.19 + 228.12 = 383.31 kN$$

TBDY-2018 Madde 7.3.7'e göre kolonların kesme kuvveti hesaplanırken TBDY-2018 Denklem 7.3'ün sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmelidir. Aşağıda görüleceği üzere bu koşul sağlanmıştır.

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1.2 (M_{ri} + M_{rj})$$

$$(378 + 378) = 756 kNm > 1.2(123.27 + 123.27) = 246.54 kNm$$

Buna bağlı olarak TBDY-2018 Madde 7.3.7.2'de kolonların etriye hesabında dikkate alınacak V_e kesme kuvveti hesabında, $M_{\ddot{u}}$ ve M_a güvenli tarafta kalmak için TBDY-2018 Madde 7.3.7.3' göre yapılmasına izin verilmektedir. Bu durumda;

$$M_a = M_{pa} = 1.4 M_{ra} = 1.4 \times 378 = 529.2 kN$$

$$M_{\ddot{u}} = M_{p\ddot{u}} = 1.4 M_{r\ddot{u}} = 1.4 \times 378 = 529.2 kN$$

$$V_e = \frac{M_a + M_{\ddot{u}}}{l_n} = \frac{529.2 + 529.2}{2.4} = 441 kN$$

TBDY-2018 Madde 7.3.7.1'e göre deprem hesabı sonucu hesaplanan kesme kuvvetinin yukarıda hesaplanan V_e ile kıyaslanması gerekmektedir. V_e 'nin deprem hesabı sonucu hesaplanan kesme kuvvetinden küçük olması durumunda V_e yerine hesaplanan kesme kuvveti kullanılmalıdır. $V = 58 kN$ ve $V_e = 441 kN$ olması sebebiyle hesaplarda dikkate alınacak kesme kuvveti $V_e = 58 kN$ 'dur.

➤ TBDY-2018 7.3.7.5' e göre kesme güvenliği kontrolü:

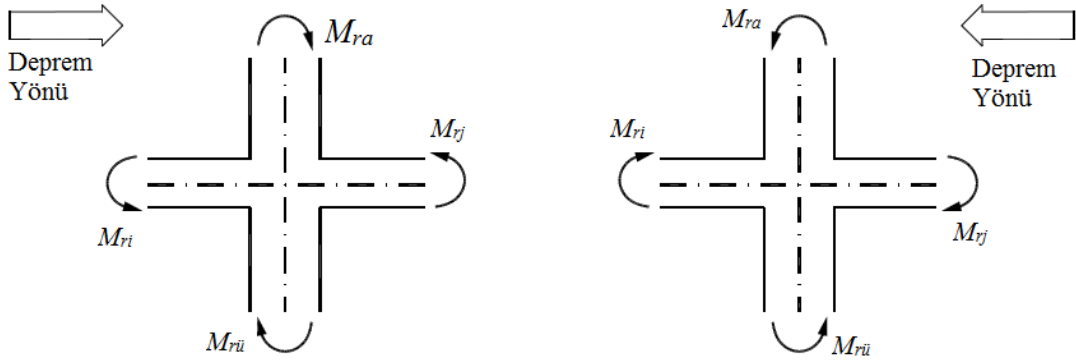
$$V_e = 58 kN < V_r = 383 kN$$

$$V_e = 58 kN < 0.85 \sqrt{f_{ck}} A_w = 468.03 kN$$

kolonların kesme güvenliği sağlanmıştır.

➤ Güçlü kolon zayıf kiriş kontrolü:

TBDY-2018 Madde 7.3.5'e göre kolonların kirişlerden daha güçlü olması koşulu sağlanmalıdır. Bir düğüm noktasında birleşen kolonların taşıma gücü momentleri toplamının o düğüm noktasına birleşen kirişlerin taşıma gücü momentleri toplamının %20'sinden daha büyük olması gerekmektedir.



Şekil 2.9. Kolon ve kirişlerin taşıma gücü momentleri (TBDY-2018)

$$(M_{ra} + M_{r\ddot{u}}) \geq 1.2(M_{ri} + M_{rj})$$

+X ve -X deprem yönü için;

$$(378 + 378) = 756 \text{ kNm} > 1.2(123.27 + 123.27) = 246.54 \text{ kNm}$$

olması sebebiyle güçlü kolon-zayıf kiriş koşulu sağlanmıştır.

2.2.9.3. Birleşim Bölgesi Kesme Güvenliği Kontrolü

TBDY-2018 Madde 7.5.1’de süneklik düzeyi yüksek kolon ve kirişlerden oluşan taşıyıcı sistem elemanlarının birleşimleri kuşatılmış ve kuşatılmamış olarak iki sınıfa ayrılmıştır. İncelenen binada kirişlerin genişliği, birleştiği kolonların genişliğinin 3/4’ünden daha az olması sebebiyle kolon ve kiriş birleşimleri kuşatılmamış birleşimdir (Şekil 2.10).

İncelenen deprem doğrultusunda birleşim bölgesindeki kesme kuvveti TBDY-2018 Denk.7.11 ile hesaplanmaktadır.

$$V_e = 1.25f_{yk}(A_{s1} + A_{s2}) - V_{kol}$$

Yukarıda kiriş tasarımı için yapılan hesaplar sonucu, mesnetlerde elde edilen donatı alanları $A_{s1}=628.31 \text{ mm}^2$ ve $A_{s2}=565.48 \text{ mm}^2$ ve $V_{kol}=15 \text{ kN}$ ’dir.

$$V_e = 1.25 \times 365(628.31 + 565.48) - 15000 = 527.38 \text{ kN}$$

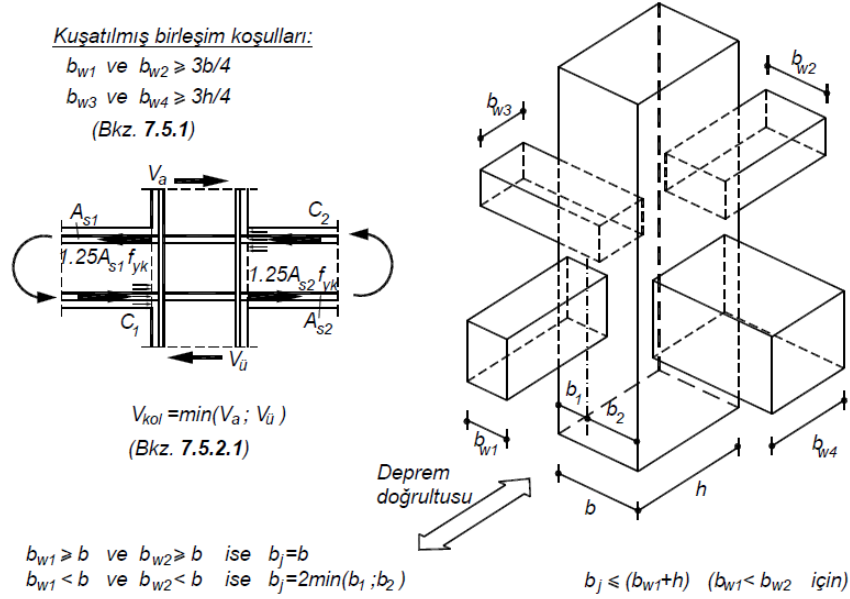
TBDY-2018 Madde 7.5.2.2.b ‘ye göre

$$V_e \leq 1.0b_j h \sqrt{f_{ck}}$$

$$b_j = 2 \min(b_1; b_2) = 500 \text{ mm}$$

$$527.38 < 1.0 \times 500 \times 600 \times \sqrt{30} = 1643.16 \text{ kN}$$

olduğundan kolon-kiriş birleşim bölgesinde kesme güvenliği sağlanmıştır.



Şekil 2.10. Süneklik düzeyi yüksek elemanların birleşim bölgesi kesme güvenliği kontrolü

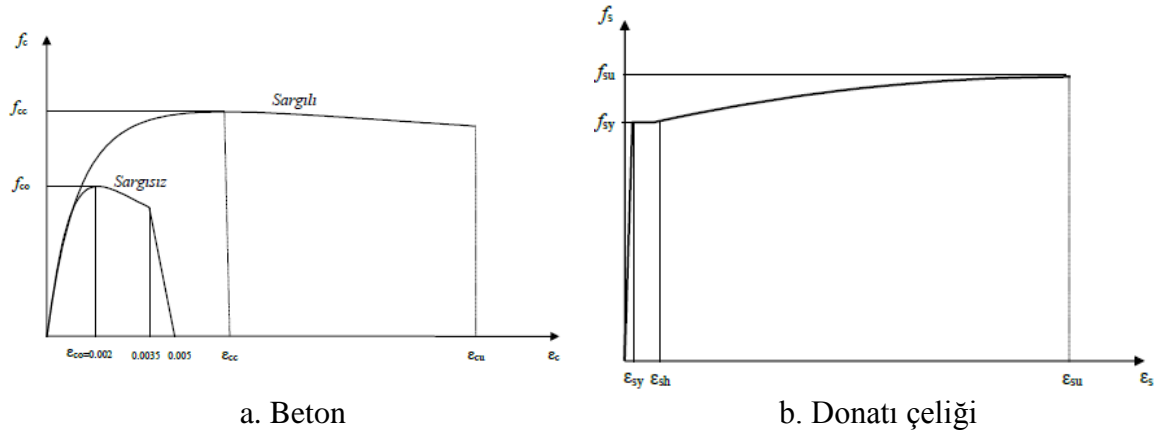
2.3. Betonarme Bir Konut Binasının TBDY-2018'e Göre Deprem Performansının Değerlendirilmesi

Bu bölümde, 2.2'de eşdeğer deprem yükü yöntemi ile tasarımı yapılmış konut binasının zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi ile performans değerlendirmesi yapılmıştır.

2.3.1. Yapının Sonlu Eleman Modelinin Oluşturulması ve Analizi

Binanın sonlu eleman modelleri ve doğrusal olmayan analizleri için SAP2000 programı, taşıyıcı sistem elemanları için kesit analizleri ve moment-eğrilik ilişkilerinin elde edilmesi için RESPONSE2000 programı kullanılmıştır. Taşıyıcı sistem elemanları sonlu eleman modellerinde çubuk eleman olarak tanımlanmıştır. İncelenen binaya ait kesit özellikleri, malzeme dayanımları, yükler, etkin kesit rijitlikleri ve 2.2.1 de yapılan hesaplar sonucu elde edilen donatılar modele TBDY-2018 Bölüm 15'de verilen koşullar da göz önünde bulundurularak tanımlanmıştır. Beton ve donatı malzeme modelleri TBDY-2018 EK5A ile verilen esaslar kullanılarak tanımlanmıştır ve bu modellere ait gerilme-

şekildeğiştirme grafikleri Şekil 2.11’de sunulmuştur.



Şekil 2.11. Betonun ve donatı çeliğinin gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi

TBDY-2018’de, taşıyıcı sistem elemanlarındaki doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesinde yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri önerilmiştir. Bu iki davranış modeli de yönetmelikte verilen koşulların sağlanması halinde çubuk olarak modellenmiş taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılabilir. Uygulama amacıyla seçilen binanın performans değerlendirmesinde yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır. Zaman tanım alanında hesap yönteminde, plastik mafsallar kolon ve kirişlerin en çok zorlanan uç bölgelerine atanmıştır. Kolonlar hem eğilme hem de eksenel kuvvete maruz kalmaları nedeniyle her iki uca plastik mafsallara atanmıştır. Kirişlerde ise eksenel yük düzeylerinin düşük olması ve eğilmeye çalışmaları nedeniyle iki uca plastik mafsallara atanmıştır.

Dolgu duvarlar modellenirken malzemenin elastisite modülü ve basınç dayanımı için literatürde birçok değer önerilmektedir. Bu tez çalışmasında dolgu duvarların elastisite modülü ve basınç dayanımı için Kaltakçı vd. tarafından 2003 ve 2004 yıllarında gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda belirlenen değerler kullanılmıştır. Burada tuğla elemandan oluşan dolgu duvar elastisite modülü (E_m) 5750 MPa, basınç dayanımı (f_m) ise 1.85 MPa olarak hesaplarda kullanılmıştır.

Bu tez çalışmasında dolgu duvarlar diyagonal (eşdeğer) basınç çubuğu ile modellenmiştir. Bu çubukların genişliği boşluksuz dolgu duvar için TBDY-2018 ve FEMA 306’da verilen denklemler ile aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{h_{duvar}}{L_{duvar}} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{2.40}{4.50} \right) = 28.07$$

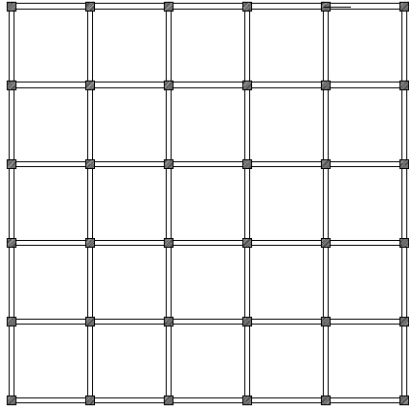
$$\lambda_1 = \left[\frac{E_{duvar} t_{duvar} x \sin 2\theta}{4x E_c x I_c x h_{duvar}} \right]^{1/4} = \left[\frac{5750000 x 0.20 x 0.83045}{4 x 32000000 x \left(\frac{0.5 x 0.5^3}{12} \right) x 2.4} \right]^{1/4} = 0.8789$$

$$a_{duvar} = 0.175 (\lambda_1 h_c)^{-0.4} r_{duvar} = 0.175 (0.8789 x 3.0)^{-0.4} x \sqrt{4.5^2 + 2.4^2} = 0.60 m$$

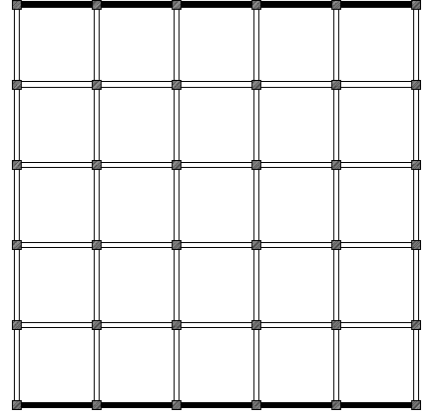
Analizlerde bu çubuğun sadece eksenel kuvvete çalışması için dolgu duvarın iki ucu mafsallı olarak dikkate alınmıştır. Öte yandan yatay yüklerin etkidiği yöne göre eşdeğer basınç çubuğunun yönü değiştirilmesi gerekmektedir. Depremlerin etki süreleri boyunca yön değiştirmeleri nedeniyle bu çalışmada her açıklık için çarpaz iki adet diagonal basınç çubuğu kullanılmıştır (Öztürkoğlu, 2016). Ayrıca eşdeğer basınç çubuklarının eksenel yük taşıma kapasiteleri hesaplanarak çubukların ortasına eksenel yük mafsallı tanımlanmıştır (Özkaya, 2018).

Zaman tanım alanında analizlerde 11 adet gerçek deprem kaydı kullanılmış olup bu kayıtların seçilmesinde ve ölçeklendirilmesinde de TBDY-2018’de verilen esaslar kullanılmıştır. Ayrıca TBDY-2018 Madde 5.7.3.2’ye göre doğrusal çalışan elemanlarda oluşan dinamik enerji kaybı viskoz sönüm matrisiyle temsil edilmiş olup viskoz sönüm matrisi Rayleigh orantılı sönüm matrisi olarak oluşturulmuştur. Analizlerde, sönüm oranı %5 olarak ve geometrik nonlineerlik ($P-\Delta$) etkileri göz önüne alınmıştır.

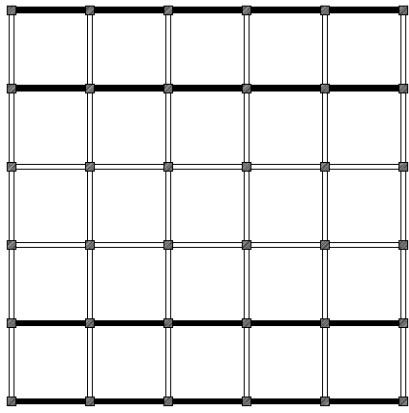
Analizlerde 6 farklı duvar konumu dikkate alınmıştır. Bu duvarlara ait konum ve oranlar Şekil 2.12’de verilmiştir.



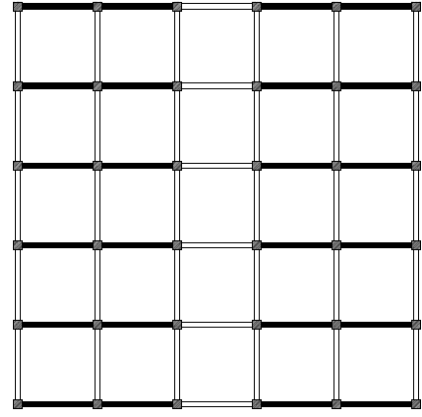
Model-1



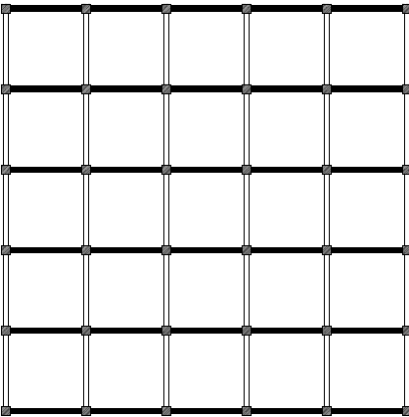
Model-2



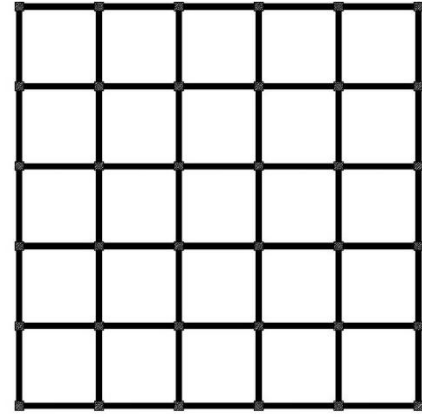
Model-3



Model-4



Model-5



Model-6

Şekil 2.12. Analizlerde dikkate alınan dolgu duvar oran ve düzenleri

2.3.2. İncelenen Yapı İçin Hedeflenen Performans

İncelenen binada deprem tasarım sınıfının 1 olması sebebiyle, DD-2 tasarım deprem düzeyinde hedeflenen performans seviyesi Kontrollü Hasar (KH)'dir (Tablo 2.7).

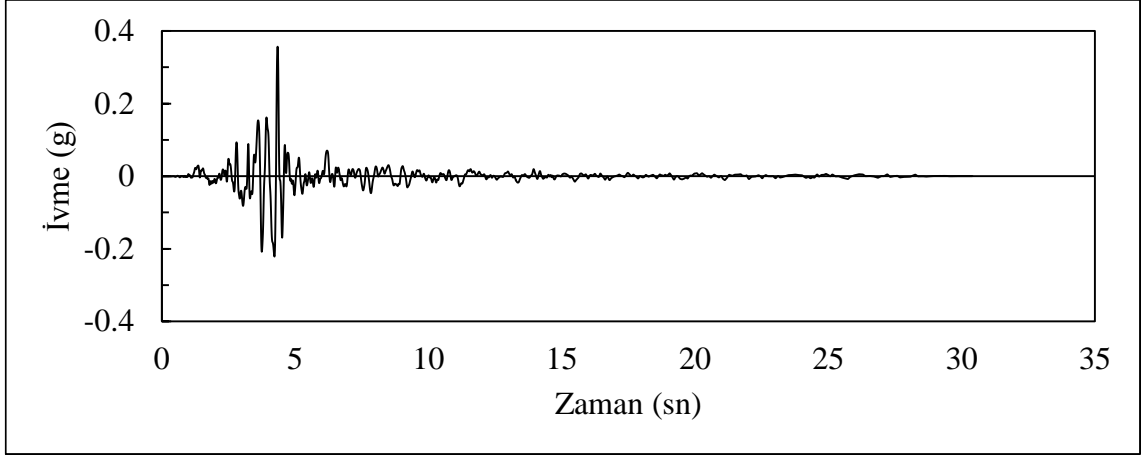
Tablo 2.7. İncelenen bina için performans hedefleri

Deprem Düzeyi	DTS = 1, 2, 3, 3a, 4, 4a		DTS = 1a, 2a	
	Normal Performans Hedefi	Yöntem	İleri Performans Hedefi	Yöntem
DD-3	-	-	Sınırlı Hasar	ŞGDT
DD-2	Kontrollü Hasar	ŞDGT	-	-
DD-1	-	-	Kontrollü Hasar	ŞDGT

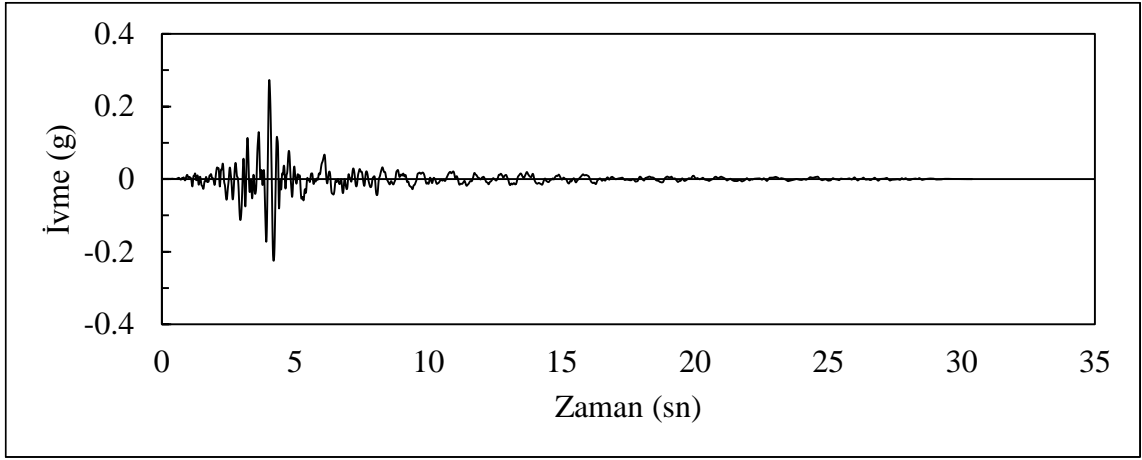
2.3.2. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan ivme kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi TBDY-2018’de verilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır. Zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizlerde en az 11 deprem kaydının kullanılması gerekmektedir.

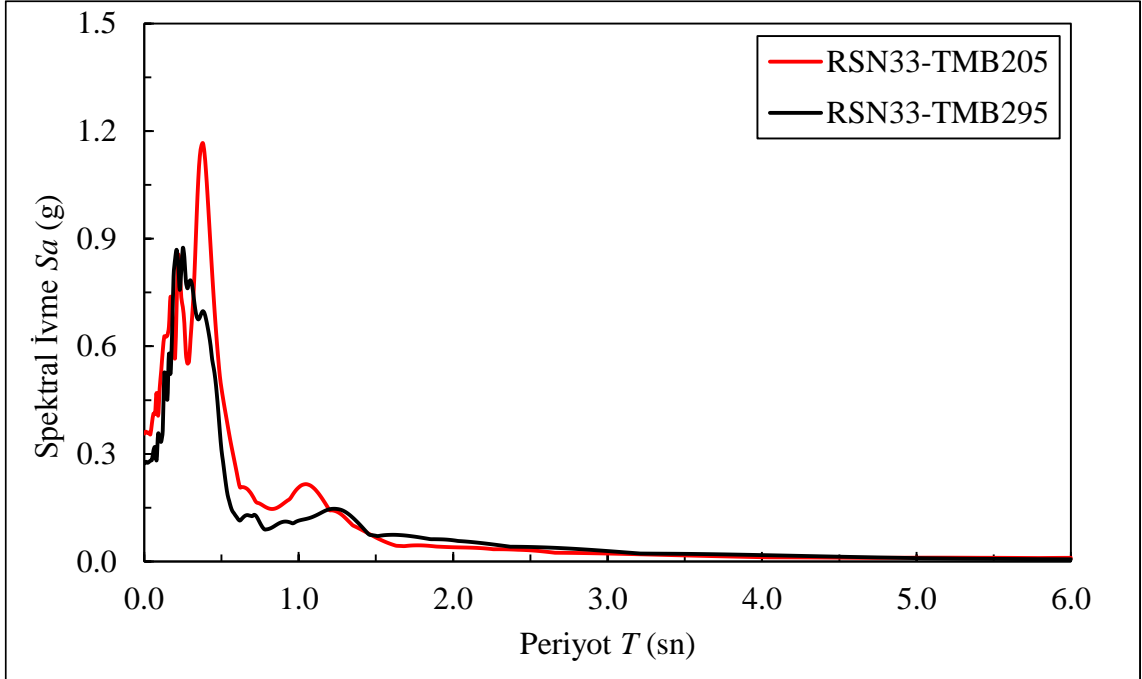
Analizlerde kullanılacak olan deprem kayıtları, TBDY-2018 Madde 2.5.1’de verilen esaslar dikkate alınarak Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (Pacific Earthquake Engineering Research Center <http://peer.berkeley.edu/smcat>) (PEER, 2014), kuvvetli yer hareketi veri bankasından seçilmiştir. Deprem kayıtları seçilirken yakın fay etkilerini ortadan kaldırmak için fay kırılma mesafesi 10-30 km arasında seçilmiştir (Adanur vd., 2012, Çavdar 2013). Ülkemizin genel faylanma yapısı doğrultu atımlı olması sebebiyle ivme kayıtlarında bu özellik göz önünde bulundurulmuştur. Deprem büyüklükleri 5.0 – 7.6 olarak göz önüne alınmıştır (Ergun ve Ates, 2014). Bu hususlar dikkate alınarak seçilen ivme kayıtlarına ait ivme-zaman grafikleri, tepki spektrumları Şekil 2.13-2.23’de ve özellikler Tablo 2.7’de verilmiştir. Ölçeklendirme de basit ölçeklendirme yöntemi kullanılmış olup DD-2 tasarım deprem için elde edilen yatay elastik tasarım spektrumuna göre ölçeklendirme yapılmıştır. Ölçeklendirilen ivme kayıtlarına ait tepki spektrumları Şekil 2.24’de ve ölçek katsayıları Tablo 2.8’de verilmiştir.



a. RSN33-TMB205

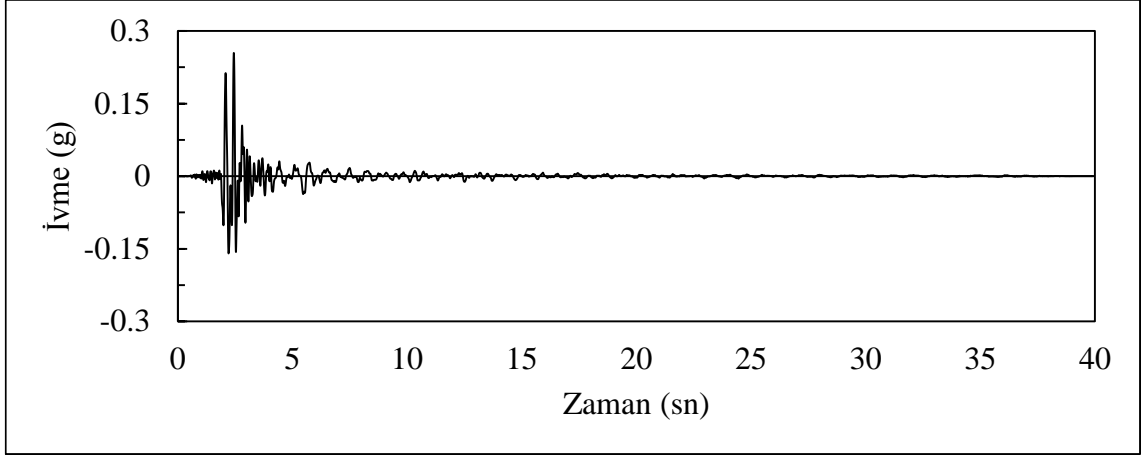


b. RSN33-TMB295

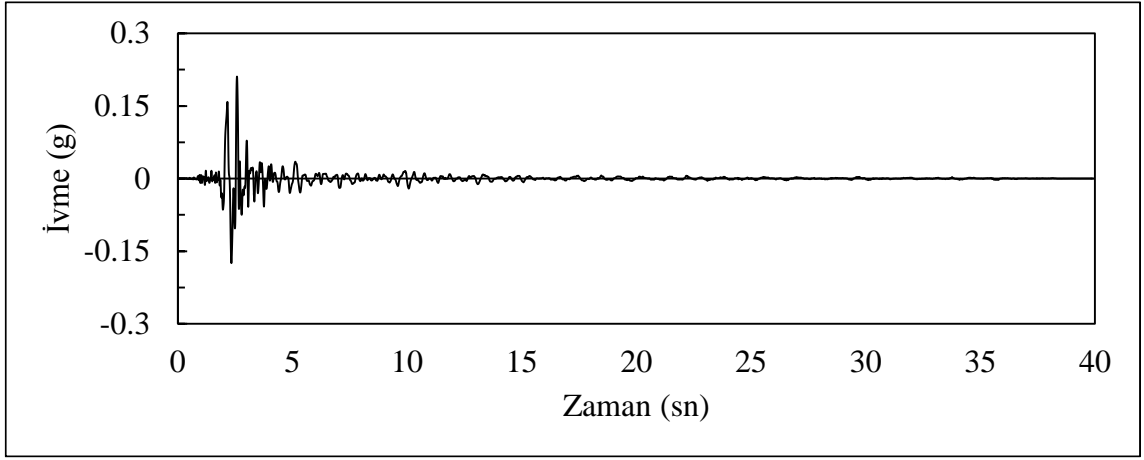


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

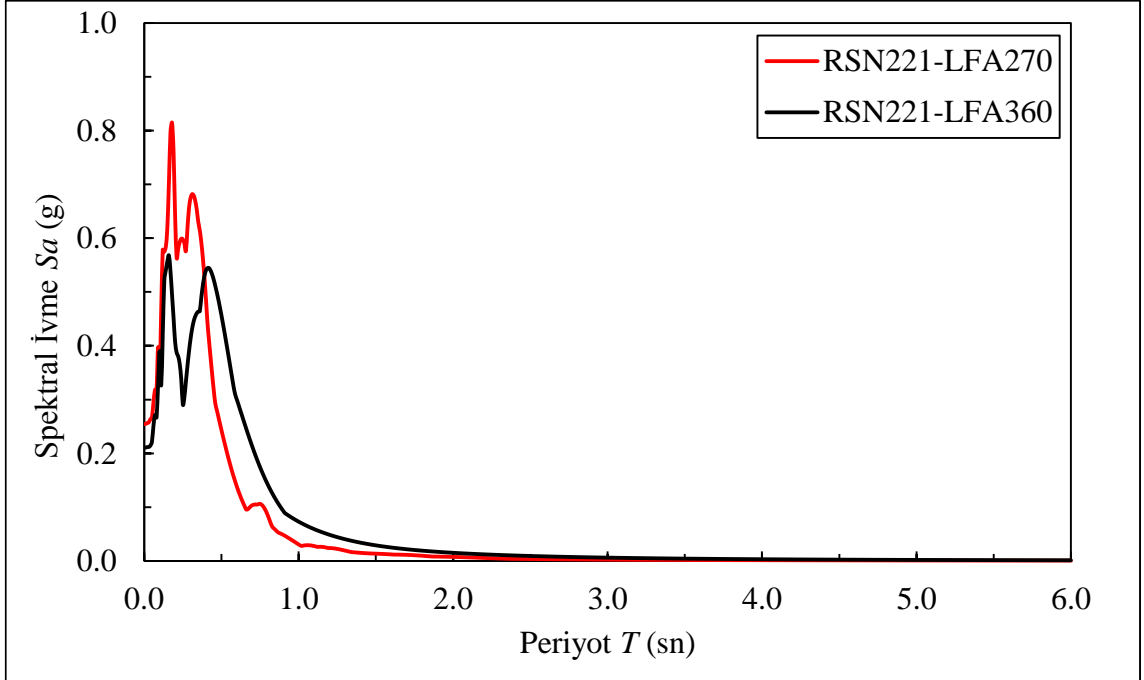
Şekil 2.13. 1. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN221-LFA270

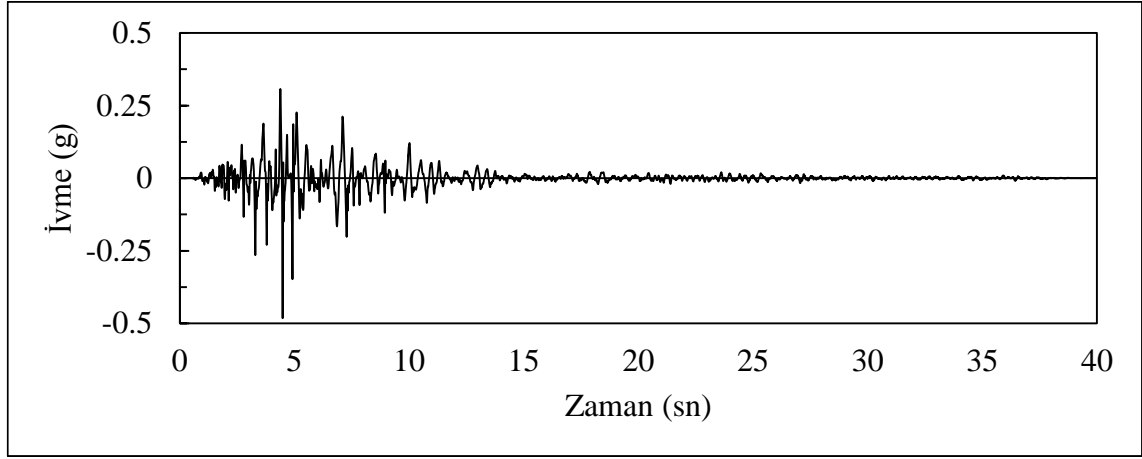


b. RSN221-LFA360

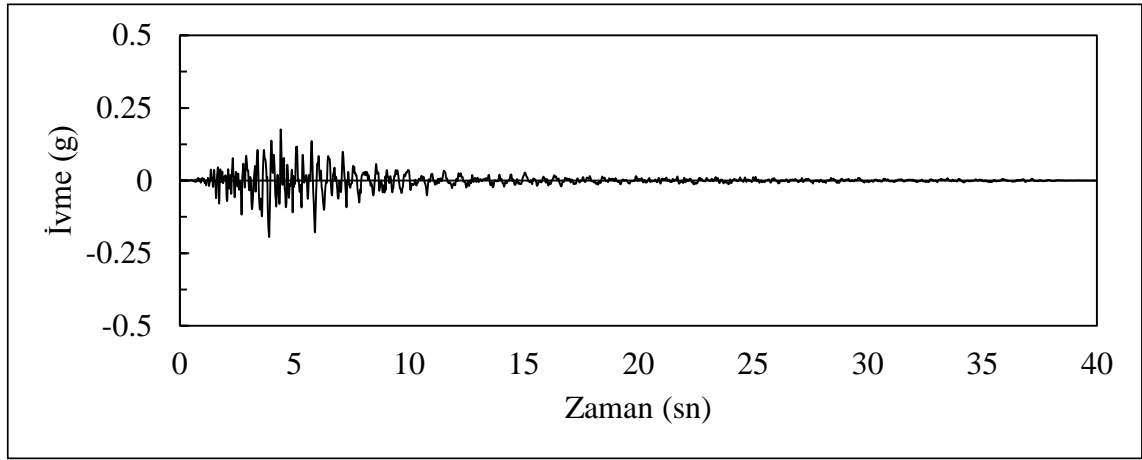


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

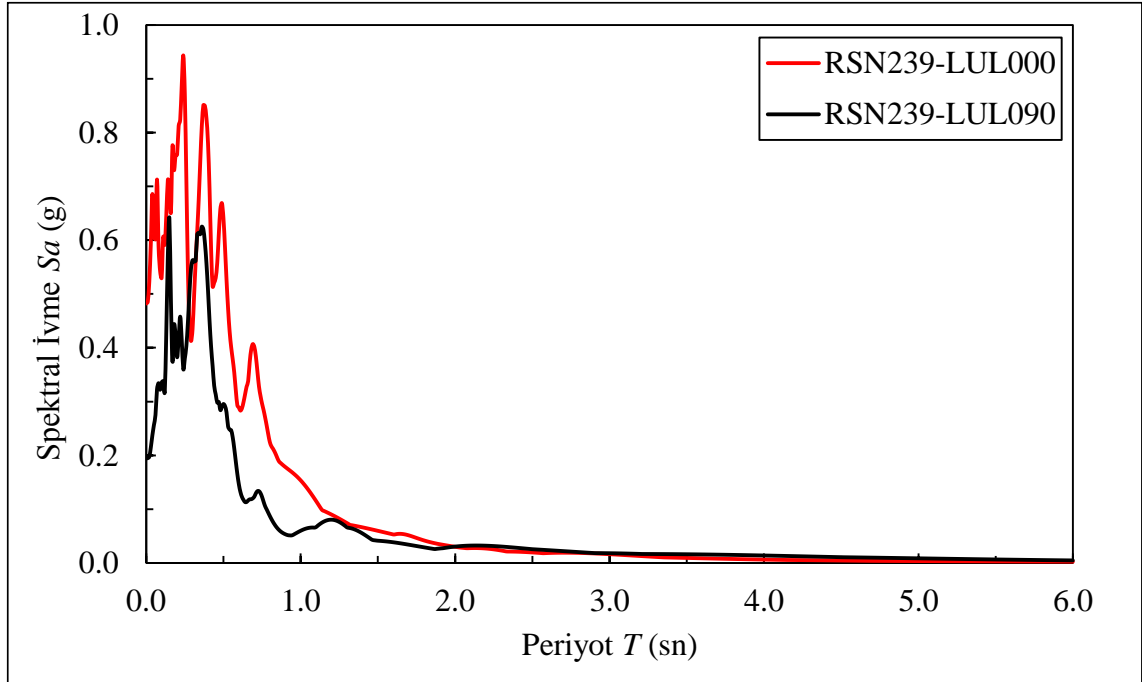
Şekil 2.14. 2. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN239-LUL000

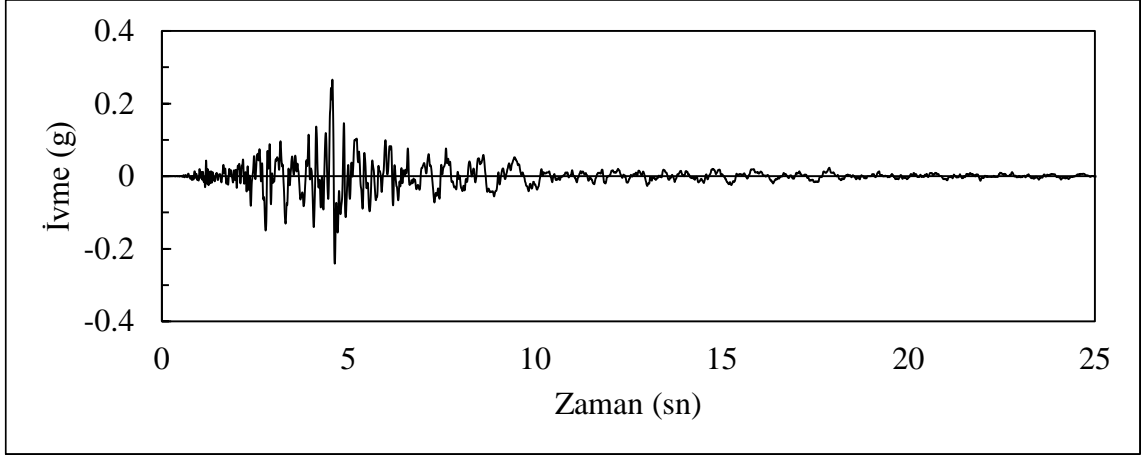


b. RSN239-LUL090

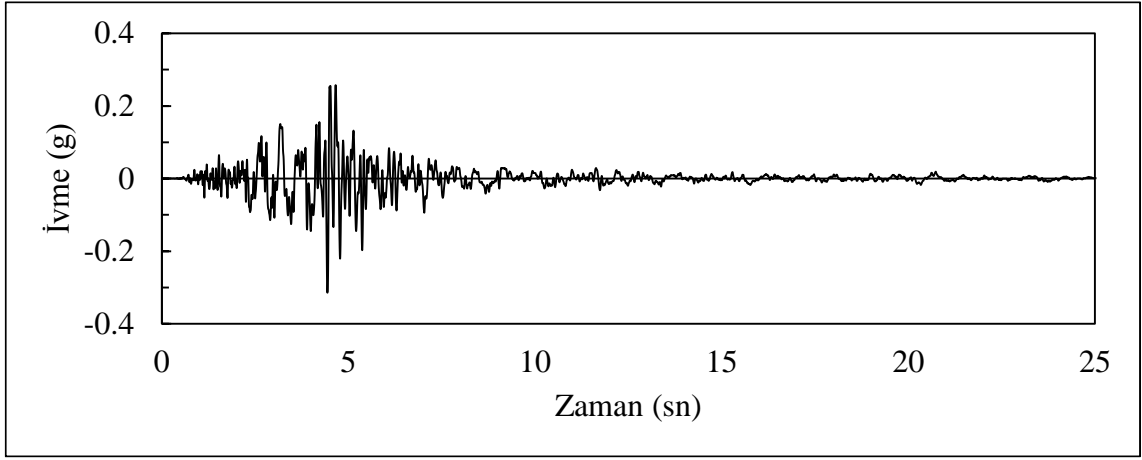


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

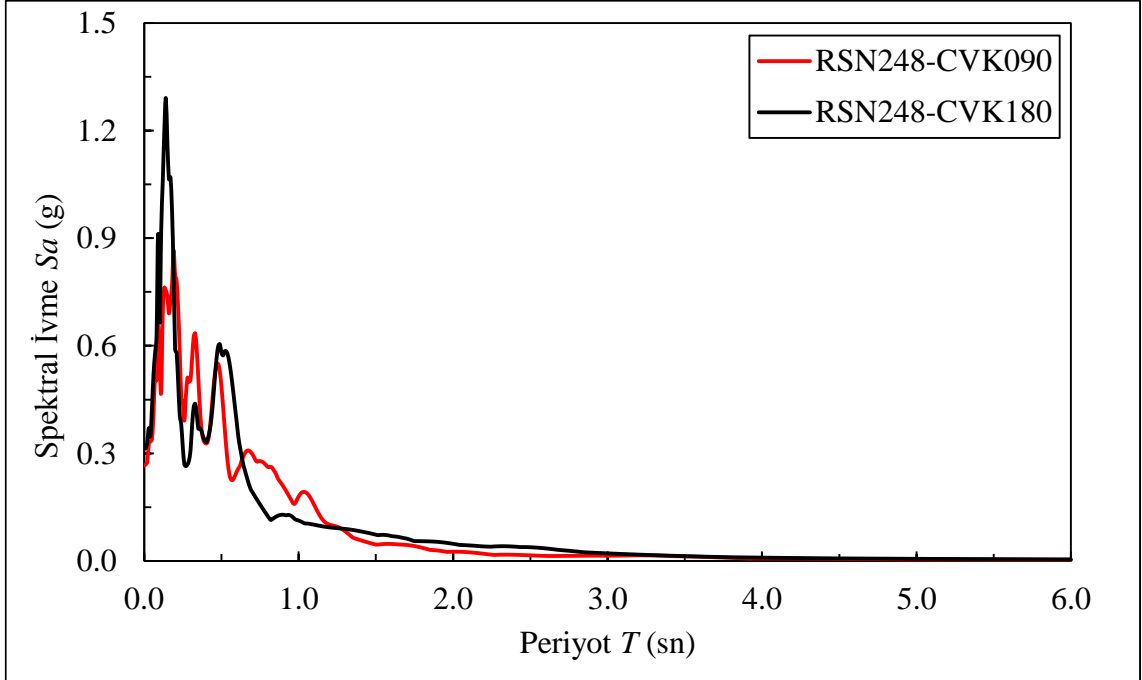
Şekil 2.15. 3. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN248-CVK090

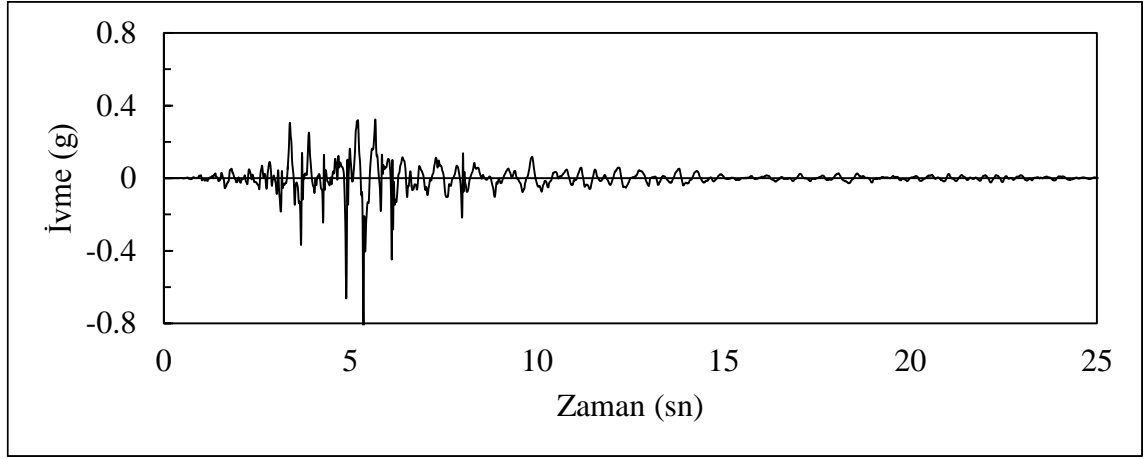


b. RSN248-CVK180

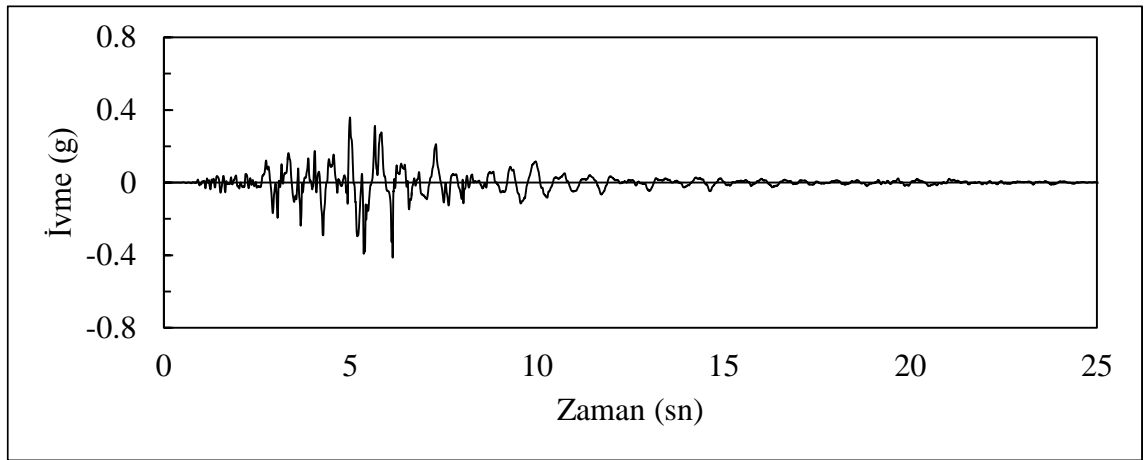


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

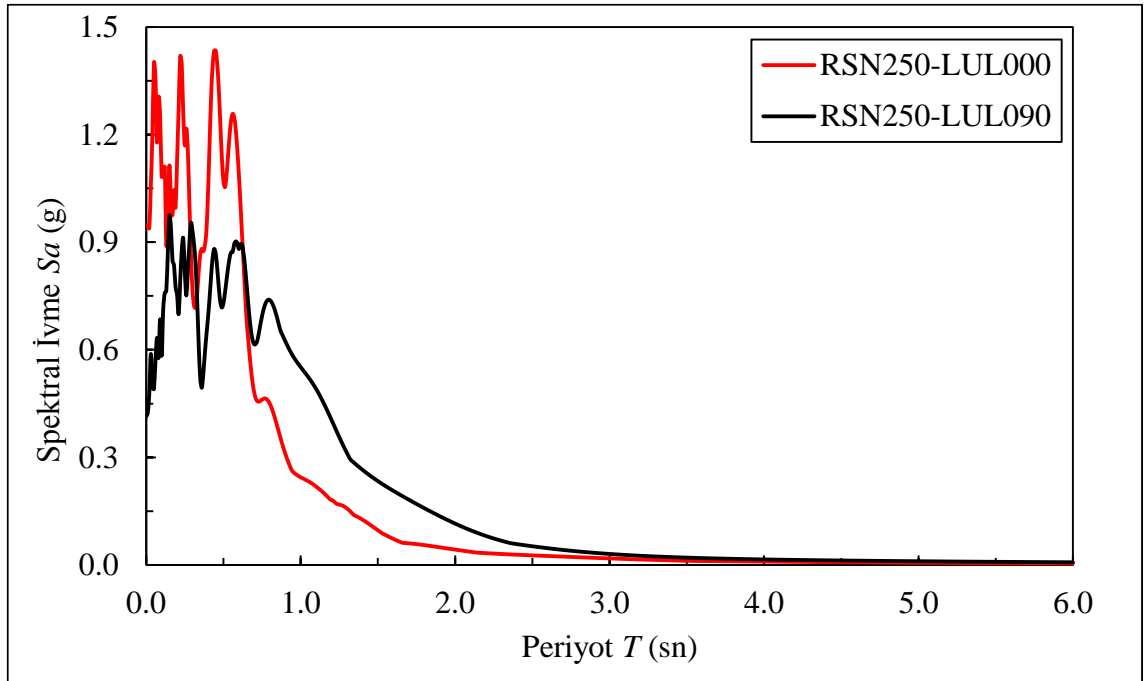
Şekil 2.16. 4. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN250-LUL000

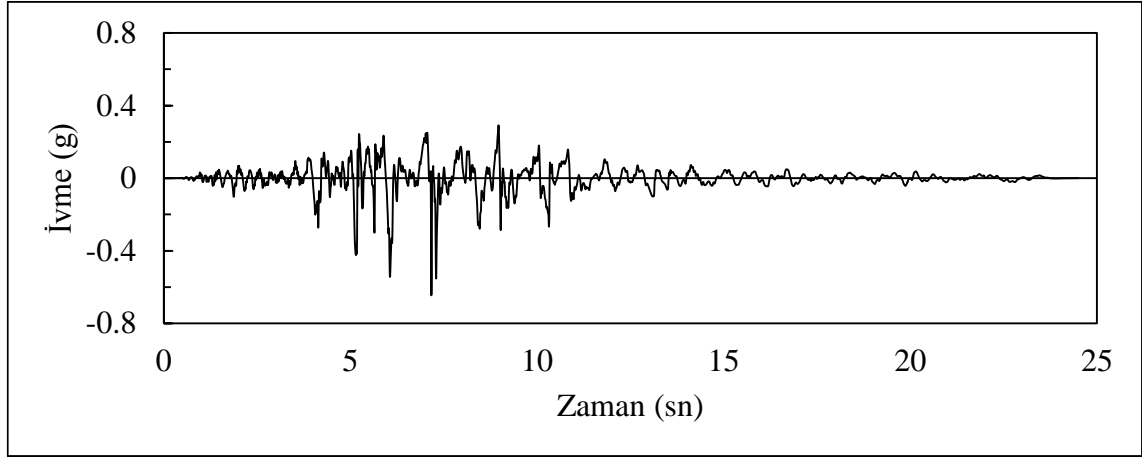


b. RSN250-LUL090

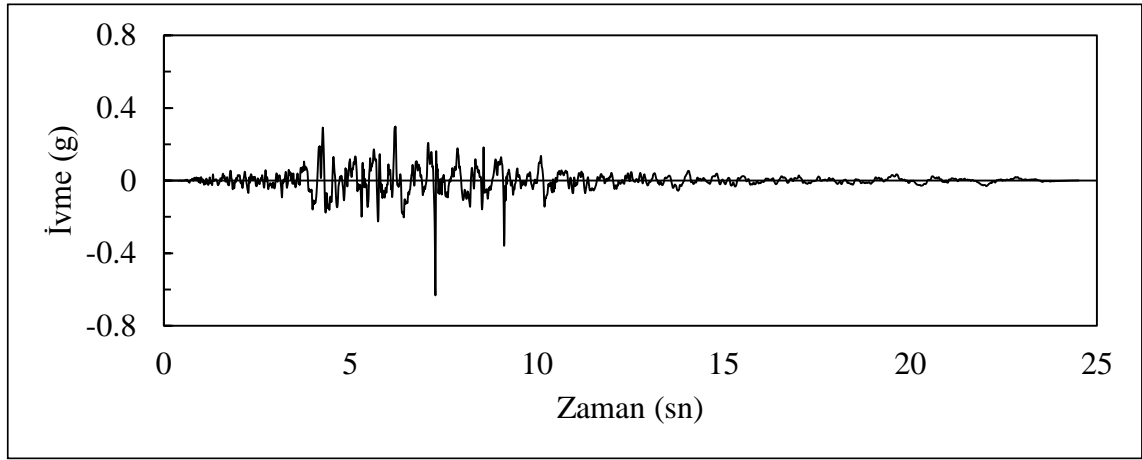


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

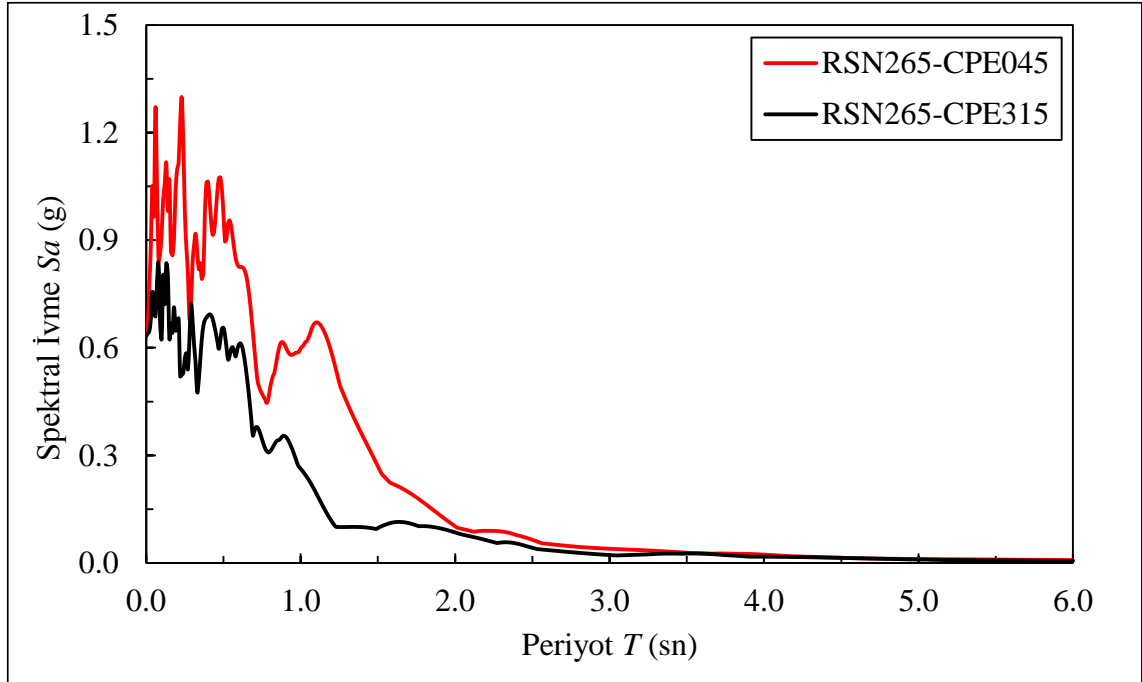
Şekil 2.17. 5. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN265-CPE045

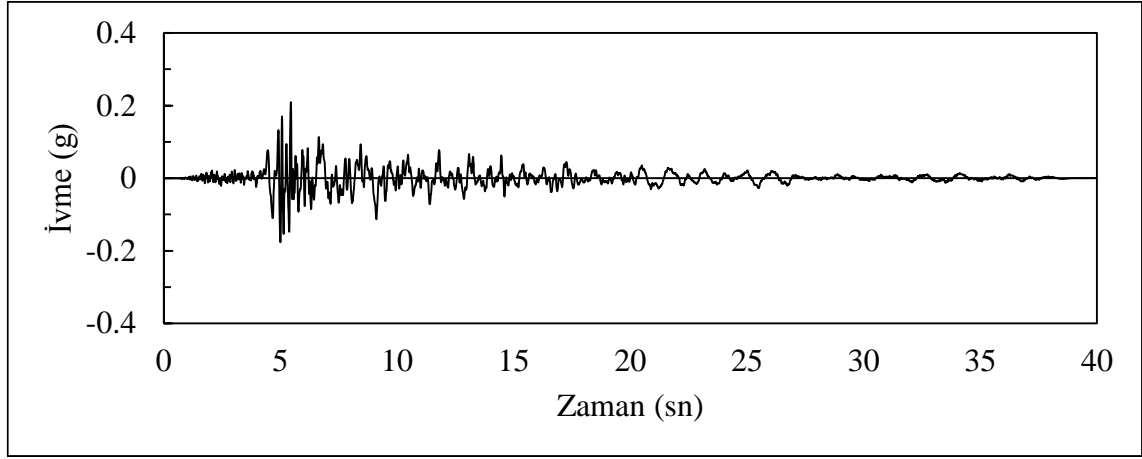


b. RSN265-CPE135

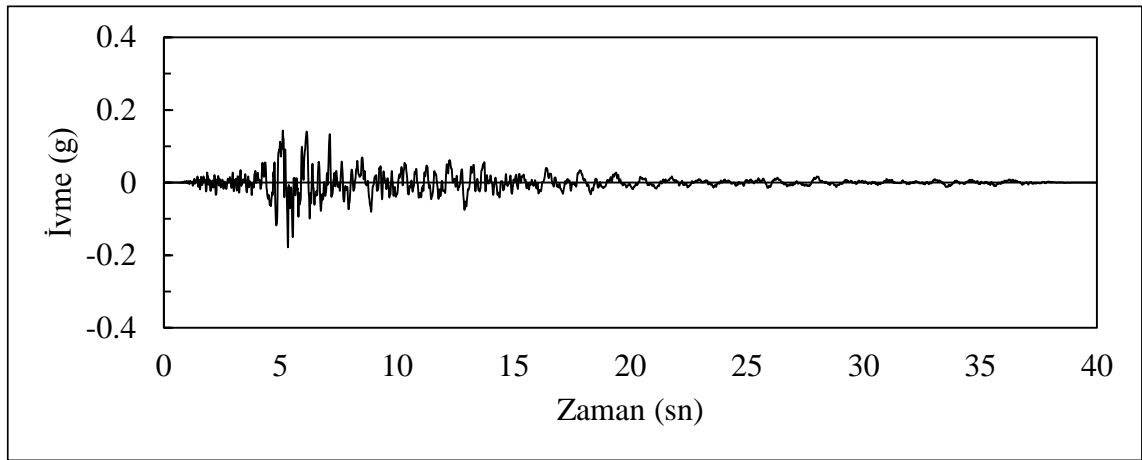


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

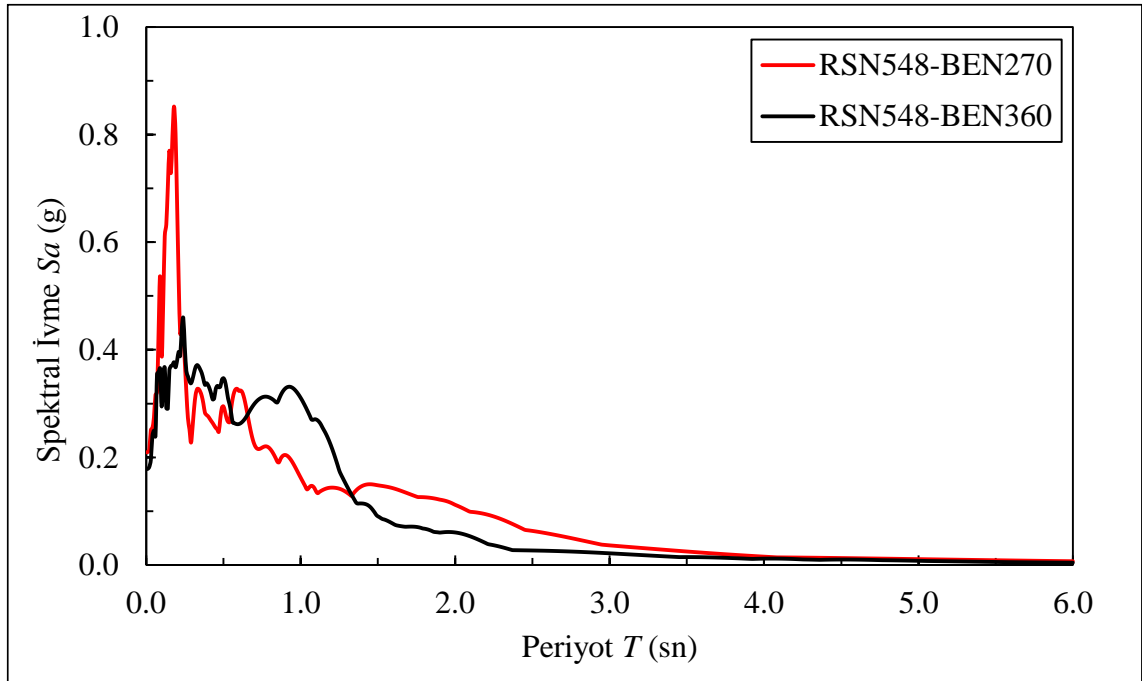
Şekil 2.18. 6. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN548-BEN270

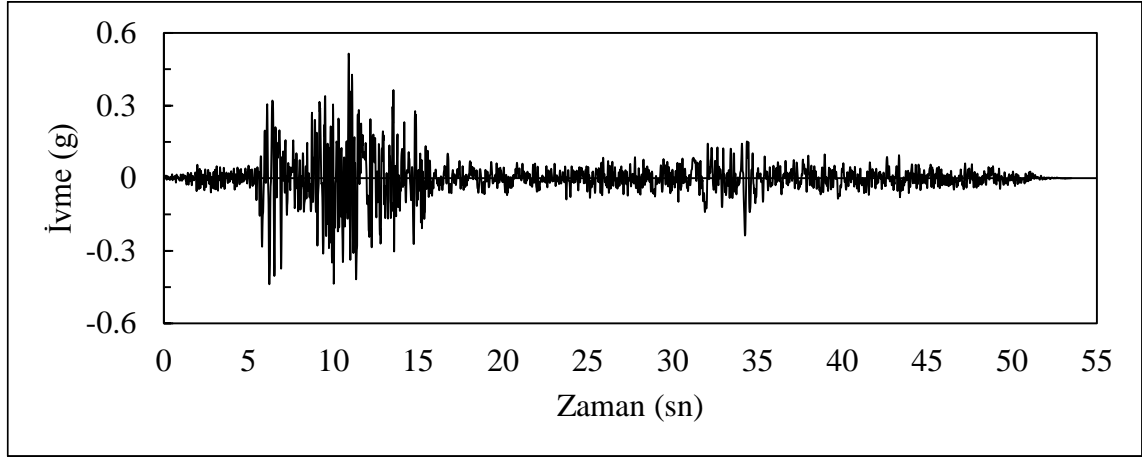


b. RSN548-BEN360

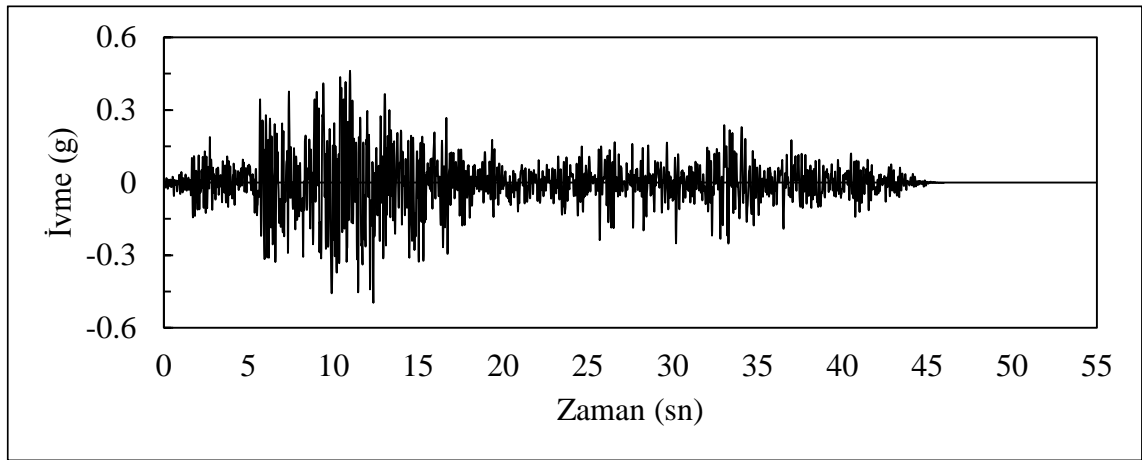


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

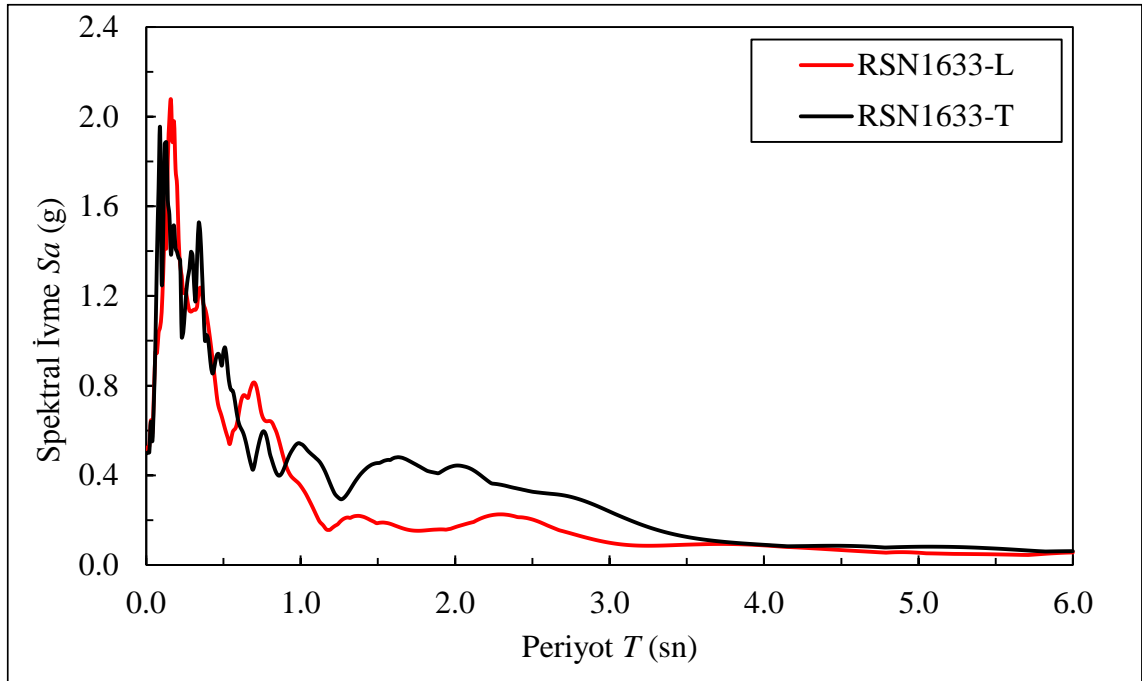
Şekil 2.19. 7. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN1633-L

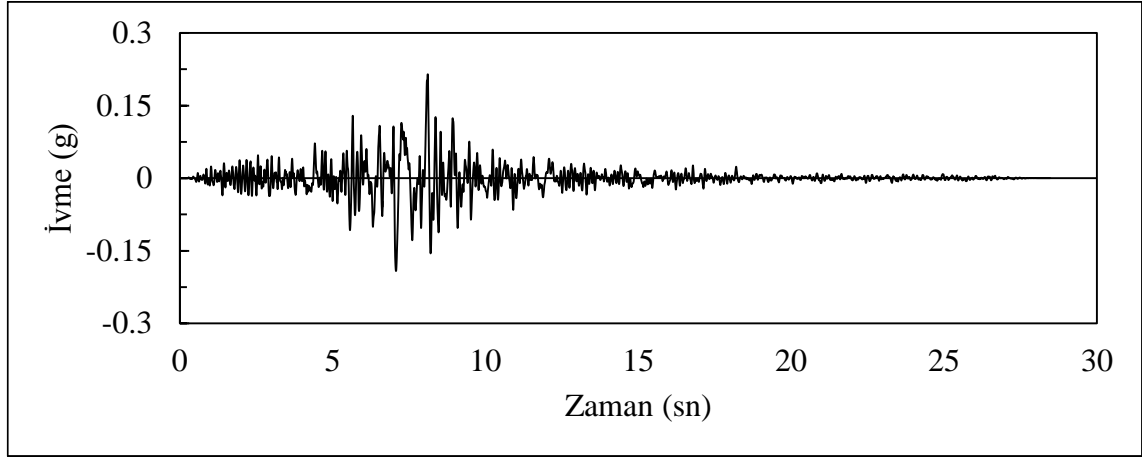


b. RSN1633-T

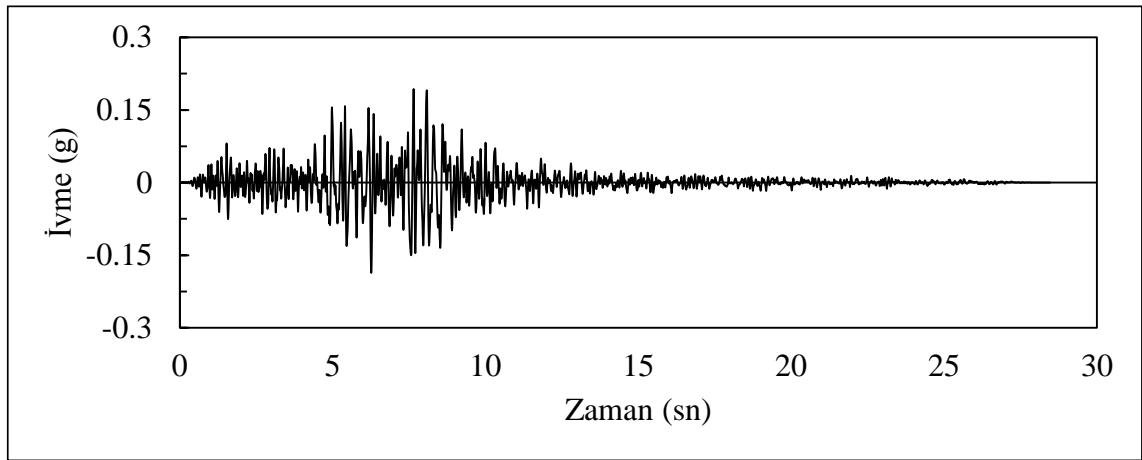


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

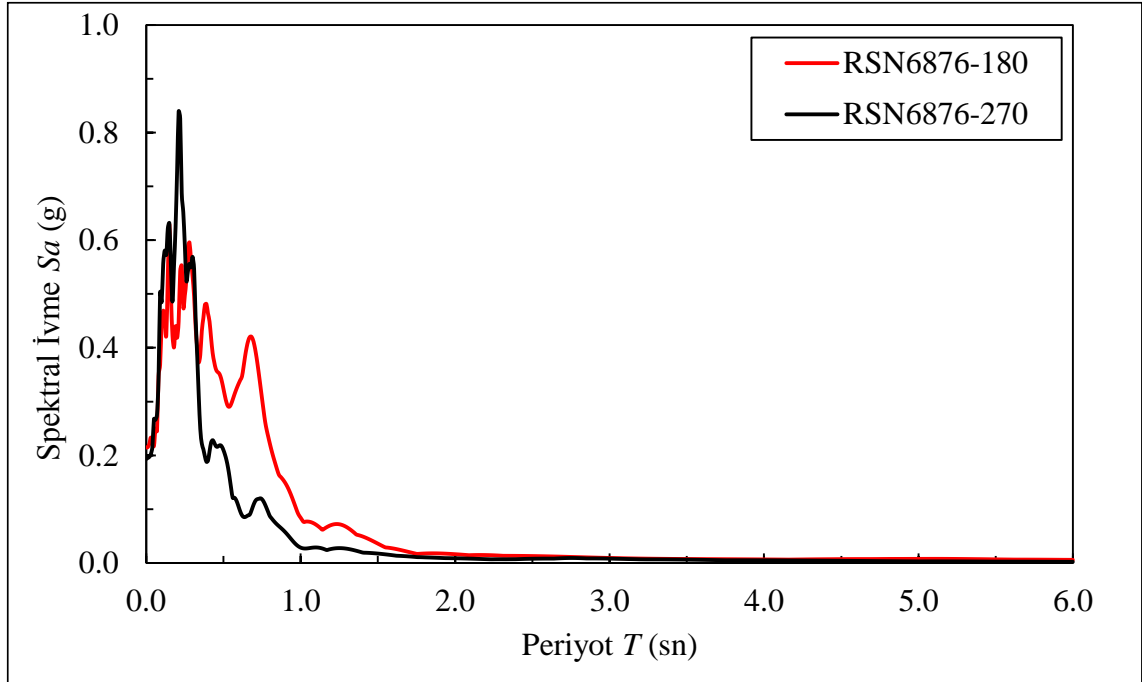
Şekil 2.20. 8. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN6876-180

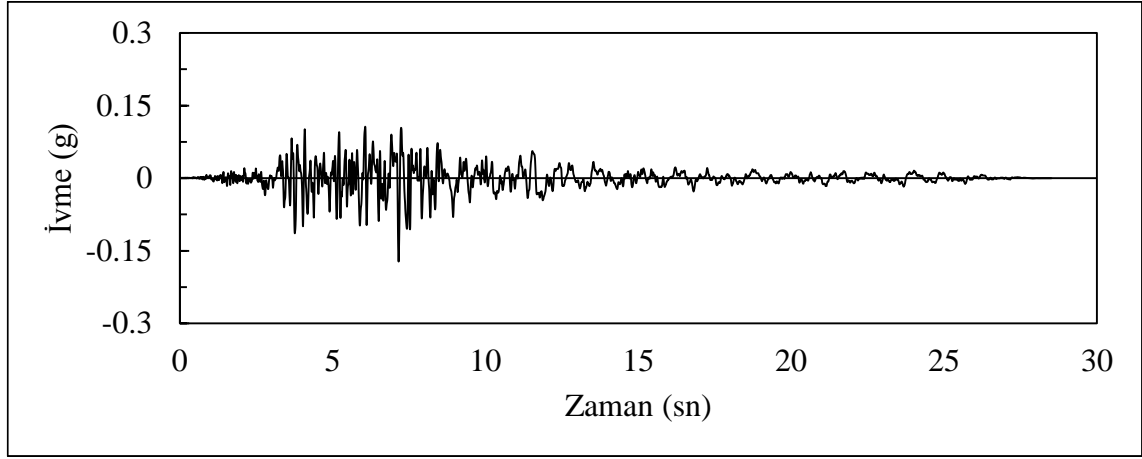


b. RSN6876-270

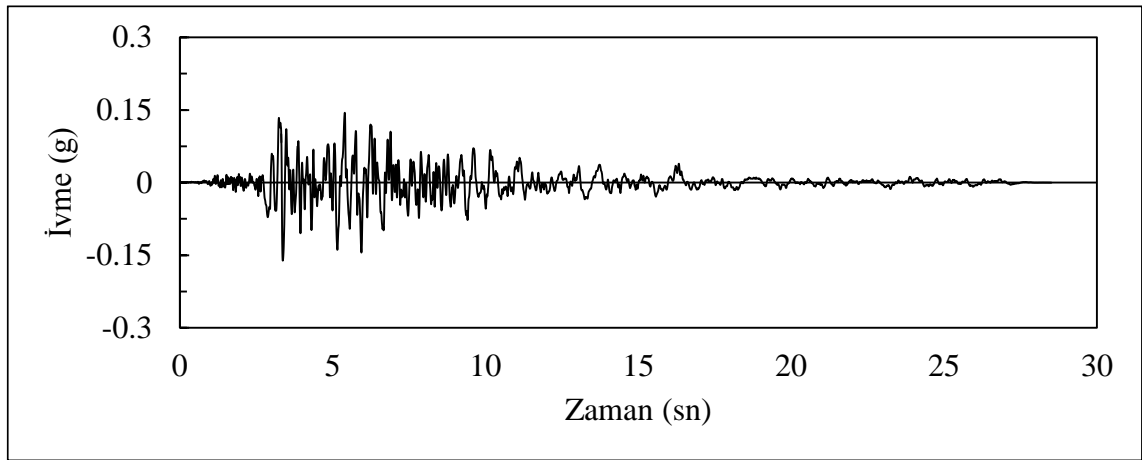


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

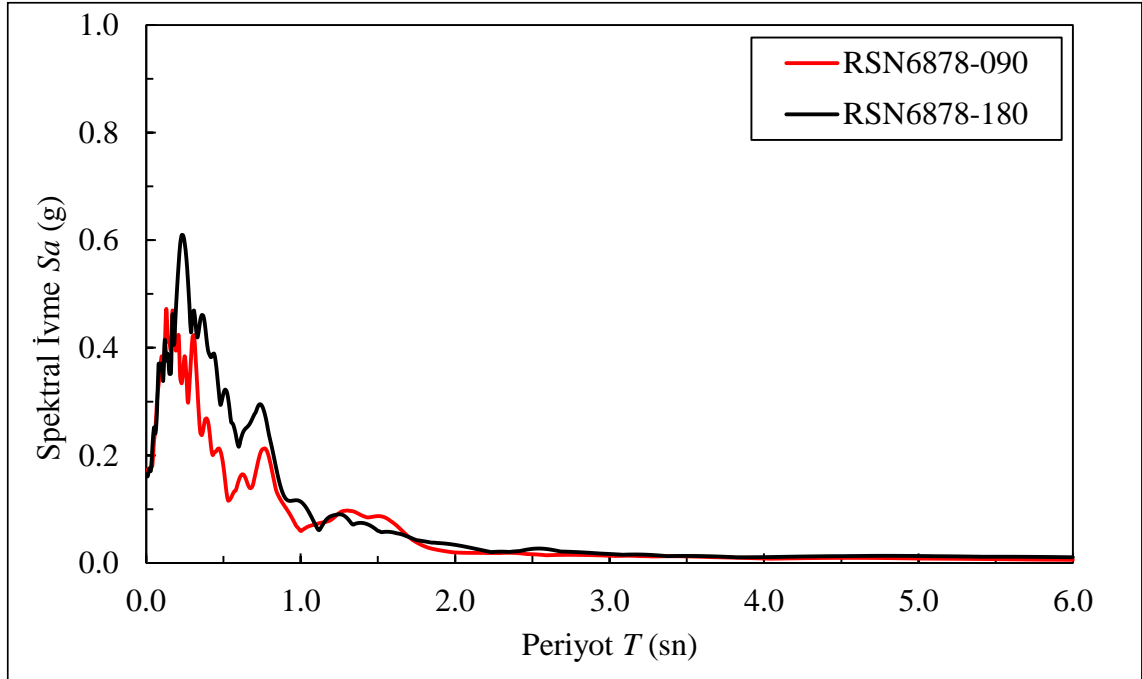
Şekil 2.21. 9. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN6878-090

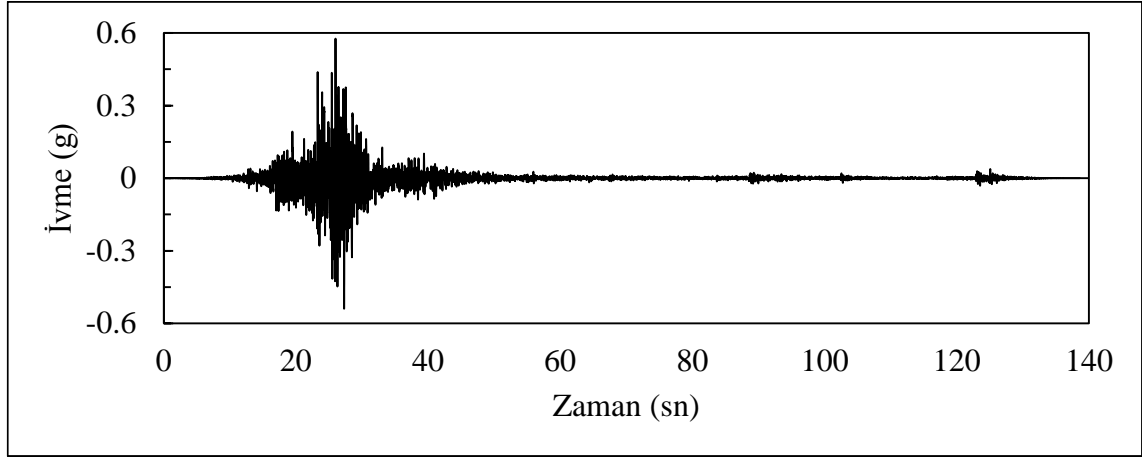


b. RSN6878-180

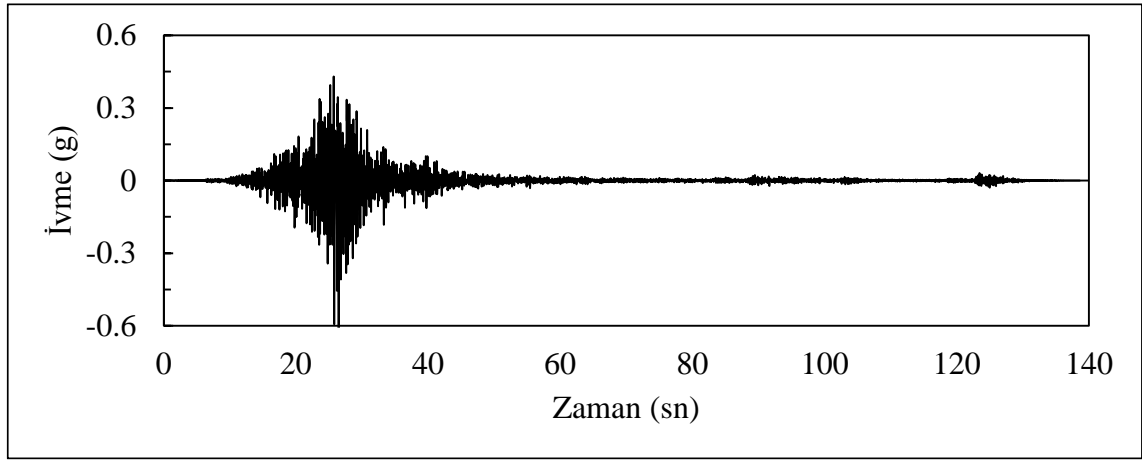


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

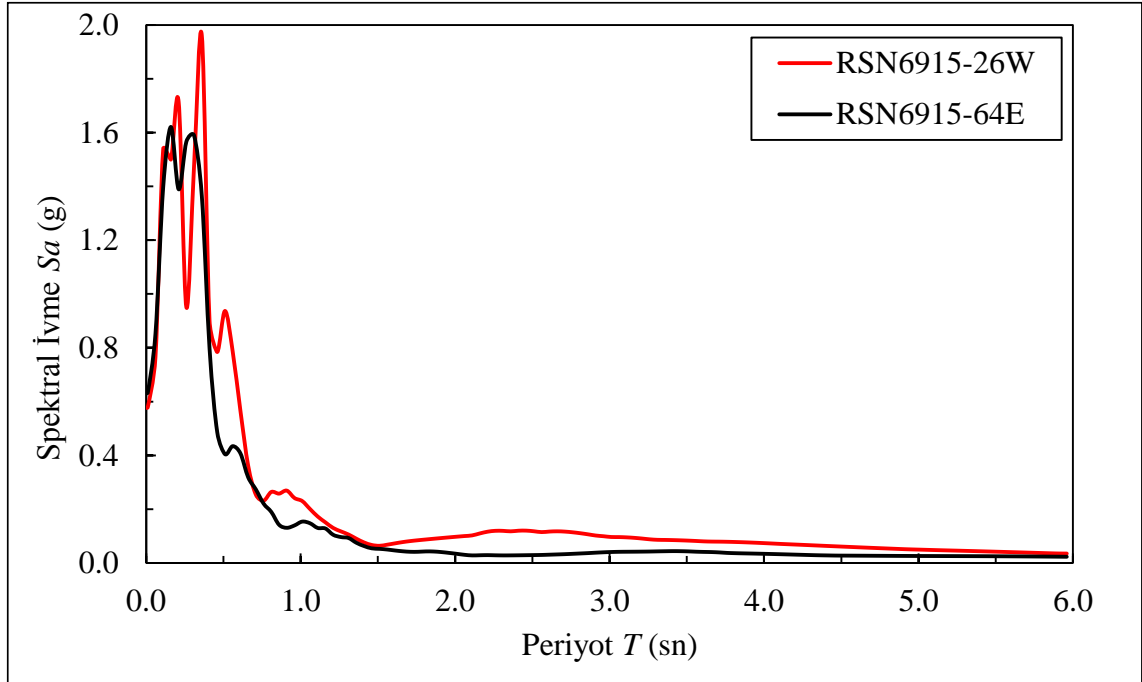
Şekil 2.22. 10. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri



a. RSN6915-26W



b. RSN6915-64E

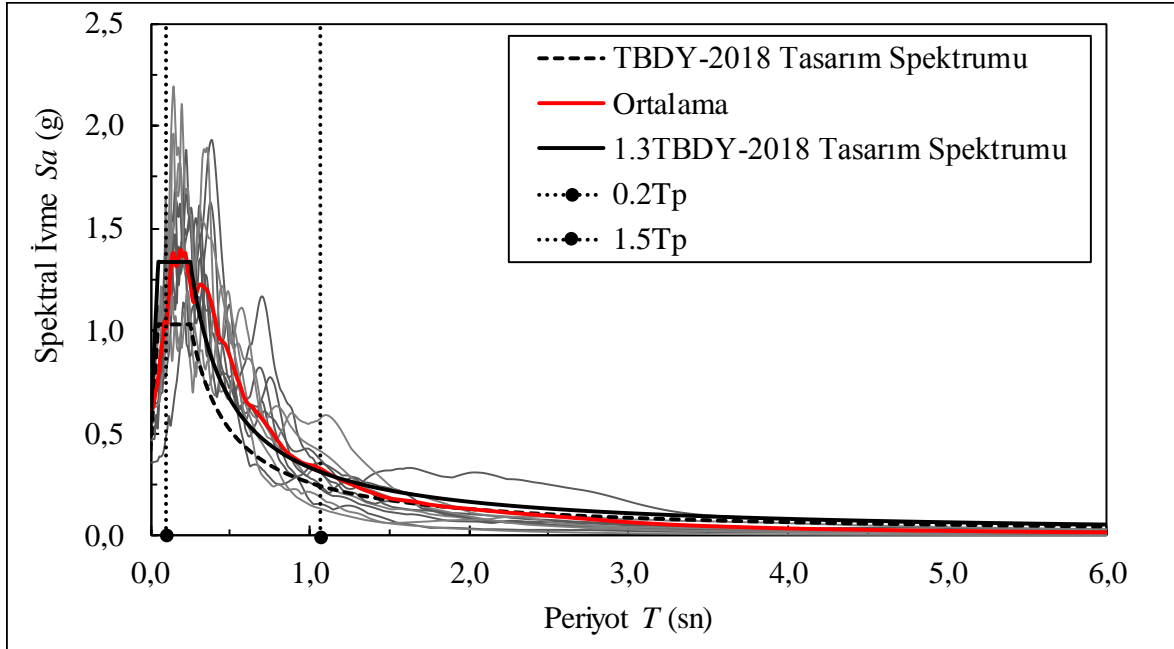


c. Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

Şekil 2.23. 11. Depreme ait ivme-zaman ve ivme tepki spektrum grafikleri

Tablo 2.8. Seçilen ivme kayıtlarının özellikleri ve ölçek katsayıları

No	RSN	Deprem	Yıl	Büyüklik	Mekanizma	R_{rup} (km)	Ölçek Fak.
1	33	Parkfield	1966	6.19		15.96	1.42
2	221	Livermore-02	1980	5.42		11.4	1.88
3	239	Mammoth Lakes-03	1980	5.91		18.13	1.54
4	248	Mammoth Lakes-06	1980	5.94		12.39	1.46
5	250	Mammoth Lakes-06	1980	5.94		16.03	0.72
6	265	Victoria Mexico	1980	6.33		14.37	0.84
7	548	Chalfant Valley-02	1986	6.19	Doğrultu Atımlı	21.92	1.74
8	1633	Manjil İran	1990	7.37		12.55	0.65
9	6876	Joshua Tree, CA	1992	6.1		29.4	1.9
10	6878	Joshua Tree, CA	1992	6.1		21.97	2.14
11	6915	Darfield	2010	7.0		24.47	0.75



Şekil 2.24. Ölçeklendirilen ivme kayıtlarına ait tepki spektrumları

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

3.1. Giriş

Tez çalışmasının bu kısmında, dolgu duvar konum ve oranlarının betonarme binaların davranışına ve performansına olan etkilerini incelemek üzere TBDY-2018'e göre tasarlanan betonarme bir konut binasının, çeşitli dolgu duvar düzenleri göz önüne alınarak gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesaplarından elde edilen bulgular ve irdelemeler verilmiştir.

SAP2000 programında gerçekleştirilen modal analizler sonucunda dolgu duvarların, binaların mod şekillerine, doğal titreşim periyotlarına ve kütle katılım oranlarına etkileri incelenmiştir.

Tasarımı gerçekleştirilen betonarme binada, dolgu duvar konum ve oranlarının yapının sismik davranışına olan etkilerini belirlemek amacıyla görelî kat ötelenmeleri, taban kesme kuvvetlerindeki değişimler incelenmiştir. Ayrıca TBDY-2018'e göre binanın performans seviyeleri seçilen dolgu duvar düzenleri için karşılaştırılmış ve böylece dolgu duvarların binaların sismik performansına olan etkileri incelenmiş ve karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

3.2. İncelenen Yapıya Ait Analiz Sonuçları

3.2.1. Modal Analiz

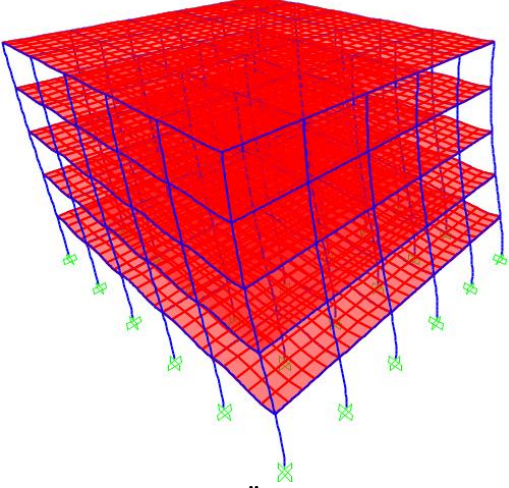
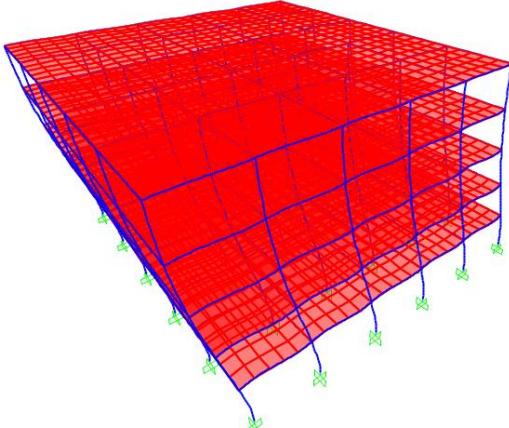
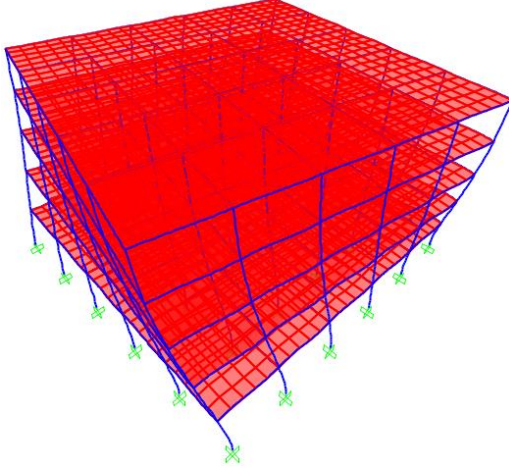
Bu bölümde, çeşitli dolgu duvar konum ve oranları dikkate alınarak gerçekleştirilen modal analiz sonucunda seçilen betonarme binanın ilk üç moduna ait mod şekilleri, periyotları ve kütle katılım oranları incelenmiştir ve Tablo 3.1-3.6 ile sunulmuştur.

İncelenen binanın simetrik olması nedeniyle dolgu duvarlar sadece x-doğrultusuna yerleştirilmiştir. Bu sebeple dikkate alınan bütün duvar konumları için yapıda oluşan mod şekilleri incelendiğinde ilk mod şekillerinin y- doğrultusunda olduğu ve yanal mod olduğu görülmektedir. Model-1 (duvarsız), Model-2 ve Model-6'da ikinci mod şeklinin x-doğrultusunda yanal mod, üçüncü mod şeklinin ise burulma modu olduğu tespit edilmiştir. Ancak Model-3, Model-4 ve Model-5'de, Model-1, Model-2 ve Model-6'nın aksine ikinci

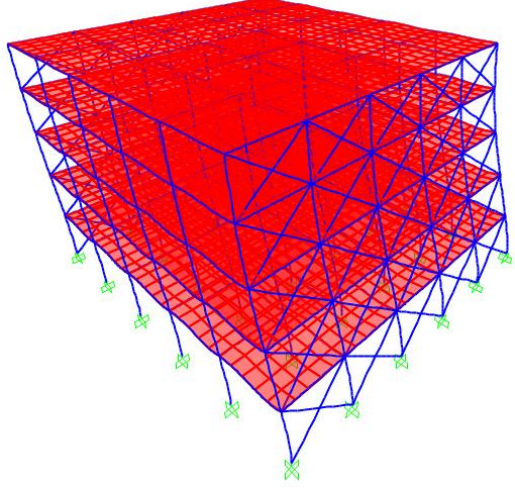
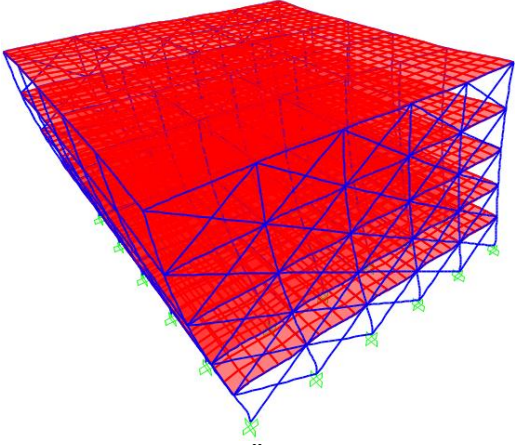
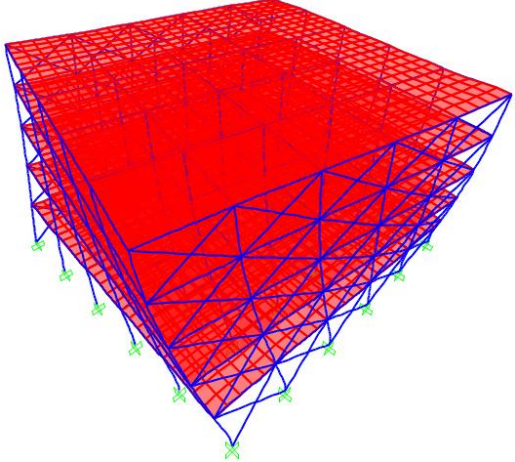
mod şekli burulma modu, üçüncü mod şekli ise x-doğrultusunda yanal mod olarak elde edilmiştir.

Tasarlanan binada duvarların yerleştirildiği x-doğrultusundaki hakim periyot değerleri incelendiğinde, yapıda en büyük periyot değerinin 0.712 sn olarak dolgu duvarın bulunmadığı Model-1 için elde edilirken, en küçük periyot değerinin 0.241 sn olarak tüm akslarda dolgu duvarların bulunduğu Model-5 ve Model-6’da elde edilmiştir. Ayrıca incelenen doğrultuda dolgu duvar oranının artması ile periyot değerlerinde ciddi azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yapılarda dolgu duvar oranının artması ile yapılarda büyük bir rijitlik artışı olduğunu göstermektedir.

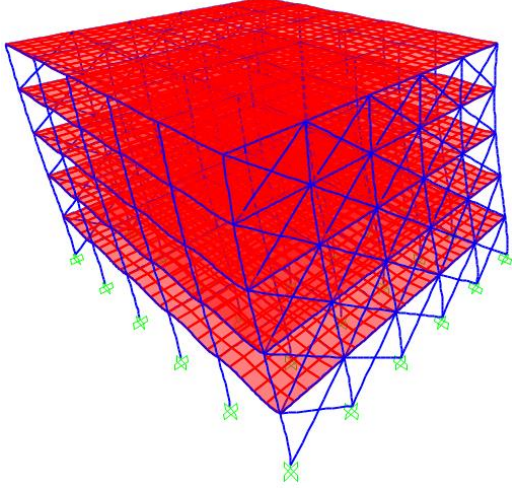
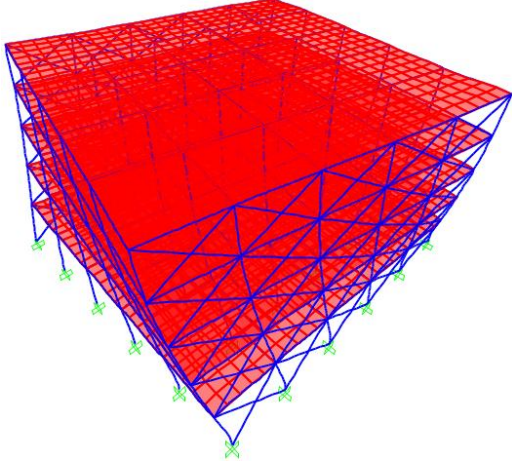
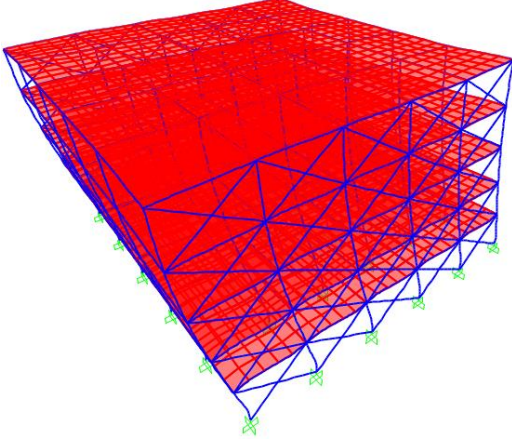
Tablo 3.1. Model-1'e ait modal analiz sonuçları

Mod No	Mod Şekli	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı		
			U _x (%)	U _y (%)	R _z (%)
1	 <p>Y doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.712	0.973	82.682	0
2	 <p>X Doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.712	82.682	0.373	0
3	 <p>Burulma Modu</p>	0.631	0	0	83.165

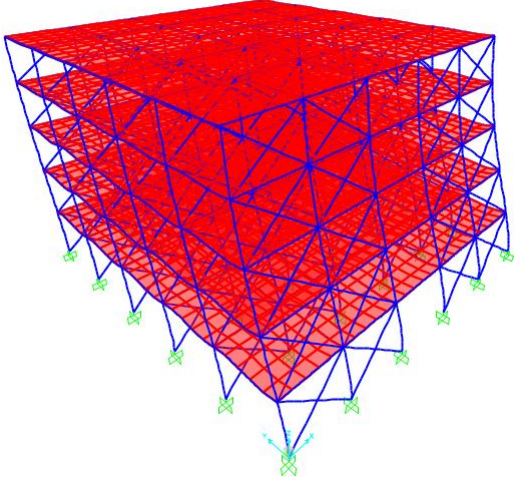
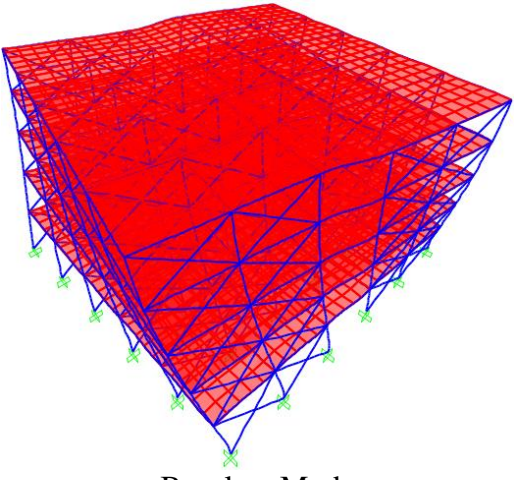
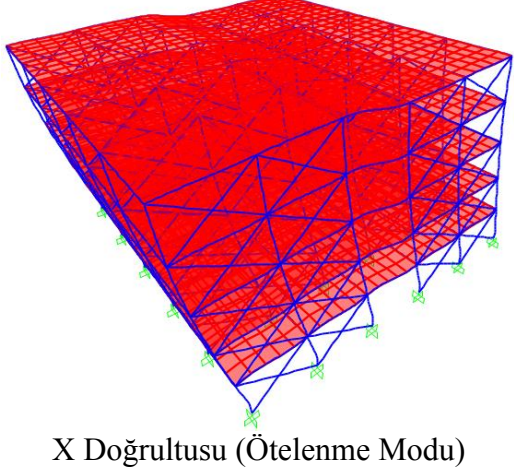
Tablo 3.2. Model-2'ye ait modal analiz sonuçları

Mod No	Mod Şekli	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı		
			U _x (%)	U _y (%)	R _z (%)
1	 <p>Y doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.712	0	83.052	0
2	 <p>X Doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.375	85.323	0	0
3	 <p>Burulma Modu</p>	0.325	0	0	85.578

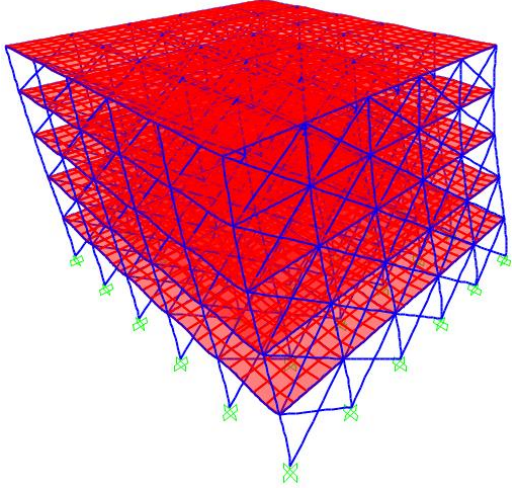
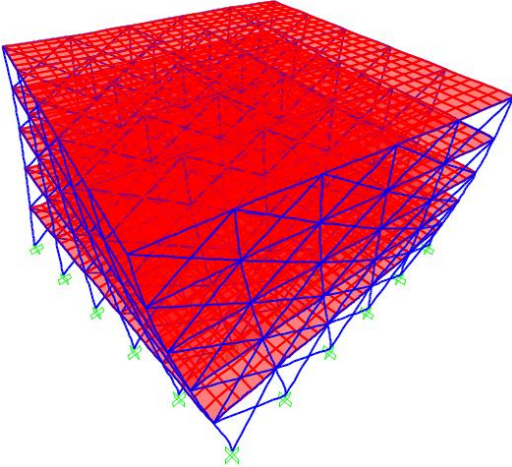
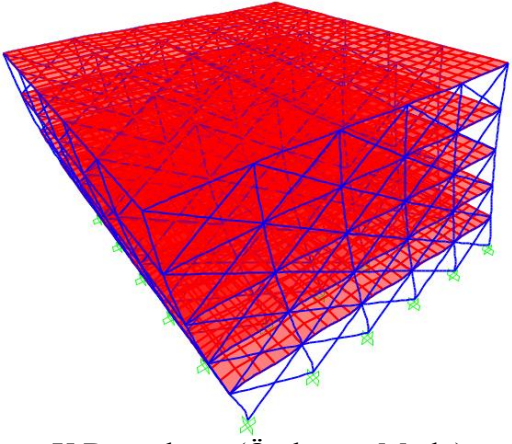
Tablo 3.3. Model-3'e ait modal analiz sonuçları

Mod No	Mod Şekli	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı		
			U _x (%)	U _y (%)	R _z (%)
1	 <p>Y doğrultusu (Yanal Mod)</p>	0.712	0	83.049	0
2	 <p>Burulma Modu</p>	0.290	0	0	85.741
3	 <p>X Doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.287	85.802	0	0

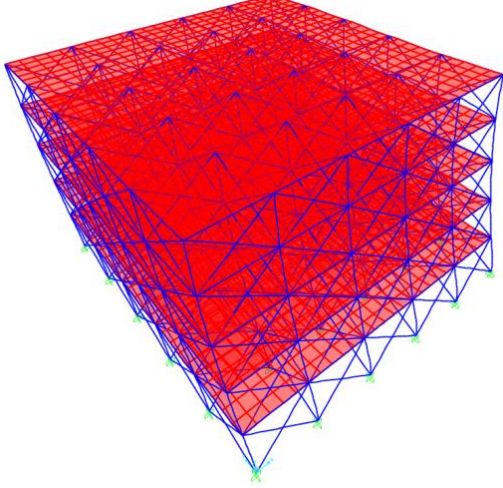
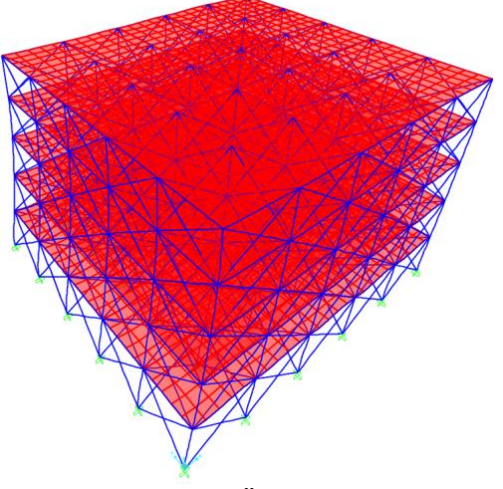
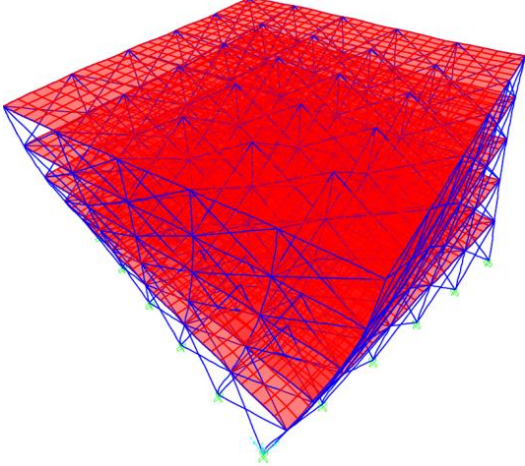
Tablo 3.4. Model-4'e ait modal analiz sonuçları

Mod No	Mod Şekli	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı		
			U _x (%)	U _y (%)	R _z (%)
1	 <p>Y doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.712	0	83.047	0
2	 <p>Burulma Modu</p>	0.323	0	0	84.437
3	 <p>X Doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.276	84.431	0	0

Tablo 3.5. Model-5'e ait modal analiz sonuçları

Mod No	Mod Şekli	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı		
			U _x (%)	U _y (%)	R _z (%)
1	 <p>Y doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.712	0	83.045	0
2	 <p>Burulma Modu</p>	0.287	0	0	85.753
3	 <p>X Doğrultusu (Ötelenme Modu)</p>	0.241	85.963	0	0

Tablo 3.6. Model-6'ya ait modal analiz sonuçları

Mod No	Mod Şekli	Periyot (sn)	Kütle Katılım Oranı		
			U _x (%)	U _y (%)	R _z (%)
1	 Y doğrultusu (Ötelenme Modu)	0.241	0.355	82.435	0
2	 X Doğrultusu (Ötelenme Modu)	0.241	82.435	0.355	0
3	 Burulma Modu	0.210	0	0	86.946

3.2.2. Göreli Kat Ötelenmeleri

Çeşitli dolgu duvar konum ve oranları dikkate alınarak gerçekleştirilen analizler sonucunda seçilen betonarme bina için göreli kat ötelenmeleri elde edilmiş ve Şekil 3.1-3.6 ile sunulmuştur. Seçilen tüm dolgu duvar modelleri için elde edilen göreli kat ötelenmelerinin karşılaştırılması ise Şekil 3.7 ile verilmiştir.

İncelenen yapının taşıyıcı sisteminin iki doğrultuda da simetrik olması ve dolgu duvarların sadece x-doğrultusuna yerleştirilmesi sebebiyle göreli kat ötelenmeleri sadece bu doğrultu için hesaplanmıştır.

TBDY-2018' e göre her bir deprem doğrultusu için hesaplanan göreli kat ötelenmelerinin (δ_i) belirli sınırlar altında tutulması gerekmektedir. Bu sınır değerler;

- Dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının tamamen bitişik olması durumunda;

$$\lambda \frac{\delta_{i\max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.008\kappa$$

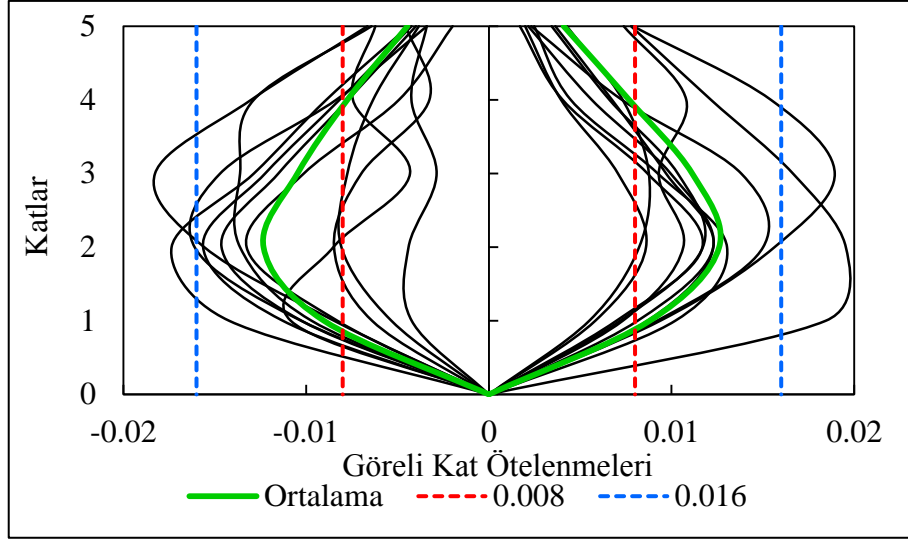
- Dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının birbirinde esnek bağlantılarla ayrıldığı durumlarda;

$$\lambda \frac{\delta_{i\max}^{(X)}}{h_i} \leq 0.016\kappa$$

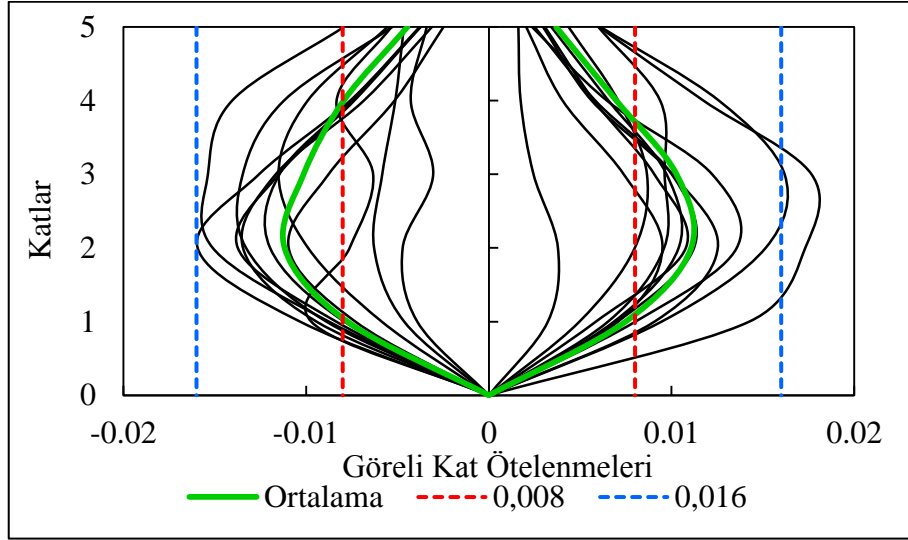
TBDY-2018'e göre λ katsayısı incelenen bina için 0.40 olarak hesaplanmış, κ katsayısı incelenen binanın betonarme olması sebebiyle 1 olarak dikkate alınmıştır.

Hesaplar sonucu elde edilen göreli kat ötelenmeleri, yukarıda verilen her iki durum için hesaplanan 0.008 ve 0.016 değerleri ile kıyaslanmıştır. Ayrıca TBDY-2018 gereği seçilen 11 ivme kaydından elde edilen göreli kat ötelenme değerlerinin ortalaması bu sınır değerler ile kıyaslanmıştır.

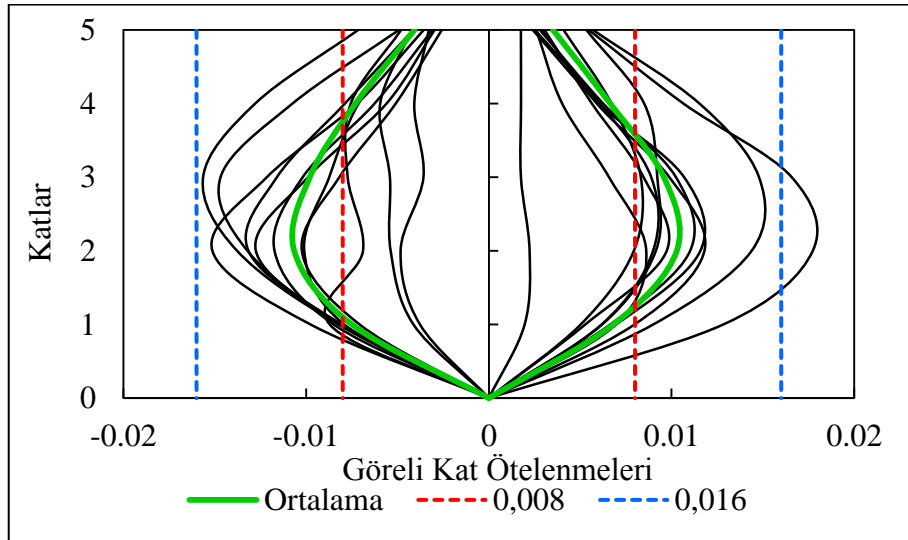
Şekil 3.1-3.6'den görüleceği üzere incelenen tüm duvar konum ve oranları için göreli kat ötelenmelerinin ortalamasının, dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının tamamen bitişik olması durumunda 0.008 sınırını aşmaktadır, dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının birbirinde esnek bağlantılarla ayrıldığı durumunda ise 0.016 sınırının altında kalmaktadır. Ayrıca Şekil 3.7'den görüleceği üzere yapıdaki dolgu duvarların göreli kat ötelenmelerini önemli ölçüde etkilemektedir ve dolgu duvar oranının artmasıyla göreli kat ötelenmelerinde ciddi azalmalar meydana gelmektedir.



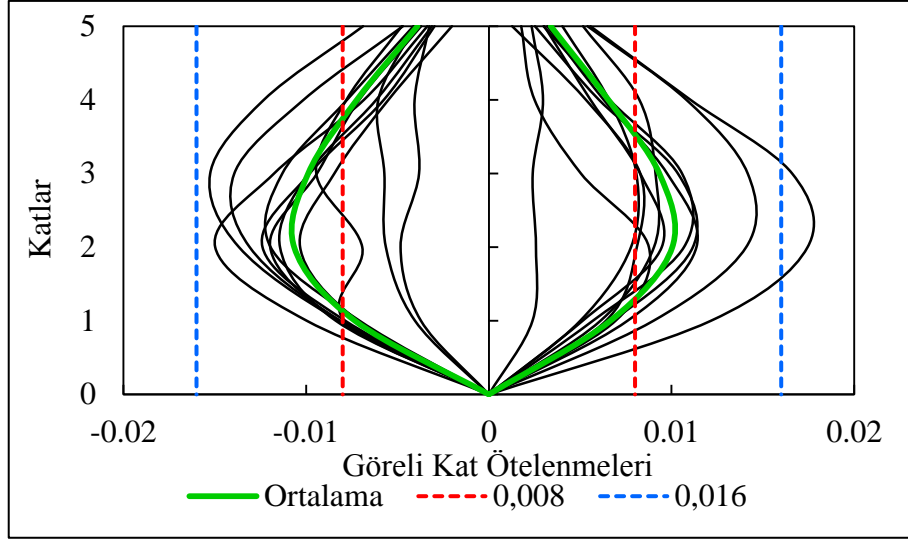
Şekil 3.1. Model-1 görel kat ötelenmesi kontrolü



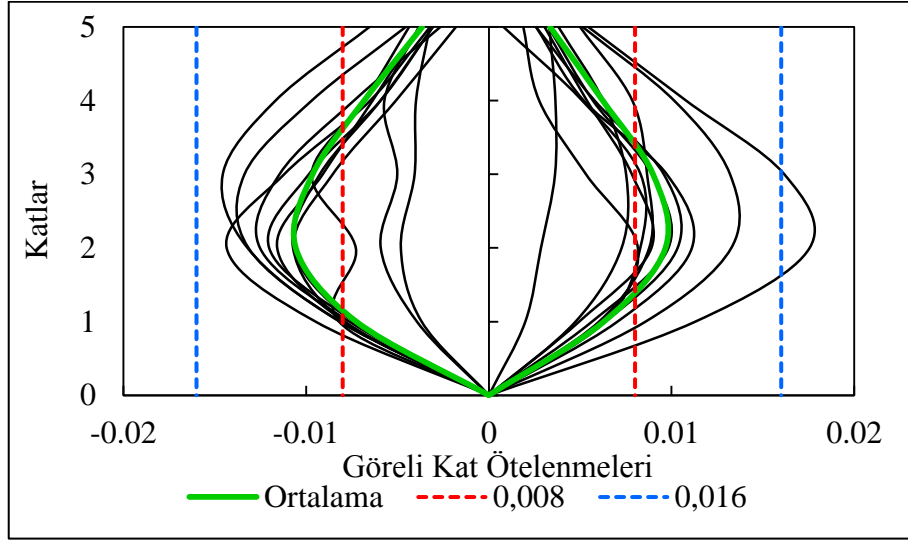
Şekil 3.2. Model-2 görel kat ötelenmesi kontrolü



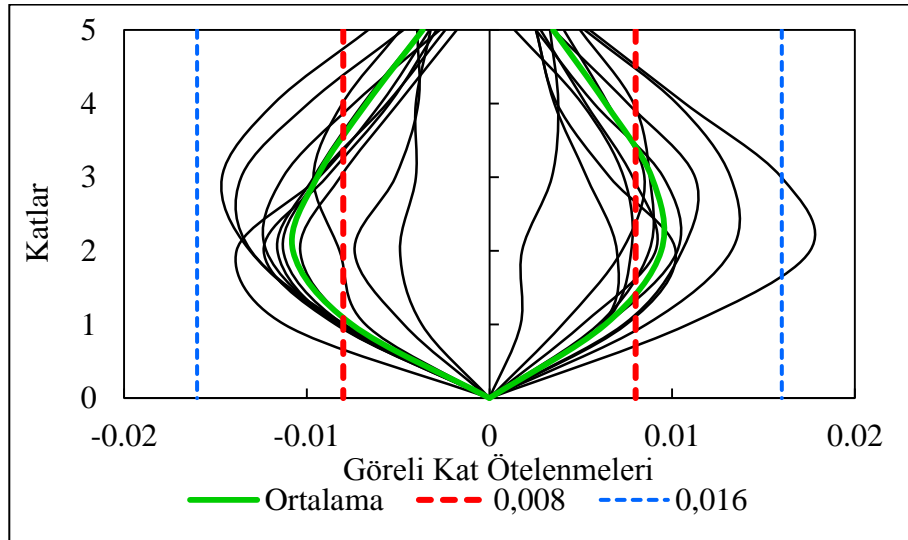
Şekil 3.3. Model-3 görel kat ötelenmesi kontrolü



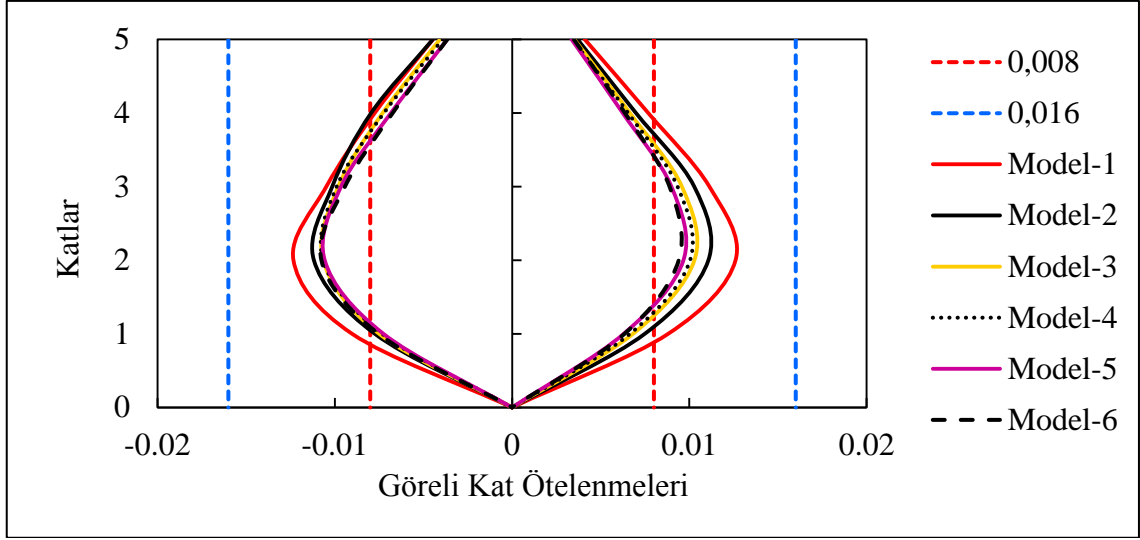
Şekil 3.4. Model-4 görel kat ötelenmesi kontrolü



Şekil 3.5. Model-5 görel kat ötelenmesi kontrolü



Şekil 3.6. Model-6 görel kat ötelenmesi kontrolü

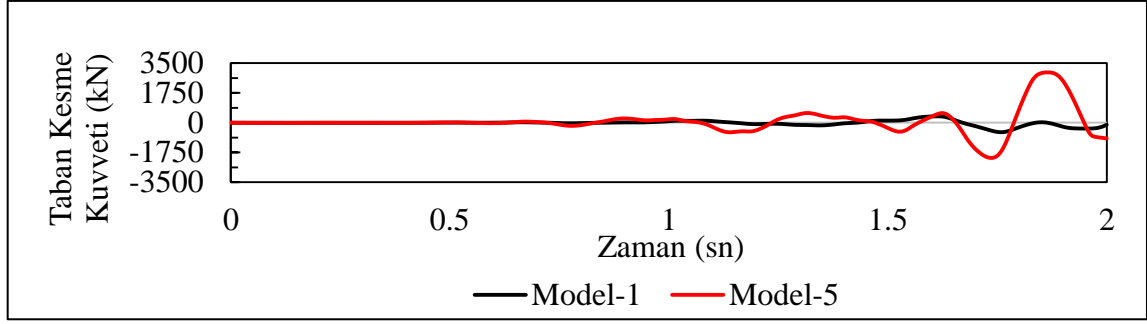


Şekil 3.7. Seçilen duvar oran ve düzenleri için görel kat ötelenmelerinin karşılaştırılması

3.2.3. Taban Kesme Kuvvetleri

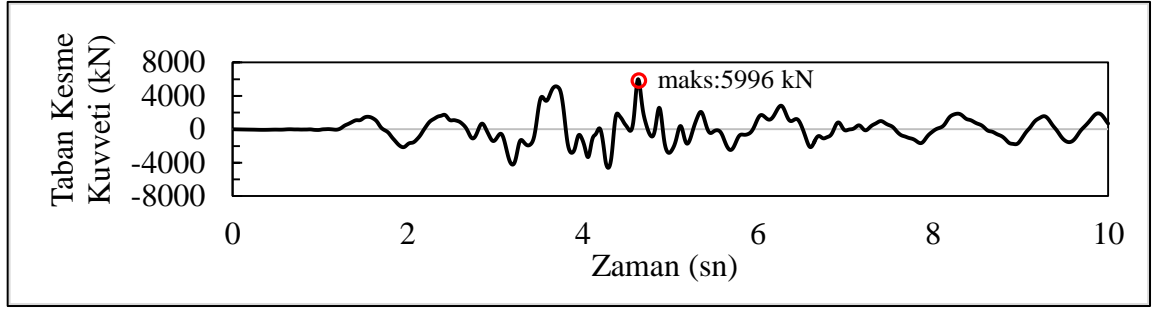
Çeşitli dolgu duvar konum ve oranları dikkate alınarak gerçekleştirilen analizler sonucunda seçilen betonarme bina için her bir deprem kaydında meydana gelen taban kesme kuvvetlerinin zamanla değişimi ve maksimum taban kesme kuvvetleri elde edilmiştir. Taban kesme kuvveti-zaman grafiği ve maksimum taban kesme kuvvetleri Şekil 3.9-3.19 ile sunulmuştur.

Şekil 3.9-3.19 incelendiğinde dolgu duvarların kapasitesine ulaşıncaya kadar bina taban kesme kuvvetini, duvarsız modellere oranla oldukça büyük oranlarda artırdığı tüm ivme kayıtlarında görülmektedir. Ancak dolgu duvarlı binaların davranışı, kapasitesine ulaşan dolgu duvarlar nedeniyle ilerleyen zaman adımlarında dolgu duvarsız binaya benzediği görülmektedir. Bu durumu daha iyi açıklamak için Şekil 3.8’de RSN250 ivme kaydına ait taban kesme kuvveti-zaman grafiğinin, dolgu duvarların kapasitesine ulaşıncaya kadar geçen süredeki değişimi detaylı olarak verilmiştir. Bu durum, geçmişte gerçekleştirilen deneysel çalışmalar ile uyumluluk göstermektedir (Demirel vd. 2015).

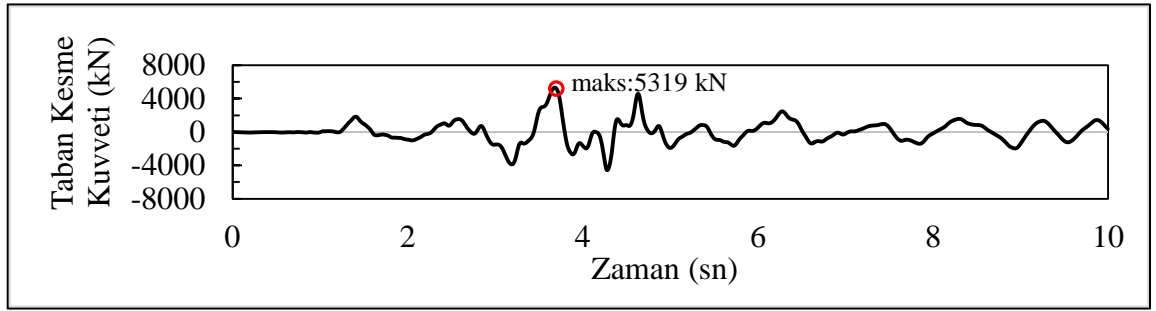


Şekil 3.8. Dolgu duvarların kapasitesine erişinceye kadar taban kesme kuvveti değişimi

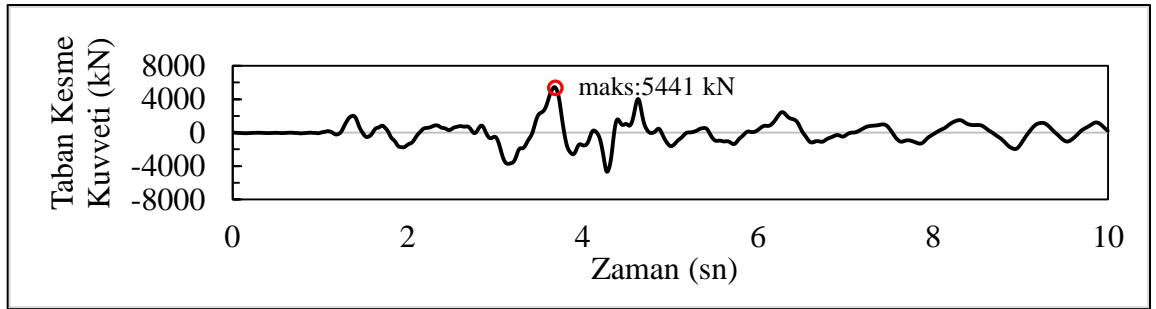
Şekil 3.9-3.19'dan görüleceği üzere seçilen bazı deprem kayıtları için dolgu duvar oranı arttıkça oluşan maksimum taban kesme kuvveti de artmaktadır. Ancak bazı deprem kayıtlarında ise dolgu duvarsız durumda elde edilen maksimum taban kesme kuvveti dolgu duvarlı modellerden daha büyük olarak elde edilmiştir. Bu durum, binaların tasarım ve analizleri sırasında genellikle dolgu duvarların dikkate alınmaması nedeniyle binaların olası depremlerde tasarımda dikkate alınan deprem yüklerinden daha büyük deprem kuvvetlerine maruz kalabileceğini ve beklenmedik hasarların meydana gelebileceğini göstermektedir.



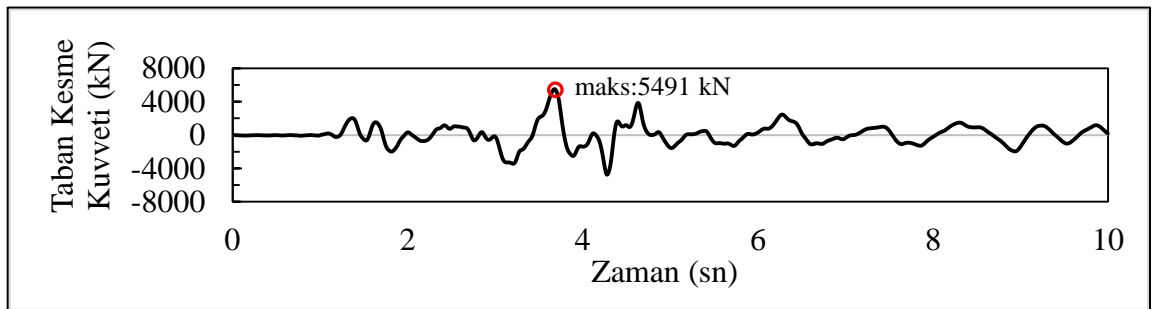
a. Model-1



b. Model-2

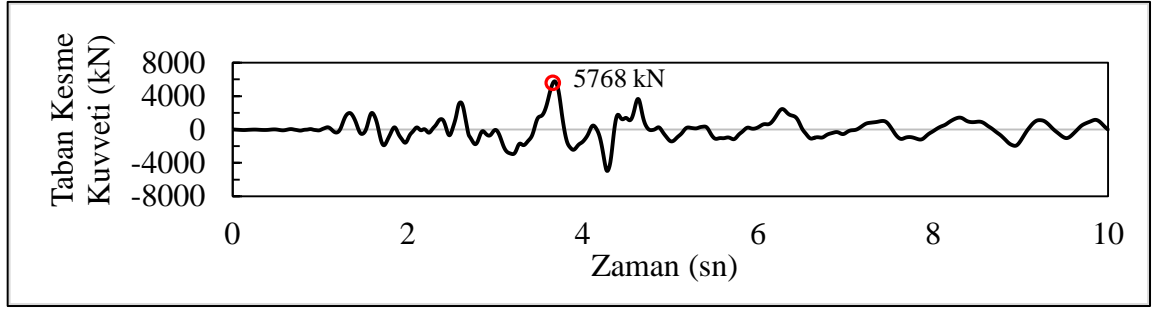


c. Model-3

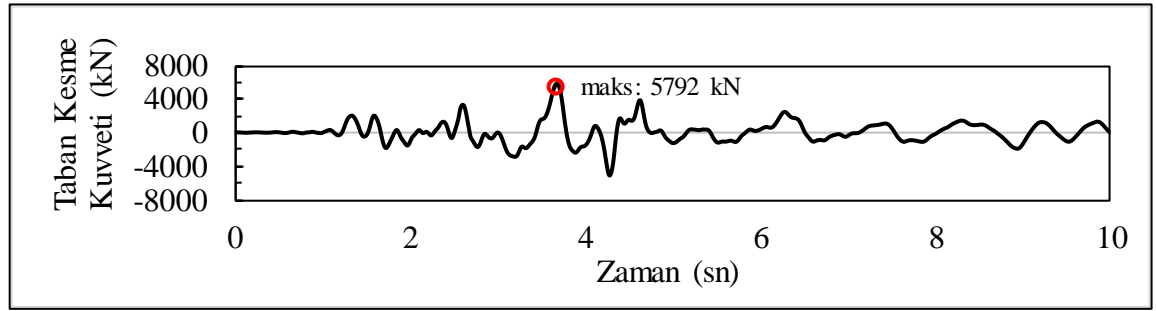


d. Model-4

Şekil 3.9. RSN33 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

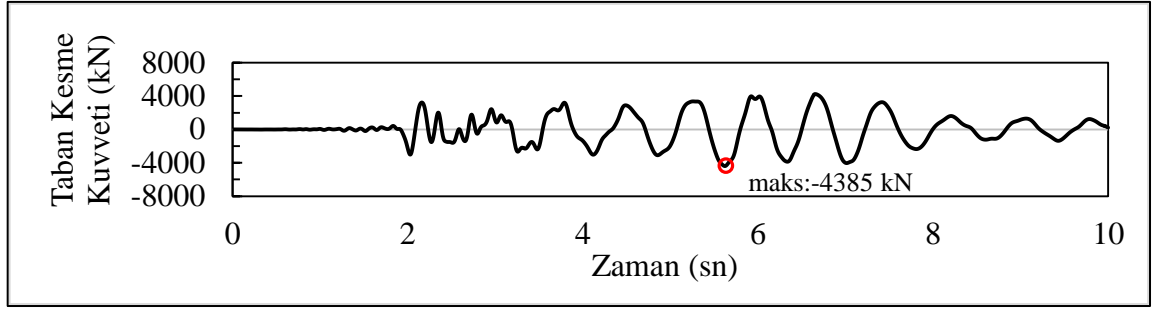


e. Model-5

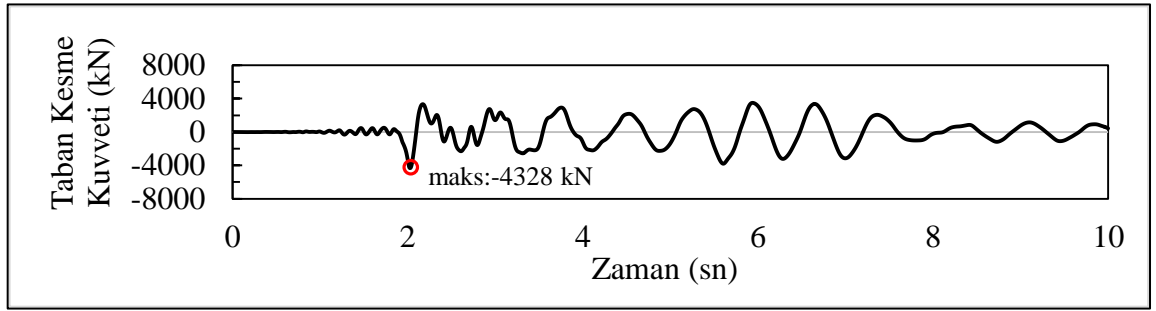


f. Model-6

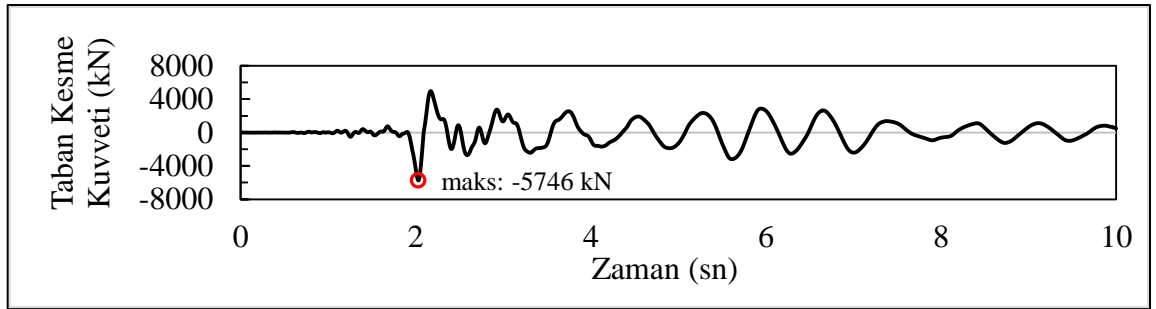
Şekil 3.9 (devamı). RSN33 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



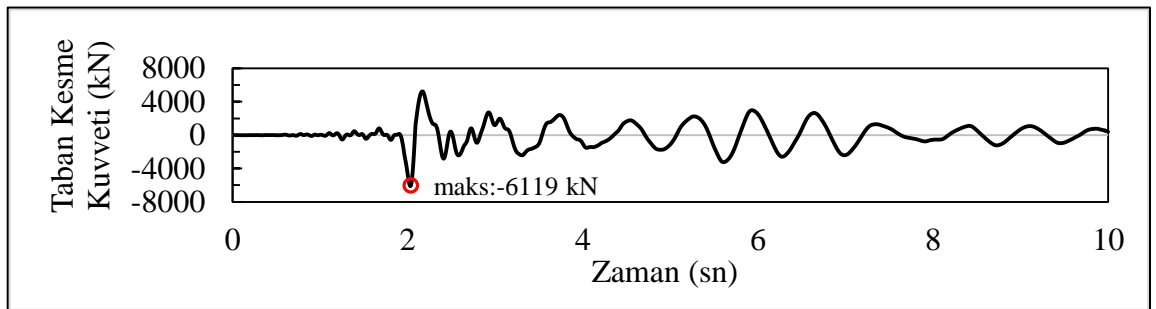
a. Model-1



b. Model-2

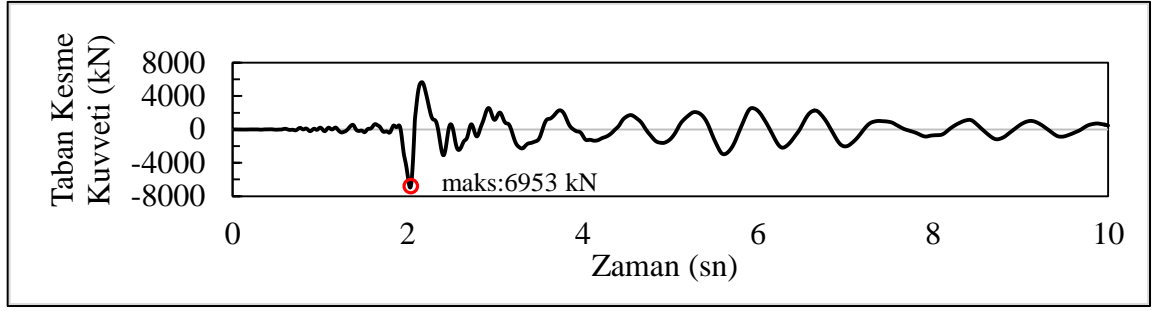


c. Model-3

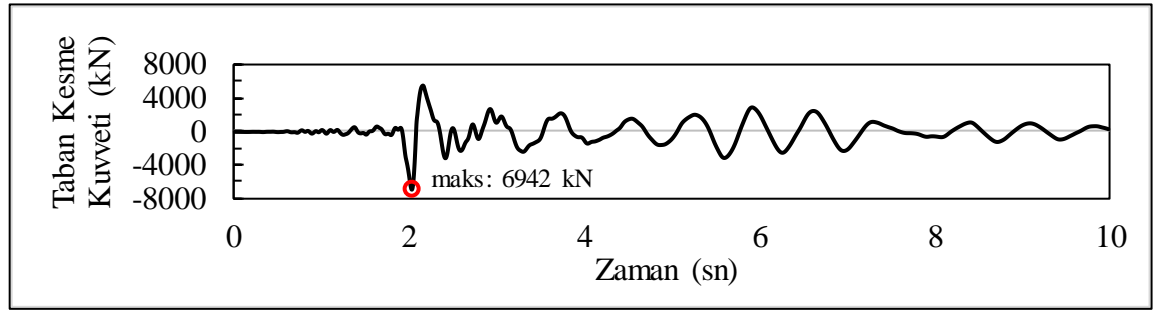


d. Model-4

Şekil 3.10. RSN221 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

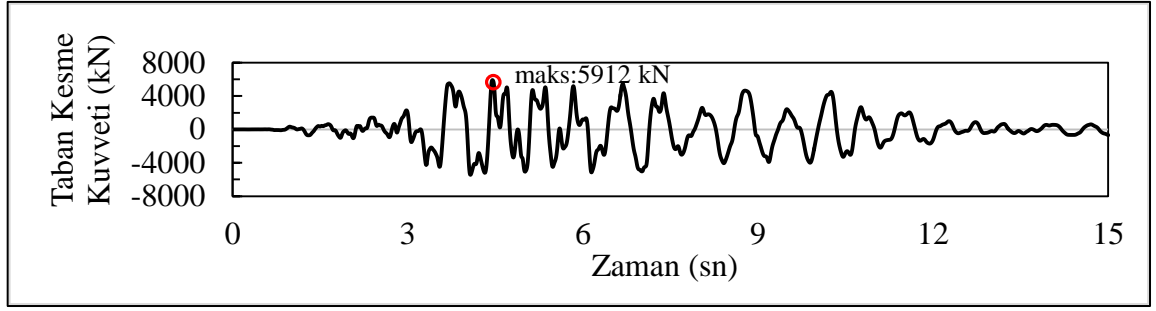


e. Model-5

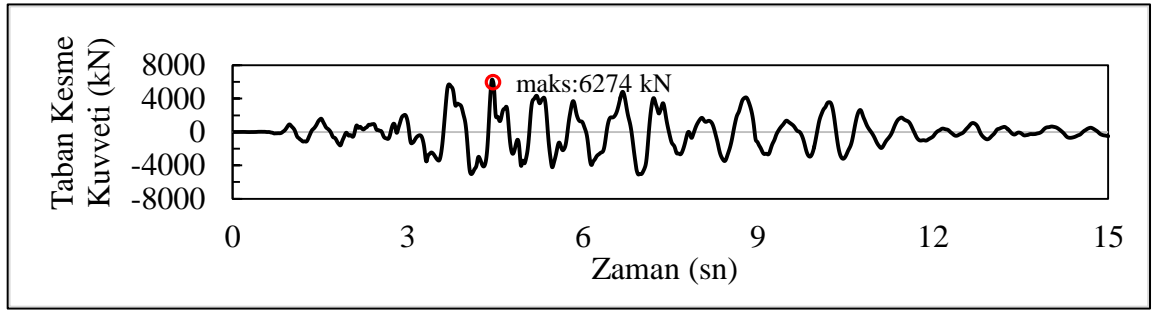


f. Model-6

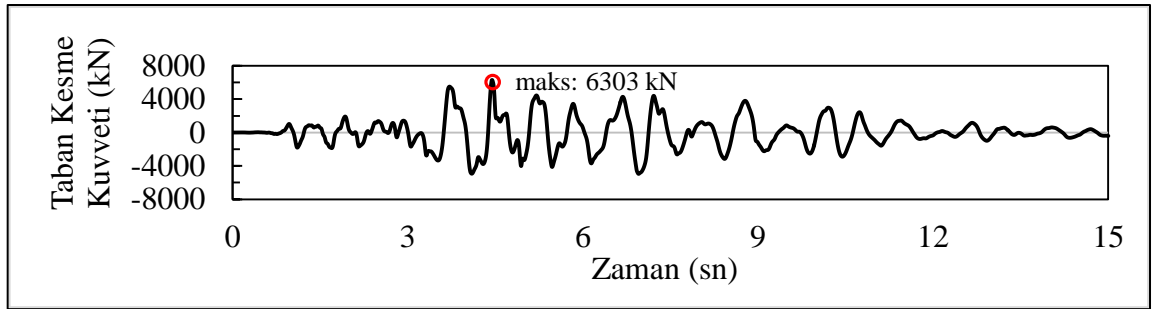
Şekil 3.10 (devamı). RSN221 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



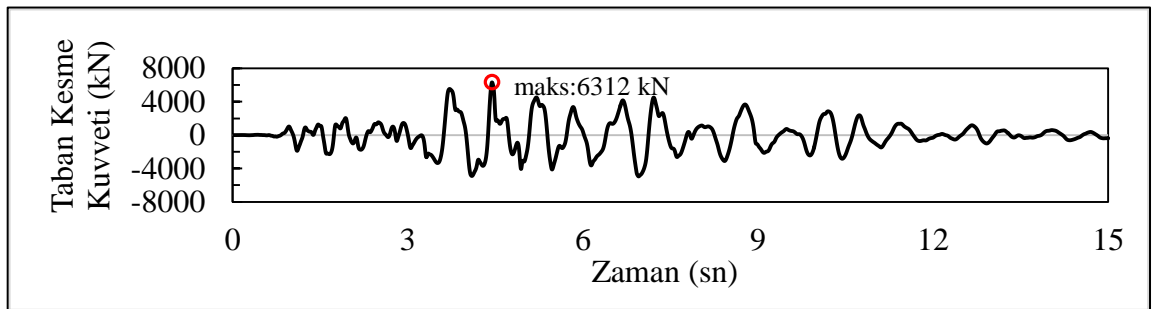
a. Model-1



b. Model-2

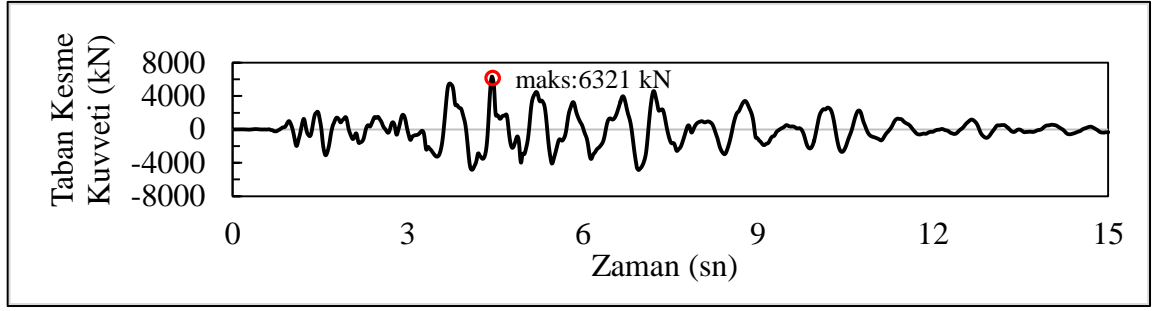


c. Model-3

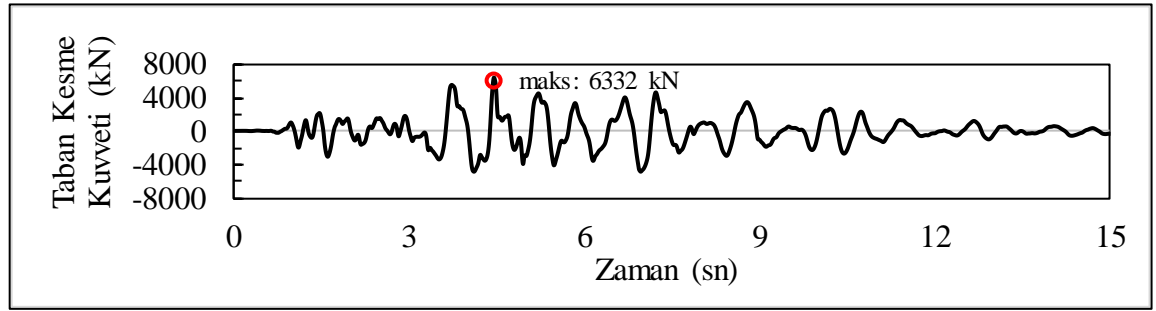


d. Model-4

Şekil 3.11. RSN239 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

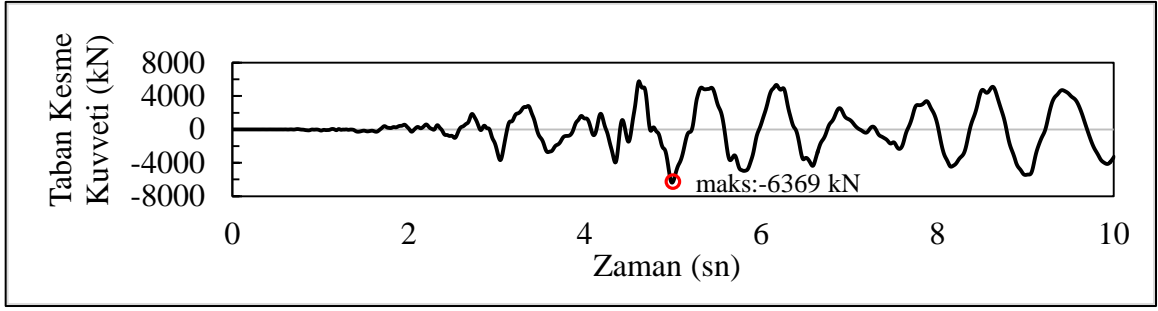


e. Model-5

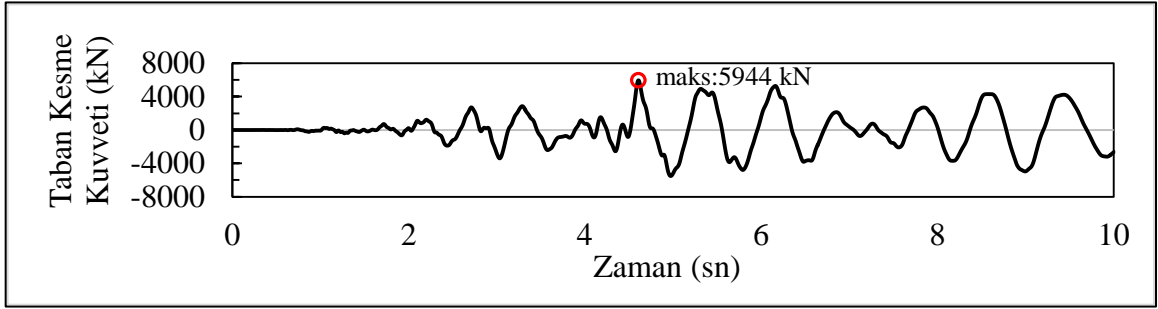


f. Model-6

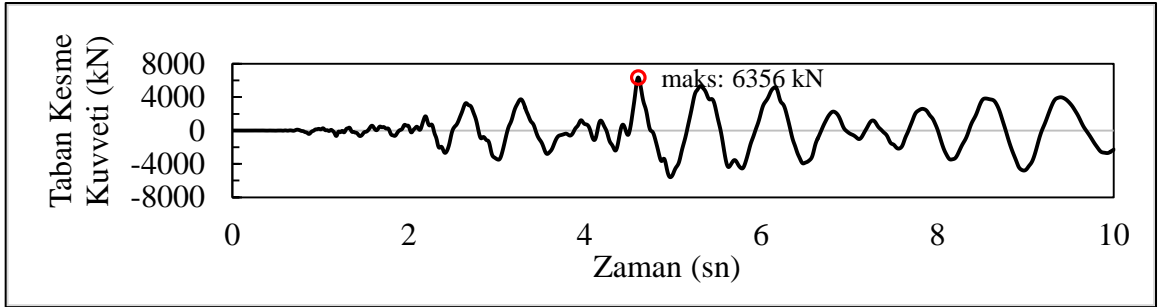
Şekil 3.11 (devamı). RSN239 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



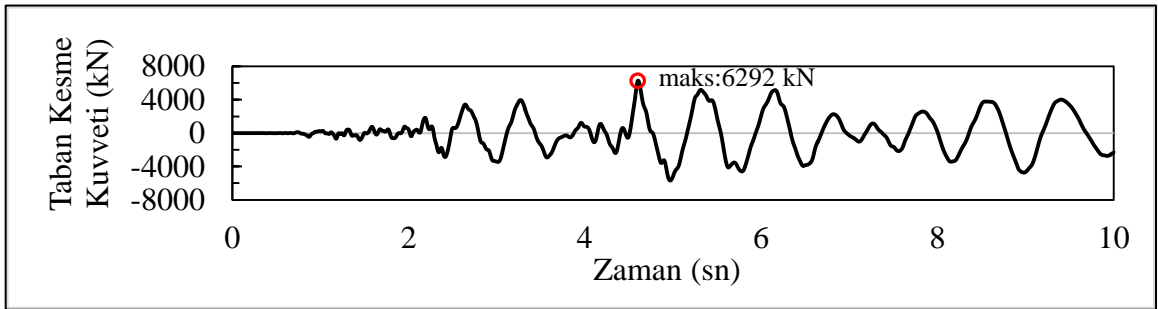
a. Model-1



b. Model-2

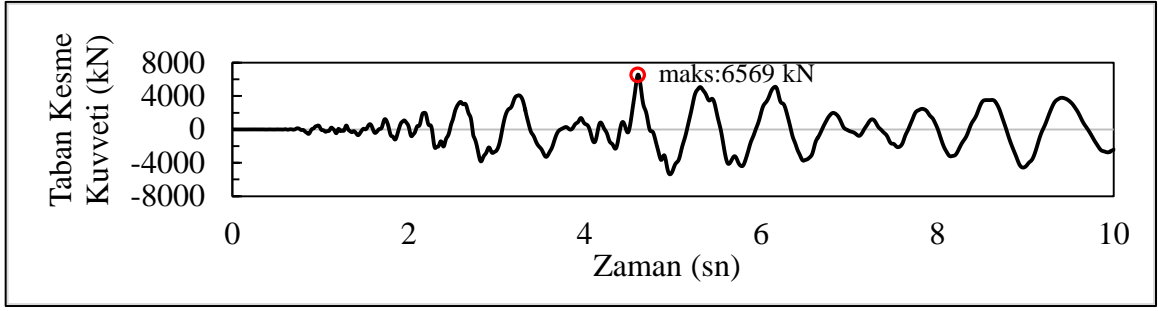


c. Model-3

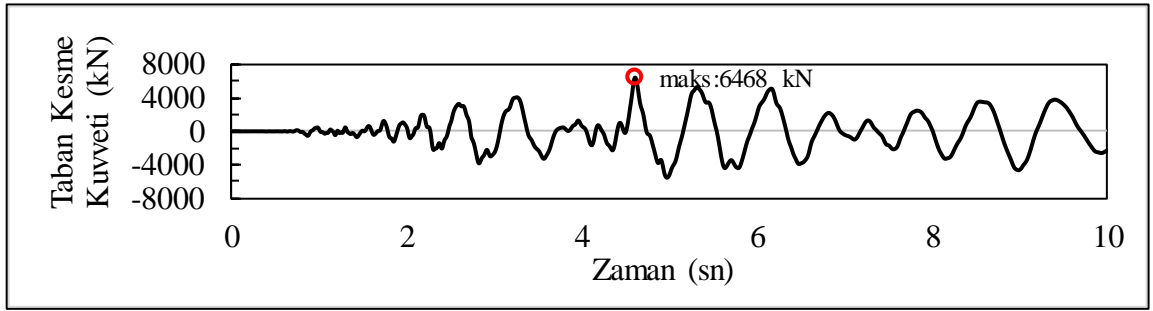


d. Model-4

Şekil 3.12. RSN248 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

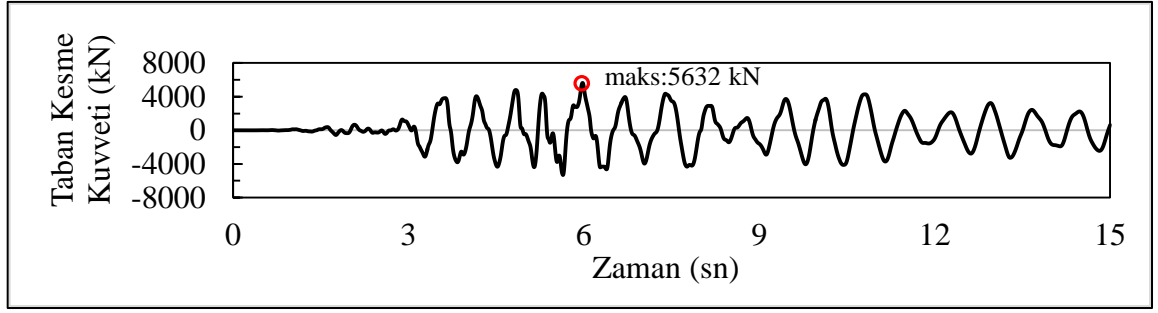


e. Model-5

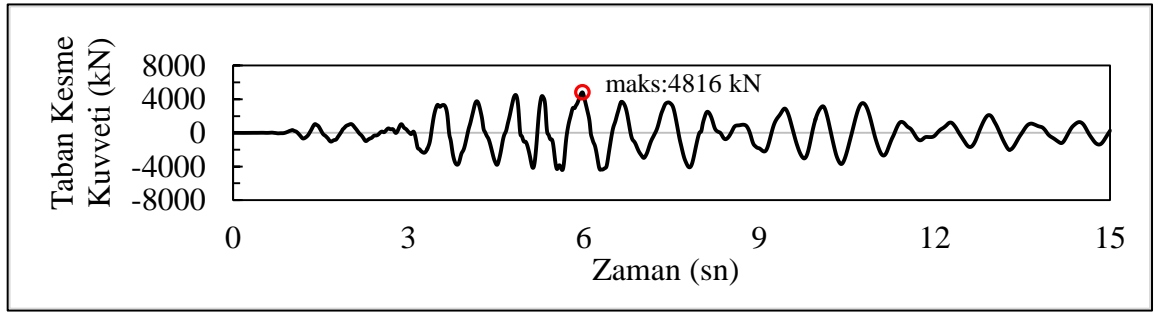


f. Model-6

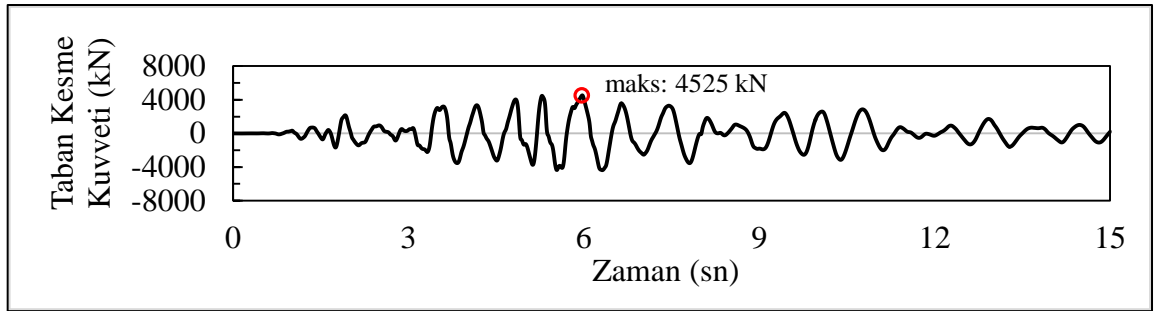
Şekil 3.12 (devamı). RSN248 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



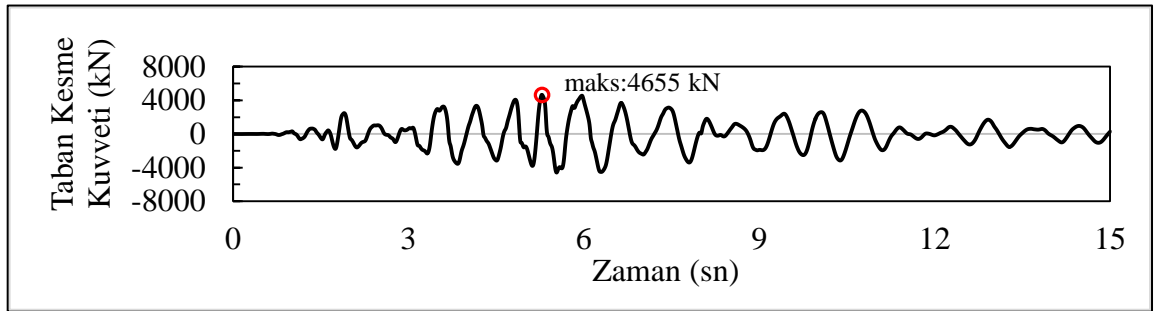
a. Model-1



b. Model-2

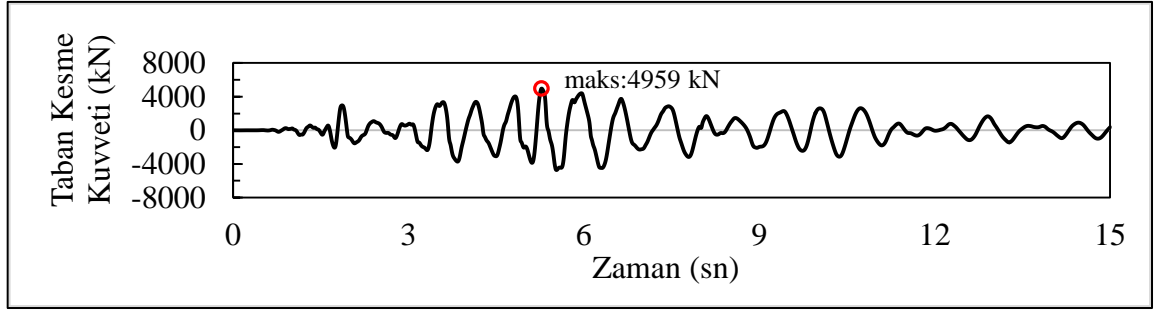


c. Model-3

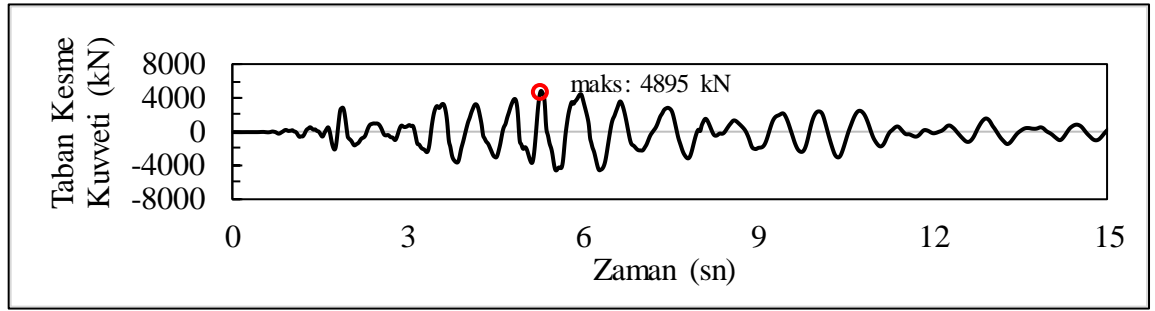


d. Model-4

Şekil 3.13. RSN250 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

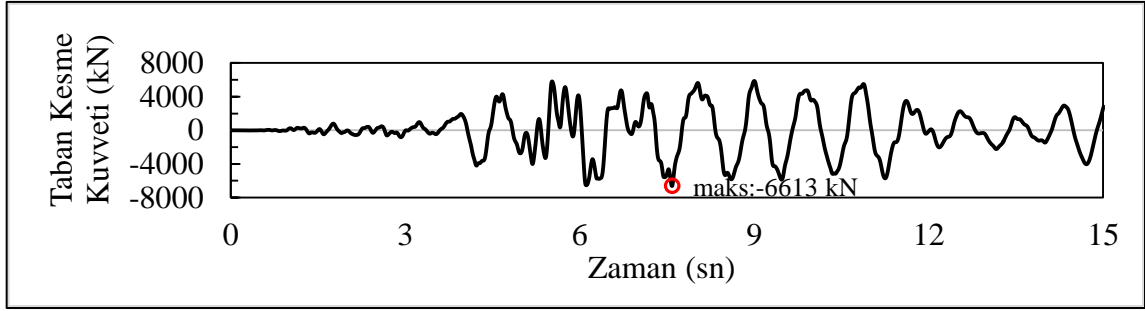


e. Model-5

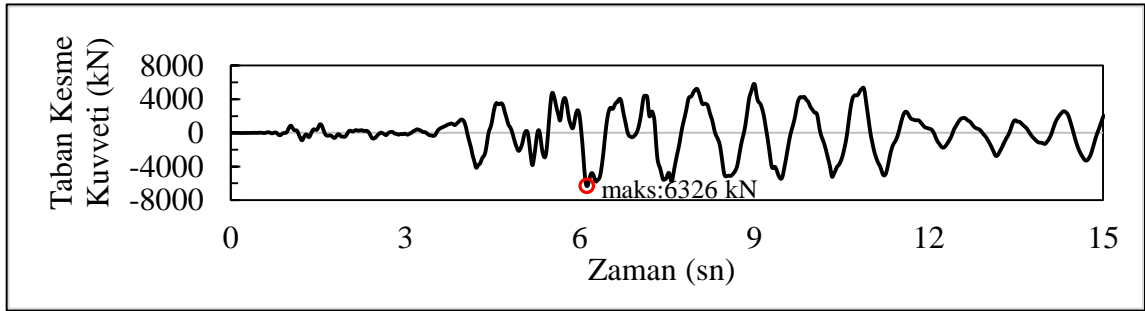


f. Model-6

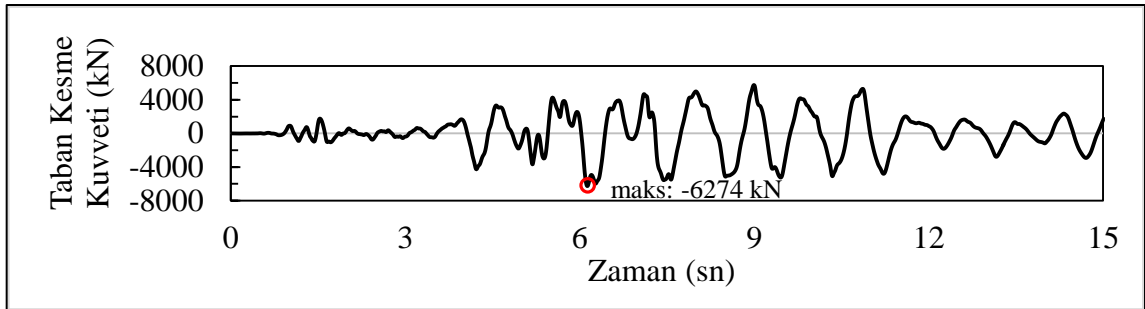
Şekil 3.13 (devamı). RSN250 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



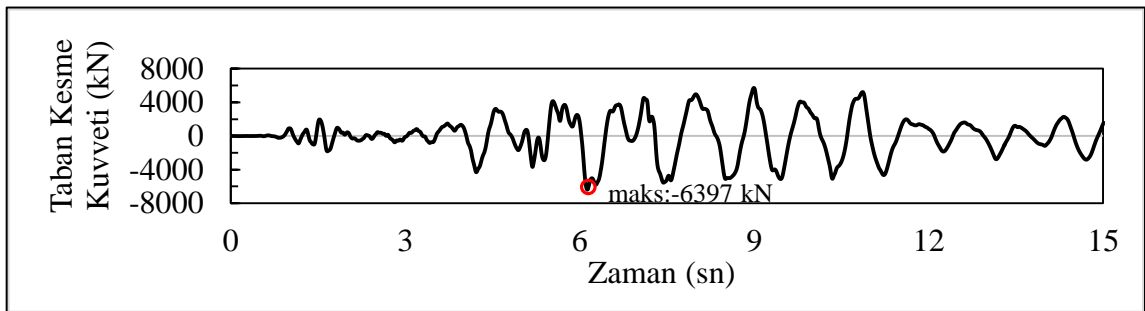
a. Model-1



b. Model-2

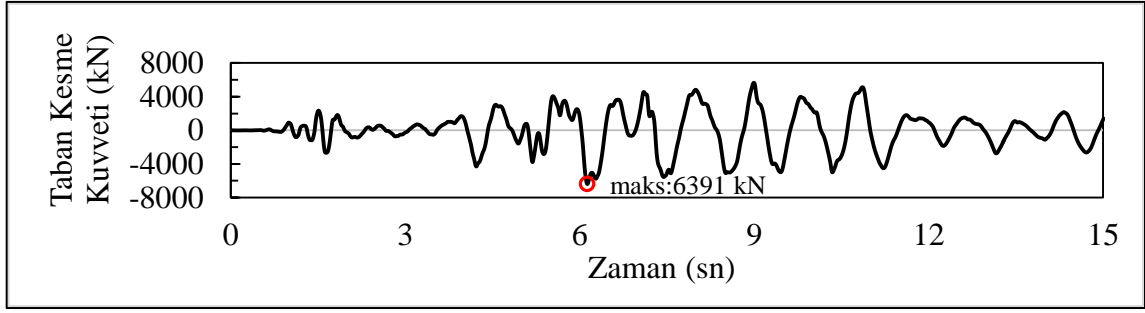


c. Model-3

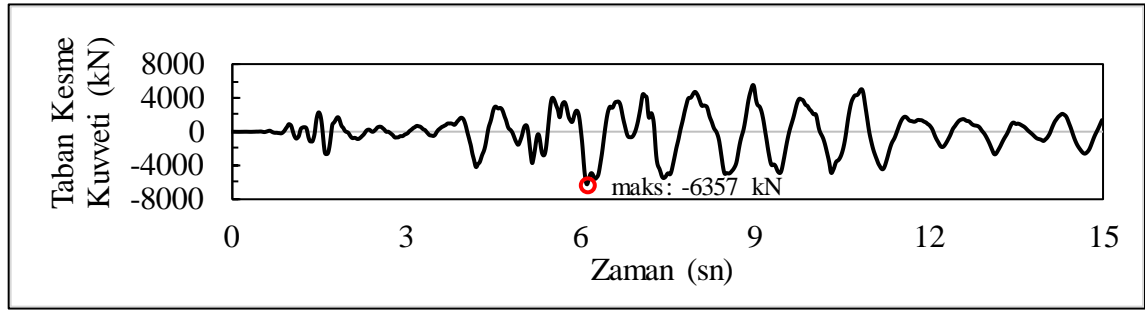


d. Model-4

Şekil 3.14. RSN265 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

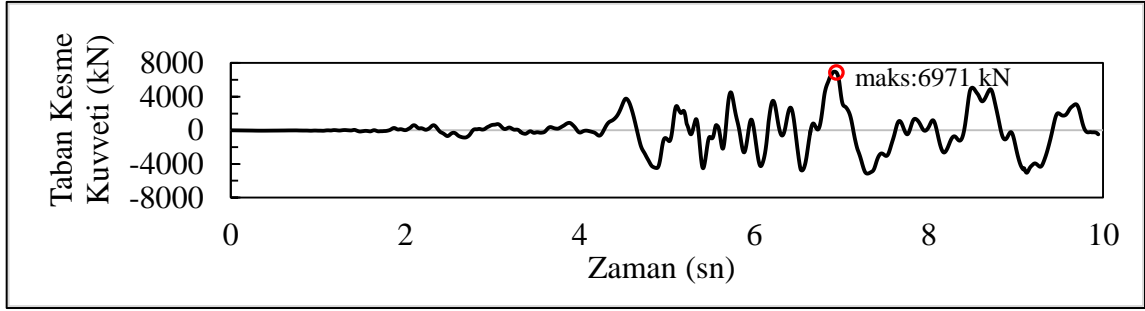


e. Model-5

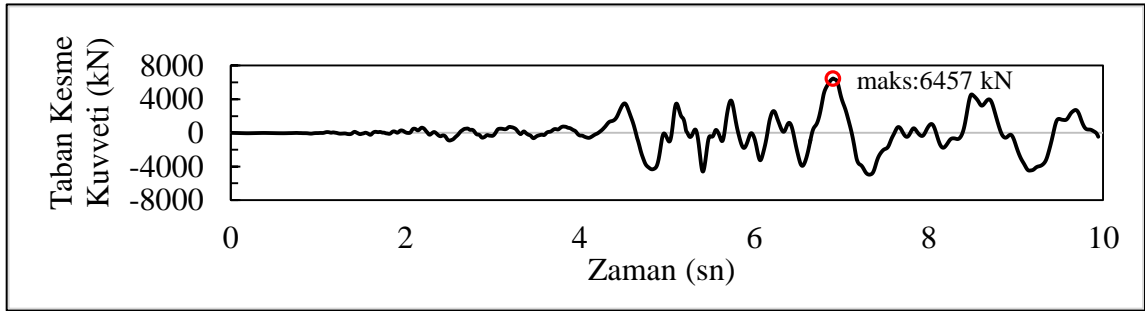


f. Model-6

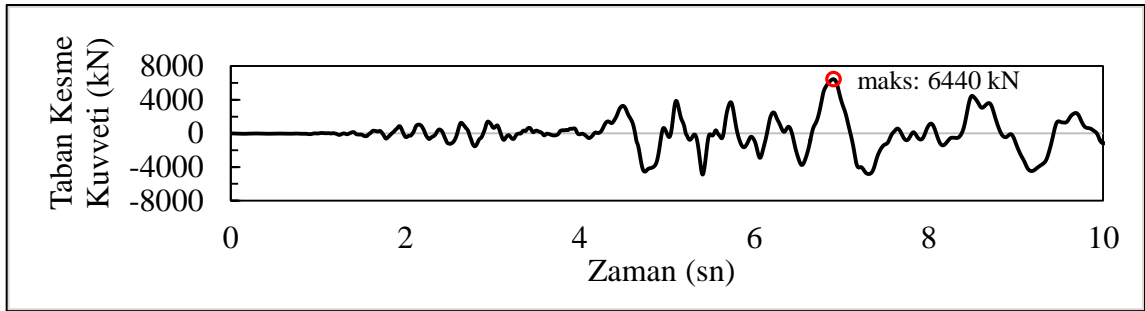
Şekil 3.14 (devamı). RSN265 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



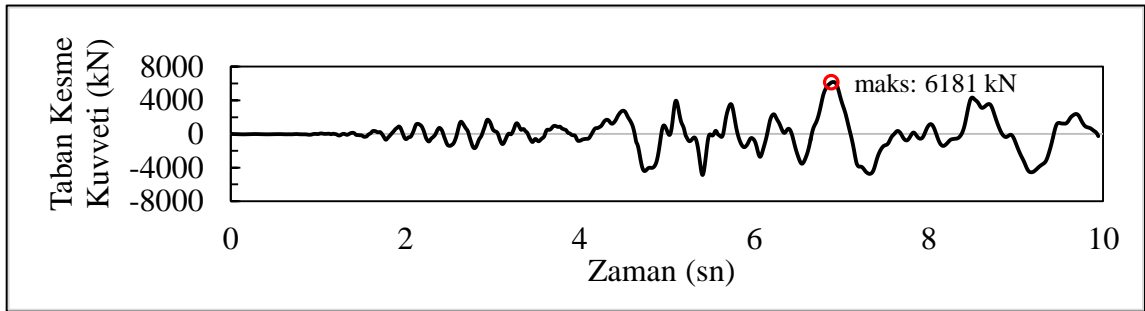
a. Model-1



b. Model-2

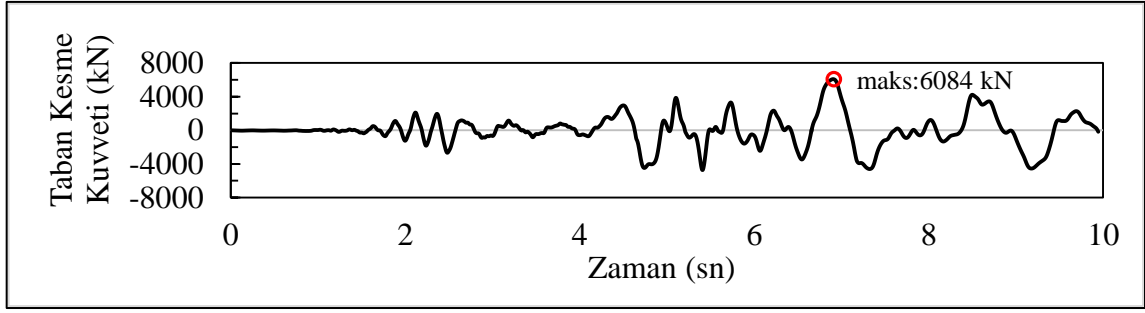


c. Model-3

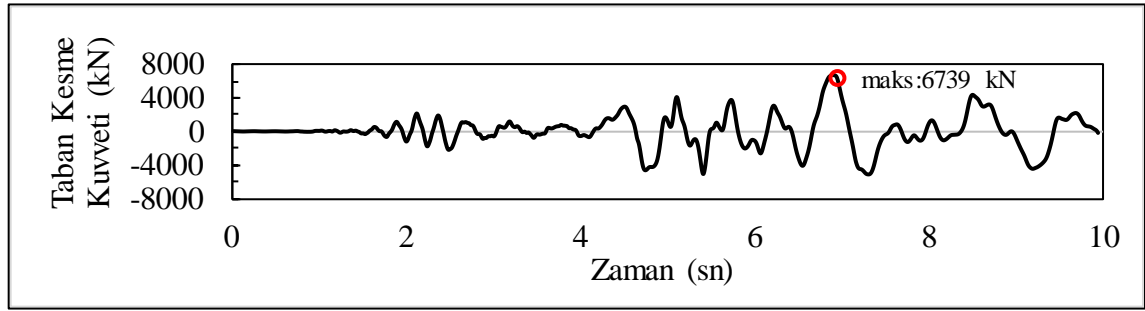


d. Model-4

Şekil 3.15. RSN548 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

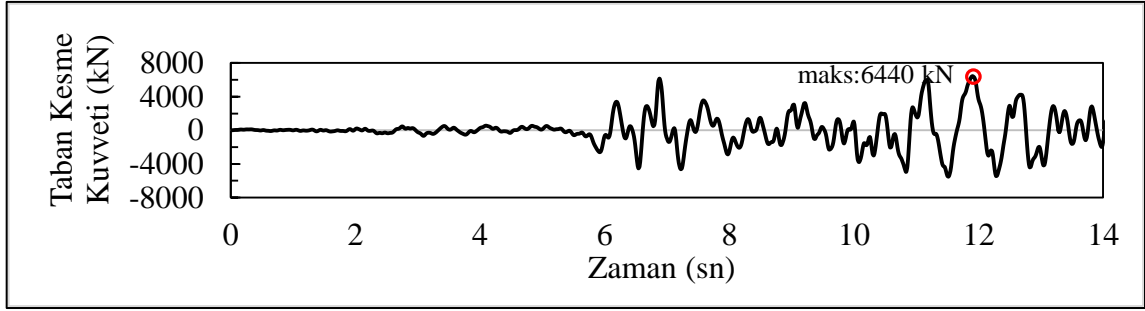


e. Model-5

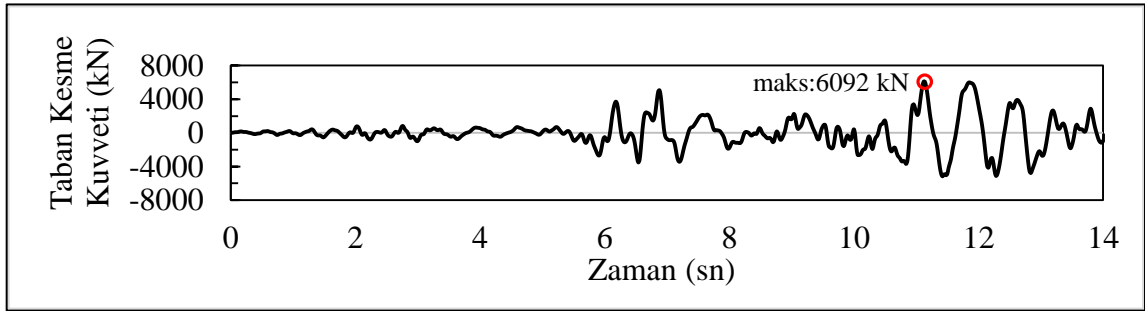


f. Model-6

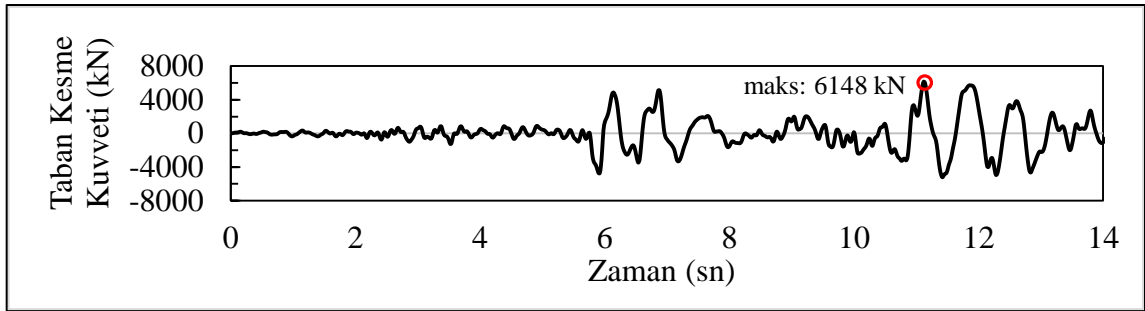
Şekil 3.15 (devamı). RSN548 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



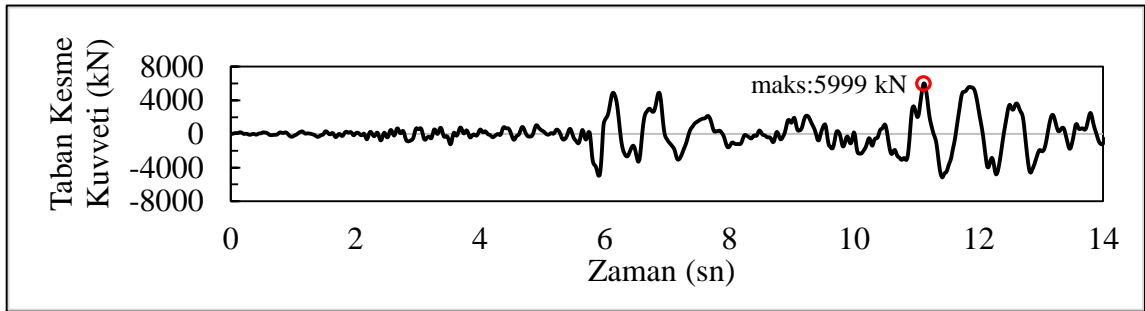
a. Model-1



b. Model-2

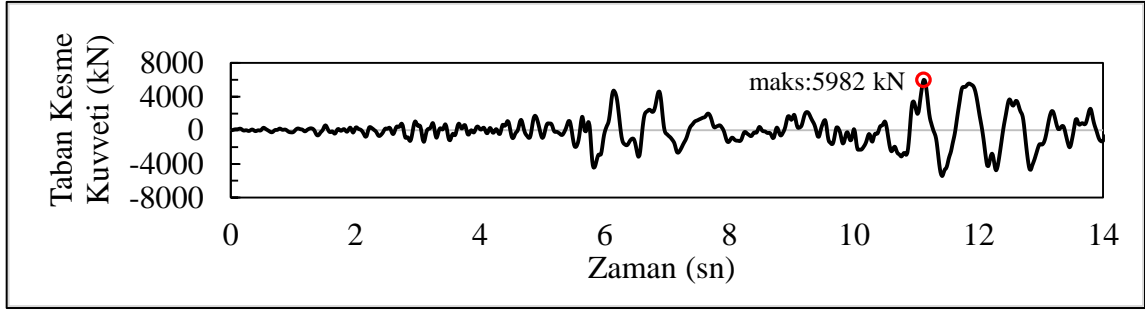


c. Model-3

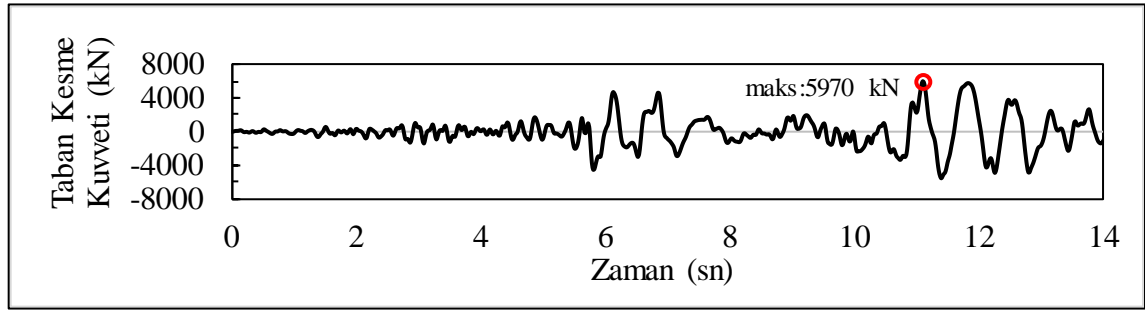


d. Model-4

Şekil 3.16. RSN1633 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

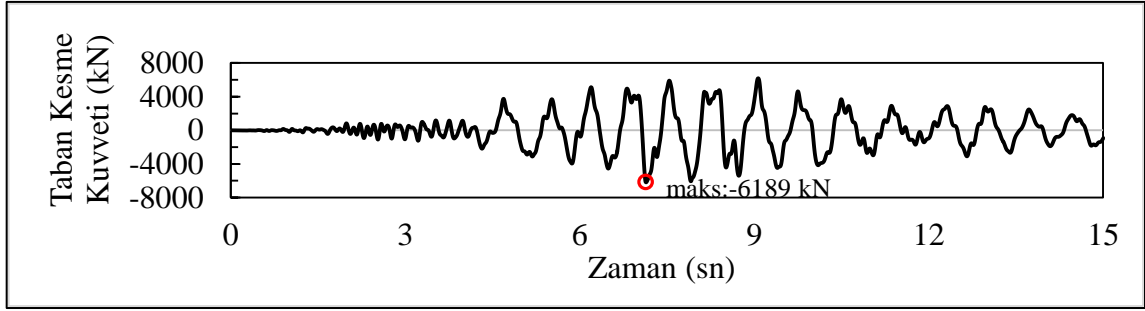


e. Model-5

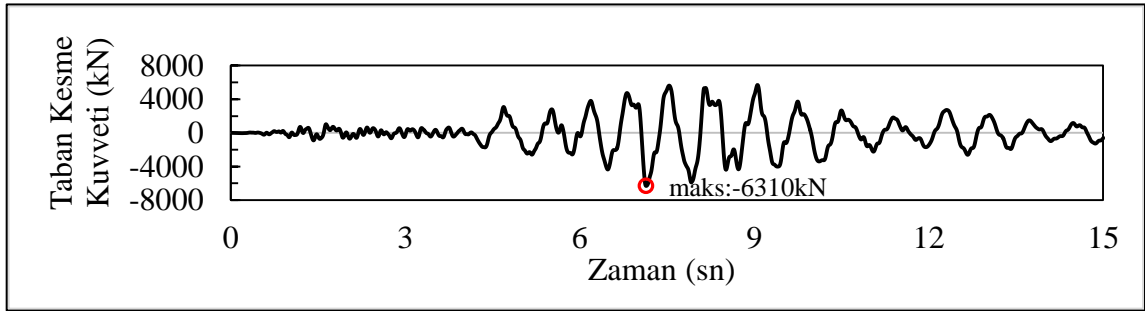


f. Model-6

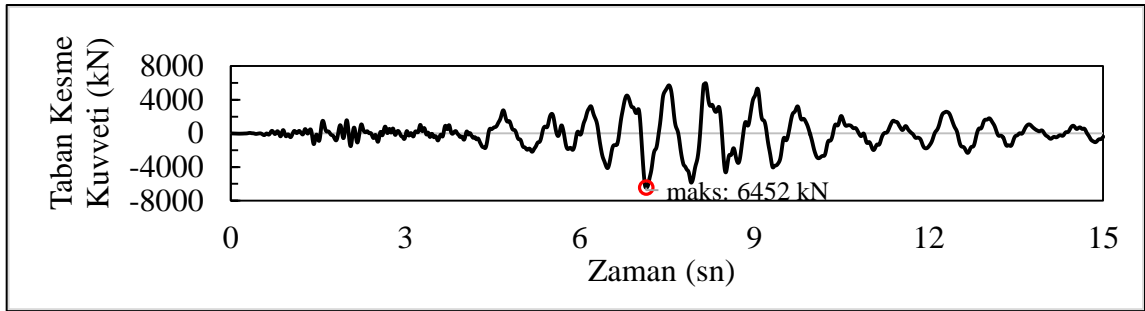
Şekil 3.16 (devamı). RSN1633 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



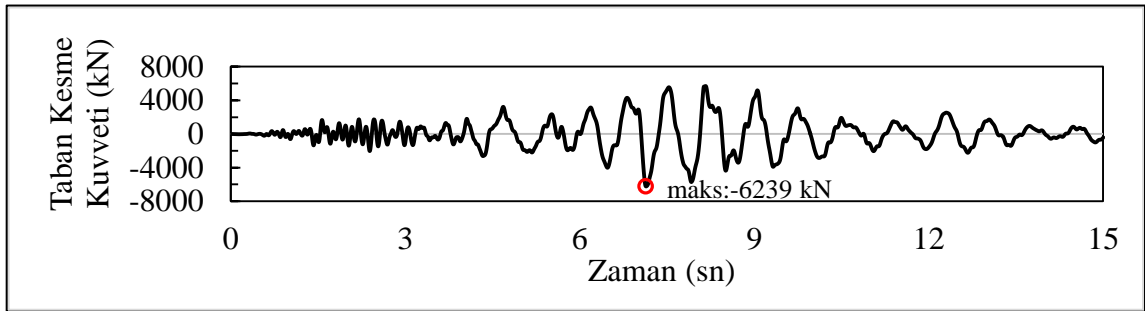
a. Model-1



b. Model-2

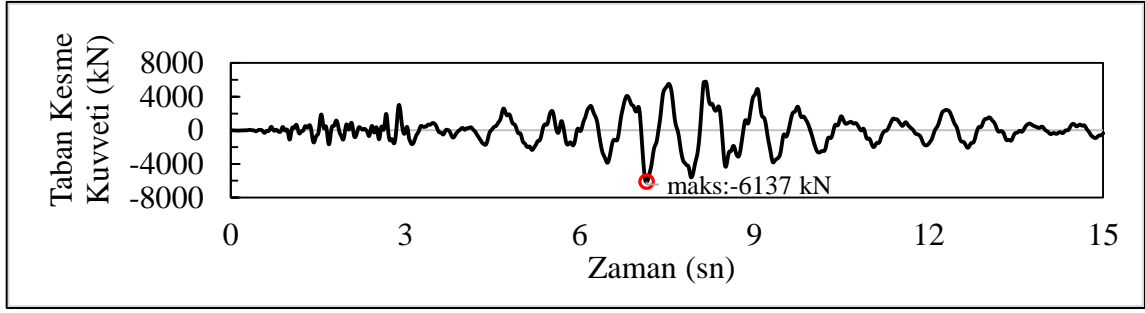


c. Model-3

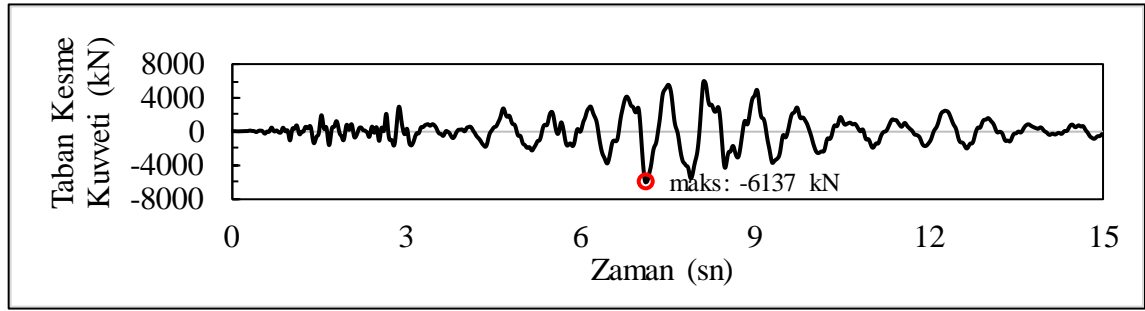


d. Model-4

Şekil 3.17. RSN6876 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

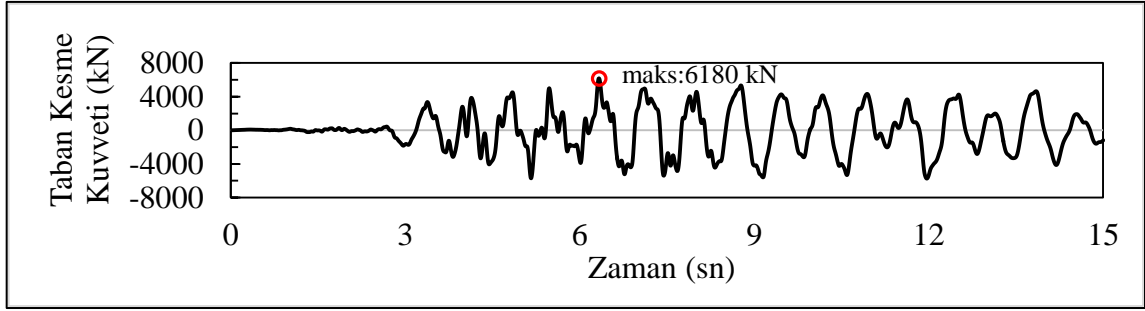


e. Model-5

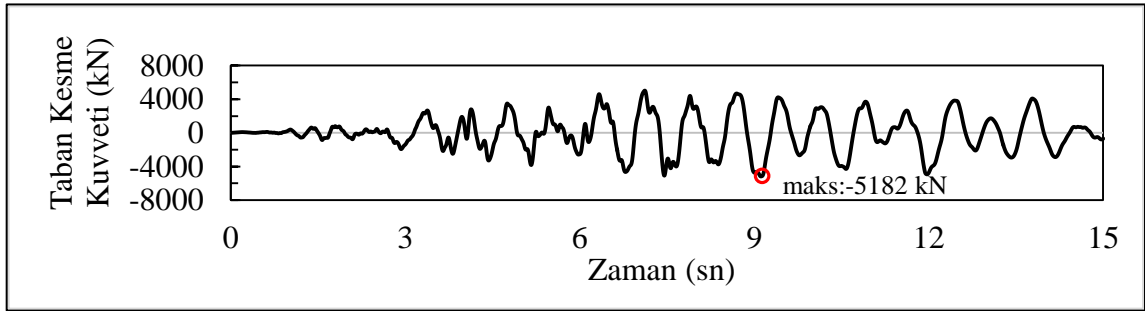


f. Model-6

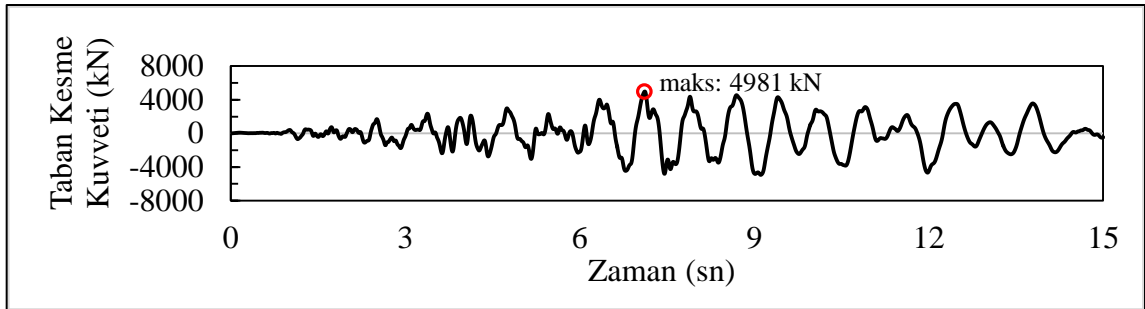
Şekil 3.17 (devamı). RSN6876 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



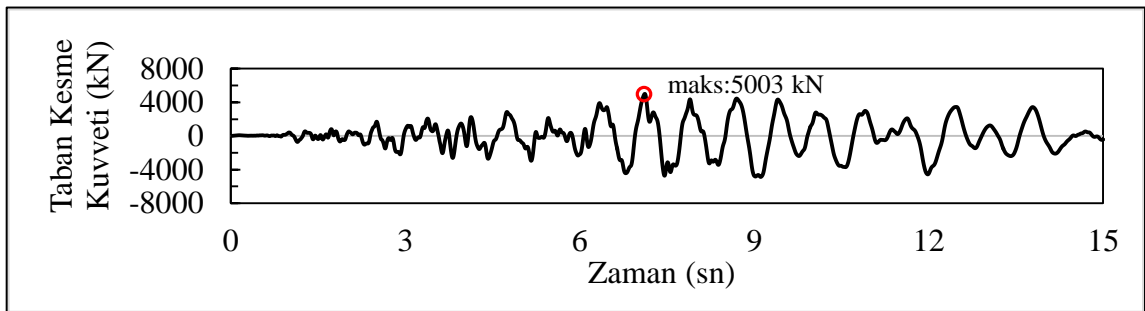
a. Model-1



b. Model-2

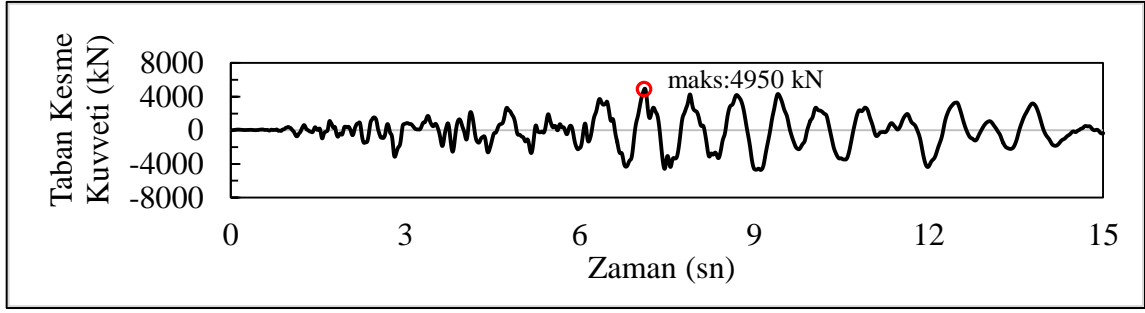


c. Model-3

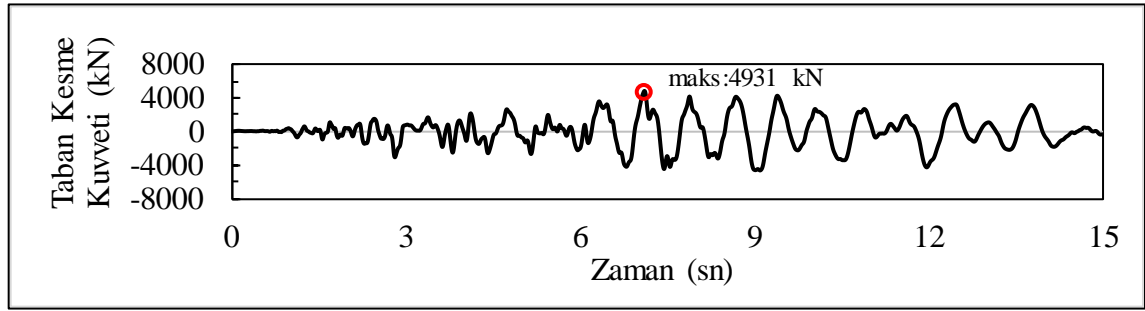


d. Model-4

Şekil 3.18. RSN6878 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

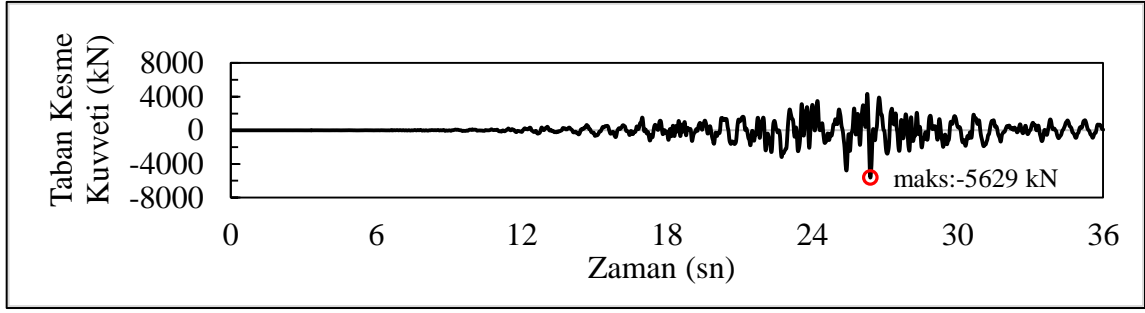


e. Model-5

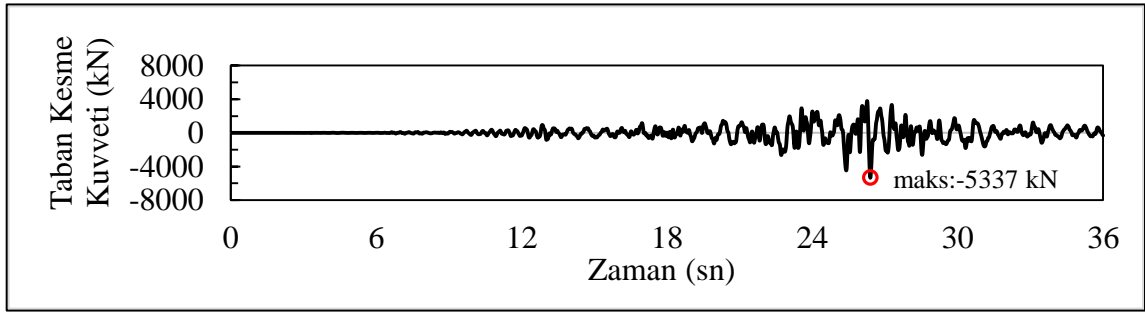


f. Model-6

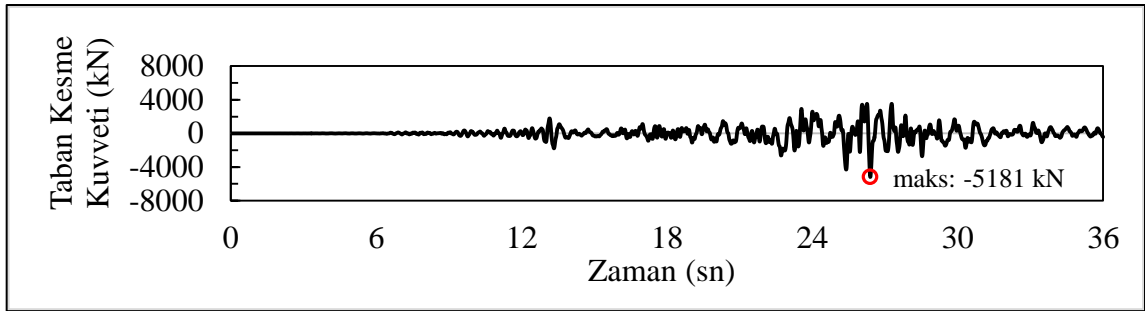
Şekil 3.18 (devamı). RSN6878 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



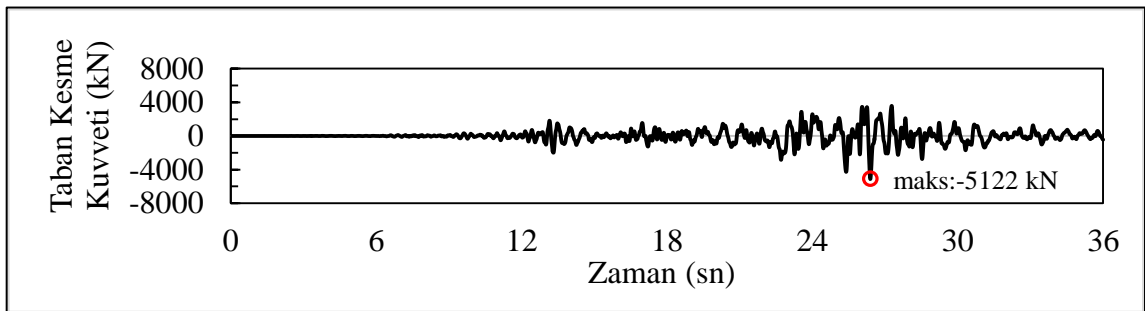
a. Model-1



b. Model-2

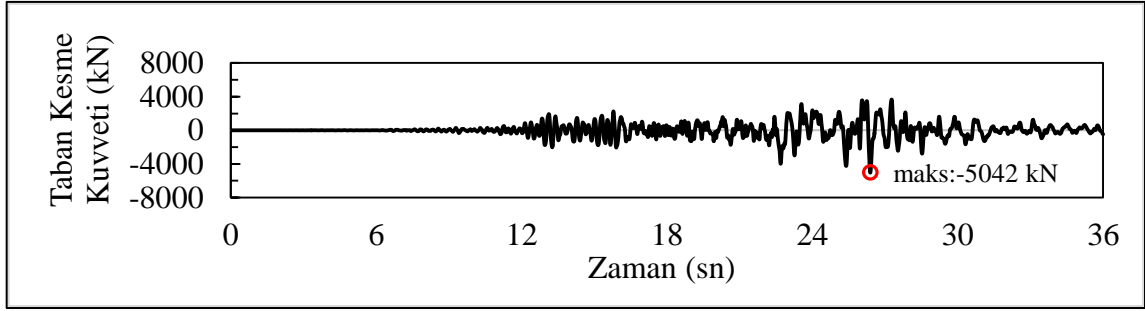


c. Model-3

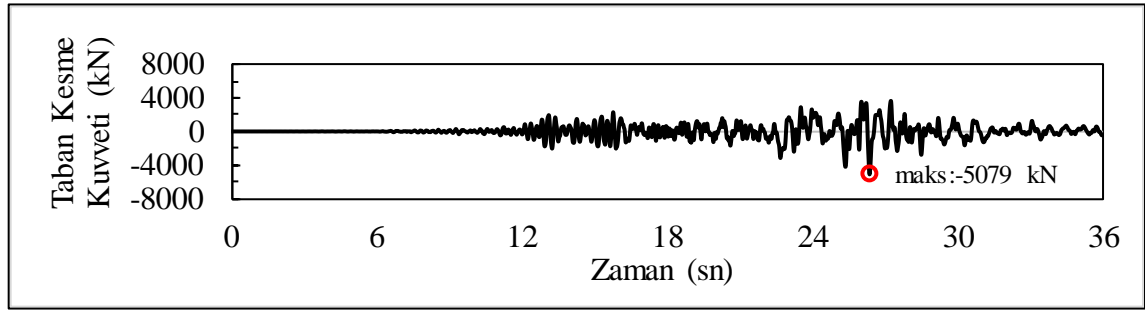


d. Model-4

Şekil 3.19. RSN6915 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi



e. Model-5



f. Model-6

Şekil 3.19 (devamı). RSN6915 ivme kaydı için taban kesme kuvvetinin zamanla değişimi

3.2.4. Binanın Performans Seviyelerinin Belirlenmesi

TBDY-2018’de, taşıyıcı sistem elemanlarındaki doğrusal elastik olmayan davranışın idealleştirilmesinde yığılı ve yayılı plastik davranış modelleri önerilmiştir. Bu iki davranış modeli de yönetmelikte verilen koşulların sağlanması halinde çubuk olarak modellenmiş taşıyıcı sistem elemanlarında kullanılabilir. Uygulama amacıyla seçilen binanın performans değerlendirmesinde yığılı plastik davranış modeli kullanılmıştır.

Yığılı plastik mafsallı davranış modeli kullanılarak taşıyıcı sistem elemanlarının performans düzeyi belirlenirken yönetmelik gereği kesitlerdeki plastik dönmeler kullanılır. Zaman tanım alanında hesaplamalar sonucu elde edilen bu plastik dönmeler TBDY-2018’de verilen sınır değerler ile karşılaştırılır.

Yığılı plastik davranış modelinde göçme öncesi, kontrollü hasar ve sınırlı hasar performans seviyelerinde plastik dönmeler için esas alınacak sınır değer aşağıdaki denklemler ile hesaplanmaktadır. Bu denklemde verilen göçme öncesi eğrilik (ϕ_u) ve akma eğriligi (ϕ_y) kesitteki eksenel kuvvetler ve TBDY-2018 EK5A’da verilen malzeme modelleri dikkate alınarak elde edilen kesit moment-eğrilik ilişkilerinden hesaplanmıştır.

Kesitlerin moment-eğrilik ilişkileri RESPONSE2000 programı ile elde edilmiştir. Kirişlere ait moment eğrilik ilişkisi Şekil 3.21’de ve tüm katlardaki kolonlar için elde edilen moment eğrilik ilişkileri Şekil 3.22’ de sunulmuştur. Kiriş için elde edilen plastik dönme sınır değerleri Tablo 3.6’da verilmiştir. Kolonlar için elde edilen plastik dönme sınırları seçilen binanın her kattaki 3 etki alanında hesaplanan eksenel yük değerleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Seçilen kolonlar Şekil 3.19’de ve sınır değerler Tablo 3.7’de sunulmuştur.

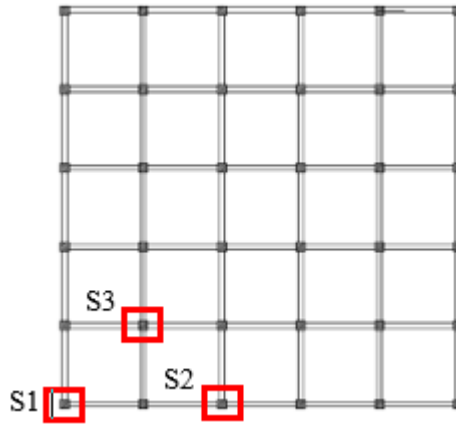
$$\theta_p^{(G\ddot{O})} = \frac{2}{3} \left[(\phi_u - \phi_y) L_p \left(1 - 0.5 \frac{L_p}{L_s} \right) + 4.5 \phi_u d_b \right]$$

$$\theta_p^{(KH)} = 0.75 \theta_p^{(G\ddot{O})}$$

$$\theta_p^{(SH)} = 0$$

Tablo 3.7. Kirişler için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri

Akma Eğriliği	Kopma Eğriliği	L_p	L_s	d	$\theta_p^{(G\ddot{O})}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
0.004301	0.099898	0.3	2.25	0.012	0.021441	0.016081	0

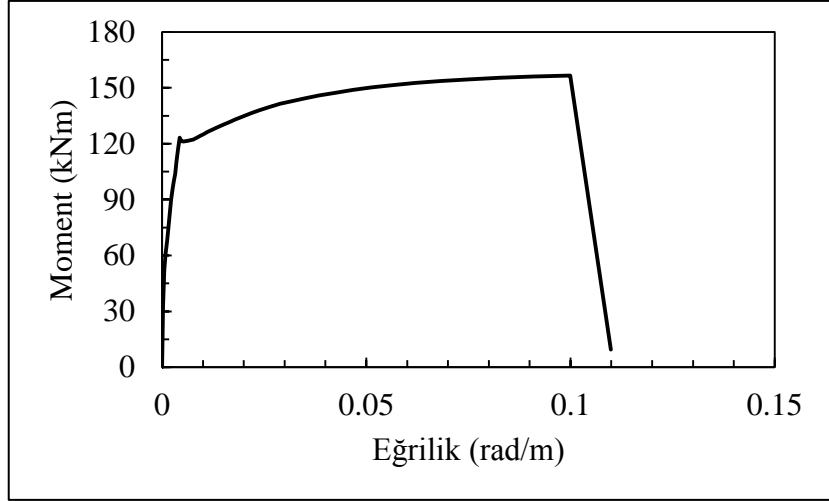


Şekil 3.20. Plastik dönme sınırları hesaplanan kolonlar

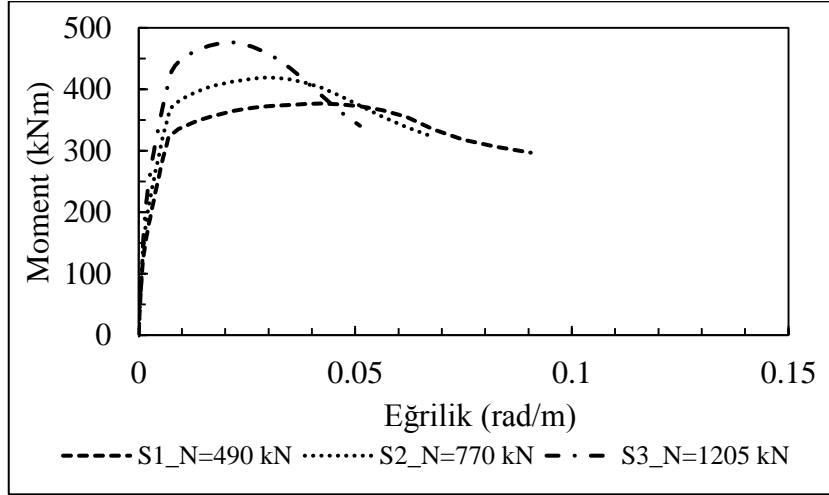
Tablo 3.8. Kolonlar için hesaplanan plastik dönme sınır değerleri

Kat	Kolon	Akma Eğriliği	Kopma Eğriliği	L_p	L_s	d	$\theta_p^{(GÖ)}$	$\theta_p^{(KH)}$	$\theta_p^{(SH)}$
Z	S1	0.006905	0.090519				0.017119	0.012839	0
	S2	0.007595	0.068008	0.25	1.50	0.016	0.012494	0.009371	0
	S3	0.007595	0.051097				0.009099	0.006824	0
1	S1	0.006905	0.109527				0.020936	0.015702	0
	S2	0.007595	0.074809	0.25	1.50	0.016	0.013860	0.010395	0
	S3	0.007595	0.056205				0.010124	0.007593	0
2	S1	0.006905	0.120480				0.023135	0.017351	0
	S2	0.006905	0.090519	0.25	1.50	0.016	0.017119	0.012839	0
	S3	0.006905	0.068008				0.012600	0.009450	0
3	S1	0.006905	0.120480				0.023135	0.017351	0
	S2	0.006905	0.120480	0.25	1.50	0.016	0.023135	0.017351	0
	S3	0.006905	0.090519				0.017119	0.012839	0
4	S1	0.006905	0.132528				0.025554	0.019165	0
	S2	0.006905	0.132528	0.25	1.50	0.016	0.025554	0.019165	0
	S3	0.006905	0.120480				0.023135	0.017351	0

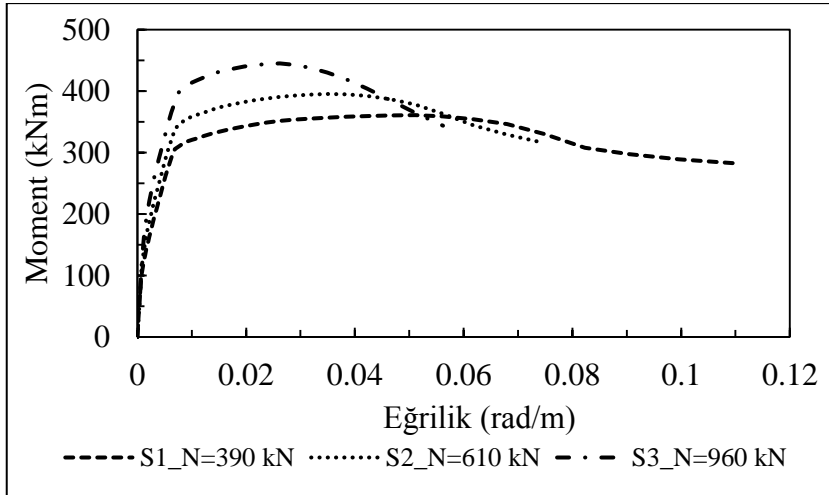
Tez çalışması kapsamında dikkate alınan her bir model için seçilen deprem kayıtları ile yapılan analizler sonucunda elde edilen taşıyıcı sistem elemanlarının hasar bölgeleri Tablo 3.8-3.12’de ve RSN33 depremi için tüm modellerde SAP2000 programından elde edilen plastik mafsallar Şekil 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3.21. Kirişler için elde edilen moment-eğrilik ilişkisi

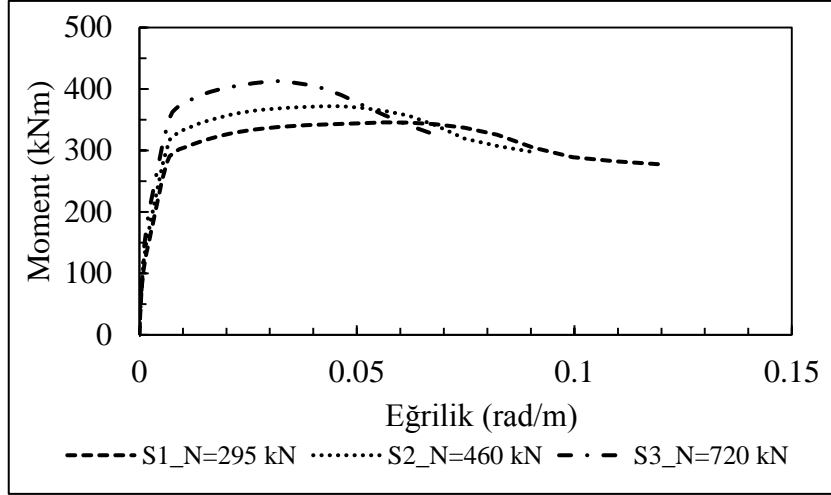


a. Zemin kat

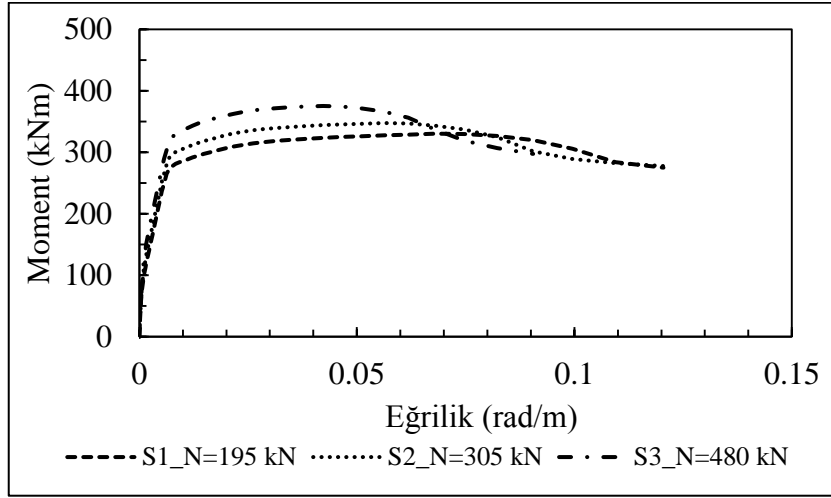


b. 1. Kat

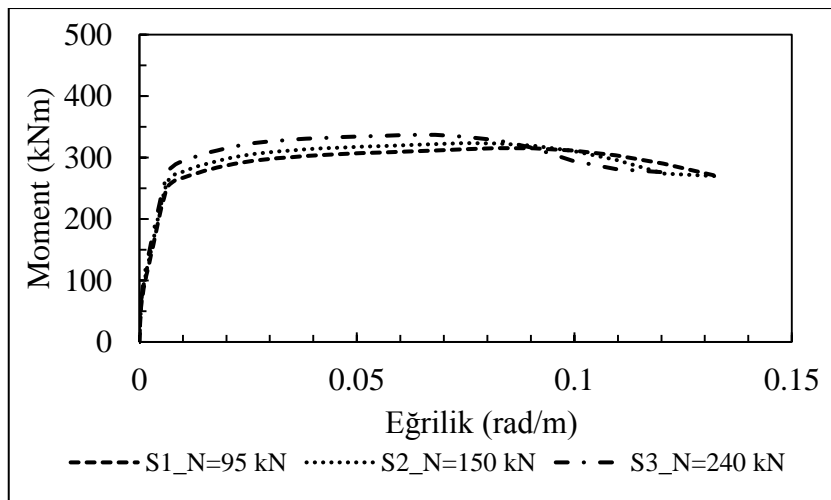
Şekil 3.22. Kolonlar için elde edilen moment-eğrilik ilişkileri



c. 2. Kat

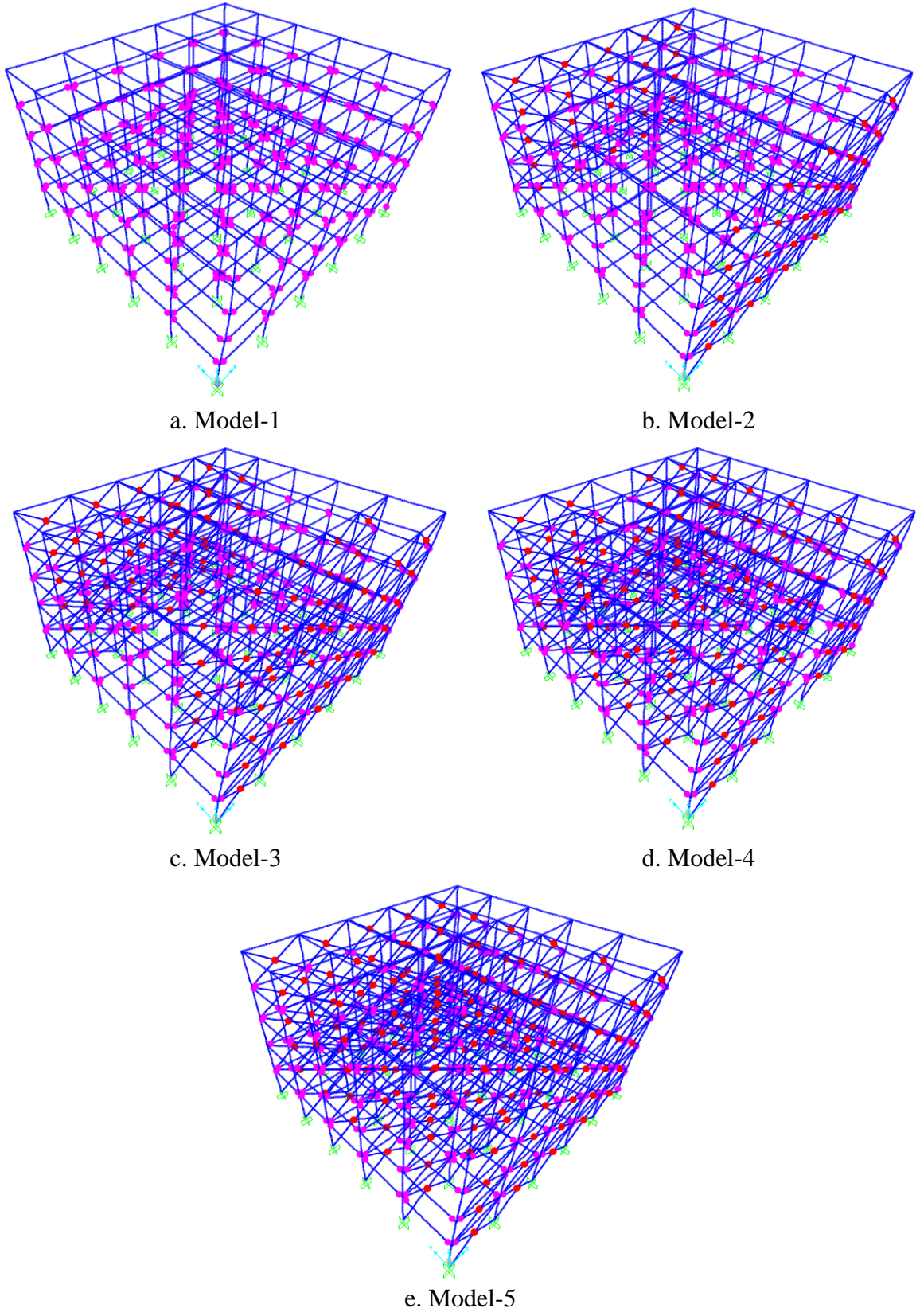


d. 3. Kat



e. 4. Kat

Şekil 3.22 (devamı). Kolonlar için elde edilen moment-eğrilik ilişkileri



Şekil 3.23. RSN33 depremi için elde edilen plastik mafsallar

Tablo 3.9. Model-1 kirişlerinin hasar düzeyleri

Zemin Kat		1. Kat	
Toplam kiriş adedi:	60	Toplam kiriş adedi:	60
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0
2. Kat		3. Kat	
Toplam kiriş adedi:	60	Toplam kiriş adedi:	60
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0
4. Kat			
Toplam kiriş adedi:	60		
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	48		
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	12		
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	80		
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	20		

Tablo 3.10. Model-2, Model-3, Model-4, Model-5 ve Model-6 kirişlerinin hasar düzeyleri

Zemin Kat		1. Kat	
Toplam kiriş adedi:	60	Toplam kiriş adedi:	60
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0
2. Kat		3. Kat	
Toplam kiriş adedi:	60	Toplam kiriş adedi:	60
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100	Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	100
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	0
4. Kat			
Toplam kiriş adedi:	60		
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş adedi:	0		
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş adedi:	60		
Belirgin hasar bölgesindeki kiriş %:	0		
Sınırlı hasar bölgesindeki kiriş %:	100		

Tablo 3.11. Model-1 kolonlarının hasar düzeyleri

Zemin Kat		1. Kat	
Toplam kolon adedi:	36	Toplam kolon adedi:	36
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	25
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	31	Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	9
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	5	Göçme bölgesindeki kolon adedi:	2
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	69.4
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	86.1	Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	25
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0
Göçme bölgesindeki kolon %:	13.9	Göçme bölgesindeki kolon %:	5.6
2. Kat		3. Kat	
Toplam kolon adedi:	36	Toplam kolon adedi:	36
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	31	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	31
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	4	Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	4
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	1	Göçme bölgesindeki kolon adedi:	1
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	86.1	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	86.1
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	11.1	Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	11.1
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0
Göçme bölgesindeki kolon %:	2.8	Göçme bölgesindeki kolon %:	2.8
5. Kat			
Toplam kolon adedi:	36		
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	23		
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	9		
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	2		
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	2		
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	63.9		
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	25		
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	5.5		
Göçme bölgesindeki kolon %:	5.5		

Tablo 3.12. Model-2 kolonlarının hasar düzeyleri

Zemin Kat		1. Kat	
Toplam kolon adedi:	36	Toplam kolon adedi:	36
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	34
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	36	Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	2
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0	Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	94.4
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	100	Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	5.6
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0
Göçme bölgesindeki kolon %:	0	Göçme bölgesindeki kolon %:	0
2. Kat		3. Kat	
Toplam kolon adedi:	36	Toplam kolon adedi:	36
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	36	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	36
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0	Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	100	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	100
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	0	Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	0
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0
Göçme bölgesindeki kolon %:	0	Göçme bölgesindeki kolon %:	0
5. Kat			
Toplam kolon adedi:	36		
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	36		
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	0		
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0		
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0		
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	100		
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	0		
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0		
Göçme bölgesindeki kolon%:	0		

Tablo 3.13. Model-3, Model-4, Model-5 ve Model-6 kolonlarının hasar düzeyleri

Zemin Kat		1. Kat	
Toplam kolon adedi:	36	Toplam kolon adedi:	36
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	36
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	36	Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0	Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	0	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	100
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	100	Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	0
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0
Göçme bölgesindeki kolon%:	0	Göçme bölgesindeki kolon%:	0
2. Kat		3. Kat	
Toplam kolon adedi:	36	Toplam kolon adedi:	36
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	36	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	36
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0	Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	100	Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	100
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	0	Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	0
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0	İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0
Göçme bölgesindeki kolon%:	0	Göçme bölgesindeki kolon%:	0
5. Kat			
Toplam kolon adedi:	36		
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon adedi:	36		
Belirgin hasar bölgesindeki kolon adedi:	0		
İleri hasar bölgesindeki kolon adedi:	0		
Göçme bölgesindeki kolon adedi:	0		
Sınırlı hasar bölgesindeki kolon %:	100		
Belirgin hasar bölgesindeki kolon %:	0		
İleri hasar bölgesindeki kolon %:	0		
Göçme bölgesindeki kolon%:	0		

TBDY-2018’de mevcut binalardaki deprem etkisi altında meydana gelebilecek hasarlar durumları 4 farklı hasar düzeyi ile tanımlanmıştır. Bu hasar düzeyleri;

- **Sınırlı Hasar Performans Düzeyi**

Bu performans düzeyinde, dikkate alınan her bir deprem doğrultusu için gerçekleştirilen analizler sonucunda binanın herhangi bir katındaki kirişlerin en fazla %20’si belirgin hasar seviyesinde olması, ancak diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tamamının sınırlı hasar bölgesinde kalması gerekmektedir.

- **Kontrollü Hasar Performans Düzeyi**

a. Dikkate alınan her bir deprem doğrultusu için gerçekleştirilen analizler sonucunda binanın herhangi bir katındaki kirişlerin en fazla %35’i ileri hasar bölgesinde olabilir.

b. İleri hasar bölgesinde bulunan düşey taşıyıcı sistem elemanlarının, herhangi bir kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerine katkısı %80’nin altında olmalıdır.

c. En üst kattaki ileri hasar bölgesinde bulunan düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetleri toplamının, o kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerinin toplamına oranı %40’dan az olmalıdır.

d. Diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tamamı sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olabilir. Ancak alt ve üst kesitlerinde aynı anda belirgin hasar sınırı aşılmış düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerinin, dikkate alınan kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetine oranının %30’dan daha az olması gerekmektedir.

- **Göçmenin Önlenmesi Performans Düzeyi**

a. Dikkate alınan her bir deprem doğrultusu için gerçekleştirilen analizler sonucunda binanın herhangi bir katındaki kirişlerin en fazla %20’si göçme bölgesinde olabilir.

b. Diğer taşıyıcı sistem elemanlarının tamamı sınırlı hasar bölgesinde, belirgin hasar bölgesinde veya ileri hasar bölgesinde olabilir. Ancak alt ve üst kesitlerinde aynı anda belirgin hasar sınırı aşılmış düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetlerinin, dikkate alınan kattaki tüm düşey taşıyıcı sistem elemanları tarafından karşılanan kesme kuvvetine oranının %30’dan daha az olması gerekmektedir.

- **Göçme Durumu**

İncelenen bina göçmenin önlenmesi performans seviyesini sağlamıyorsa bu düzeyde olduğu kabul edilir

Tablo 3.8-Tablo 3.12’den ve yukarıda hasar düzeyleri için tanımlanan koşullardan da

görülebileceği üzere, dolgu duvarların dikkate alınmadığı Model-1’de bazı kolonların göçme bölgesinde olması sebebiyle Model-1’in performans seviyesi göçmedir. Ancak diğer modeller incelendiğinde kolonların sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olması sebebiyle bu modeller kontrollü hasar performans düzeyini sağlamaktadır. Buradan anlaşılabileceği üzere sisteme ilave edilen dolgu duvarların taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen hasarları ciddi oranda azalttığı görülmüştür. Öte yandan dolgu duvarların dikkate alındığı tüm modellerin kontrollü hasar performans düzeyinde olmasına rağmen dolgu duvarların oranının artmasıyla taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen plastik dönme değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapıların tasarımları aşamasında oluşturulan sonlu eleman modelleri, mühendislik alanının vazgeçilmez bir unsurudur. Ancak yapılara ait sonlu eleman modelleri oluşturulurken yapı sisteminin gerçek davranışının bu modele doğru bir şekilde yansıtılması sonuçların güvenilirliği açısından son derece önemlidir. Günümüzde yapıların tasarım ve analizlerinde, yapıya gelen bütün yüklerin perde, kolon ve kirişler gibi taşıyıcı sistem elemanları (birincil yapı elemanlar) tarafından karşılandığı varsayılmaktadır. Dolgu duvarlar gibi ikincil yapı elemanlarının ise bu yüklerin taşınmasındaki katkıları genellikle ihmal edilmektedir. Öte yandan gerek ülkemizde kullanılan TBDY-2018 gerekse dünya üzerinde yaygın olarak kullanılan birçok yönetmelikte bina deprem performansı değerlendirilirken taşıyıcı sistem-dolgu duvar etkileşimi dikkate alınmamaktadır. Ayrıca yapısal tasarımlarda kullanılan mevcut paket programlarda da duvarlar sadece düşey yük olarak dikkate alınmaktadır. Ancak yapılarda kullanılan dolgu duvarlarının yatay yüklerde yatay rijitliğe katkısı ihmal edilemeyecek düzeydedir. Dolgu duvarların yatay rijitliğe katkısının hesaplarda dikkate alınmaması durumunda güvenli tarafta kalındığı düşüncesini doğursa da, dolgu duvarların kat içerisindeki dağılımı ve oranı burulma düzensizliği, kısa kolon, zayıf kat düzensizliği ve yumuşak kat düzensizliği gibi bazı olumsuzluklara neden olabilmektedir. Bu sebeple, gerçek yapı davranışını elde edebilmek için dolgu duvarlar, yapıların tasarım ve analiz aşamasında göz önüne alınmalıdır.

Bu tez çalışmasının amacı, farklı oran ve düzendeki dolgu duvarların betonarme yapıların sismik performanslarına olan etkilerini araştırmak üzere öncelikle betonarme bir yapının tasarımı TBDY-2018’de verilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Yapının tasarımında doğrusal hesap yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılmıştır. Tasarımı yapılan betonarme binada 6 farklı oranlarda ve düzende dolgu duvarları dikkate alınarak TBDY-2018’de belirtilen koşullara uygun olarak seçilen deprem kayıtları ile zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan 11 adet yer hareketi kaydı takımı, yakın ve uzak fay etkileri, ülkemizin faylanma mekanizması gibi parametreler dikkate alınarak seçilmiştir. Seçilen ivme kayıtları, yatay elastik deprem spektrumuyla uyumlu olacak şekilde basit ölçeklendirme yöntemi ile ölçeklendirilmiştir. Yapının sonlu eleman modeli ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri için SAP2000 programı, kesit analizleri ve moment eğrilik ilişkileri için

RESPONSE2000 programı kullanılmıştır.

Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur:

- 1) İncelenen binada gerçekleştirilen modal analizler sonucunda, dolgu duvar oranının artması ile periyot değerlerinde ciddi azalmalar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, yapılarda dolgu duvar oranının artması ile yapılarda büyük bir rijitlik artışı olduğunu göstermektedir.
- 2) Dolgu duvar oranının ve düzeninin yapıların mod şekilleri üzerinde de etkileri olduğu gerçekleştirilen modal analizler sonucunda tespit edilmiştir.
- 3) TBDY-2018’de verilen koşullara göre tasarımı yapılan binanın seçilen ivme kayıtlarına göre gerçekleştirilen zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizleri neticesinde tüm duvar konum ve oranları için görel kat ötelenmelerinin ortalamasının, dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının tamamen bitişik olması durumunda TBDY-2018’e göre belirlenen sınırı aştığı görülmektedir. Ancak dolgu duvarlar ve çerçeve elemanlarının birbirinde esnek bağlantılarla ayrıldığı durumlarda ise TBDY-2018’e göre belirlenen sınırın altında kaldığı görülmektedir.
- 4) Yapıdaki dolgu duvarlar görel kat ötelenmelerini önemli ölçüde etkilemektedir ve dolgu duvar oranının artmasıyla görel kat ötelenmelerinde ciddi azalmalar meydana geldiği görülmüştür. Model-2, Model-3, Model-4, Model-5 ve Model-6’da elde edilen görel kat ötelenmeleri dolgu duvarsız olan Model-1 için elde edilen görel kat ötelenmelerine göre sırasıyla, %12.2, %18.4, %20.3, %23.3, 25.4 oranında azalmıştır.
- 5) Yapılan doğrusal olmayan analizler neticesinde, dolgu duvarların kapasitesine ulaşıncaya kadar bina taban kesme kuvvetini, duvarsız modellere oranla oldukça büyük oranlarda artırdığı tüm ivme kayıtlarında görülmüştür. Ancak dolgu duvarlı binaların davranışı, kapasitesine ulaşan dolgu duvarlar nedeniyle ilerleyen zaman adımlarında dolgu duvarsız binaya benzediği tespit edilmiştir.
- 6) Zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizler neticesinde, bazı deprem kayıtları için dolgu duvar oranı arttıkça oluşan maksimum taban kesme kuvveti de arttığı, bazı deprem kayıtlarında ise dolgu duvarsız durumda elde edilen maksimum taban kesme kuvveti dolgu duvarlı modellerden daha büyük olduğu görülmüştür. Bu durum, binaların tasarım ve analizleri sırasında

genellikle dolgu duvarların dikkate alınmaması nedeniyle binaların olası depremlerde tasarımı dikkate alınan deprem yüklerinden daha büyük deprem kuvvetlerine maruz kalabileceğini ve beklenmedik hasarların meydana gelebileceğini göstermektedir.

- 7) Dolgu duvarların dikkate alınmadığı Model-1’de taşıyıcı sistem elemanlarında hasarların dolgu duvarlı modellere göre daha fazla olduğu analizler neticesinde görülmüştür ve Model-1’de bazı kolonların göçme bölgesinde olması sebebiyle Model-1’in performans seviyesi göçmedir. Dolgu duvarların dikkate alındığı diğer modeller incelendiğinde ise kolonların sınırlı hasar bölgesinde veya belirgin hasar bölgesinde olması sebebiyle bu modeller kontrollü hasar performans düzeyini sağlamaktadır. Buradan anlaşılabileceği üzere sisteme ilave edilen dolgu duvarların taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen hasarları ciddi oranda azalttığı görülmüştür.
- 8) Zaman tanım alanında gerçekleştirilen doğrusal olmayan analizlerde, dolgu duvarların dikkate alındığı tüm modellerin kontrollü hasar performans düzeyinde olmasına rağmen dolgu duvarların oranının artmasıyla taşıyıcı sistem elemanlarında meydana gelen plastik dönme değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir.

Bu tez kapsamında gerçekleştirilen analizler neticesinde, taşıyıcı sistem elemanlarına ait iç kuvvetler hesaplanırken dolgu duvarlar yatay yüklerin karşılanmasında rol almaktadır. Dolayısıyla taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlandırılmasında kullanılacak iç kuvvetlerini azaltması nedeniyle dolgu duvarların katkıları tasarım aşamasında ihmal edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Ancak, dolgu duvarlar sisteme sağladığı rijitlik nedeniyle yerdeğiştirme hesaplarında büyük rol oynamaktadır. Bu sebeple yerdeğiştirme hesabında dolgu duvarlar mutlaka hesaba katılmalıdır. Farklı dolgu duvar modelleme teknikleri kullanılarak dolgu duvarların yapısal davranışa ve performansa olan etkileri detaylı olarak incelenebilir. Ayrıca farklı açıklık ve kat sayısına sahip binalar dikkate alınarak farklı dolgu duvar konum ve oranları için bu çalışma genişletilebilir ve elde edilen bu bilgiler ışığında dolgu duvarların yapıların davranışına olan etkilerini ortaya koymak için istatistiksel veriler elde edilebilir. Bunlara ek olarak dolgu duvarlar modellenirken tanımlanan eksenel yük mafsallığının özelliği için literatürde çok farklı metotlar sunulmuştur. Bu metotlardan gerçek davranışa en yakın olanı belirleyebilmek için daha gerçekçi sonuçlar veren deneysel çalışmalar gerçekleştirilebilir.

5. KAYNAKLAR

- Adanur, S., Altunişik, A.C., Bayraktar, A. ve Akköse, M., 2012. Comparison of Near-Fault and Far-Fault Ground Motion Effects on Geometrically Nonlinear Earthquake Behavior of Suspension Bridge, Natural Hazards, 64, 593-614.
- Alıcı, F.S., Kaatsız, K. ve Sucuoğlu, H., 2015. Bina Yapılarının Çok Modlu İtme Analizi İçin Genel Yük Vektörlerinin Pratik Uygulanması, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, İzmir, Türkiye.
- Asteris, P.G., 2003. Lateral Stiffness of Brick Masonry Infilled Plane Frames, Journal of Structural Engineering, ASCE, 129, 8, 1071-1079.
- Asteris, P.G., Chrysostomou, C.Z., Giannopoulos, I.P. ve Smyrou, E., 2011. Masonry Infilled Reinforced Concrete Frames with Opening, III ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, 25-28 May 2011, Greece.
- Aydın, A., 2015. Boşluklu Dolgu Duvarlara Sahip Betonarme Binaların Deprem Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 71s.
- Boztaş, Ç., 2015. Burulma Düzensizliğine Sahip Betonarme Çerçevesel Taşıyıcı Sistemlerin Performansına Dolgu Duvarların Etkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 185s.
- Celep, Z., 2014. Betonarme Taşıyıcı Sistemlerde Doğrusal Olmayan Davranış ve Çözümleme, Beta Dağıtım, İstanbul, 237s.
- Çavdar, Ö., 2013. Probabilistic sensitivity analysis of suspension bridges to near-fault ground motion, Steel and Composite Structures, 15, 1, 15-39.
- Dağ, R., 2014. Betonarme Binaların Deprem Etkileri Altındaki Davranışına Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 169s.
- DBYBHY., 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 159 s.
- Demirel, İ.O., Yakut, A., Binici, B. ve Canbay, E., 2015. Betonarme Çerçevelerde Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Çalışma, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 14-16 Ekim 2015, İzmir.
- Dorji, J. ve Thambiratnam, D.P., 2009. Modelling and Analysis of Infilled Frame Structures under Seismic Loads. The Open Construction and Building Technology Journal, 3, 119-126.

- Durmazgezer, E., 2013. Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Deprem Etkileri Altındaki Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 143s.
- El-Dakhakhni, W.W., Elgaaly, M. ve Hamid, A.A., 2003. Three Strut Model for Concrete Masonry-Infilled Steel Frames, Journal of Structural Engineering, 129, 2.
- Ergun, M. ve Ates, S., 2014. Comparing of the Effects of Scaled and Real Earthquake Records on Structural Response, Earthquakes and Structures, 6, 4, 375-392.
- FEMA-306, 2005. Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings. Basic Procedures Manual, the American Society of Civil Engineers for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.
- Hashemi, A. ve Mosalam, K.M., 2006. Shake-Table Experiment on Reinforced Concrete Structure Containing Masonry Infill Wall, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 35, 1827-1852.
- Hermanns, L., Fraile, A., Alarcón, E. ve Alvarez, R., 2014. Performance of Buildings with Masonry Infill Walls during the 2011 Lorca Earthquake, Bulletin of Earthquake Engineering, 12, 1977-1997.
- Kaltakçı, M. Y. ve Köken A., 2003. Tuğla Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Tersinir Tekrarlı Yükler Altında Davranışı, TÜBİTAK Projesi.
- Kaltakçı, M. Y. ve Korkmaz, H. H., 2004. Bant Pencereci Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Tersinir Tekrarlı Yükler Altında Davranışı, S.Ü BAP.
- Kareem, K.M. ve Güneyisi, E.M., 2018. Effect of Masonry Infill Wall Configuration and Modelling Approach on the Behaviour of RC Frame Structures, Arabian Journal for Science and Engineering.
- Kayhan, A.H., 2012. Armoni Araştırması ile İvme Kaydı Seçimi ve Ölçeklendirme, İMO Teknik Dergi, 5751-5775.
- Koçak, A., 2013. The Effect of Short Columns on the Performance of Existing Buildings, Structural Engineering and Mechanics, 46, 4, 505-518.
- Köse, M.M. ve Karşlıoğlu, Ö., 2007. Dolgu Duvarların Bina Doğal Modal Periyot ve Mod Şekline Olan Etkileri, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, Türkiye.
- Meral, E., 2014. Dolgu Duvarların Düşük ve Orta Yükseklikteki Betonarme Binaların Sismik Davranışı Üzerine Etkilerinin Doğrusal Elastik Olmayan Analizle Belirlenmesi. Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 275s.
- Mosalam, K.M., White, R.N., ve Gergely, P., 1997. Static Response of Infilled Frames using Quasi-Static Experimentation. Journal of Structural Engineering, ASCE

123, 11, 1462-1469.

- Murty, C.V.R. ve Jain, K.S., 2000. Beneficial Influence of Masonry Infill Walls on Seismic Performance of RC Frame Buildings, 12th World Conference on Earthquake Engineering, 30 January- 4 February, New Zealand.
- Ning, N., Yu, D., Zhang, C. ve Jiang, S., 2017. Pushover Analysis on Infill Effects on the Failure Pattern of Reinforced Concrete Frames, Applied Sciences, 7.
- Özkaya, E., 2018. Binalarda Yumuşak Kat Oluşumunda Dolgu Duvarların Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 88s.
- Özmen, H.B., İnel, M. ve Bilgin, H., 2007. Betonarme Elemanların Doğrusal Ötesi Davranışlarının Modellenmesi, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, Türkiye.
- Öztürkoğlu, O., 2016. Kısmi Boşluklu Dolgu Duvarlı Betonarme Çerçevelerin Doğrusal Olmayan Davranışının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 202s.
- PEER, 2014 “Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) Ground Motion Database”, <http://ngawest2.berkeley.edu/>
- Polyakov, S., 1956. Masonry Infilled Framed Buildings, An Investigation into the Strength and Stiffness of Masonry Infilling, Russia.
- Pujol, S. ve Fick, D., 2010. The Test of A Full-Scale Three-Story RC Structure with Masonry Infill Walls. Engineering Structures, 32 (10), 3112-3121.
- RESPONSE2000, 2000. Sectional Analysis Program, University of Toronto, Version: 1.0.5, Toronto.
- SAP2000, 2015. Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures, Computers and Structures Inc, Berkeley, California, USA.
- Saydam, A., 2016. Betonarme Binalarda Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 76s.
- TBDY, 2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, 416 s.
- Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z. ve Erkal, A., 2007. Zayıf Kat-Yumuşak Kat Düzensizliği, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 16-20 Ekim 2007, İstanbul, Türkiye.
- Timurağaoğlu, M. Ö., 2015. Dolgu Duvarlı Çerçevelerin Davranışının Analitik ve Sayısal Yöntemlerle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri

Enstitüsü, Bursa, 125s.

Türkay, A., 2013. Bir Okul Binasının Tasarımı ve Deprem Performansının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

TS 500, 2000. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, TSE- Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 75 s.

Wakchaure, M.R. ve Ped, S.P., 2012. Earthquake Analysis of High Rise Building with and without In Filled Walls, International Journal of Engineering and Innovative Technolgy, 2, 2, 89-94.

Yön, B. ve Calayır, Y., 2013. Betonarme Binalarda Sargı Donatısı Etkisinin Yayılı Plastik Mafsal Modeliyle İncelenmesi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27 Eylül 2013, Hatay, Türkiye.

Zhou, X., Kou, X., Peng, Q. ve Cui, J., 2018. Influence of Infill Wall Configuration on Failure Modes of RC Frames, Shock and Vibration, 2018.

Qian, K. ve Li, B., 2017. Effects of Masonry Infill Wall on the Performance of RC Frames to Resist Progressive Collapse, Journal of Structural Engineering, 143, 9.

ÖZGEÇMİŞ

Gülfem Çisem KÖSE SUNCA, 1991 yılında Trabzon ilinde doğdu. Lise öğrenimini 2005-2009 yılları arasında Trabzon Yunus Emre Lisesi'nde tamamladı. Lisans eğitimini 2009-2013 yılları arasında Gümüşhane Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. 2014 yılında girdiği sınavı kazanarak Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Gülfem Çisem KÖSE SUNCA, M.K.N. Yapı Denetim Şirketinde Kontrol Mühendisi olarak, Avrasya Üniversitesi, Yapı Denetim Bölümünde, Öğretim Görevlisi olarak ve İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkan Yardımcılığı görevlerini yapmış olup halen Trabzon Büyükşehir Belediyesi'nde İnşaat Mühendisi olarak görevine devam etmektedir.