



**KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YAPILARDA ÇELİK ÇAPRAZ ve BETONARME PERDE KULLANIMININ
DEPREM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İRDELENMESİ**

Muhammed Mustafa ESER

Yüksek Lisans Tezi

**KONYA
Ocak 2023**

YAPILARDA ÇELİK ÇAPRAZ ve BETONARME PERDE KULLANIMININ
DEPREM PERFORMANSINA ETKİLERİNİN İRDELENMESİ

Muhammed Mustafa ESER

KTO Karatay Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezli Yüksek Lisans Programı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüsnü CAN

Konya
Ocak 2023

BİLDİRİM

Enstitü tarafından onaylanan Yüksek Lisans tezimin tamamını veya herhangi bir kısmını basılı veya dijital biçimde arşivleme ve aşağıda belirtilen koşullar dahilinde erişime açma iznini KTO Karatay Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle, Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak ve gelecekteki çalışmalar (makale, kitap, lisans, patent vb.) için tezimin tamamının veya bir bölümünün kullanım hakları yalnızca bana ait olacaktır.

Tezimin bütünüyle kendi çalışmam olduğumu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izinle kullanılması zorunlu olan kaynakları, yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde izinlerin suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge” kapsamında, tezim, aşağıda belirtilen koşullar haricince, YÖK Ulusal Tez Merkezi ve KTO Karatay Üniversitesi Açık Erişim Sisteminde erişime açılır.

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir.¹

Enstitü / Fakülte Yönetim Kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 6 ay ertelenmiştir.²

Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir.³⁴

23 Ocak 2023

Muhammed Mustafa ESER

¹ MADDE 6(1) Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

² MADDE 6(2) Yeni teknik, materyal ve metotların kullanıldığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internette paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ay aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

³ MADDE 7(1) Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

⁴ MADDE 7(2) Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir.

ETİK BEYAN

KTO Karatay Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Hazırlama ve Yazım Kurallarına uygun olarak Prof. Dr. Hüsnü CAN danışmanlığında tarafımdan üretilen bu tez çalışmasında; sunduğum tüm veri, enformasyon, bilgi ve belgeleri bilimsel etik kuralları çerçevesinde elde ettiğimi, tüm değerlendirme, analiz, bulgu ve sonuçları bilimsel usullere uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım kaynakların tümüne bilimsel normlara uygun biçimde atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarımı kabullendiğimi beyan ederim.

23 Ocak 2023

**Muhammed Mustafa
ESER**

TEŞEKKÜR

Bu çalıőmayı yürütmemde öncelikle maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme, lisans hayatımda mesleki teorik bilgilerimi veren Sivas Cumhuriyet niversitesi đretim üyelerine, yüksek lisans hayatımda desteklerini esirgemeyen KTO Karatay niversitesi đretim üyelerine, alıőmamım her aşamasında engin bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Prof. Dr. Hüsnü Can Hocama ve akademik hayata yönelmemi teővik edip çalıőmalarımda büyük emekleri olan Arő. Gör. Fezayil SUNCA Hocama ilgilerinden dolayı teşekkür ederim. alıőmamım lkeme ve dünyaya yeni yaklaőımlarda öncülük etmesini temenni ederim.

23 Ocak 2023

Muhammed Mustafa ESER

ÖZET

Muhammed Mustafa ESER

Yapılarda Çelik Çapraz ve Betonarme Perde Kullanımının Deprem Performansına

Etkilerinin İrdelenmesi

Yüksek Lisans Tezi

Konya, 2023

Ülkemiz geçmişte çok sayıda deprem geçirmiş ve bu yapıların büyük bir çoğunluğu deprem bölgesinde olduğu için gelecekte de depremlerle karşılaşmamız muhtemeldir. Geçmişte meydana gelen depremlerde birçok can ve mal kayıplarımız olmuştur. Oluşan bu depremlerde can ve mal kayıplarının azaltılması için depreme dayanıklı yapıların geliştirilmesi ve bu konuda farklı yöntemlerle daha fazla çalışmalar yapılması gerekmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımında betonarme perdeler kullanılırken çelik çapraz elemanların kullanımı çok fazla görülmemektedir. Projelendirme ve uygulamada bilinirliği daha fazla olan betonarme perdeler çoğunlukla kullanılmaktadır. Çelik malzemesi yapılarımızda uzun zamandır kullanılmaktadır ve yenilikçi yaklaşımla farklı yöntemler geliştirilmektedir. Çalışmada betonarme kolon ve kirişler kullanılarak simetrik bir yapı tasarlanmıştır. Tasarlanan bu yapıya en dış aksına betonarme perdeler eklenerek ikinci bir model oluşturulmuştur. Aynı betonarme perdeler bir iç aksa alınmış ve üçüncü bir model oluşturulmuştur. İkinci oluşturulan modeldeki betonarme perdeler çelik çapraz ile değiştirilerek dördüncü model oluşturulmuştur. Sonrasında dördüncü modeldeki çelik çaprazlar bir iç aksa alınıp beşinci model oluşturulup iki farklı deprem yöntemine göre analizleri yapılmıştır. Analizler güvenilirliği uluslararası güvenilirliği kabul görmüş ve akademik çalışmalarda çoğunlukla kullanılan SAP2000 programında modellenmiş olup Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'ne uygun olarak tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler

Betonarme, çelik çapraz, deprem, sonlu elemanlar yöntemi, zaman tanım alanında hesap yöntemi, TBDY-2018

ABSTRACT

Muhammed Mustafa ESER

Investigation of the effects of using steel cross and reinforced concrete shears
earthquake performance in buildings

Master's Thesis

Konya, 2023

The majority of the buildings in Türkiye are in the earthquake zone that faced many earthquakes and it is likely to encounter earthquakes in the future. Earthquakes cost many lives and property in the past. In order to reduce the loss of life and property in these earthquakes, it is necessary to develop earthquake-resistant structures and to carry out more studies with different methods in this regard. While reinforced concrete shear walls are used in designs, the use of steel cross members is not seen much. Reinforced concrete shear walls are mostly used in project design and applications. Steel material has been used in our structures for a long time and different methods are being developed with an innovative approach. In the study, a symmetrical structure was designed by using reinforced concrete columns and beams. A second model was created by adding reinforced concrete shear walls to the outermost axis of this designed structure. The same reinforced concrete shear walls were taken to an inner axle and a third model was created. The fourth model was created by using steel cross instead of reinforced concrete shear walls in the second model. Afterwards, the steel cross in the fourth model were taken to an inner axle and the fifth model was created, and then analyzes were made according to two different earthquake methods. The analyzes were modeled in the SAP2000 program, which is internationally trusted and common in academic, and was designed in accordance with the Turkish Building Earthquake Code.

Keywords

Reinforced concrete, steel cross, earthquake, finite element method, time history calculation method

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	i
BİLDİRİM	ii
ETİK BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER DİZİNİ.....	xii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
3. AMAÇ VE YÖNTEM	6
3.1. Betonarme ve Yapı Çeliği	6
3.2. Analizi Yapılacak Bina Bilgileri	8
3.2.1. Kullanılacak Malzeme Seçimi	8
3.2.2. Bina Konum Bilgileri	9
3.2.3. Taşıyıcı Sistem Planları	9
3.3. Yararlanılacak Yönetmelikler	14
3.4. Deprem ve Hesap Yöntemleri	14
3.4.1. Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi.....	14
3.4.2. Mod Birleştirme Yöntemi.....	15
3.4.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi	15
3.5. Yapının Modellenmesi	16
3.5.1. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi	17
3.5.2. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi	18
3.5.3. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi	18
3.5.4. Seçilen 11 Deprem Kaydının İvme-Zaman Grafikleri	19
4. BULGULAR VE İRDELEMELER.....	31
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR	44

ÖZGEÇMİŞ	46
----------------	----

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1. Yapının kesit ölçüleri.....	10
Tablo 2. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar tablosu	15
Tablo 3. Seçilen deprem kayıtları ile ilgili bilgiler ve ölçek katsayıları	18
Tablo 4. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre taban kesme kuvvetleri	31
Tablo 5. Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre taban kesme kuvvetleri	32
Tablo 6. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenen D-4 aksındaki kolonun kesit tesirleri.....	32
Tablo 7. Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre belirlenen pozitif yönlü kesit tesirleri.....	33
Tablo 8. Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre belirlenen negatif yönlü kesit tesirleri.....	33

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Kanada'da yapılan 6 katlı çelik levhalı yapı	2
Şekil 2. Çapraz elemanlı uygulamalar ve bunların levhalı perde sistem karşılıkları	3
Şekil 3. Çelik çapraz ile güçlendirme yapılan yapı.....	4
Şekil 4. Periyot değerlerinin karşılaştırılması	5
Şekil 5. Bina ağırlıklarının karşılaştırılması	5
Şekil 6. Türkiye'deki çelik yapıların dağılımı	7
Şekil 7. Tasarımı yapılacak bina konumu	9
Şekil 8. Yapının taşıyıcı sistem planının tipik kesitleri (a) xy eksenleri (b) eş zy ve xz eksenleri	10
Şekil 9. Yapının güçlendirilmiş elemanlarının taşıyıcı sistem planının düşey kesitleri üzerinde gösterimi (a) güçlü elemanlar bir numaralı aksta (b) güçlü elemanlar iki numaralı aksta	11
Şekil 10. MODEL 1'in (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı	11
Şekil 11. MODEL 2 BAD'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı	12
Şekil 12. MODEL 3 BAİ'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı	12
Şekil 13. MODEL 4 ÇD'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı	13
Şekil 14. MODEL 5 Çİ'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı	13
Şekil 15. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları.....	16
Şekil 16. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları SAP2000 programında tanımlanması (a) kolonlar için (b) kirişler için (c) döşemeler için (d) perdeler için.....	17
Şekil 17. 1 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	20
Şekil 18. 2 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	21
Şekil 19. 3 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	22
Şekil 20. 4 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	23
Şekil 21. 5 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	24
Şekil 22. 6 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	25
Şekil 23. 7 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	26
Şekil 24. 8 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	27
Şekil 25. 9 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	28

Şekil 26. 10 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	29
Şekil 27. 11 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları.....	30
Şekil 28. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları.....	31
Şekil 29. MODEL 1'in x eksenine için görece kat ötelemeleri	34
Şekil 30. MODEL 1'in y eksenine için görece kat ötelemeleri	34
Şekil 31. MODEL 2 BAD'nin x eksenine için görece kat ötelemeleri.....	35
Şekil 32. MODEL 2 BAD'nin y eksenine için görece kat ötelemeleri.....	35
Şekil 33. MODEL BAİ'nin x eksenine için görece kat ötelemeleri	36
Şekil 34. MODEL 3 BAİ'nin y eksenine için görece kat ötelemeleri.....	36
Şekil 35. MODEL 4 ÇD'nin x eksenine için görece kat ötelemeleri.....	37
Şekil 36. MODEL 4 ÇD'nin y eksenine için görece kat ötelemeleri.....	37
Şekil 37. MODEL 5 Çİ'nin x eksenine için görece kat ötelemeleri	38
Şekil 38. MODEL 5 Çİ'nin y eksenine için görece kat ötelemeleri	38
Şekil 39. Tüm modellerin zaman tanım alanında hesap yöntemine göre x eksenine görece kat ötelemeleri.....	39
Şekil 40. Tüm modellerin zaman tanım alanında hesap yöntemine göre y eksenine görece kat ötelemeleri.....	39
Şekil 41. Tüm modellerin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre x eksenine görece kat ötelemeleri.....	40
Şekil 42. Tüm modellerin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre y eksenine görece kat ötelemeleri.....	40

SİMGELER DİZİNİ

Simge	Açıklama
F_x	X yönlü deprem bileşkesi
F_y	Y yönlü deprem bileşkesi
H_N	Metre biriminde bina toplam yüksekliği
mm	milimetre
m^2	metrekare
m^3	metreküp
M_2	Y yönlü deprem kesme kuvvetinin oluşturduğu moment etkisi
M_3	X yönlü deprem kesme kuvvetinin oluşturduğu moment etkisi
η_{bi}	Burulma düzensizliği katsayısı
S_{DS}	Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı
T_A	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
T_B	Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu
V_2	X yönlü deprem kesme kuvveti
V_3	Y yönlü deprem kesme kuvveti

KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma	Açıklama
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
BKS	Bina Kullanım Sınıfı
BYS	Bina Yükseklik Sınıfı
ÇYTHE-2016	Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik
DD-2	Standart tasarım deprem yer hareketi düzeyi
DT	Deprem kaydı zaman aralığı
DTS	Deprem Tasarım Sınıfı
EX	X yönlü etki edilen deprem etkisi
EY	Y yönlü etki edilen deprem etkisi
I	Bina Önem Katsayısı
MODEL 1	Betonarme kolon ve kirişten oluşan birinci model
MODEL 2 BAD	En dış akslarına betonarme perde elemanı eklenerek oluşturulan ikinci model
MODEL 3 BAİ	En dıştan bir iç akslarına betonarme perde elemanı eklenerek oluşturulan üçüncü model
MODEL 4 ÇD	En dış akslarına çelik çapraz elemanı eklenerek oluşturulan dördüncü model
MODEL 5 Çİ	En dıştan bir iç akslarına çelik çapraz elemanı eklenerek oluşturulan beşinci model
NPTS	Deprem kaydı veri sayısı
PEER	Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi
SAP2000	Structural Analysis Program
TBDY-2018	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TDTH	Türkiye Deprem Tehlikesi Haritaları
TL	Türk Lirası
TS-500	Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Türk Standardı

1. GİRİŞ

Dünyada vukua gelen depremlerin özellikle iki kuşak üzerinde toplandığı dikkat çeker. Bu kuşaklardan birisi Pasifik Okyanusunu çevreleyen Pasifik Deprem Kuşağı ve diğeri Cebelitarık'tan Endonezya adalarına kadar uzanan ve Türkiye ile yakın komşularını içerisine alan Akdeniz – Himalaya Deprem kuşağıdır. Türkiye bu kuşaklardan Akdeniz – Himalaya Deprem Kuşağında yer almaktadır (Ketin, 2005).

Dünya oluşumundan itibaren gerçekleşen depremlerde milyonlarca insanın, diğler canlıların ve barınakların yok olduğu bilinmektedir. Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de oluşabilecek depremlerde can ve mal kaybına uğrayacağımız bir gerçektir. Türkiye Deprem Tehlike Haritası'na göre, yurdumuzun %92'sinin deprem bölgeleri içerisinde olduğu, nüfusumuzun %98'inin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'ünün deprem bölgesinde bulunduğu bilinmektedir. Son 58 yıl içerisinde depremlerden, 58.202 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Sonuç olarak denilebilir ki, depremlerden her yıl ortalama 1.003 vatandaşımız ölmekte ve 7.094 bina yıkılmaktadır (Afet ve Acil durum Yönetim Başkanlığı [AFAD], 2018).

Ülkemizde ve dünyada inşa edilen yapılarda estetik ve mimariye önem verildiği kadar binanın ekonomik ve sağlam olmasına da ayrıca önem verilmektedir. Her geçen gün çeşitli mimarilerde ve farklı tip taşıyıcı sisteme sahip binalar projelendirilmekte ve farklı yaklaşımlar aranmaktadır.

Projelendirilen binalarda mimari tasarımdan ziyade yapısal olarak da yeni yaklaşımlar aranmaktadır. Projelendirme aşamasında binaya etkiyen farklı kuvvetlere karşı binanın sağlamlığı kontrol edilmektedir. Ülkemiz deprem bölgesinde olduğu için binalara etkiyen en önemli kuvvetlerden birisi depremdir. Deprem ülkemizin için bir gerçektir ve biz mühendisler bunun için çeşitli araştırma ve çalışmalar yapmamız gerekmektedir. Bu çalışmada ülkemizde geniş alanlarda kullanılan betonarme perdeler ile çelik çaprazların depreme karşı performansları karşılaştırılması hedeflenmiştir. Ayrıca hem betonarme perdelerin hemde per de yerine kullanılacak çelik çaprazların yerleşimleri farklı yerlere alınarak çalışma kapsamı genişletilmekte bununla birlikte daha geniş veriler için detaylı sonuçlar bulunması amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Ülkemizde ve dünyamızda betonarme perdeli yapılar çok sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca betonarme yerine farklı çalışmalar da yapılmıştır.

Kıymaz ve Coşkun (2001), çelik levha perdeli yapılar üzerine araştırma yapmışlardır. Yapılarda deprem ve rüzgar yüklerinin taşıtmanın farklı yöntemler olduğunu ve bunu kuvvetleri güvenle karşılayacak perdelerin çelik levhalar ile yapılmasını incelemişlerdir. Çelik levhalı yapıların 1970'li yıllardan bu yana Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Japonya'da yaygın olarak kullanıldığını görmüşlerdir. Bu yapılar atlattıkları depremler sonucunda ya çok hasar almamış yada çok hafif sayılabilecek hasarlar aldığı görülmüştür. Özellikle hastane gibi yapılarda kullanılan bu yöntemin temelleri 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Kanada'da 6 katlı bir binada uygulanan örneği Şekil 1'de verilmiştir.

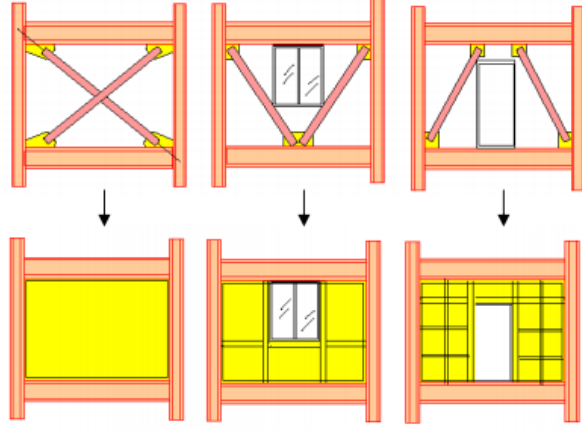


Şekil 1. Kanada'da yapılan 6 katlı çelik levhalı yapı

Kaynak: Kıymaz ve Coşkun (2001)

Kıymaz ve Coşkun (2001), yazılarında ayrıca çelik levhalı sistemin inceliğinden dolayı mimaride daha iyi çözümler getirebileceğini belirtmişlerdir. Kapı ve pencere gibi boşluklar açılabileceği ve bu boşlukların sebep olacağı rijitlik kayıplarını berkitme ile azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Berkitmeler, burkulmayı da azaltan elemanlardır ve çelik levhalar berkitmeli yapılabildiği gibi berkitmesiz yapılabileceğini de belirtilmiştir. Çapraz elemanlı uygulamalar ve bunların levhalı perde sistem karşılıkları Şekil 2'de verilmiştir. Çelik levhalı sistem betonarmenin kullanımının zor olduğu aşırı soğuk

ortamlar gibi durumlarda kullanımı çok daha avantajlı olacaktır. Ayrıca enerji sönümlemesi yüksektir, kat ötelenmelerini azaltır ve hafif olduğu için yapı ağırlığını azaltacağı için deprem konusunda çok daha avantaj sağlayacaktır.



Şekil 2. Çapraz elemanlı uygulamalar ve bunların levhalı perde sistem karşılıkları

Kaynak: Kıymaz ve Coşkun (2001)

Yön ve Sayın (2011), mevcut yapılarda betonarme ve çelik ile güçlendirme üzerine çalışma yapmıştır. “Yaygın güçlendirme yöntemleri iki temel yaklaşım üzerine kurulmuştur. Bunlardan birincisi yapıya çelik diyagonal elemanlar veya perde duvarlar ekleyerek yapıyı güçlendirmek, diğeri ise betonarme yapılarda kolon kiriş gibi yapı elemanlarının dayanımlarını artırmak veya kolon kiriş birleşim noktalarını güçlendirerek yapının performansını arttırmaktır.”(Yön ve Sayın, 2011, s.1). Yaptıkları çalışmaları sonucunda betonarme perdelerin görelî kat ötelemeleri bakımından daha etkili, çelik çaprazların güvenlik seviyesi bakımından yeterli davranış gösterdiği belirlenmiştir. Çelik çapraz ile güçlendirme yapılan yapı örneği Şekil 3’de gösterilmiştir.

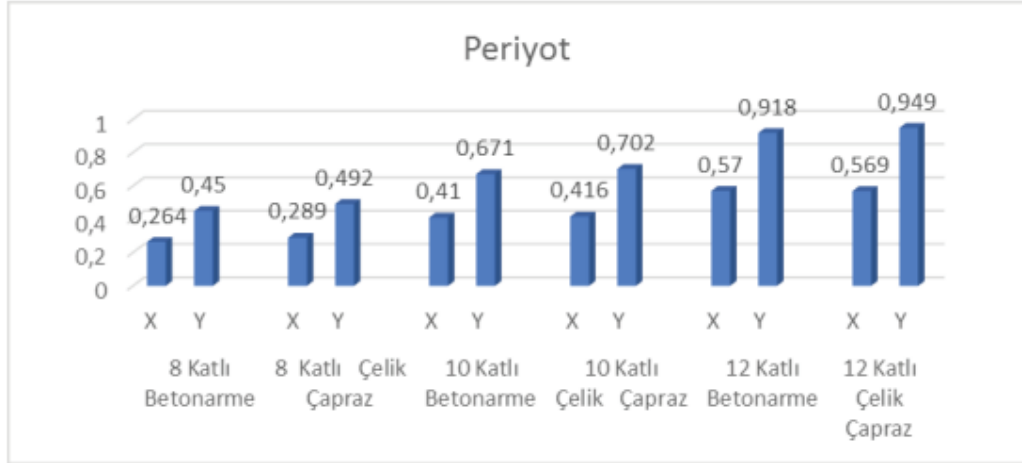


Şekil 3. Çelik çapraz ile güçlendirme yapılan yapı

Kaynak: Yön ve Sayın (2011)

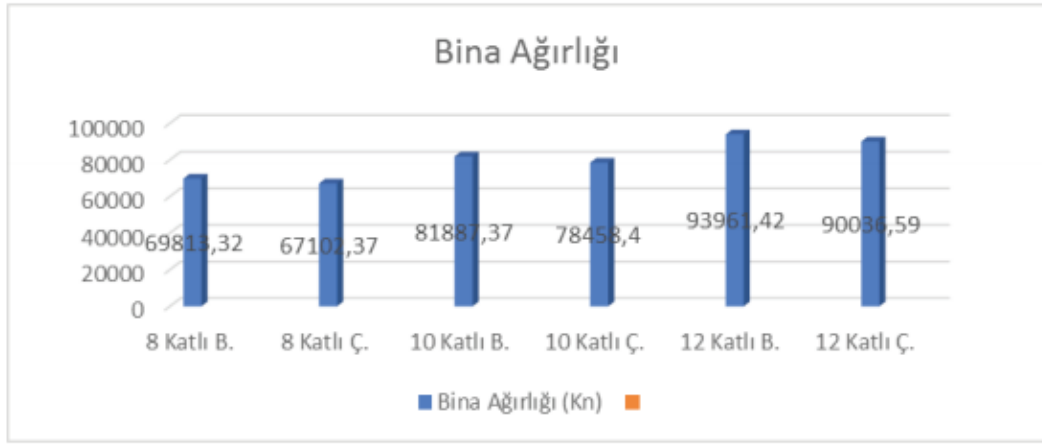
Peng vd. (2015), çalışmalarında betonarme perdeli yapı, çelik levhalı perdeli yapı ve kompozit perdeli pratik bir hastane yapısını modellemişler. Modelledikleri sonlu elemanlar modelini Structural Analysis Program (SAP2000) programında modellemişler ve zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanarak analiz yapmışlardır. Çalışmaları sonucu betonarme perdeli sistemin yanal rijitliğinin çelik levhalı perdeli sistemden daha iyi olduğunu gözlemlemişlerdir. Kompozit perdeli yapının tepe değer yer değiştirme eğrisi giderek artan büyüme gösterir ve bu hasarlara karşı daha dayanıklı olmasını sağladığını ayrıca kompozit perdeli sistemin sürekli ve kararlı bir yapıya sahip olduğu için geleneksel yöntemlere göre yeni bir seçenek sunan iyi bir performans gösterdiğini söylemişlerdir.

Naimi (2019), betonarme perde yerine çelik çapraz eleman kullanımı hakkında çalışmalar yapmıştır. Aynı mimari planlara sahip 8, 10 ve 12 katlı binaların betonarme perdelerini kaldırılıp yerine ters v dış merkezli çelik çaprazlar getirerek karşılaştırmalar yapmıştır. Çelik çaprazlı binada görelî kat ötelemelerinin betonarme yapıya göre daha elverişli olduğu sonucuna varmıştır. Çelik çapraz kullanıldığında betonarme kısımlarda donatı alanının azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca yapıların yaklaşık maliyetleri hesapladığında çelik çapraz kullanıldığı takdirde maliyetin %3,09 oranında daha ekonomik olduğu sonucuna varmıştır. Çalışmaları sonucunda buldukları periyot değerlerinin karşılaştırması Şekil 4’de ve bina ağırlıklarının karşılaştırması Şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 4. Periyot değerlerinin karşılaştırılması

Kaynak: Naimi (2019)



Şekil 5. Bina ağırlıklarının karşılaştırılması

Kaynak: Naimi (2019)

Vatansever ve Şimşek (2021), beton dolgulu kompozit kolon ve çelik kiriş kullanarak Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2018 (TBDY-2018)'e uygun olarak yapı analizi yapmıştır. Çalışmalarında zaman tanım alanında doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanmıştır. 11 adet farklı deprem yer hareket ivmesi kaydı kullanmıştır. Çalışmaları sonucunda beton dolgulu kompozit kolonlarında herhangi bir hasar gözlenmemiştir ayrıca çelik kirişlerde hasarların sınırlı düzeyde ve belirgin bölgelerinde kaldığı gözlemlenmiştir.

3. AMAÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada depreme karşı dayanma gücünün fazla olduğu bilinen betonarme perdeli yapı tasarımı yapılmıştır. Ayrıca ana taşıyıcı sistemi betonarme olan yapılar ile birlikte kullanımı az olan çelik çapraz elemanların kullanımını irdelenmiştir. Bu kapsamda depreme karşı çelik çaprazların kullanımının yapıdaki etkileri ve kullanım avantajları hakkında araştırmalar yapılmıştır.

Çalışmada tasarımı yapılan binaların modelleri SAP2000 programı ile modellenmiştir. Modellenen binaların analiz ve yorumları yapılacaktır. Analizlerde deprem hesabı yöntemlerinden eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılacaktır (SAP2000, 2020).

3.1. Betonarme ve Yapı Çeliği

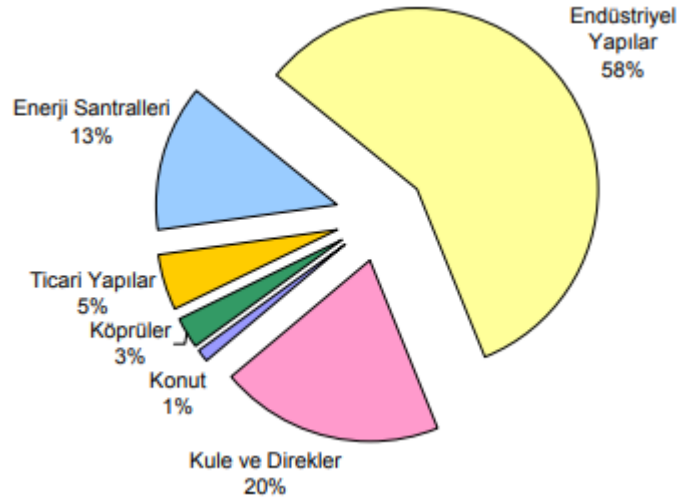
1800'lü yıllarda betonarmeye ilişkin önemli sayılabilecek gelişmeler olmasına rağmen yaygın olarak kullanımı sağlanamamıştır. Hatta bu tekniğin uygulanabilir bir teknik olduğundan şüphe bile edilmiştir. Ancak 1900'lü yılların hemen başlarında inşaat mühendisliği konularıyla uğraşan bilim adamları ve mühendislerin yaptıkları uygulamalar ile terörde ve pratikte önemli gelişmelere öncülük etmişlerdir. Bundan sonra da betonarme tekniği Dünya'da yayılarak farklı ülkelerde bu teknikte yapılar inşa edilmeye başlanmıştır (Doğangün, 2018).

Geniş insanlık tarihinin barınma ihtiyacının karşılanmasına bakıldığında, betonarmenin yapılarımızda hızla kullanılmaya başlandığı görülmüştür. Betonarme yapılar; yangına karşı dayanıklı, rijitliği fazla olması, betonun akışkanlaşması, işlenebilirliği, istenilen şekli kolaylıkla verilebilmesi, öngermeli sistem ve guseli kiriş ile büyük açıklıkların geçilebilmesi, üretim imkanlarının geniş olması, projelendirme ve işçi bulma imkanının kolay olması avantajları olarak sayılabilir (Civelek, 2019).

Betonarmenin avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Ahşap ve çelik yapılara göre daha ağırdır. Eleman boyutlarının çelik yapılara göre büyük olması nedeniyle deprem bölgelerinde yapılacak yapılara etkiyen deprem yükü daha büyük olacaktır. Diğer taraftan kendi ağırlığının fazla olmasından dolayı büyük açıklıkların geçilmesi ekonomik olarak uygun olmaz. Ahşap ve çelik yapılar betonarme yapılara göre daha çevrecidir ve geri dönüştürülme veya tekrar kullanım imkanı vardır. Betonarme

yapıların, ahşap ve çelik yapılar gibi yıkıp malzemeyi yeniden kullanma olanağı çok yoktur. Betonarmenin üretim alanı çok geniş olduğu için her zaman uygun şartlarda kaliteli olarak üretimi sağlanamayabilir. Kaliteyi tutturmak zahmetlidir. İnşa süresi uzundur ve yapı inşa edildikten sonra kusurlarının bulunması zahmetli ve oldukça zaman almaktadır (Doğangün, 2018).

Mühendisler ve mimarlar için on sekizinci yüzyıl ortalarına kadar mevcut temel inşaat malzemeleri olarak taş, ahşap ve tuğla kullanılmaktaydı. Teknoloji ve sanayinin gelişmesiyle birlikte büyük açıklıklı yapılar için talep artmış ve yapıların taşıyıcı sistemlerinde çeliğin kullanılması araştırılmaya ve yaygınlaşmaya başlamıştır. 20. yüzyılın başında, dünyada 28 milyon ton olan demir çelik tüketimi, 20. yüzyılın sonunda 780 milyon ton olmuştur. 2000 yılını geçtiğimizde Çin’de yapılan yatırımlar sonucunda çelik kullanımı artmış ve 2014 yılında dünya ham çelik üretim kapasitesi yaklaşık 2,2 milyar tona ulaşmıştır (Seçkin, 2022). Türkiye’de çeliğin yapılarda kullanım oranları orantısız olarak dağılmıştır. En fazla endüstriyel yapılarda kullanılan çelik, konutlarda %1 seviyelerinde kullanılmaktadır. Türkiye’deki çelik yapıların dağılımı Şekil 6’da görülmektedir (Altay ve Güneyisi, 2005).



Şekil 6. Türkiye’deki çelik yapıların dağılımı

Kaynak: Altay ve Güneyisi (2005)

Dünyada bu oranlar daha farklıdır ve özellikle hafif çelik kullanımı yapılarda daha yaygındır. Ahşap fiyatları artan talebe orantılı olarak yükselmesi, hafif çeliğin ahşaba göre %60 daha hafif olması ve nakliye kolaylığı açısından hafif çeliğe yönelimi artırmıştır.

Amerika’da inşa edilen tek ve çift katlı yapıların %20’si hafif çelik çerçeve sistem ile üretilmektedir (Mermer, 2008).

Çelik; sünek bir malzeme olduğu için şekil değiştirme ve enerji yutma kapasitesi yüksektir, çelik sistemler üzerine etkiyen yükleri betonarme yapılara göre kesit alanı bakımından daha fazla taşıyabildikleri için yapı ağırlığını düşürür. Bu nedenle depreme karşı önemli katkı sağlar. Çelik yapı elemanlarının üretimi atölye gibi ortamlarda yapıldığı için montajı kolay ve zor hava şartlarından fazla etkilenmemektedir. Ayrıca fabrikada üretim işlendiğinden üretim esnasında hata oranı düşüktür. Bir başka deyişle üretimi kontrol altında olduğu için güvenlik kat sayısı düşüktür. Çelik yapı inşaatlarında kalıp ve iskele ihtiyacı yoktur ve geniş açıklıklar geçilebildiği için kolon sayısını azaltır ve farklı mimarilere imkan sağlamaktadır (Cengiz, 2020).

Yapılar betonarme olarak projelendirildiğinde ağırlıklarının fazla olmasından dolayı büyük yüklerin gelmesi, bu yüklerin depremde daha farklı elemanlar ile projelendirilen yapılardan daha kötü davranış göstereceği anlamına gelmez. Ancak özellikle 1999 Depremlerinden sonra ülkemizde betonarme yapıların dayanıklı olmadığı, hatta betonarmenin artık çağını doldurduğu imajı verilmeye çalışıldı. Bu yaklaşım yenilikçi çalışmalara ilham kaynağı olmuştur. Fakat, çelik yapılarda, betonarme yapılar da, ön üretimli beton yapılar da ve ahşap yapılar da iyi tasarlandığı ve iyi denetlendiği zaman depreme dayanıklı yapılar projelendirmemiz ve inşa etmemiz mümkün olabilir (Doğangün, 2018).

3.2. Analizi Yapılacak Bina Bilgileri

Analizi yapılacak binanın tasarımı yapılırken en verimli sonuçları verecek ve ihtiyaç duyulacak en geniş verilerin alınacağı şekilde seçimler yapılmıştır.

3.2.1. Kullanılacak Malzeme Seçimi

Betonarme kısımlar için C30/37 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı kullanılacaktır. Temel hesaplara dahil edilmeyip zemin kotundaki kolonlar ankastre olarak tanımlanacaktır. Çelik çaprazlar S355 sınıfı malzeme ve kesit olarak SAP2000 programında tanımlı ve bilirliliği yüksek olan HE120A kesitli I profili seçilmiştir. Seçilen malzemelerin kesitleri

5 farklı modelin de deprem etkilerine karşı dayanaklı olacağı şekilde kademeli olarak arttırım yoluyla seçilmiştir.

3.2.2. Bina Konum Bilgileri

Binamızın konumu ülkemizde deprem konusunda en çok araştırılması gereksinim duyulan Marmara Bölgesi'nde seçilmiştir. İstanbul ilinin Eyüp ilçesinde bulunduğu düşünülerek tasarımlar yapılmıştır. Tasarımı yapılacak bina 41.04388° enleminde ve 28.9378° boylam bulunduğu düşünülmektedir ayrıca ZB zemin sınıfında bulunmaktadır. Bina konumu Şekil 7'de gösterilmiştir. Deprem hesabı için gerekli olan veriler AFAD tarafından hazırlanan Türkiye Deprem Tehlikesi Haritaları (TDTH) İnteraktif Web Uygulaması kullanılarak oluşturulan rapordan alınmıştır (AFAD, 2018).



Şekil 7. Tasarımı yapılacak bina konumu

Kaynak: AFAD (2018)

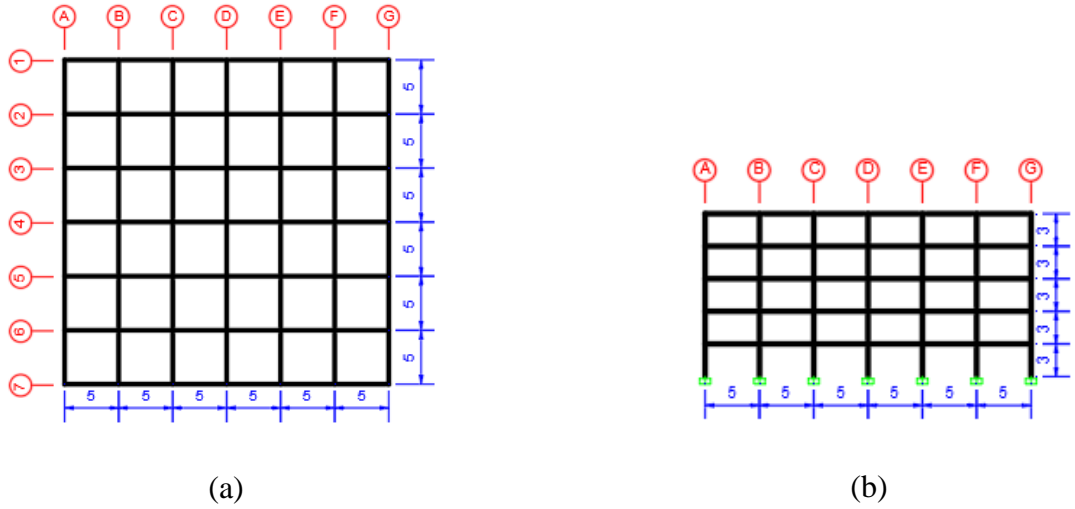
3.2.3. Taşıyıcı Sistem Planları

Yapı deprem etkilerinde yıkılmadan ayakta kalacak şekilde tasarlanmıştır ve yapının kesit ölçüleri Tablo 1'de verilmiştir. Yapı analiz sonuçlarını x ve y yönünden daha verimli anlaşılması için simetrik olarak kare formunda tasarlanmıştır. Kat yükseklikleri her katta eşit olarak 3 metre ve kolon açıklıkları 5 metredir. Tasarlanan yapı 5 farklı şekilde modellenmiştir.

Tablo 1. Yapının kesit ölçüleri

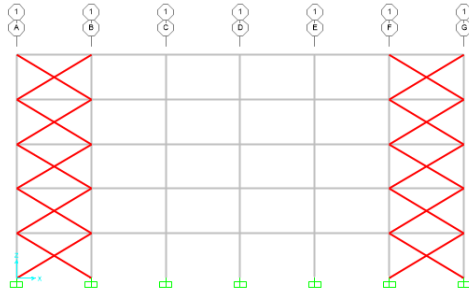
Materyal	Kesit
Kolon	50x50 cm
Kiriş	50x30 cm
Döşeme kalınlığı	15 cm
Çelik çapraz	HE120A

Yapı beş farklı model şeklinde oluşturulmuştur. İlk model betonarme kolon ve kirişten oluşan birinci model (MODEL 1), en dış akslarına betonarme perde elemanı eklenerek oluşturulan ikinci model (MODEL 2 BAD), en dıştan bir iç akslarına betonarme perde elemanı eklenerek oluşturulan üçüncü model (MODEL 3 BAİ), en dış akslarına çelik çapraz elemanı eklenerek oluşturulan dördüncü model (MODEL 4 ÇD) ve en dıştan bir iç akslarına çelik çapraz elemanı eklenerek oluşturulan beşinci model (MODEL 5 Çİ) olarak adlandırılmıştır. Yapının taşıyıcı sistem planı perde ve çelik çapraz elemanlar olmadan boyutlandırılması daha iyi anlamlandırılabilmesi için yatayda xy eksenleri ile düşeyde birbirinin aynısı olan xy ve xz eksenleri tipik kesitleri Şekil 8’de gösterilmiştir.

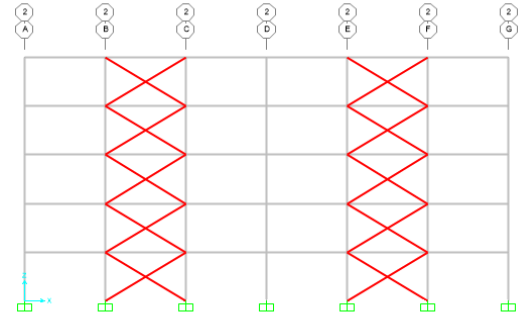


Şekil 8. Yapının taşıyıcı sistem planının tipik kesitleri (a) xy eksenleri (b) eş zy ve xz eksenleri

Yapıda MODEL 2 BAD ve MODEL 3 BAİ için betonarme perde eklenen kısımlar ile MODEL 4 ÇD ve MODEL 5 Çİ için çelik çapraz eklenen kısımlar düşey kesit olarak Şekil 9’da gösterilmiştir. Güçlü elemanların eklendiği yerler en dış akslar ve bir iç akslar olarak ayrı ayrı modellerde konumlandırılmıştır. Burada güçlü elemanların farklı konumlarda depreme karşı etkileri de incelenerek çalışma daha kapsamlı hale getirilmiştir.



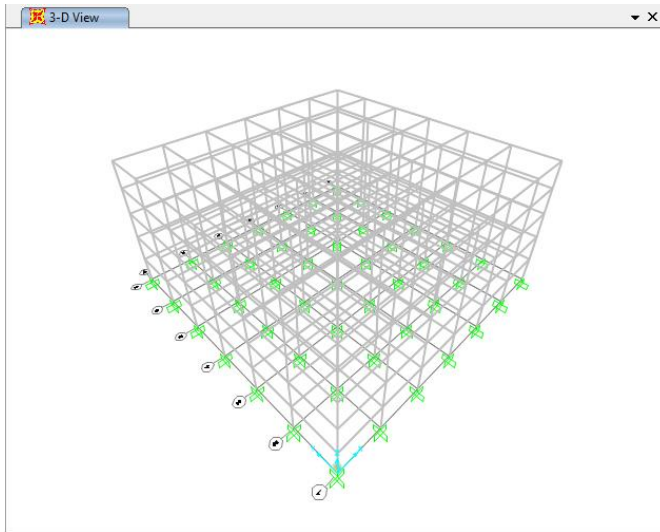
(a)



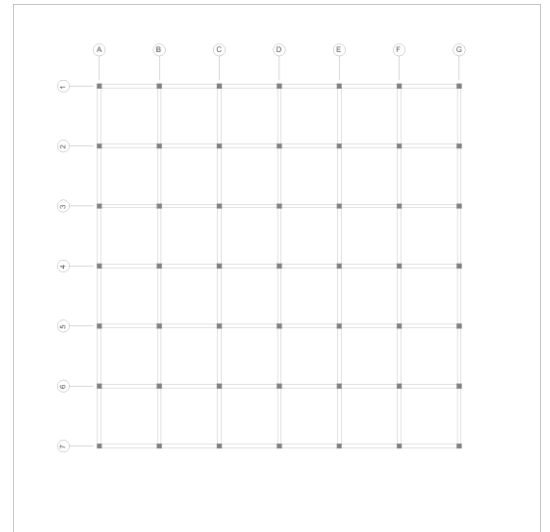
(b)

Şekil 9. Yapının güçlendirilmiş elemanlarının taşıyıcı sistem planının düşey kesitleri üzerinde gösterimi (a) güçlü elemanlar bir numaralı aksta (b) güçlü elemanlar iki numaralı aksta

Tasarımı yapılan MODEL 1'deki yapıda sadece betonarme kolon ve kiriş elemanları bulunmaktadır. Yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve iki boyutlu taşıyıcı sistem planları Şekil 10'da gösterilmiştir.



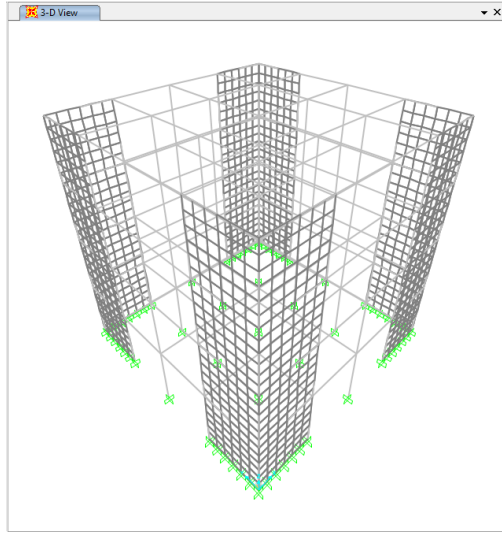
(a)



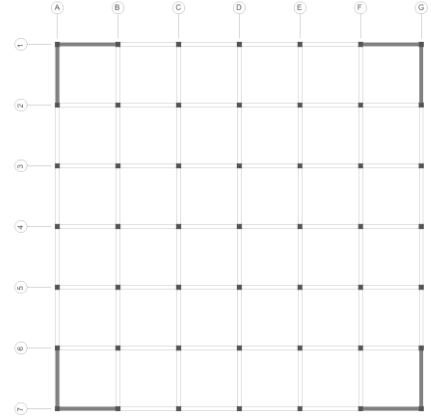
(b)

Şekil 10. MODEL 1'in (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı

Tasarımı yapılan MODEL 2 BAD'deki yapıda betonarme kolon, kirişler ve en dış aksında betonarme perde elemanları bulunmaktadır. Yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve iki boyutlu taşıyıcı sistem planları Şekil 11'de gösterilmiştir.



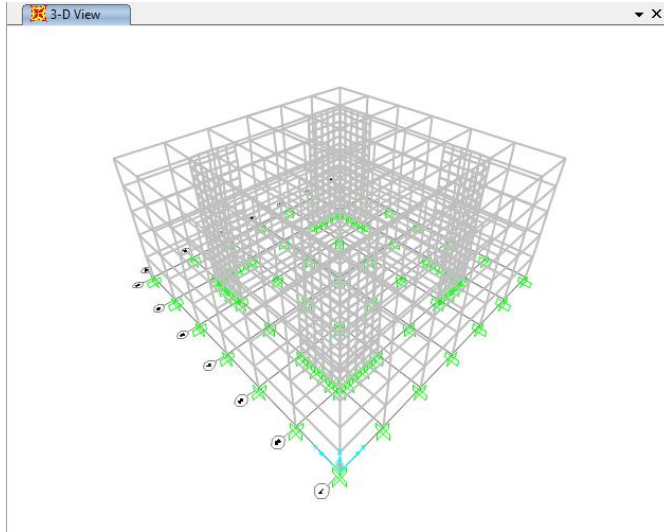
(a)



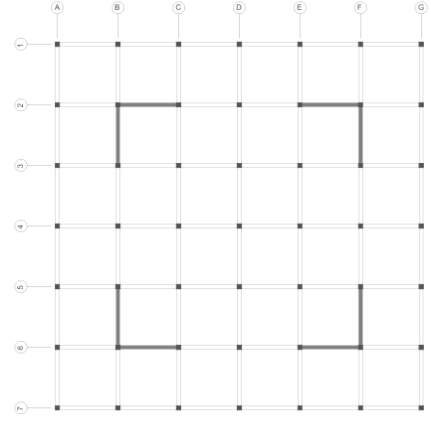
(b)

Şekil 11. MODEL 2 BAD'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı

Tasarımı yapılan MODEL 3 BAİ'deki yapıda betonarme kolon, kirişler ve bir iç aksında betonarme perde elemanları bulunmaktadır. Yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve iki boyutlu taşıyıcı sistem planları Şekil 12'de gösterilmiştir.



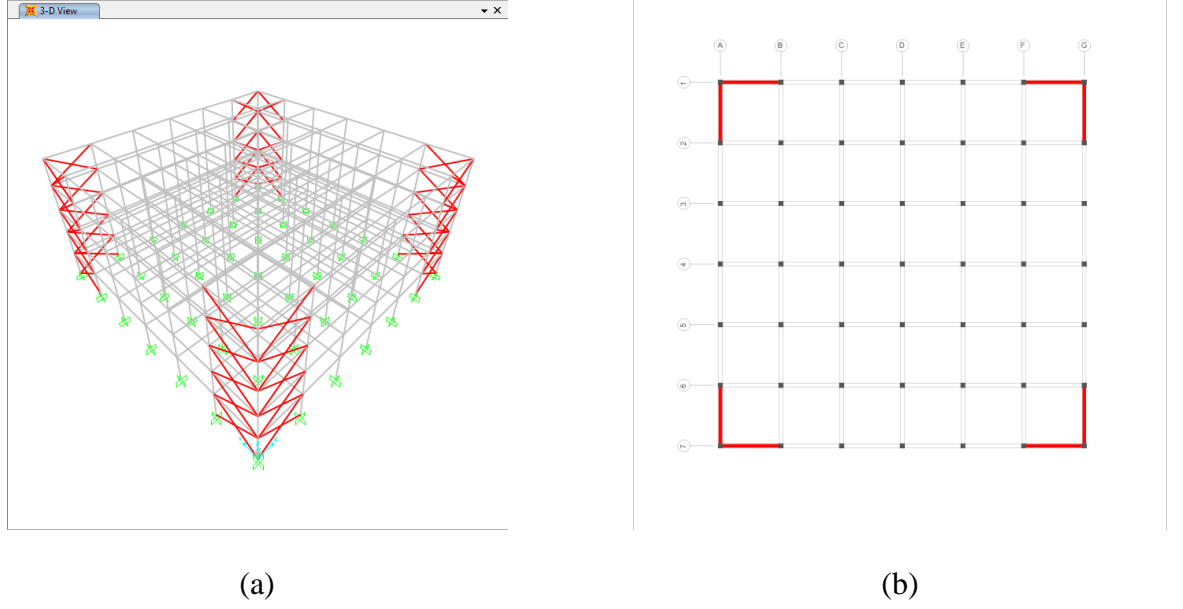
(a)



(b)

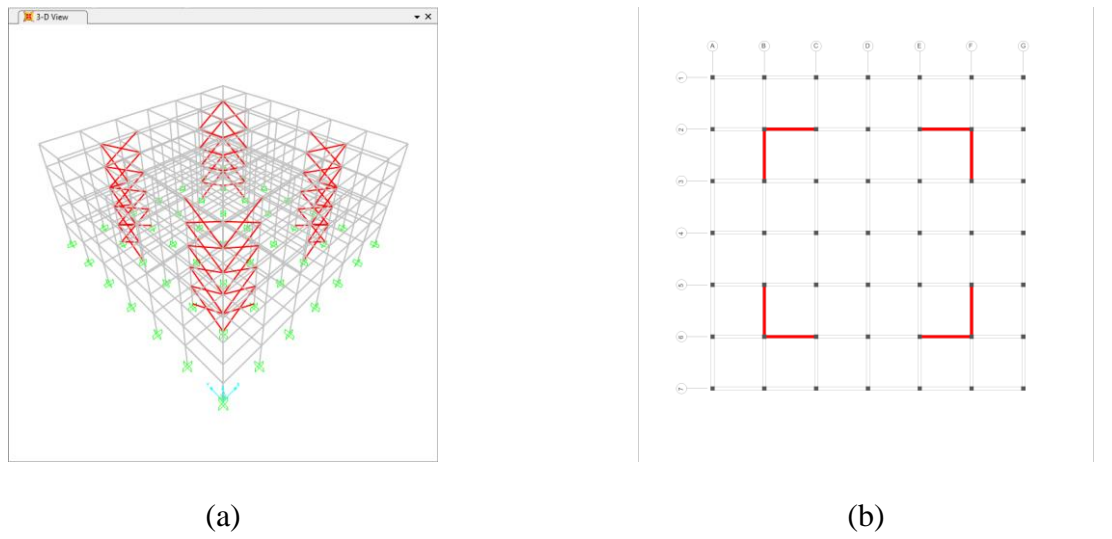
Şekil 12. MODEL 3 BAİ'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı

Tasarımı yapılan MODEL 4 ÇD'deki yapıda betonarme kolon, kiriş ve en dış aksında çelik çapraz elemanları bulunmaktadır. Yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve iki boyutlu taşıyıcı sistem planları Şekil 13'te gösterilmiştir.



Şekil 13. MODEL 4 ÇD'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı

Tasarımı yapılan MODEL 5 Çİ'deki yapıda betonarme kolon, kiriş ve bir iç aksında çelik çapraz elemanları bulunmaktadır. Yapının üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve iki boyutlu taşıyıcı sistem planları Şekil 14'de gösterilmiştir.



Şekil 14. MODEL 5 Çİ'nin (a) üç boyutlu sonlu elemanlar modeli ve (b) iki boyutlu taşıyıcı sistem planı

3.3. Yararlanılacak Yönetmelikler

Çalışmada yapılan analizler deprem kuvvetlerine etkisinde yapılacağı için TBDY-2018'den faydalanılacaktır. Bu yönetmelikten binamızın bulunduğu konuma göre bilgiler AFAD'ın internet sayfasından girilip TDTH'ndan okunacaktır ve yer hareketleri ile deprem ivmeleri değerleri kullanılacaktır (TBDY, 2018).

Yapının kolon ve kirişleri her sistemde betonarme yapılacağı için Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları Türk Standardı (TS-500)'den yararlanılacaktır (TS-500, 2000).

Yapıda betonarme perdeler yerine çelik çaprazlar kullanılacağı modellerde Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik (ÇYTHE-2016)'dan yararlanılacaktır (ÇYTHE, 2016).

3.4. Deprem ve Hesap Yöntemleri

Deprem kuvvetleri, yer ivmeleri ve yapının kütlesi, rijitliği ve sönümlenme özellikleri dikkate alınarak dinamik analiz ile belirlenir veya basitleştirilerek eşdeğer statik deprem kuvvetleri de kullanılabilir (Özuygur, 2020). Deprem kuvvetleri net olarak belirli bir kuvvetler olmadığı için her yapı ve durum için sabit bir yük olarak alınamamıştır. Bu konu hakkında bir çok yaklaşımlar ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında en çok kullanılan üç yöntem hakkında bilgi verilmiştir ve ikisi çalışma kapsamında kullanılmıştır. Kullanılan bu yöntemler eşdeğer deprem yükü yöntemi ve zaman tanım alanında hesap yöntemidir.

3.4.1. Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi

Bu yöntemde deprem yükü hesabı yapılacak yapının birinci modu esas alınır ve her bir kata etkiyen deprem kuvvetlerinin kat kütlesi ve katın temelden yüksekliği ile orantılı olduğu kabul edilerek katlara dağıtılır. Titreşim periyodunun hesabında ve deprem yükünün dağıtılmasında binanın kütlesi hesaba katıldığı için bu yöntem yapının birinci serbestlik derecesini esas alan dinamik bir yöntem olarak kabul edilebilir (Uçar ve Merter, 2012). Yöntemde yapılan hesaplar sonucu bulunan deprem kuvveti katlara dağıtılırken kütlelerin en yoğun olduğu döşemelere etki ettiği düşünülerek hesaba alınır.

3.4.1.1. Eşdeğer Deprem Yükünün Kullanılması İçin Yönetmelik Kontrolü

Eşdeğer Deprem Yükü yöntemini kullanabilmemiz için TBDY-2018 yönetmeliği bizden bazı şartları sağlamamızı istemektedir. TBDY-2018’de bulunan eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar tablosu Tablo 2’de verilmiştir. Bu tabloda bulunan şartları sağladığımız takdirde yöntemi uygulamamızda bir mahsur bulunmamaktadır. Çalışmada zorluk yaşamamak için binamızın tasarımı yapılırken bu şartları sağlamasına dikkat edilmiştir.

Tablo 2. Eşdeğer deprem yükü yönteminin uygulanabileceği binalar tablosu

Bina Türü	İzin Verilen Bina Yükseklik Sınıfı	
	DTS = 1, 1a, 2, 2a	DTS = 3, 3a,4, 4a
Her bir katta burulma düzensizliği katsayısının $\eta_{bi} \leq 2.0$ koşulunu sağladığı ve ayrıca B2 türü düzensizliğinin olmadığı binalar	BYS \geq 4	BYS \geq 5
Diğer tüm binalar	BYS \geq 5	BYS \geq 6

(Kaynak: TBDY-2018)

3.4.2. Mod Birleştirme Yöntemi

Yapı klasik sönümlü ise dinamik etkilere karşı tepkisi titreşim mod şekillerinin süperpozisyonu ile incelenebilir. Bu analiz TBDY-2018’de mod birleştirme yöntemi olarak isimlendirilmiştir. Mod birleştirme yönteminde deprem tasarım spektrumundan yararlanılarak toplam deprem kuvvetinin hesabında ve katlara dağıtılmasında yapının yeteri kadar titreşim periyoduna ait mod şekilleri dikkate alınır. Bu yöntem çok serbestlik dereceli sistemlerin davranışını veren ifadelerin her mod şekli için ayrı ayrı değerlendirilmesi olarak da görülebilir (Uçar ve Merter, 2012).

3.4.3. Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi

Zaman tanım alanında hesap yönteminin amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan deprem yer etkisi alındaki davranış göz önüne alınarak sistemin hareket denkleminin adım adım entegre edilmesidir. Analiz sırasında entegre edilen deprem kaydı sonucunda her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri

hesaplanır (Sunca, 2016). Bu yöntemde 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 (Sunca, 2019).

3.5. Yapının Modellenmesi

Deprem gibi büyük fiziksel olayları daha iyi anlayabilmek için birtakım modellemeler yapılması gerekebilir. Eldeki mevcut bilgiler ile bilinmeyen bir olayı basit ve anlaşılır bir hale getirme işlemine modelleme, bunun sonucu elde edilen tasarım veya ürüne model denir (Demir, 2015).

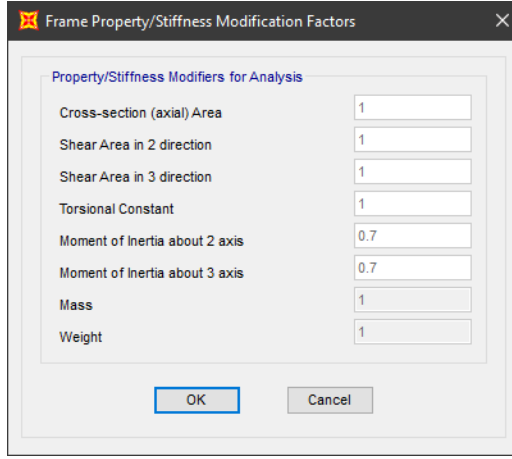
Yapı istenilen verilerin sağlıklı inceleneceği, elverişli sonuçlar vereceği ve doğru karşılaştırmalar yapılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Yapının sonlu elemanlar modeli ve analizleri güvenilirliği dünya çapında uygun görülen SAP2000 programında yapılmıştır. Yapının sonlu elemanlar modelleri Bölüm 3.2.3'de gösterilmiştir. Analizlerde 50 yılda aşılma olasılığı %10 (tekrarlanma periyodu 475 yıl) olan standart tasarım deprem yer hareketi düzeyi (DD-2) esas alınmıştır.

Yapı gerekli yönetmeliklere uygun olarak tasarlanırken TBDY-2018'de bulunan betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları ile tasarlanmıştır ve Şekil 15'de gösterilmiştir. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları SAP2000 programı üzerinde tanımlanması Şekil 16'da gösterilmiştir.

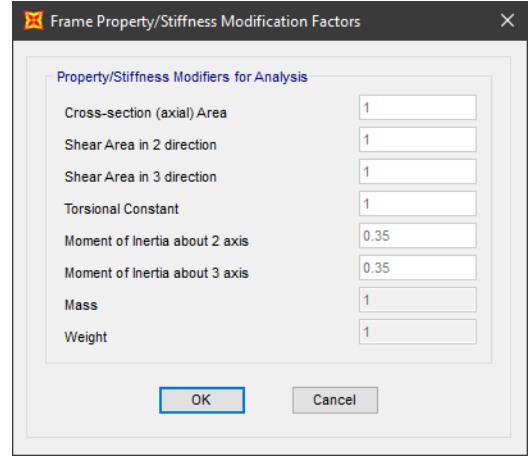
Betonarme Taşıyıcı Sistem Elemanı	Etkin Kesit Rijitliği Çarpanı	
	<i>Eksenel</i>	<i>Kayma</i>
<i>Perde – Döşeme (Düzlem İçi)</i>		
Perde	0.50	0.50
Bodrum perdesi	0.80	0.50
Döşeme	0.25	0.25
<i>Perde – Döşeme (Düzlem Dışı)</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Perde	0.25	1.00
Bodrum perdesi	0.50	1.00
Döşeme	0.25	1.00
<i>Çubuk eleman</i>	<i>Eğilme</i>	<i>Kesme</i>
Bağ kirişi	0.15	1.00
Çerçeve kirişi	0.35	1.00
Çerçeve kolonu	0.70	1.00
Perde (eşdeğer çubuk)	0.50	0.50

Şekil 15. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları

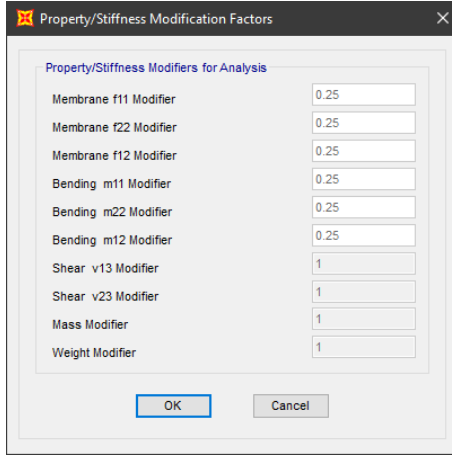
Kaynak: TBDY (2018)



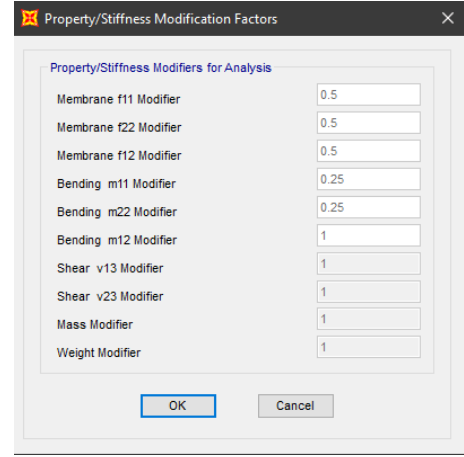
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 16. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları SAP2000 programında tanımlanması (a) kolonlar için (b) kirişler için (c) döşemeler için (d) perdeler için

3.5.1. Doğrusal Hesap Yönteminin Seçilmesi

Depreme karşı dayanıklı bina analiz yapmak için yapıya deprem yükü etki ettirmemiz gerekir. Yapının analizleri yapılırken deprem hesapları da yapılması gerekmektedir. Deprem hesaplarının yapılabilmesi için bazı yöntemler seçilmelidir. TBDY-2018'e göre bu yöntemlerin seçimi ve kullanılabilirliğine ilişkin koşulları sağlanması gerekmektedir. Yapının deprem analizleri için gerekli kat sayıları TBDY-2018'den ve AFAD'ın TDTH yardımı ile bulabiliriz. Bu kat sayıları; Yapının Bina Kullanım Sınıfı (BKS) = 3, Bina Önem Katsayısı (I) = 1,0, Kısa periyot tasarım spektral ivme katsayısı (S_{DS}) = 0,789,

Deprem Tasarım Sınıfı (DTS) = 1, metre biriminde bina toplam yüksekliği (H_N) = 3x5 = 15 metre ve Bina Yükseklik Sınıfı (BYS) = 6 olarak bulunmuştur.

Bulunan katsayılar ile Tablo 2’den binamızın eşdeğer deprem yükü yönteminin kullanımı için uygun olduğu görülmektedir.

3.5.2. Deprem Etkisinin Diğer Etkilerle Birleştirilmesi

Taşıyıcı sistem elemanlarında deprem etkileri TBDY-2018’e göre diğer etkenler ile birleştirilirken kullanılması gereken denklemler Denklem 1 ve Denklem 2’de gösterilmiştir.

$$G + Q + 0.2 S + E_d^{(H)} + 0.3 E_d^{(Z)} \quad (1)$$

$$0.9 G + H + E_d^{(H)} - 0.3 E_d^{(Z)} \quad (2)$$

3.5.3. Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklendirilmesi

Yapının eşdeğer deprem yükü yöntemi dışında zaman tanım alanında hesap yöntemi ile de analizleri yapılmak istenmektedir. Bu yöntem kullanılırken daha önce de bahsedildiği gibi TBDY-2018’e uygun olarak 11 farklı deprem kaydı seçilmiştir. Ayrıca aynı depremden üçten fazla deprem kaydı kullanılmamıştır. Bu kayıtlar Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER, 2014) Yer Hareketi veri tabanından alınmıştır ve ölçeklendirilmiştir. Seçilen bu kayıtlar ile ilgili bilgiler Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Seçilen deprem kayıtları ile ilgili bilgiler ve ölçek katsayıları

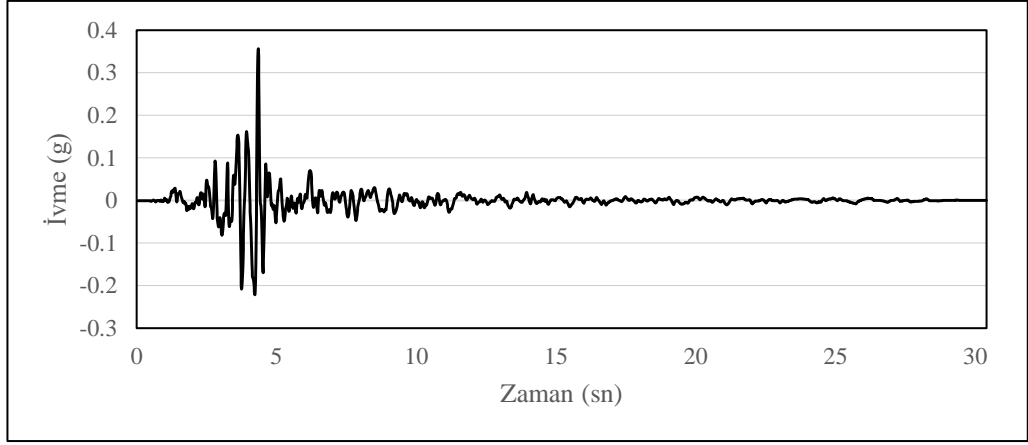
No	RSN	Yıl	Mekanizma	DT	NPTS	Büyükük	Katsayı
1	33	1966		0.010	3042	6.19	1.42
2	221	1980		0.005	7987	5.42	1.88
3	239	1980		0.005	8000	5.91	1.54
4	248	1980		0.005	5199	5.94	1.46
5	250	1980		0.005	5199	5.94	0.72
6	265	1980	Doğru	0.010	2453	6.33	0.84
7	548	1986	Atımlı	0.005	7999	6.19	1.74
8	1633	1990		0.020	2676	7.37	0.65
9	6876	1992		0.005	5696	6.1	1.90
10	6878	1992		0.005	5704	6.1	2.14
11	6915	2010		0.005	27730	7.0	0.75

Tabloda deprem kayıtları ile ilgili yılı, büyüklüğü, zaman aralığı (DT), veri sayısı (NPTS), büyüklüğü ve katsayısı gibi bilgileri verilmiştir.

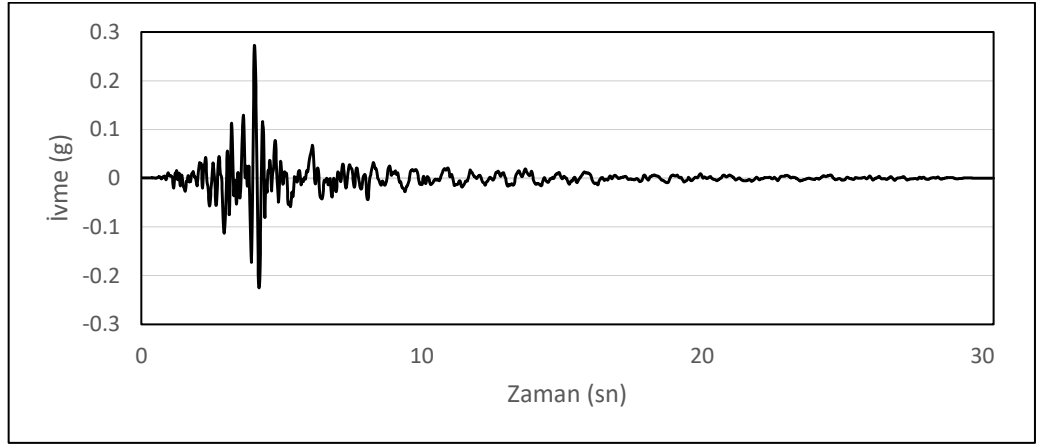
3.5.4. Seçilen 11 Deprem Kaydının İvme-Zaman Grafikleri

Seçilmiş olan deprem kayıtları SeismoSignal programı kullanılarak ivme-zaman grafikleri oluşturulmuştur (SeismoSignal, 2022).

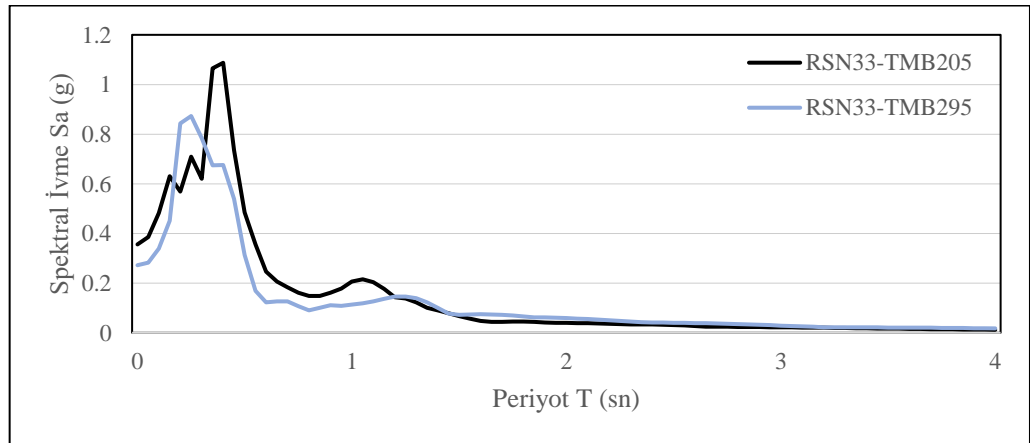
1 nolu RSN33 koduyla isimlendirilen, 1966 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 17’de gösterilmiştir. 2 nolu RSN221 koduyla isimlendirilen, 1980 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 18’de gösterilmiştir. 3 nolu RSN239 koduyla isimlendirilen, 1980 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 19’da gösterilmiştir. 4 nolu RSN248 koduyla isimlendirilen, 1980 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 20’de gösterilmiştir. 5 nolu RSN250 koduyla isimlendirilen, 1980 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 21’de gösterilmiştir. 6 nolu RSN265 koduyla isimlendirilen, 1980 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 22’de gösterilmiştir. 7 nolu RSN548 koduyla isimlendirilen, 1986 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 23’de gösterilmiştir. 8 nolu RSN1633 koduyla isimlendirilen, 1990 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 24’de gösterilmiştir. 9 nolu RSN6876 koduyla isimlendirilen, 1992 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 25’de gösterilmiştir. 10 nolu RSN6878 koduyla isimlendirilen, 1992 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 26’da gösterilmiştir. 11 nolu RSN6915 koduyla isimlendirilen, 2010 yılında meydana gelen deprem kaydının ivme-zaman ve spektrum grafikler Şekil 27’de gösterilmiştir.



(a) RSN33-TMB205

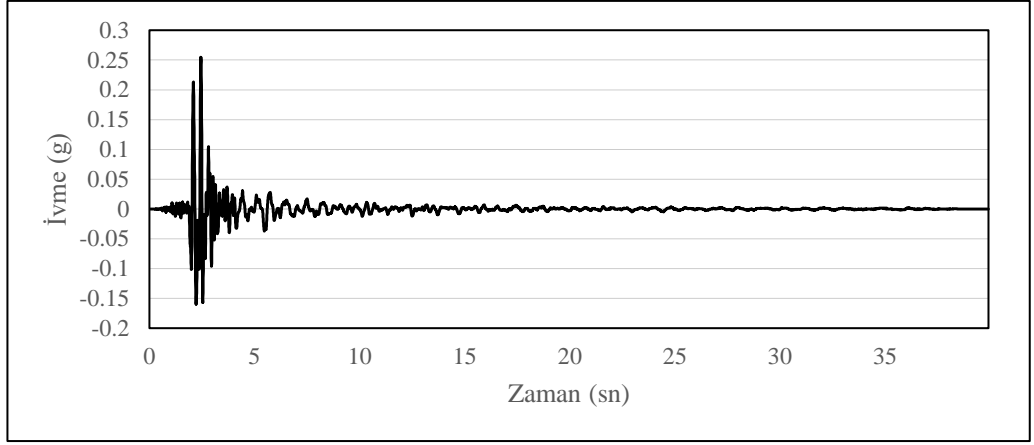


(b) RSN33-TMB295

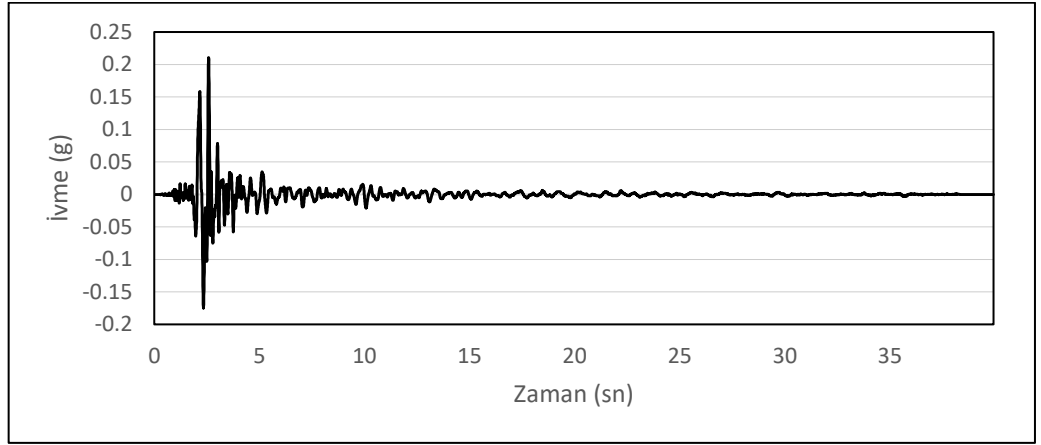


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

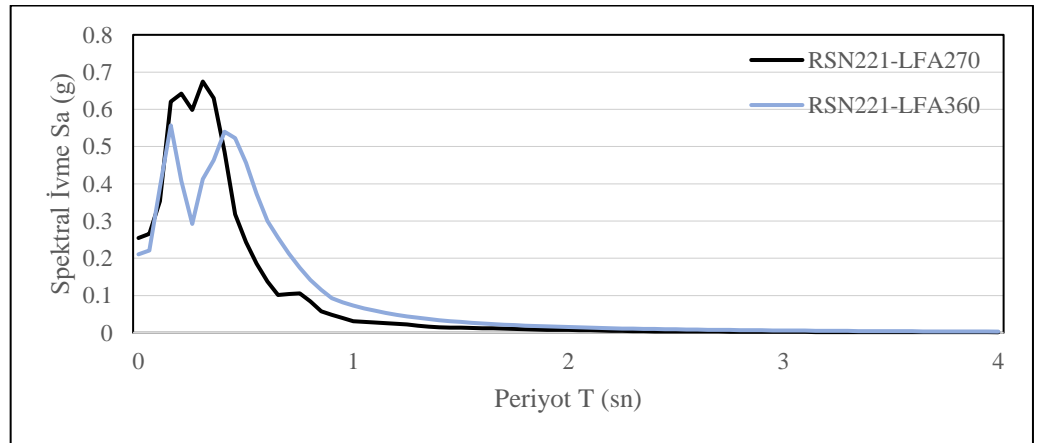
Şekil 17. 1 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN221-LFA270

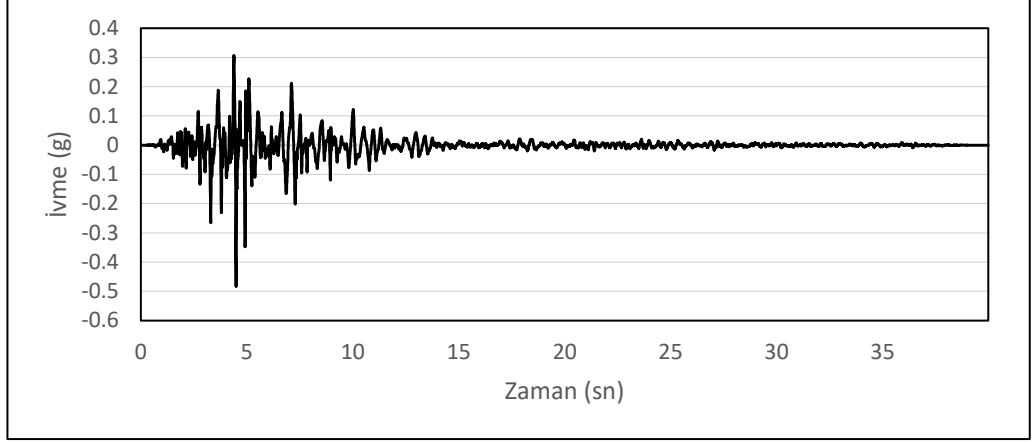


(b) RSN221-LFA30

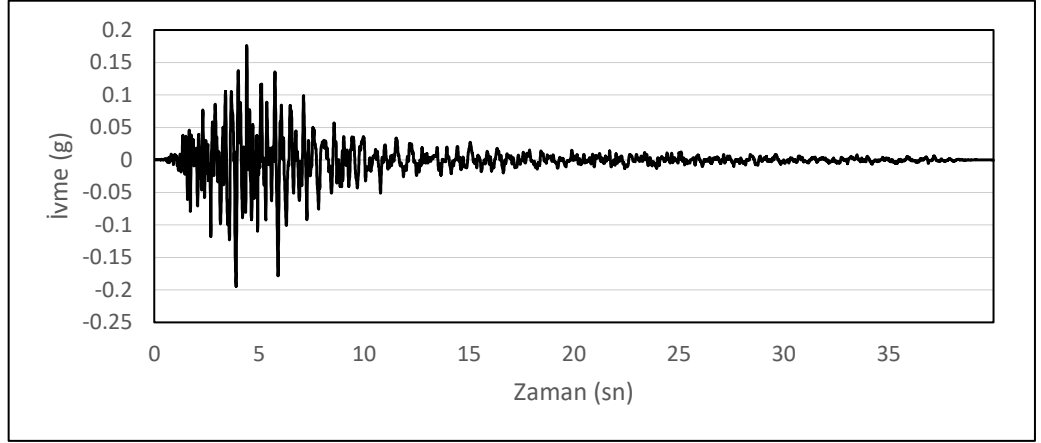


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

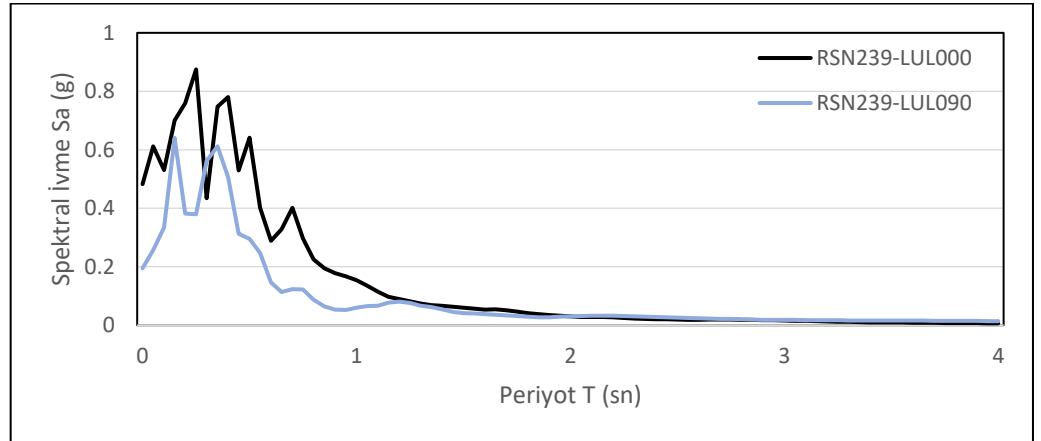
Şekil 18. 2 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN239-LUL000

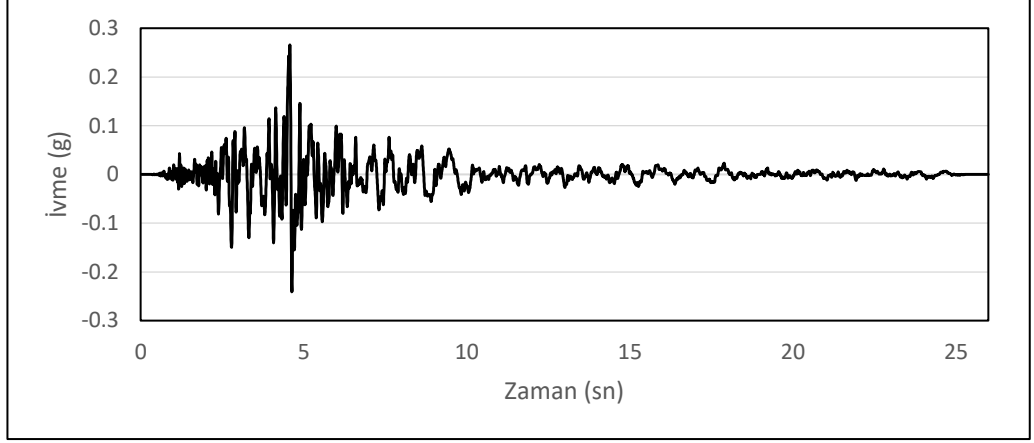


(b) RSN239-LUL090

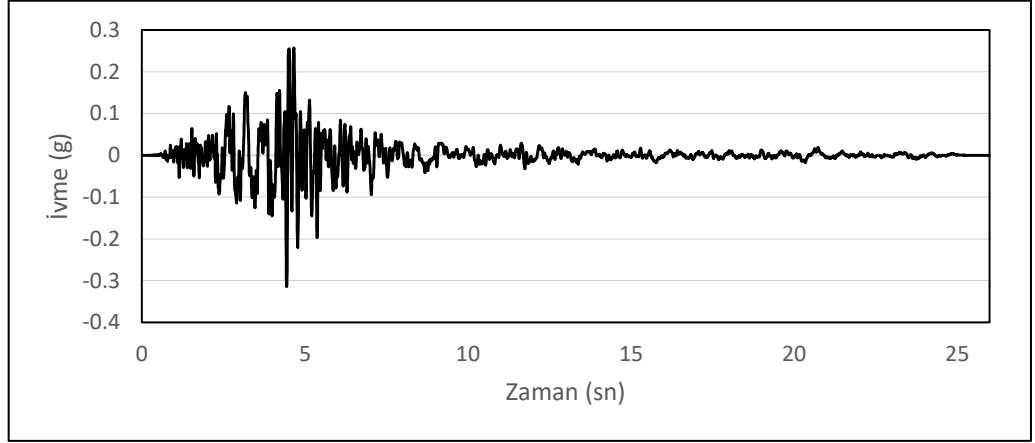


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

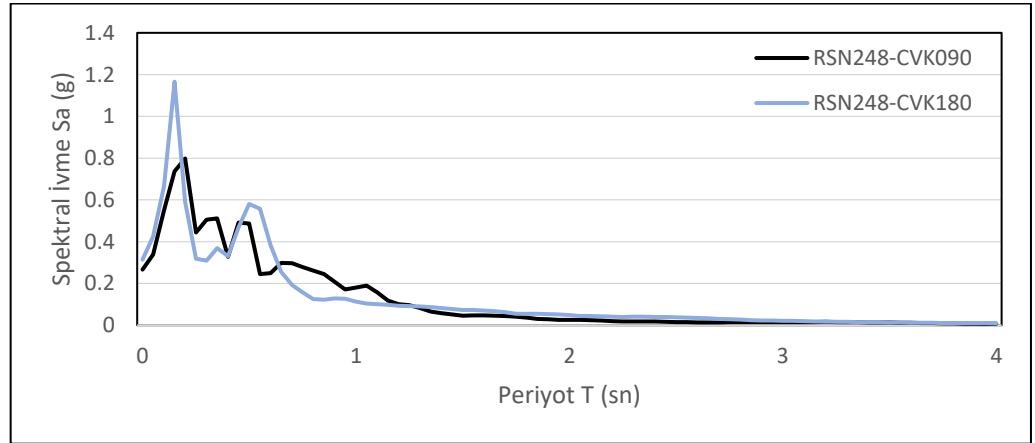
Şekil 19. 3 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN248-CVK090

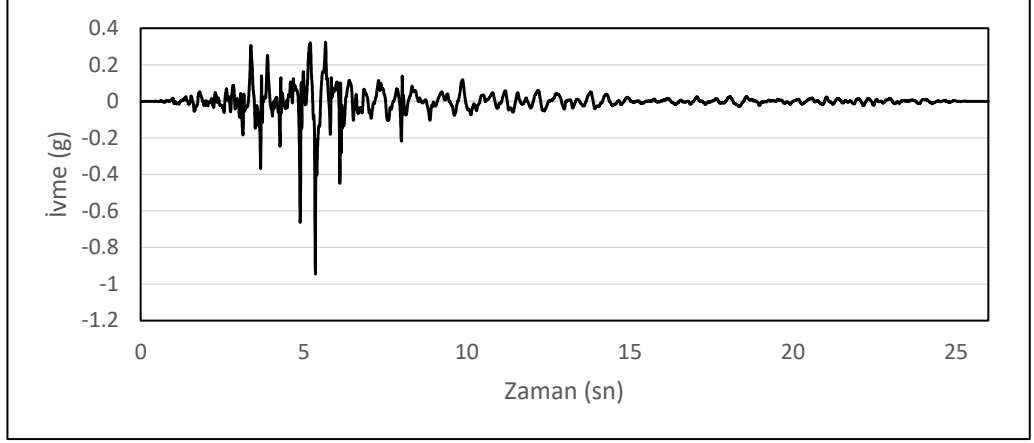


(b) RSN248-CVK180

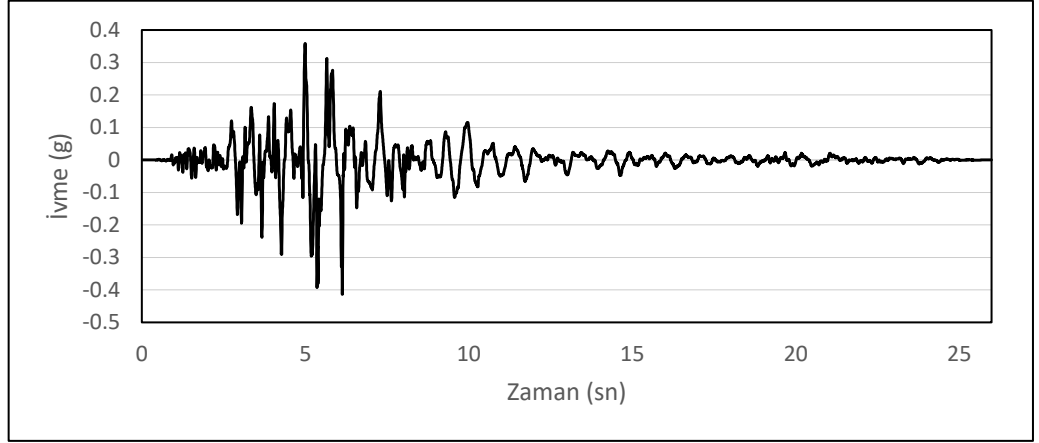


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

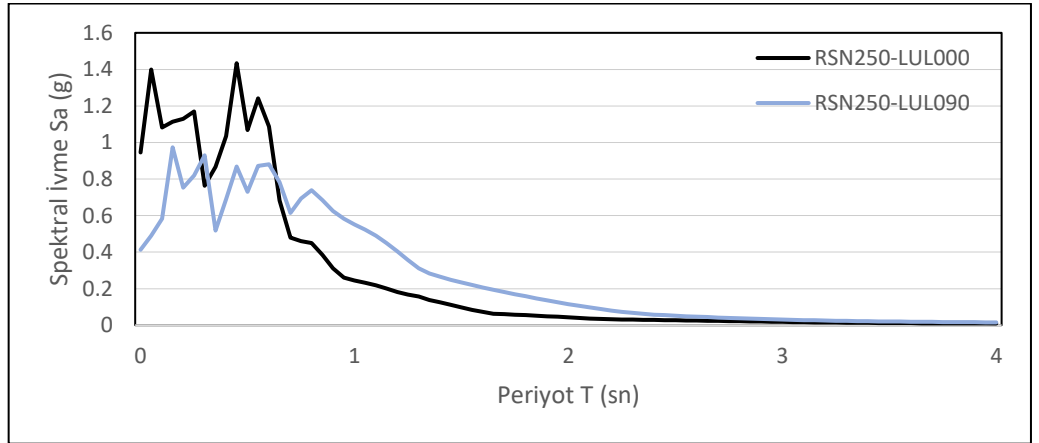
Şekil 20. 4 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN250-LUL000

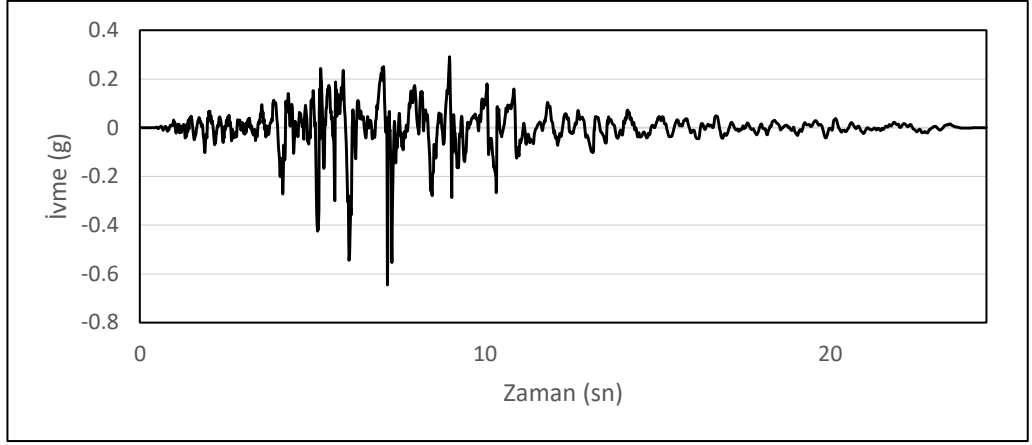


(b) RSN250-LUL090

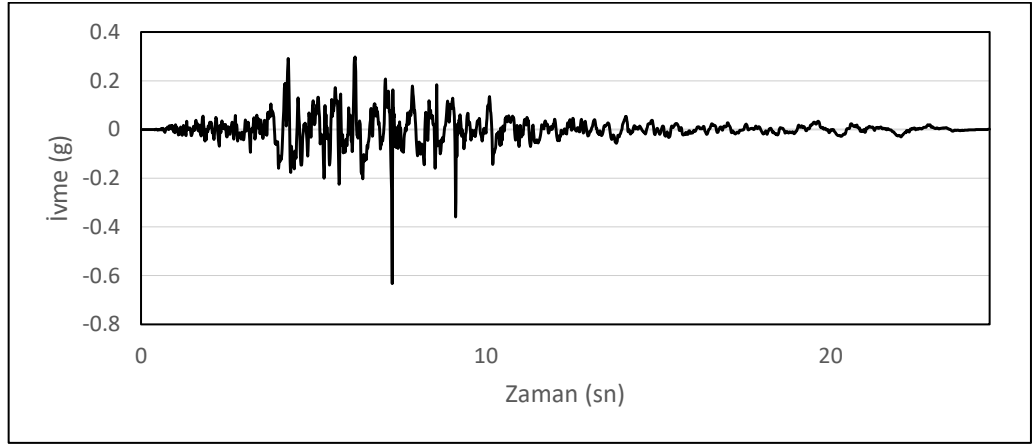


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

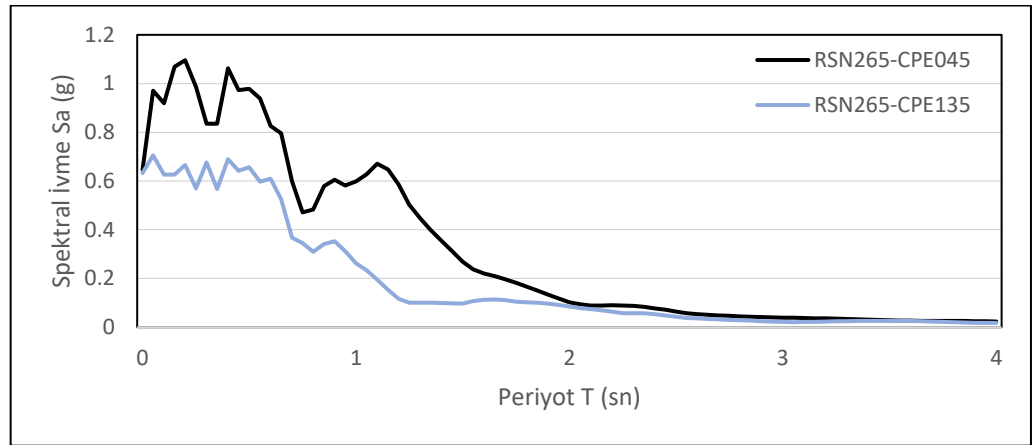
Şekil 21. 5 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN265-CPE045

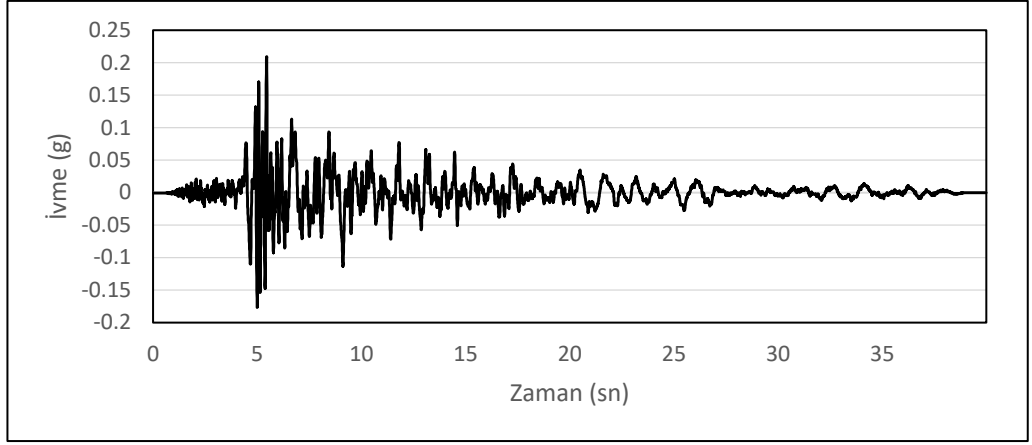


(b) RSN265-CPE135

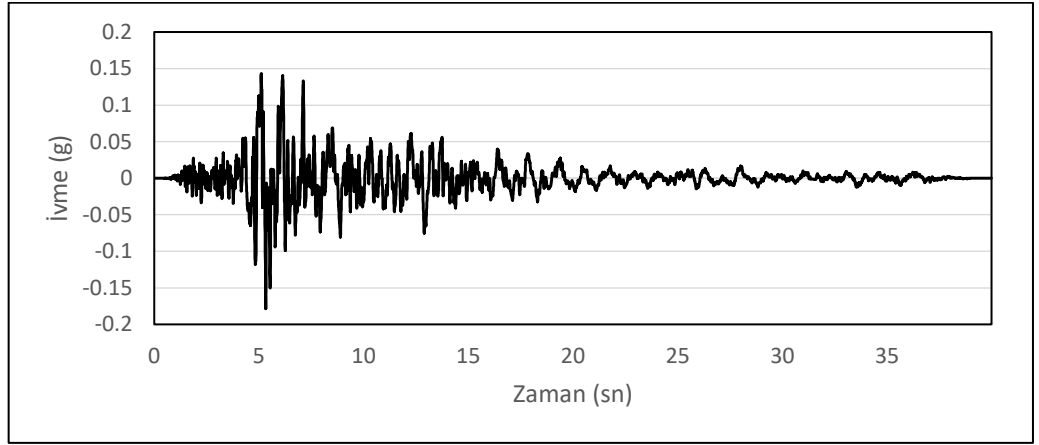


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

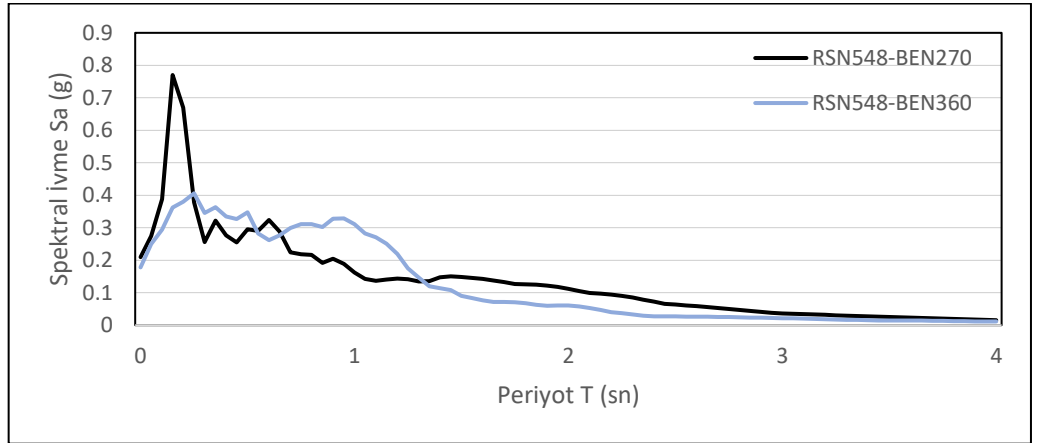
Şekil 22. 6 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN548-BEN270

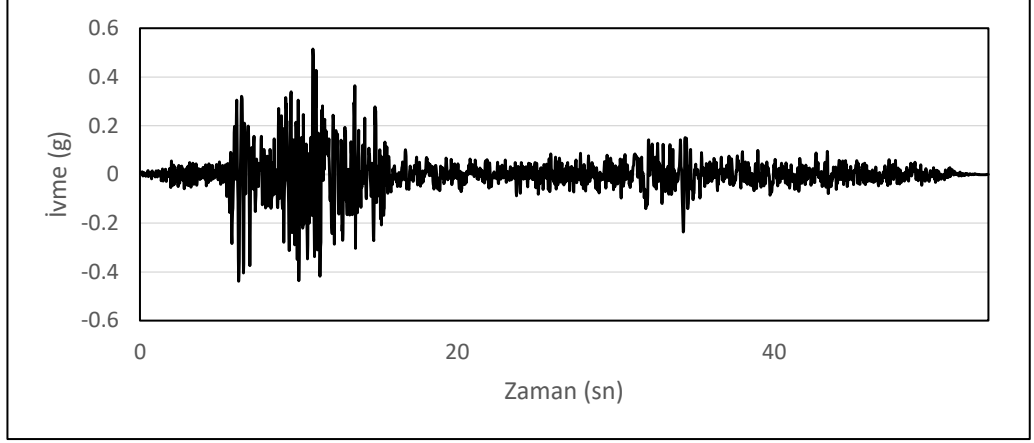


(b) RSN548-BEN360

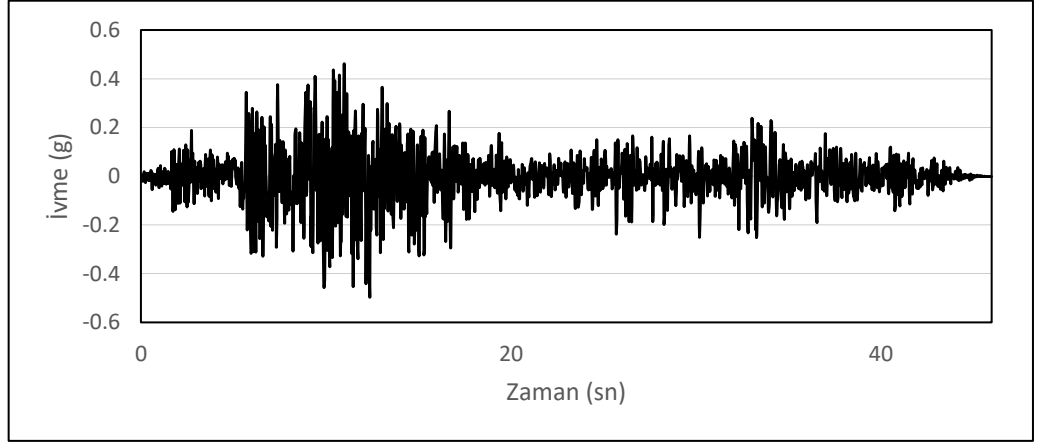


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

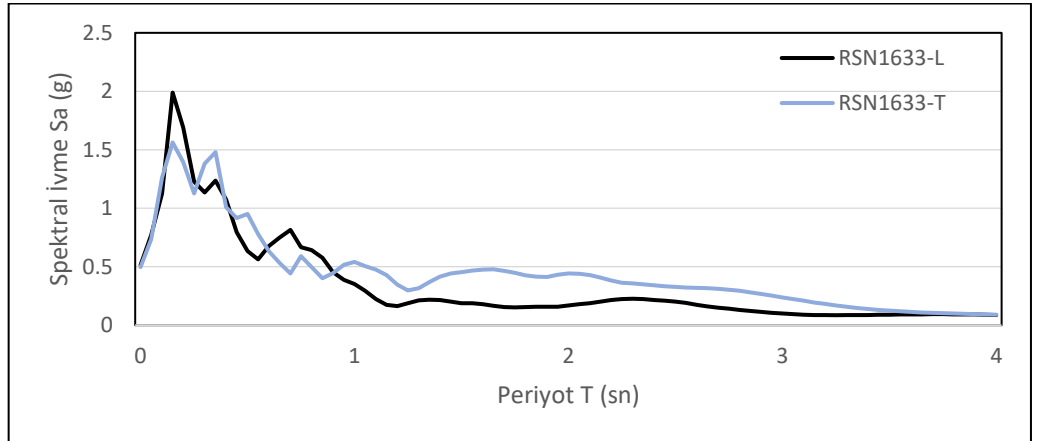
Şekil 23. 7 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN1633-L

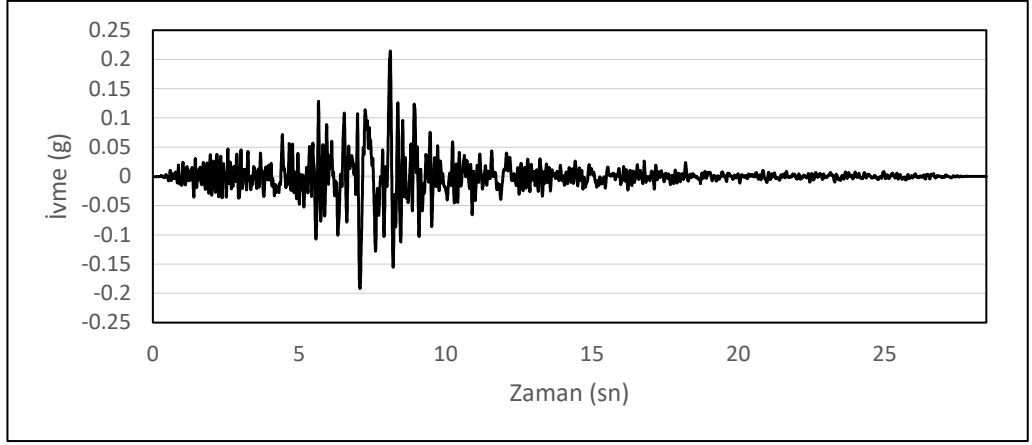


(b) RSN1633-T

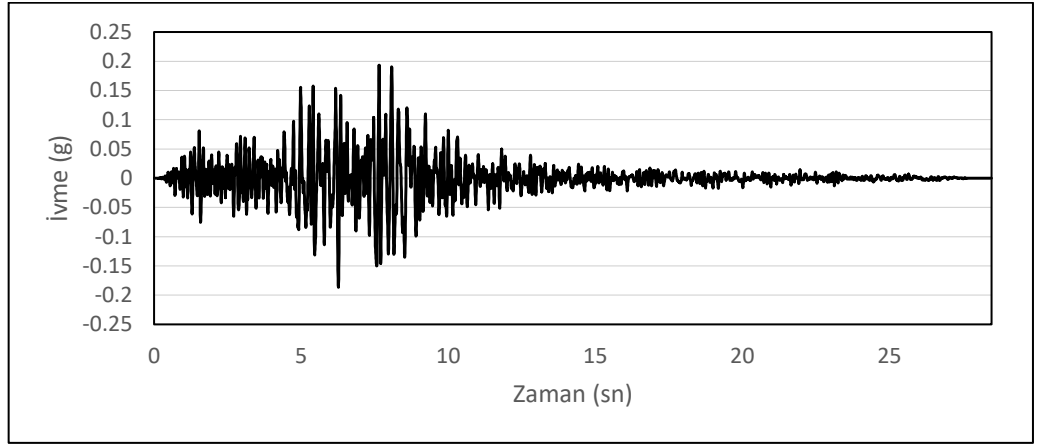


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

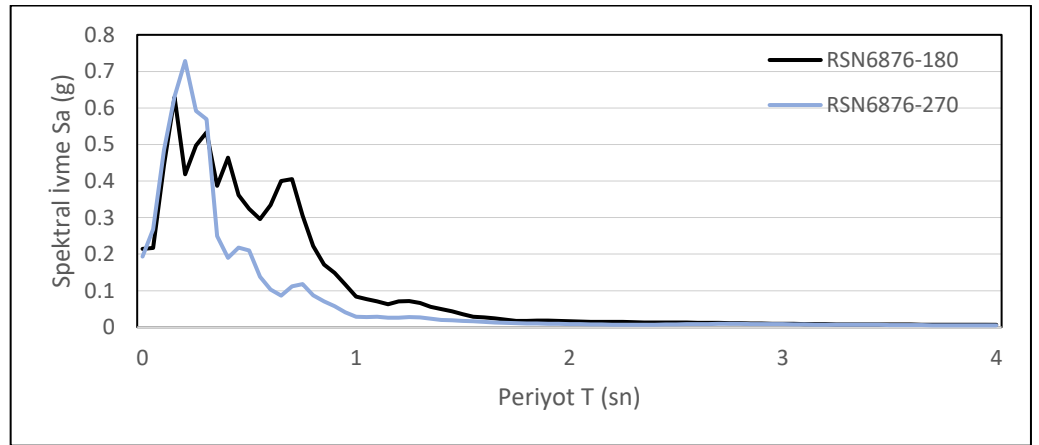
Şekil 24. 8 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN6876-180

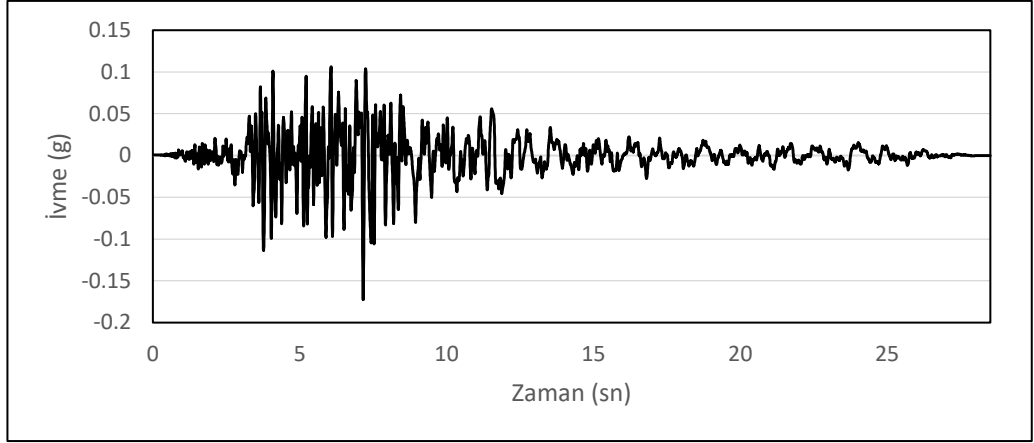


(b) RSN6876-270

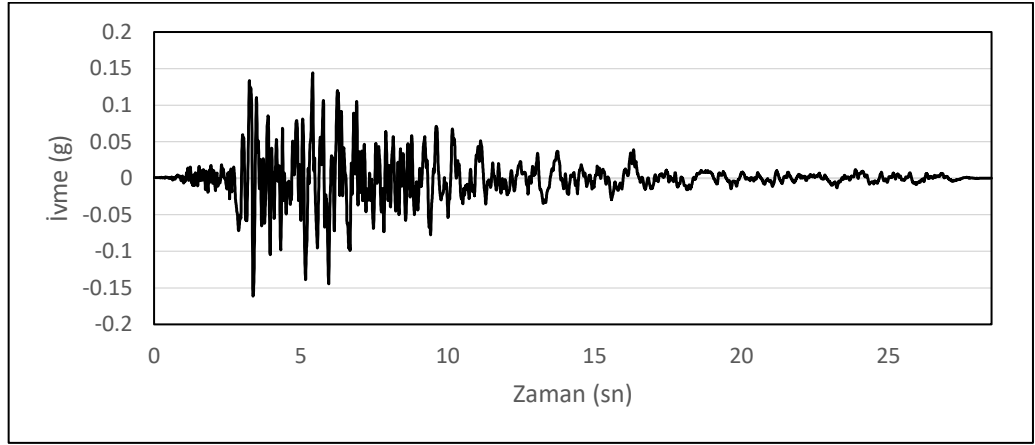


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

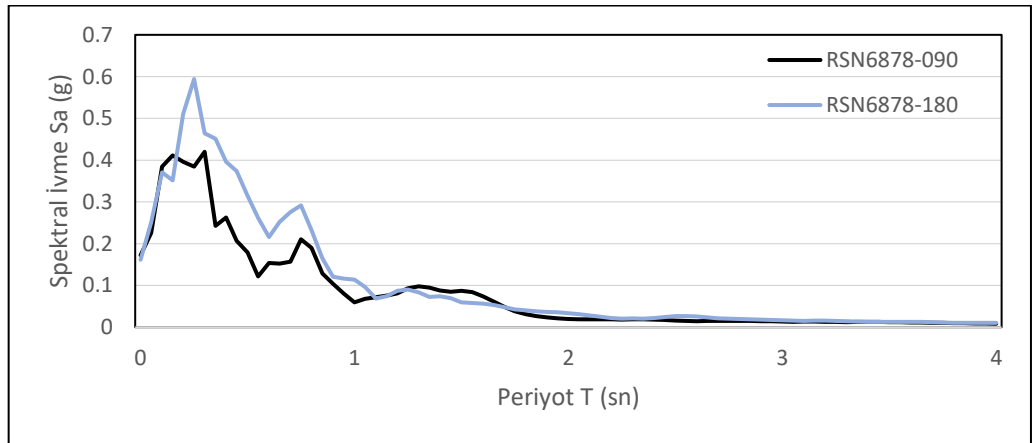
Şekil 25. 9 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN6878-090

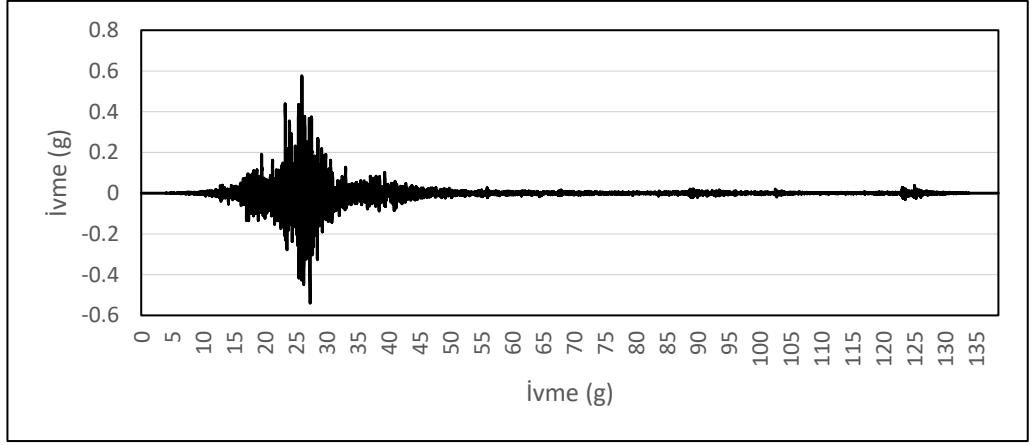


(b) RSN6878-180

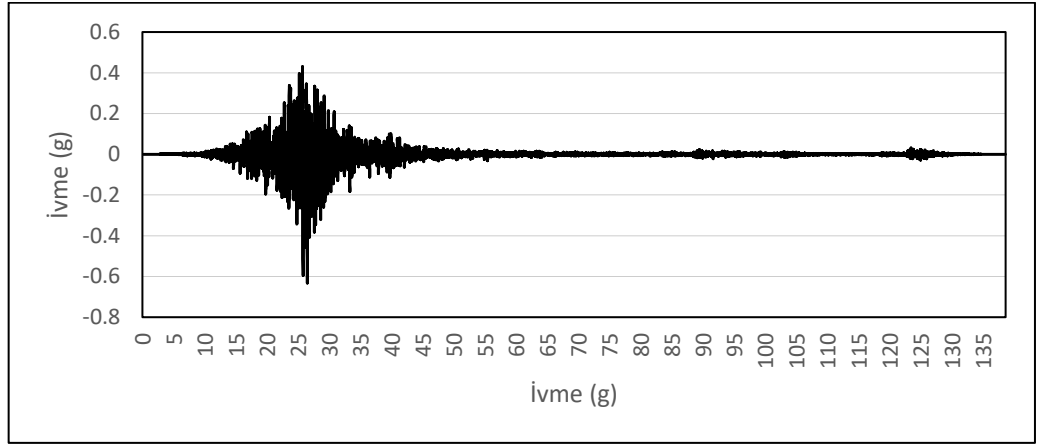


(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

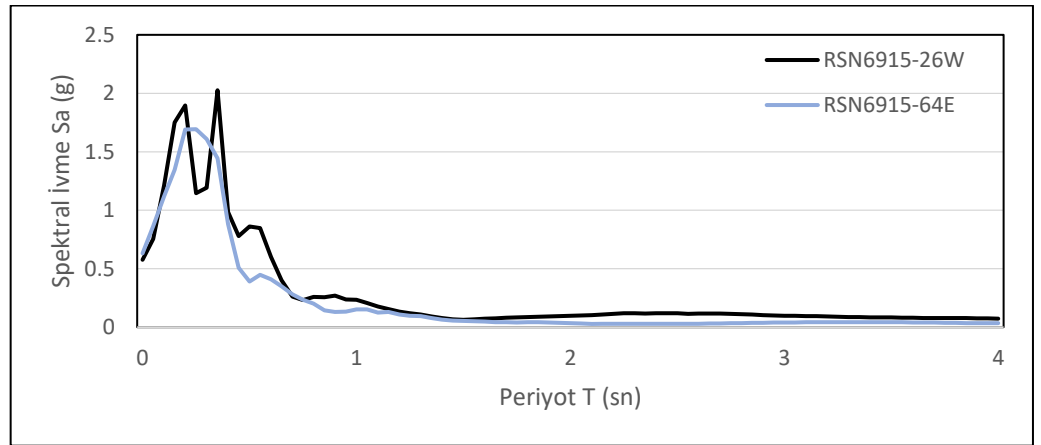
Şekil 26. 10 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları



(a) RSN6915-26W



(b) RSN6915-64E



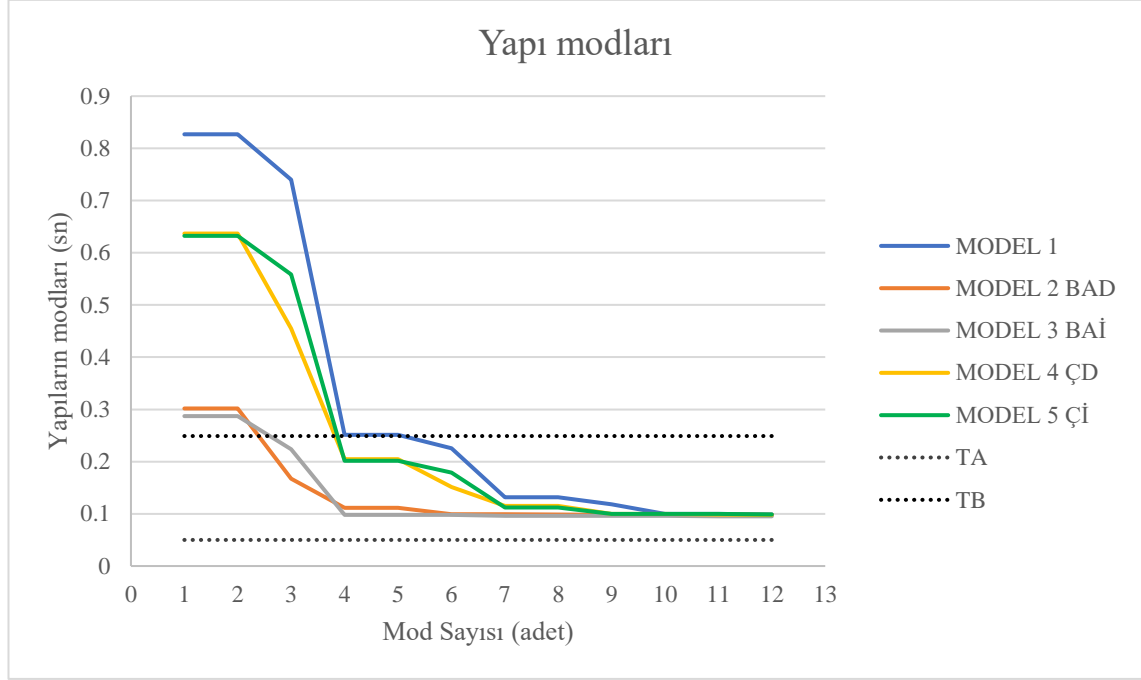
(c) Her iki doğrultudaki tepki spektrumları

Şekil 27. 11 nolu depreme ait her iki doğrultudaki tepki spektrumları

4. BULGULAR VE İRDELEMELER

Analizleri yapılan beş farklı yapı modelimizin mod değerleri Şekil 28’de verilmiştir. Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (T_A) = 0.050 saniye ve Yatay elastik tasarım ivme spektrumu köşe periyodu (T_B) = 0.249 saniye olarak grafikte gösterilmiştir.

Yapının betonarme perdeli modelleri yakın sonuçlar verdiği gibi çelik çapraz kullanılan sistem modelleri de yakın sonuç vermiştir. Perde ve çapraz kullanılmayan modele göre çelik kullanılan modelin mod değerlerinde düşüş görülmüş ve betonarme perde kullanılan sistemde düşüşün arttığı görülmektedir.



Şekil 28. Betonarme taşıyıcı sistem elemanların etkin kesit rijitliği çarpanları

Yapılan analizler sonucunda 5 farklı modelin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre taban kesme kuvvetleri Tablo 4’de verilmiştir. AFAD’dan alınan veriler sonucu hesaplanan deprem kuvvetlerinin X yönlü etki edilen deprem etkisinin (EX) y yönlü deprem bileşkesi (F_y) ve Y yönlü etki edilen deprem etkisinin (EY) x yönlü deprem bileşkesi (F_x), sıfıra çok yakın olduğu için tabloda gösterilmemiştir. EX’nin F_x ’i ve EY’nin F_y ’i beş model için de verilmiştir.

Tablo 4. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre taban kesme kuvvetleri

Modeller	EX F_x (kN)	EY F_y (kN)
MODEL 1	-1236.97	-1236.97
MODEL 2 BAD	-3485.01	-3485.01
MODEL 3 BAİ	-3662.42	-3662.42
MODEL 4 ÇD	-1483.70	-1483.70
MODEL 5 Çİ	-1493.96	-1493.96

Zaman tanım alanında hesap yöntemi ile yapılan analizler sonucunda 11 farklı deprem kayıtları etkisi sonucu oluşan taban kesme kuvvetlerinin ortalaması alınarak bulunan taban kesme kuvvetleri Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre taban kesme kuvvetleri

Modeller	F_x max (kN)	F_x min (kN)	F_y max (kN)	F_y min (kN)
MODEL 1	734.98	-703.56	1030.90	-1263.65
MODEL 2 BAD	4164.33	-4153.07	4397.34	-4520.31
MODEL 3 BAİ	2649.73	-2663.61	2672.68	-2747.18
MODEL 4 ÇD	1724.63	-1802.44	1826.72	-1930.43
MODEL 5 Çİ	1211.95	-1277.58	1353.00	-1266.20

Tablo 4 ve Tablo 5’de farklı iki yönleme göre hesap edilen deprem etkilerine bakıldığında çelik yapılar ile oluşturulan sistemlerde taban kesme kuvvetlerinde azalmalar görülmektedir.

Yapının 5 farklı modeldeki analizleri sonucunda D-4 aksı zemin kotundaki kolonunun eşdeğer deprem yükü yöntemine göre hesap yapıldığında oluşan kesit tesirleri Tablo 6’da verilmiştir. EX’in y yönlü deprem kesme kuvveti (V_3) ve oluşturduğu moment etkisi (M_2) sıfır olduğu için tabloda gösterilmemiştir. Aynı şekilde EY’nin x yönlü kesme kuvveti (V_2) ve oluşturduğu moment etkisi (M_3) sıfır olduğu için gösterilmemiştir. EX’in V_2 ’si ve M_3 ’ü ile EY’nin V_3 ’ü ve M_2 ’si Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenen D-4 aksındaki kolonun kesit tesirleri

Modeller	EX V_2 (kN)	EX M_3 (kNm)	EY V_3 (kN)	EY M_2 (kNm)
MODEL 1	27.21	63.49	27.21	63.49
MODEL 2 BAD	8.19	18.97	8.19	18.97
MODEL 3 BAİ	8.11	18.45	8.11	18.45
MODEL 4 ÇD	22.00	49.78	22.00	49.78
MODEL 5 Çİ	22.60	50.67	22.60	50.67

Tablodaki değerlere bakıldığında çelik çapraz sistemi kullanılan yapının taban kesme kuvvetlerinde azalma görülmüşken seçilen bir kolondaki kesit tesirlerinin betonarme yapıyla kıyasla daha az düştüğü görülmektedir. Ayrıca MODEL 2 BAD ile MODEL3 BAİ ve MODEL 4 ÇD ile MODEL 5 Çİ kıyası yapıldığında bir iç aks ile bir dış aksta güçlü yapı elemanının bulunması farkı özellikle EX kesme kuvvetleri için betonarme elemanlarda çok daha az belli olurken çelik elemanlarda ciddi derecelerde olmasa da betonarmeye göre bir tık fazla olduğu görülmektedir.

Üst kısımda seçilen kolonun zaman tanım alanında hesap yönteme göre hesap yapıldığında oluşan pozitif yönlü kesit tesirleri Tablo 7’de gösterilmiştir.

Ayrıca aynı kolonun zaman tanım alanında hesap yönteme göre hesap yapıldığında oluşan negatif yönlü kesit tesirleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre belirlenen D-4 aksındaki kolonun pozitif yönlü kesit tesirleri

Modeller	V_2 (kN)	V_3 (kN)	M_2 (kNM)	M_3 (kNM)
MODEL 1	15.82	28.06	62.02	32.23
MODEL 2 BAD	14.69	15.23	31.98	30.64
MODEL 3 BAİ	5.84	5.98	13.80	13.46
MODEL 4 ÇD	29.52	31.60	64.48	61.98
MODEL 5 Çİ	21.78	21.11	41.75	43.16

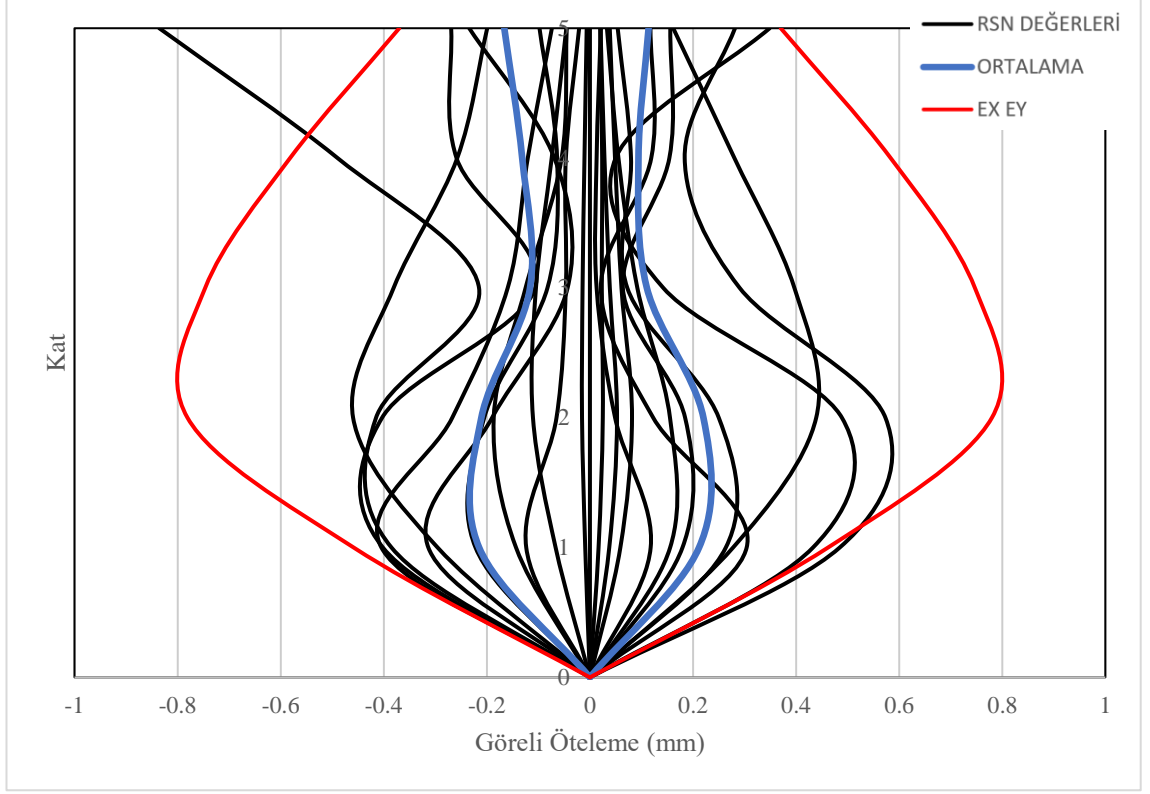
Tablo 8. Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre belirlenen D-4 aksındaki kolonun negatif yönlü kesit tesirleri

Modeller	V_2 (-kN)	V_3 (-kN)	M_2 (-kNM)	M_3 (-kNM)
MODEL 1	16.62	22.48	49.93	33.20
MODEL 2 BAD	14.99	15.12	31.81	31.21
MODEL 3 BAİ	5.79	5.84	13.49	13.33
MODEL 4 ÇD	27.98	29.39	60.76	57.68
MODEL 5 Çİ	20.04	22.22	44.26	40.31

Zaman tanım alanında hesap yönteminde deprem kuvvetlerinin pozitif ile negatif yönlü deprem kuvvetlerinin birbirinden farklı olduğu açıkça görülmekte ve çalışmalara bilgi çeşitliliği açısından değer kazandırdığı görülmektedir. Ayrıca modellerimiz için incelendiğinde eşdeğer deprem yükü yöntemine göre elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar görülürken model içi kıyaslamalar yapılırken veri çeşitliliği sayesinde daha geniş incelemelere fırsat vermektedir.

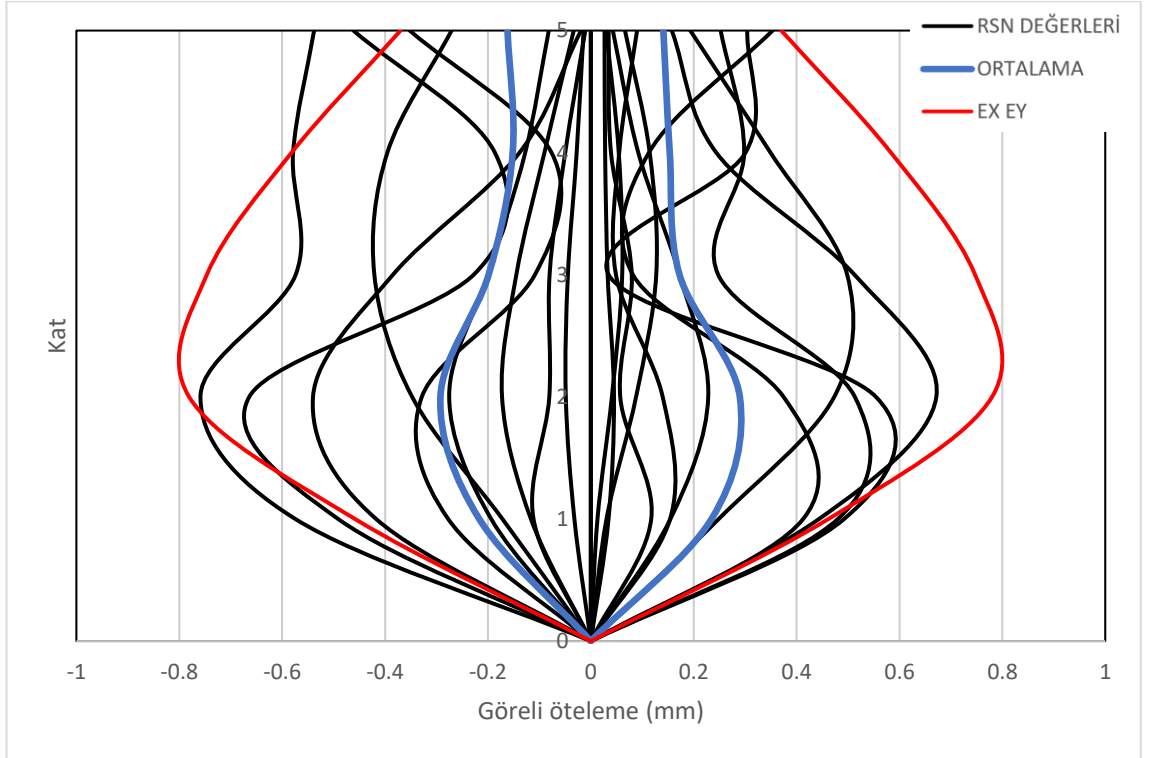
Yapının kat ötelemeleri her model için ayrı ayrı incelenmiş ve görelî ötelemeler milimetre (mm) cinsinden bulunmuştur. Bulunan görelî ötelemeler ortak bir grafik halinde işlenmiştir. Grafikte siyah renkle gösterilen çizgiler her bir deprem kaydı için olan ötelemelerdir ve mavi renkle kalın olarak gösterilen çizgiler ise bu deprem kayıtlarının ortalaması alınarak bulunan değeri göstermektedir. Yapı simetrik olduğu için eşdeğer deprem yükü yöntemine göre ötelemeler EX etkisinde y yönünde sıfıra çok yakın ve EY etkisinde x yönünde sıfıra çok yakın olduğu için dikkate alınmamıştır.

Yapının MODEL 1 için x eksenî görelî kat ötelemeleri Şekil 29’da gösterilmiştir.



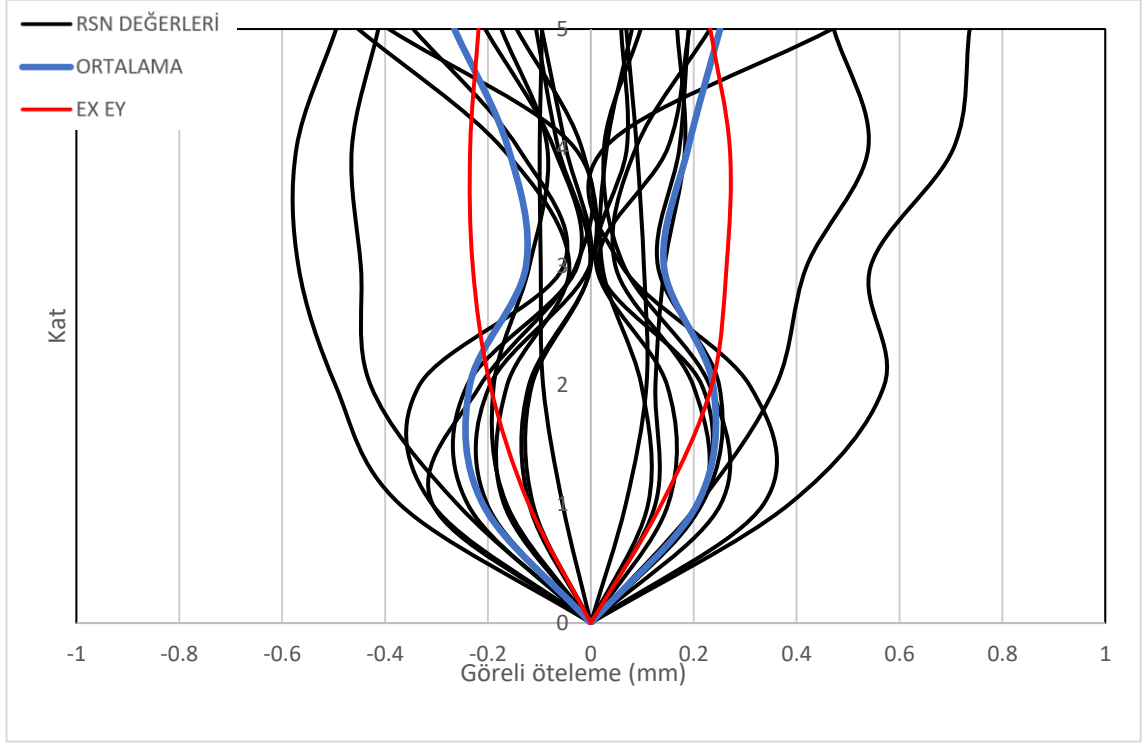
Şekil 29. MODEL 1'in x eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 1 için y eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 30'da gösterilmiştir.



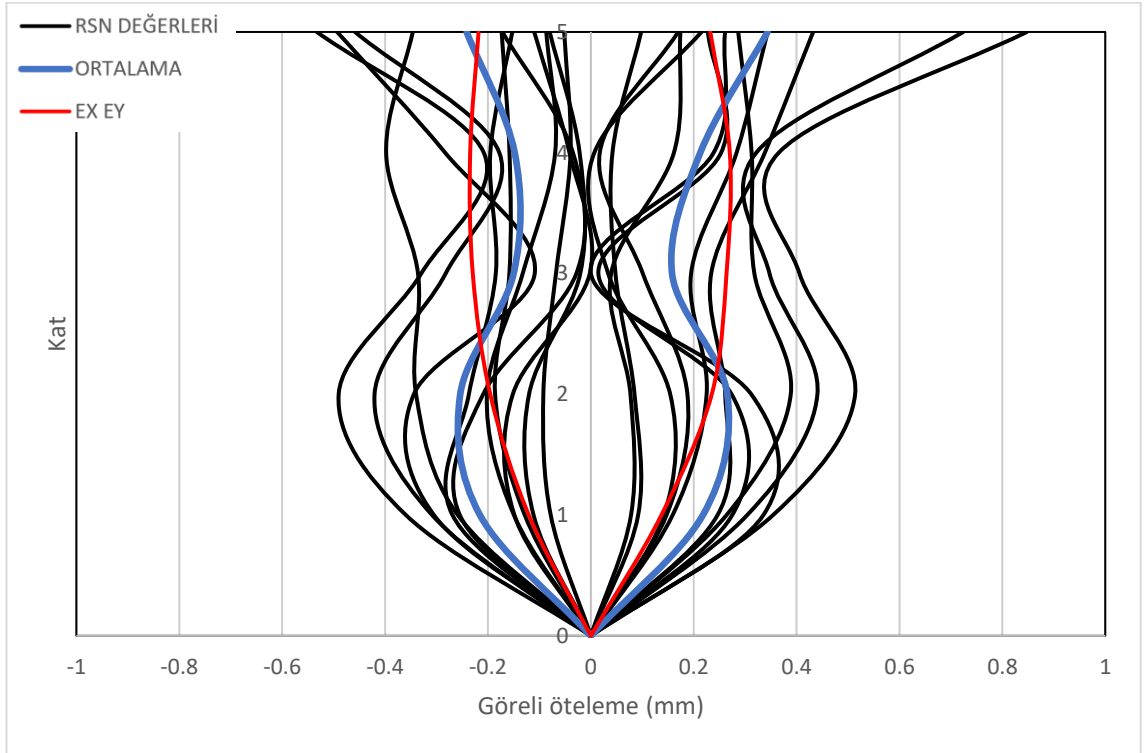
Şekil 30. MODEL 1'in y eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 2 BAD için x eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 31’de gösterilmiştir.



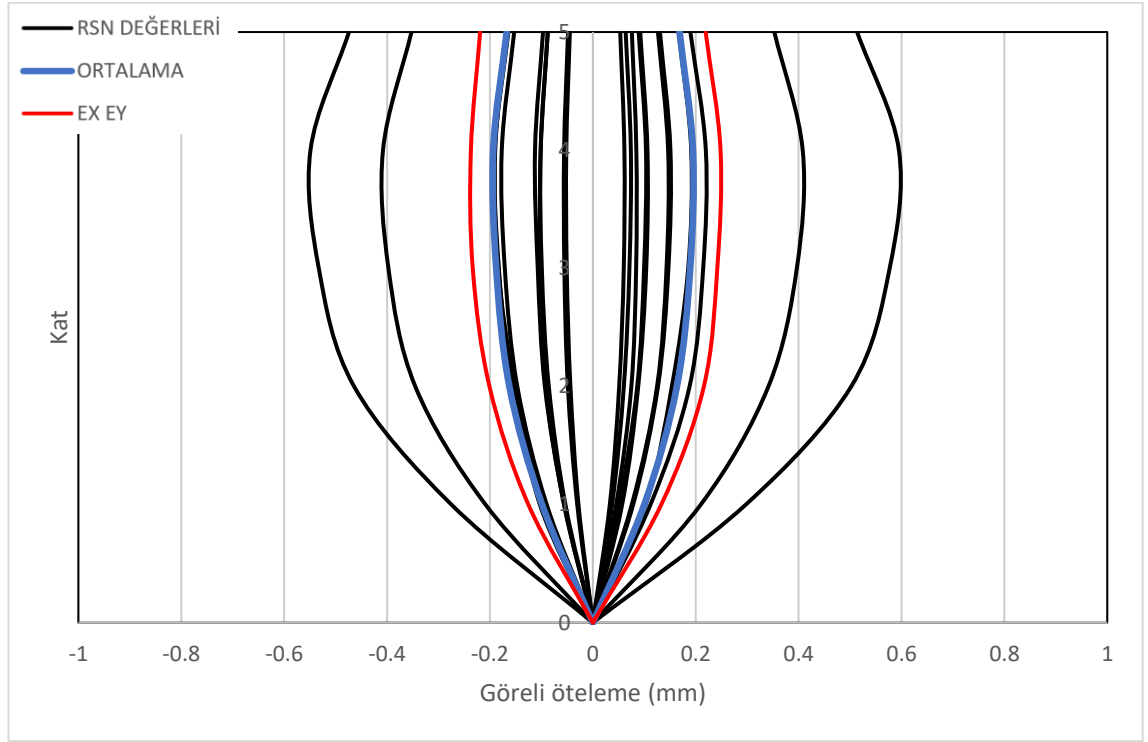
Şekil 31. MODEL 2 BAD'nin x eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 2 BAD için y eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 32’de gösterilmiştir.



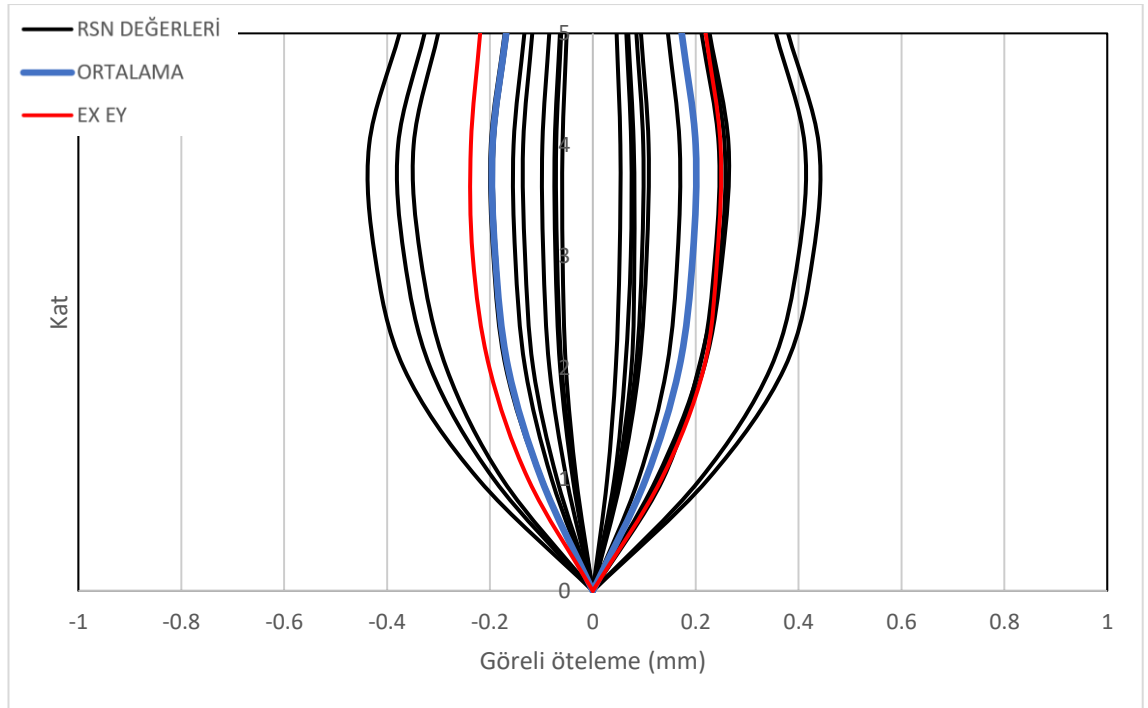
Şekil 32. MODEL 2 BAD'nin y eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 3 BAİ için x eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 33’de gösterilmiştir.



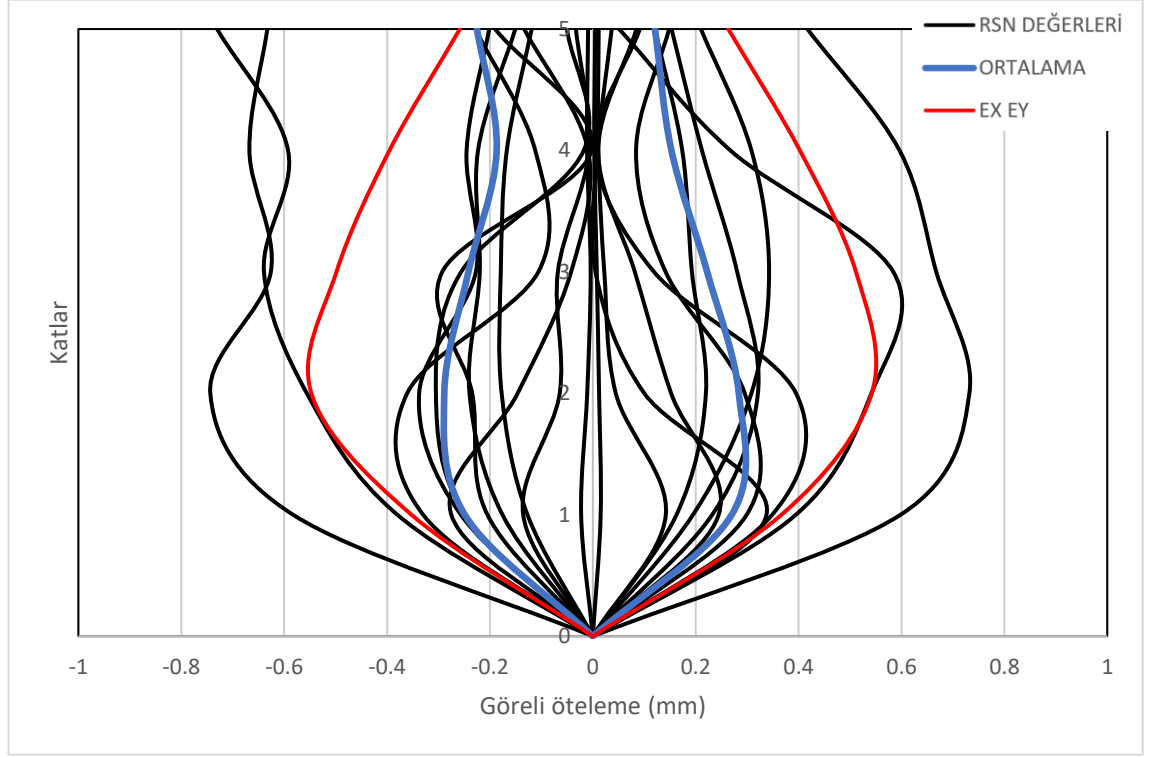
Şekil 33. MODEL BAİ'nin x eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 3 BAİ için y eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 34’de gösterilmiştir.



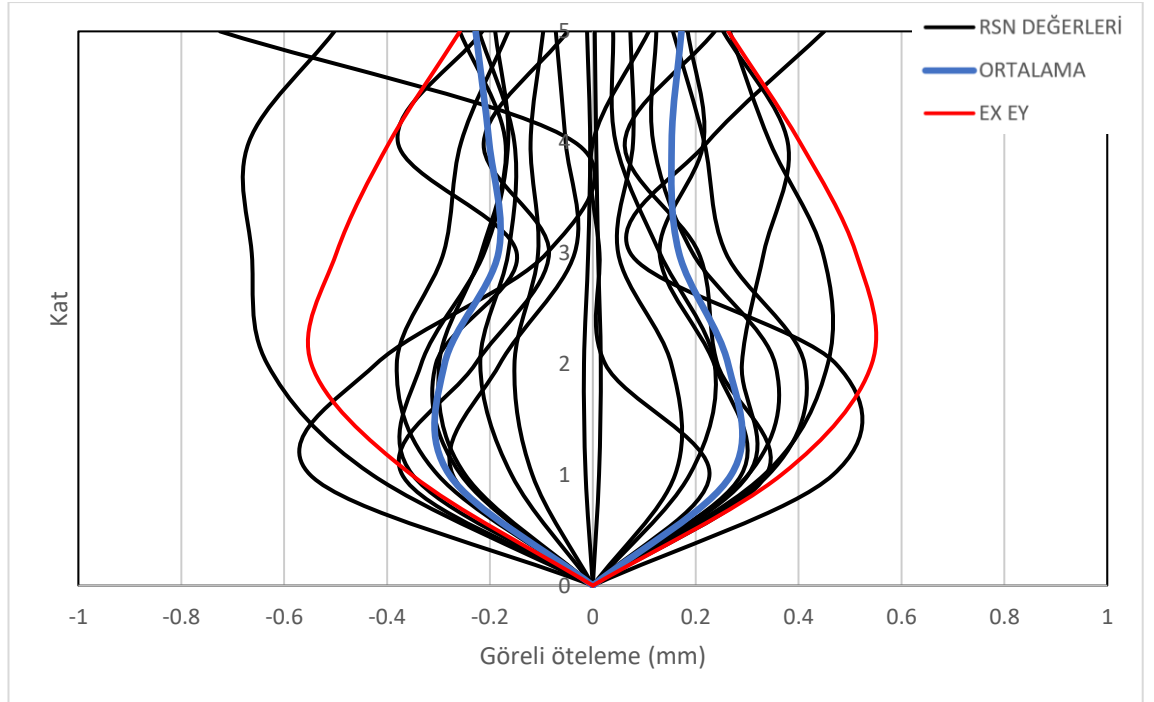
Şekil 34. MODEL 3 BAİ'nin y eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 4 ÇD için x eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 35’de gösterilmiştir.



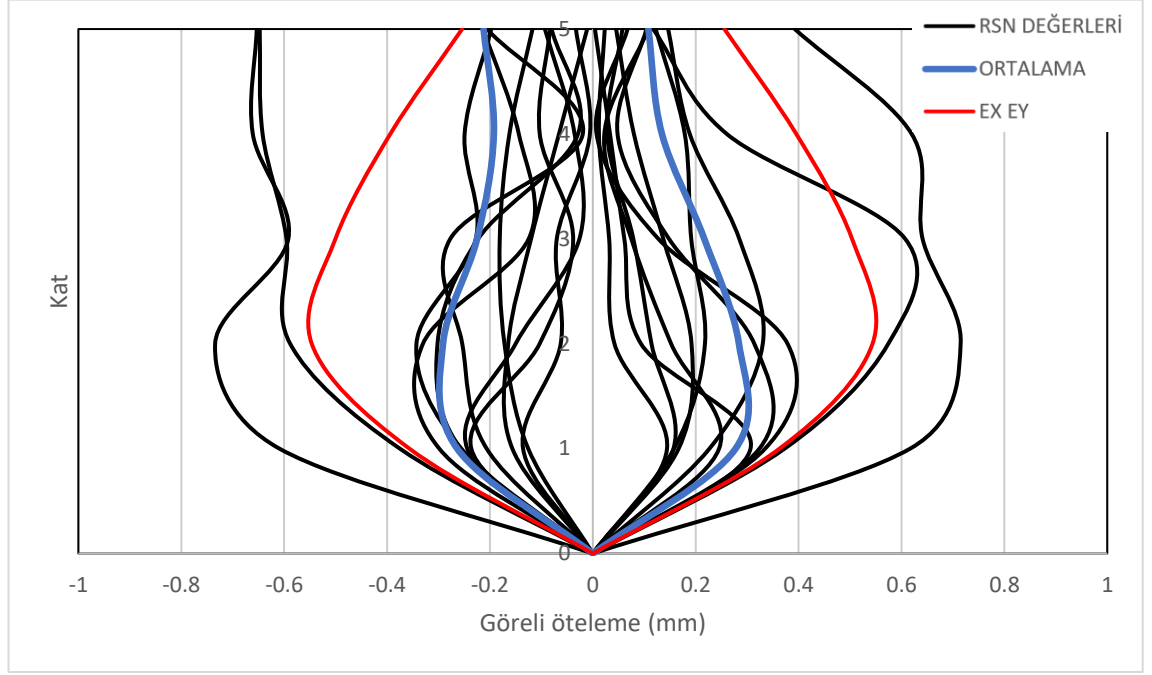
Şekil 35. MODEL 4 ÇD’nin x eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 4 ÇD için y eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 36’da gösterilmiştir.



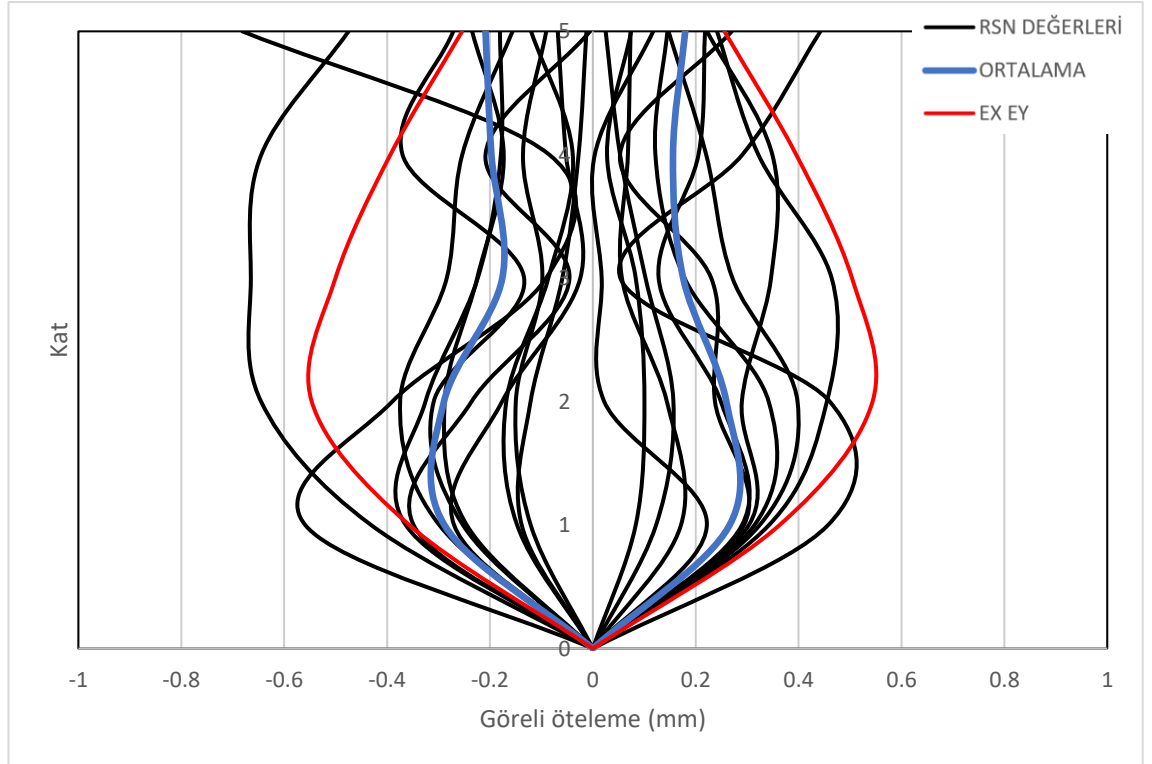
Şekil 36. MODEL 4 ÇD’nin y eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 5 Çİ için x eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 37’de gösterilmiştir.



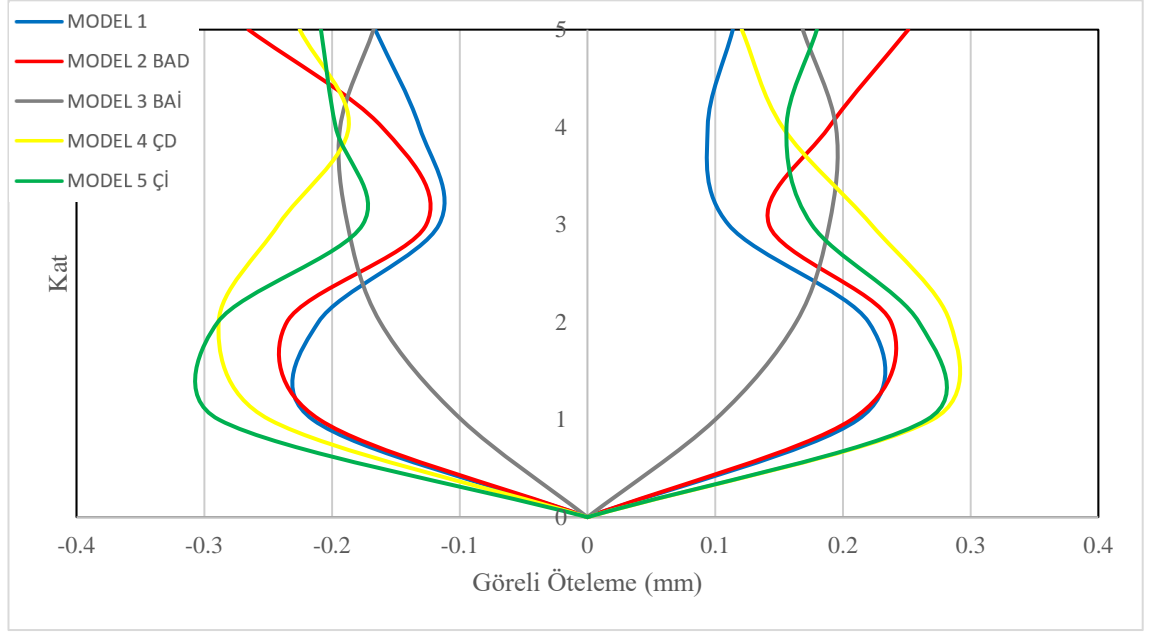
Şekil 37. MODEL 5 Çİ'nin x eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının MODEL 5 Çİ için y eksenine göreli kat ötelemeleri Şekil 38’de gösterilmiştir.



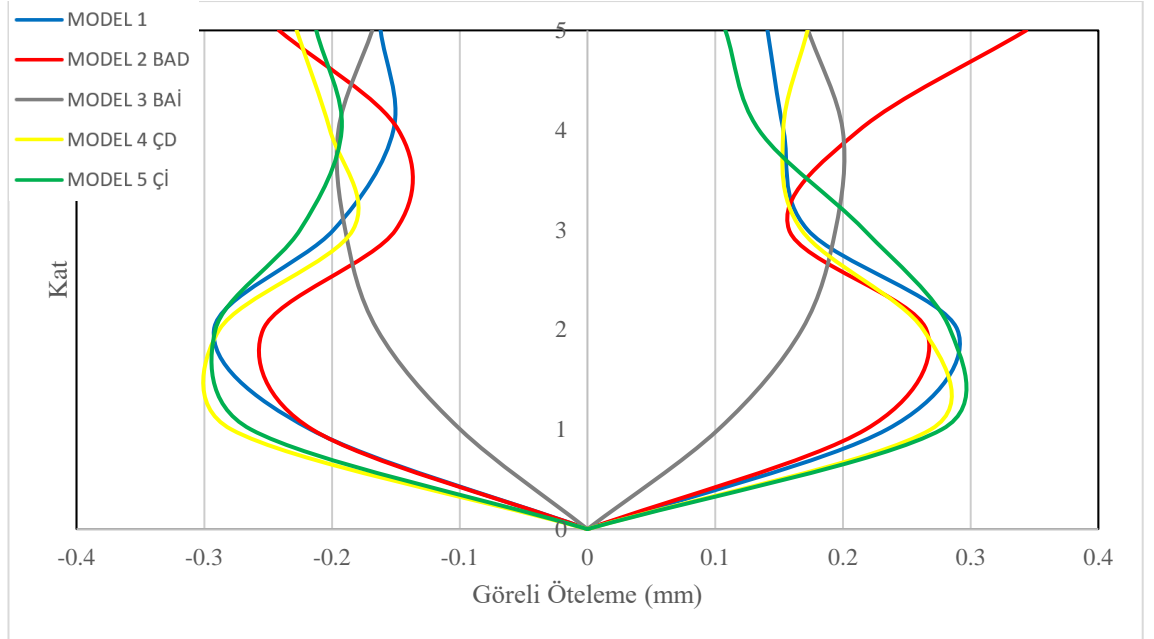
Şekil 38. MODEL 5 Çİ'nin y eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının tüm modellerinin zaman tanım alanında hesap yöntemine göre x eksenine göreli kat ötelemeleri ortalamaları Şekil 39'da gösterilmiştir.



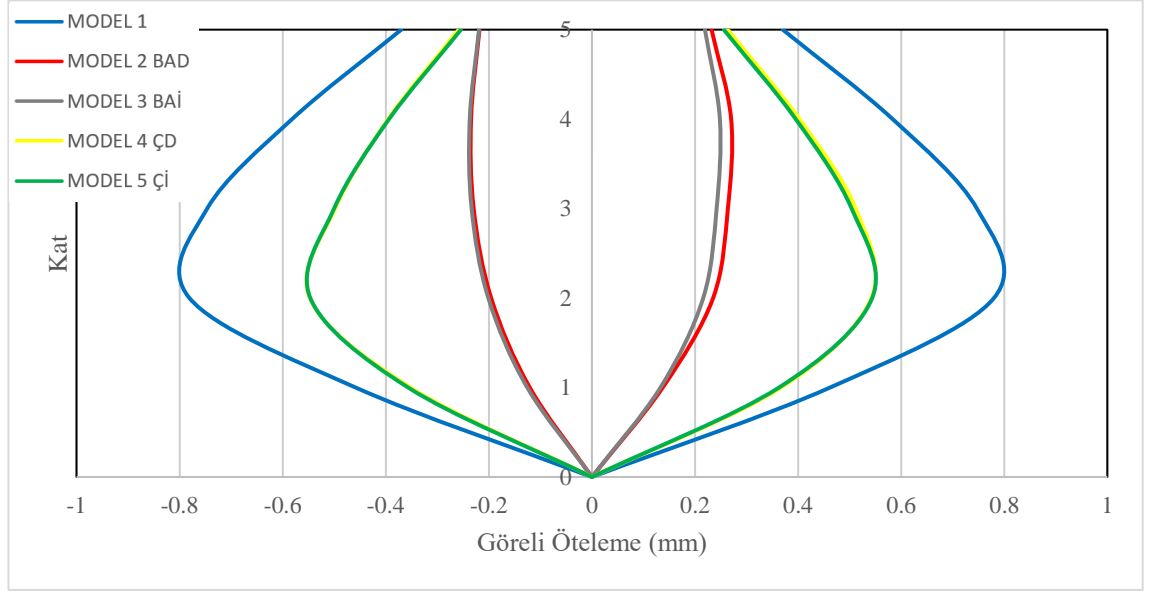
Şekil 39. Tüm modellerin zaman tanım alanında hesap yöntemine göre x eksenine göreli kat ötelemeleri ortalamaları

Yapının tüm modellerinin zaman tanım alanında hesap yöntemine göre y eksenine göreli kat ötelemeleri ortalamaları Şekil 40'da gösterilmiştir.



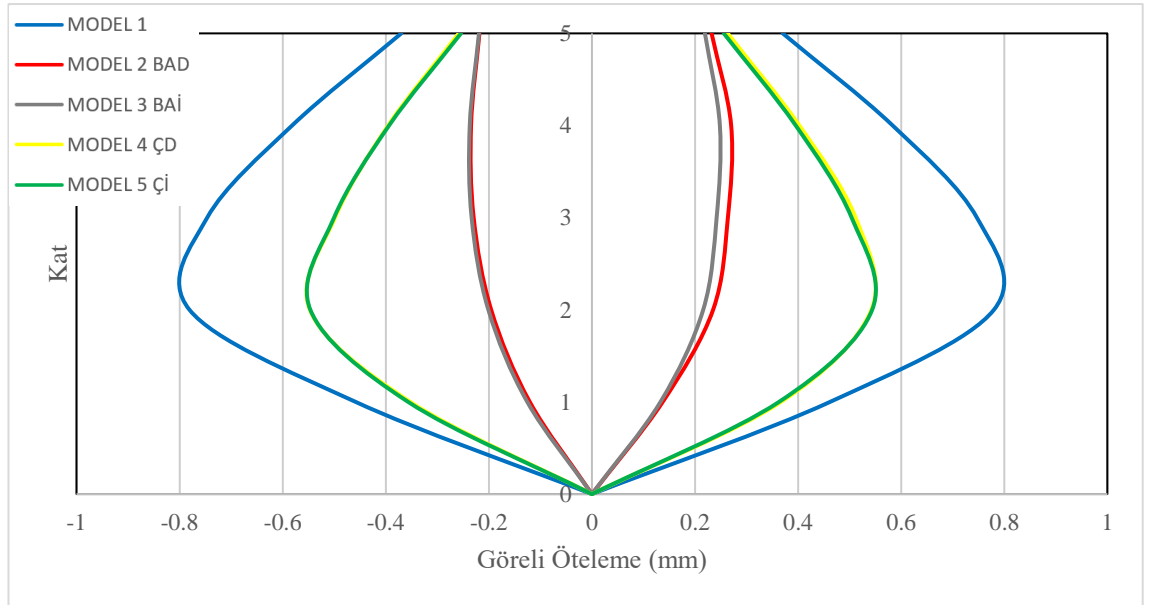
Şekil 40. Tüm modellerin zaman tanım alanında hesap yöntemine göre y eksenine göreli kat ötelemeleri ortalamaları

Yapının tüm modellerinin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre x eksenine göreli kat ötelemeleri ortalamaları Şekil 41’de gösterilmiştir



Şekil 41. Tüm modellerin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre x eksenine göreli kat ötelemeleri

Yapının tüm modellerinin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre y eksenine göreli kat ötelemeleri ortalamaları Şekil 42’de gösterilmiştir



Şekil 42. Tüm modellerin eşdeğer deprem yükü yöntemine göre y eksenine göreli kat ötelemeleri

Zaman tanım alanında hesap yöntemine göre görelî kat ötelemelerinde 11 deprem kaydının maksimum ve minimum değerleri her kat için ayrı bir değer olduğu için çok

fazla veri sunmaktadır ve ortalamaları ile elde edilen veri ile net yorumlar yapmak mümkün görünmemektedir. Eşdeğer deprem yükü yönteminde yapılan daha sade veriler ile yapıda çelik çapraz elemanlar bulunan durumda görelî ötelemeler azalmıştır fakat bu azalmalar betonarme perde elemanları bulunan durumdakinden daha az olduğu görölmektedir. Ayrıca güçlü elemanların yerleştirildiği akslar değiştirildiği takdirde görelî ötelemelerde farklar belirli bir şekilde görölebilmektedir.

Yapının çok detaylı olmamak üzere maliyet kıyaslaması da yapılmıştır. MODEL 1 esas alınarak betonarme perde eklenen MODEL 2 BAD ve MODEL 3 BAİ için metreküp (m^3) hesabı yapılarak betonarme perdenin yaklaşık maliyeti ile MODEL 4 ÇD ve MODEL 5 Çİ için betonarme perde yerine konulacak çelik çaprazların kilogram hesabı yapılarak yaklaşık maliyeti hesaplanmıştır ve kıyaslaması yapılmıştır.

Güncel piyasa fiyatları kullanıldığında $3 \times 5 \times 0.3 = 4,5 m^3$ 'lük bir betonarme perdenin maliyeti işçilik ile birlikte yaklaşık olarak 11.730 Türk Lirası (TL) olarak hesap edilmiştir. Betonarme yerine gelecek olan yaklaşık 12 m uzunluğundaki HE120A çelik çapraz profilinin işçilik dahil yaklaşık maliyeti 10.365 TL olarak hesap edilmiştir. Buradan çelik çapraz elemanı olan modellerin yaklaşık olarak %13 gibi bir oranda daha ucuz olacağı hesap edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizin büyük bir bölümünün deprem kuşağı üzerinde olması ve ülkemizde dahil olmak üzere dünya üzerinde depremlerde bir çok can kayıpları vermekteyiz. Deprem gerçeğine karşı daha sağlıklı binalar inşa etmek için daha farklı araştırmalar yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada İstanbul ilinde olduğu düşünülen beşer metre açıklığa sahip 30 metre genişlikte, aks araları eşit ve iki yönde de simetrik olacak şekilde yapı tasarlanmıştır. Yapının beton sınıfı C30/37 ve çelik elemanlar S355 sınıfı olarak seçilmiştir.

Tasarlanan bu yapıya x ve y yönlerinde en dış akslarına L biçiminde betonarme perdeler eklenerek ikinci bir model oluşturulmuştur. Aynı betonarme perdeler x ve y yönlerinde birer aks içeri alınmış ve üçüncü bir model oluşturulmuştur. İkinci oluşturulan modeldeki betonarme perdeler çelik çapraz ile değiştirilerek dördüncü model oluşturulmuştur. Sonrasında dördüncü modeldeki çelik çaprazlar birer aks içeri alınıp beşinci model oluşturulmuştur.

TBDY-2018'e göre, PEER'den seçilen 11 farklı deprem kaydı kullanılarak zaman tanım alanında hesap yöntemi ve eşdeğer deprem yükü yöntemi kullanılarak iki farklı yöntem ile depreme karşı analizi yapılmıştır. Analizler sonucu binanın mod değerleri, taban kesme kuvvetleri, kesit tesirleri ve yaklaşık maliyetleri gibi değerleri karşılaştırılmıştır.

Yapının modları incelendiğinde perde olmayan modelde mod değerleri yüksek çıkmışken çelik çapraz olan modellerde daha düşük mod değerleri çıkmış ve betonarme perdeli modellerde çok daha düşük mod değerleri gözlemlenmiştir. Bununla birlikte betonarme perdeli modellerde ve çelik çapraz olan modellerde güçlü elemanların aksları değiştirildiğin mod değerlerinde hafif değişimler görülmüştür fakat bu değişimler elemanlar eklenmesi yada malzeme değişimi kadar fark oluşturmamıştır.

Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre taban kesme kuvvetleri incelendiğinde betonarme perde yerine çelik çapraz kullanılan modellerde yaklaşık %60 seviyelerinde düşüşler görülmektedir. Bu çeliğin daha hafif olması ve deprem etkilerini azalmasından da kaynaklandığı söylenebilir.

Ayrıca zaman tanım alanında hesap yöntemine göre taban kesme kuvvetleri mukayese edildiğinde betonarme perde yerine çelik çapraz kullanılan modellerde görülen düşüşler

eşdeğer deprem yükü yöntemine göre bulunanlar ile benzer rakamlar olmasına rağmen aynı malzeme kullanılan modellerin elemanlarının konumu değiştirilince ve x,y deprem etkilerinin değişimi daha farklı sonuçlar görmemizi sağlamaktadır. Deprem kayıtları gerçeğe daha yakın hesaplamalar olduğu düşünülmekte ve deprem etkileri farklı eksenlerde daha fazla etki gösterebilmektedir. Özellikle çelik çapraz kullanılan modellerde ve merkeze daha yakın çelik çapraz konumlandırılan sistemlerde farklılıklar görülmektedir. Bu da çeliğin kesit kalınlığının betonarme sisteme göre daha az olduğundan söylenebilir.

Tasarlanan modellerin her birinde D-4 aksındaki kolona etki eden kesit tesirleri incelendiğinde betonarme perde elemanı kullanılan modellerde incelenen kolonun kesit tesirlerinin düştüğü gözlenmektedir. Yapının görelî kat ötelemeleri incelendiğinde zaman tanım alanın hesap yönteminde bir çok verinin ortlaması alındığı için net bir yorum yapmak zor olsa da MODEL 3 BAİ için diğer modellere göre daha doğrusal bir formda grafik görülmektedir. Eşdeğer deprem yükü yöntemine göre belirlenen görelî kat ötelemelerine bakıldığında çelik çapraz elemanlar kullanılan modellerde ilk modele göre azalmalar görülürken bu azalmalar betonarme elemanlarda daha da fazla görülmektedir. Bunun yanısıra güçlü elemanların yapı malzemesi değiştiğinde oluşan fark, aks konumları değiştiği zaman gözlenmemiştir.

Yapılan analizler haricinde yaklaşık maliyet hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplar sonucunda tasarlanan modeller kıyaslandığında çelik çaprazlar betonarme perdeli sisteme göre daha ekonomik görünmektedir.

Yapılan çalışmalar bilgisayarlar ve yazılımlar kullanıldığı için donanım ve yazılımsal imkanlar sınırı içinde yapılmıştır. İmkanların, teknolojinin ve sürenin daha fazla olabileceği ortamlarda çalışma daha kapsamlı hale getirilebilmesi mümkündür.

Yapının yüksekliği artırılarak 20, 25 ve 30 katlarda çalışmalar yapılabilir. Bununla birlikte yüksek katlarda ve farklı yüksekliklerde elde edilen sonuçlar mukayese edilebilir.

Yapıda kullanılan betonarme perde elemanları yerine daha modern elemanlar kullanılabilir. Bunun yanı sıra çalışmada kullanılan çaprazlar x biçimindedir. K, v, tek çapraz gibi farklı kombinasyonlar kullanılarak çeşitlilik sağlamak da mümkündür.

KAYNAKLAR

- AFAD (2018). *Afet ve acil durum başkanlığı*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Altay, G. ve Güneyisi, E., M. (2005) Türkiye’de yapısal çelik sektörü ve yeni gelişmeler. *Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi* içinde (ss.22-24). Antalya
- Cengiz, B. (2020) *Merkezi çelik çapraz tiplerinin düğüm noktası birleşim detayına ve çerçeve davranışına etkilerinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük.
- Civelek, F., Ç. (2019). *Karma fonksiyonlu Az Katlı ve Çok Katlı Betonarme Malzemeli Binaların Taşıyıcı Sistemlerinin İrdelenmesi ve Günümüz Koşullarında Değerlendirilmesi* Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- ÇYTHE. (2016). *Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- Demir, V. (2015). *Mert ırmağı (samsun) taşkın haritalarının coğrafi bilgi sistemleri yardımıyla belirlenmesi*. Yüksek lisans tezi, Canik Başarı Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Doğangün, A. (2018). *Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı*. Birsen Yayınevi, İstanbul. ISBN: 9789755113104
- Ketin, İ. (2005). *Genel jeoloji yerbilimine giriş*. Teşvikiye, İTÜ Vakfı Yayınları, İstanbul. ISBN: 9789757463092
- Kıymaz, G., & Coşkun, E. (2001). Çelik levha perdeli yapılar. Erişim adresi: <https://docplayer.biz.tr/12451175-Celik-levha-perdeli-yapilar.html>. Erişim tarihi: 01 Ağustos
- Mermer, O. (2008). *Hafif çelik konutlarda yangın güvenliği*. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Naimi, S. (2019). Betonarme Yapıların Çelik Çapraz Elemanlar İle Güçlendirilmesi. *AURUM Mühendislik Sistemleri ve Mimarlık Dergisi*, 3(2), 191-204.
- Özuygur, A., R.(2020) ACI 318 & TS 500 karşılaştırmalı betonarme. Nobel Yayıncılık, Çankaya, Ankara. ISBN: 9786254023705
- Peng vd. (2015). Dynamic time-history analysis of steel frame-composite steel plate shear wall structures. *4th International Conference on Sensors, Measurement and Intelligent Materials* içinde (ss.1158-1161). Avustralya.
- SAP2000. (2020). *Integrated finite element analysis and design of structures*. Computers and Structures Inc, California, USA.
- Seçkin, H., H. (2022). *Yenilenebilir enerji kaynakları ve yapı malzemelerş kullanımı ile pasif çelik ev tasarımı*. Yüksek lisans tezi, Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- SeismoSignal (2022) Earthquake engineering software solutions. Seismosoft, Pavia, Lombardy.

- Sunca, F. (2016). *Kısmi bağılı prefabrik yapıların sismik performansının incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü, Trabzon.
- Sunca, G. Ç. K. (2019). *Farklı oran ve düzendeki dolgu duvarlara sahip betonarme yapıların sismik performanslarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gümüşhane.
- TBDY (2018). *Türkiye bina deprem yönetmeliği*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- TS-500. (2000). *Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları türk standardı*. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Uçar, T., & Merter, O. (2012). Binaların Deprem Hesabında Kullanılan Doğrusal Elastik Hesap Yöntemleriyle İlgili Bir İrdeleme. *Ordu Üniversitesi Bilgi ve Teknoloji Dergisi*, 2(2), 15-31.
- Vatansever, C., & Şimşek, Y., E. (2021). Taşıyıcı sistemi beton dolgulu kompozit kolonlar ve çelik kirişlerden oluşan çok katlı bir binanın tasarımı ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(3), 264-273.
- Yön, B., & Sayın, E. (2011). Perdeler ve çelik çaprazlarla yapılan güçlendirmelerin karşılaştırılması. *6th International Advanced Technologies Symposium* içinde (ss. 237-242). Elazığ, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Muhammed Mustafa ESER

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi :2020, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Bildiği Yabancı Diller :İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri :Eser, M., M. & Can, H. (2022). Investigation of the effects of using steel cross and reinforced concrete shears earthquake performance in building. Engineering Applications,1(2),157-162

İŞ DENEYİMİ

Stajlar :2018-2019, Stajyer İnşaat Mühendisi, Detay Teknoloji Yaz. Dan. Bilg. Hiz. Tic. San. A.Ş.

Çalıştığı Kurumlar :2018-2020, İnşaat Tasarım Uzmanı, Detay Teknoloji Yaz. Dan. Bilg. Hiz. Tic. San. A.Ş

2016-2018, Stajyer İnşaat Mühendisi, Aserya İnşaat San. Ve Tic. Ltd. Şti.

2020-2021, Grafiker, Alcan Promosyon A.Ş.

2021-2022, İnşaat Mühendisi, Aserya İnşaat San. Ve Tic. Ltd. Şti.

Tarih: 23 Ocak 2023