

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2019'A GÖRE
TASARIMI YAPILMIŞ ÖRNEK BİR BİNANIN BETONARME,
ÇELİK VE KOMPOZİT TASARIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mertcan SIRTIKARA

EKİM, 2025

T.C.
KIRKLARELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2019'A GÖRE
TASARIMI YAPILMIŞ ÖRNEK BİR BİNANIN BETONARME,
ÇELİK VE KOMPOZİT TASARIMLARININ
KARŞILAŞTIRILMASI**

Mertcan SIRTIKARA

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Burak ÖZŞAHİN

Ekim, 2025

ETİK BEYAN

“Kırkırelı Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez ve Dönem Projesi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum bilgileri, verileri ve dokümanları, değişik sonuç verebilecek şekilde araştırma araç gereçleri kullanmadan, işlem veya kayıt sonuçlarını değiştirmeden akademik ve etik kurallar çerçevesinde bizzat elde ettiğimi, bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.”

Mertcan SIRTİKARA

02/10/2025

ÜRETKEN YAPAY ZEKÂ ETİK BEYANI

Tezde Üretken Yapay Zeka araçlarını araştırma yöntemi, örneklem büyüklüğü tespiti/güç analizi yapılması, veri analizi, veri toplama, veri depolama ve paylaşımı (federatif veri paylaşım/kullanım sistemleri dahil), literatür taraması, kaynakların düzenlenmesi, dil bilgisi ve yazım kontrolü, çeviri gibi işlerde kullandığımı; bu süreçlerde yaptırılan işleri dikkat ve özenle gözden geçirerek maddi hataları ve taraflı ya da yazılımsal/algoritmik ya da olgusal/yorumsal hataları tespit ederek düzelttiğimi, bağlamsal tutarlılığı sağladığımı ve ortaya çıkan ürünün (metin, resim, ses, görüntü, kod, karar, sonuç) yasal ve etik açıdan doğabilecek tüm sorumluluğunu üstlendiğimi beyan ederim.

Mertcan SIRTIKARA

02/10/2025

TEZ ONAYI

“Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Mertcan SIRTIKARA tarafından Doç. Dr. Burak ÖZŞAHİN’in danışmanlığında hazırlanan “**TÜRKİYE BİNA DEPREM YÖNETMELİĞİ 2019’A GÖRE TASARIMI YAPILMIŞ ÖRNEK BİR BİNANIN BETONARME, ÇELİK VE KOMPOZİT TASARIMLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı tez aşağıdaki jüri üyeleri tarafından 02/10/2025 tarihinde yapılan Tez Savunma Sınavında oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.”

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Burak ÖZŞAHİN
Kırklareli Üniversitesi

Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Aylin AKYILDIZ
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Kadir KILINÇ
Kırklareli Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 02/10/2025

ÖN SÖZ

Yüksek lisans eğitimime başladığım andan itibaren her zaman daha iyiye ulaşmam için beni destekleyen, yardımlarını esirgemeyen ve bilimsel ufkumu genişleten tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Burak ÖZŞAHİN'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilerim.

Yüksek lisans eğitim sırasında benden güler yüzünü ve her türlü desteğini esirgemeyen Kırklareli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına çok teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde maddi manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme ise özel olarak teşekkürlerimi sunmayı ulvi bir borç sayarım.

Mertcan SIRTIKARA

Ekim, 2025

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xx
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Önceki Çalışmalar	2
2. KOMPOZİT YAPILAR	5
2.1. Kompozit Yapı Elemanları.....	6
2.1.1. Kompozit Döşemeler	7
2.1.2. Kompozit Kirişler	8
2.1.3. Kompozit Kolonlar	10
2.2. Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2018 Kompozit Elemanlarının Tasarımı.....	12
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	13
3.1. Örnek Ofis Binasının Geometrik Bilgileri	13
3.2. Çalışmada İncelenen Bölge.....	15
3.3. Taşıyıcı Sistem Bilgileri	16
4. ÖRNEK OFİS BİNASI MODELLERİNİN ANALİZ SONUÇLARI	21
4.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modeli Analiz Sonuçları	23
4.1.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Ağırlıkları	23
4.1.2. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Doğal Titreşim Periyotları	23
4.1.3. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Deprem Kuvvetleri.....	24

4.1.4. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Görelî Kat Ötelemeleri	25
4.1.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İkinci Mertebe Etkileri	25
4.1.6. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İç Kuvvetleri.....	28
4.1.7. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Taşıyıcı Sistem Maliyetleri	29
4.2. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modeli Analiz Sonuçları	31
4.2.1. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Ağırlıkları	31
4.2.2. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Doğal Titreşim Periyotları.....	31
4.2.3. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Deprem Kuvvetleri	32
4.2.4. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Görelî Kat Ötelemeleri.....	33
4.2.5. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İkinci Mertebe Etkileri.....	33
4.2.6. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İç Kuvvetleri	36
4.2.7. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Taşıyıcı Sistem Maliyetleri.....	37
4.3. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modeli Analiz Sonuçları. 38	
4.3.1. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Ağırlıkları	38
4.3.2. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Doğal Titreşim Periyotları	38
4.3.3. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfı için Deprem Kuvvetleri	39
4.3.4. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Görelî Kat Ötelemeleri	40
4.3.5. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İkinci Mertebe Etkileri	40

4.3.6. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İç Kuvvetleri.....	43
4.3.7. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Taşıyıcı Sistem Maliyetleri	44
4.4. Örnek Ofis Binası Modelinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	45
4.4.1. Örnek Ofis Binası Modelinin Bina Ağırlıklarının Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması	45
4.4.2. Örnek Ofis Binası Modeli Bina Periyotlarının Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması	46
4.4.3. Örnek Ofis Binası Modeli Deprem Kuvvetlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması	48
4.4.4. Örnek Ofis Binası Modeli Görelî Kat Ötelemesi Değerlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması.....	51
4.4.5. Örnek Ofis Binası Modeli İkinci Mertebe Etkilerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması	54
4.4.6. Örnek Ofis Binası Modeli Taşıyıcı Sistem Elemanlarının İç Kuvvetlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması	58
4.4.7. Örnek Ofis Binası Modeli Taşıyıcı Sistem Maliyetlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması	65
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR	71

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

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

Semboller	Açıklamalar
-----------	-------------

D	: Dayanım Fazlalığı Katsayısı
----------	-------------------------------

h	: Kat yüksekliği
----------	------------------

kN	: Kilo Newton
-----------	---------------

kNm	: Kilo Newton Metre
------------	---------------------

kN/m²	: Kilo Newton/Metrekare
-------------------------	-------------------------

m	: Metre
----------	---------

m²	: Metrekare
----------------------	-------------

P_{GA}	: TDTH 2019 En Büyük Yer İvmesi
-----------------------	---------------------------------

P_{GV}	: TDTH 2019 En Büyük Yer Hızı
-----------------------	-------------------------------

R	: Taşıyıcı Sistem Katsayısı
----------	-----------------------------

S_{DS}	: Kısa Periyot Tasarım Spektral İvme Katsayısı
-----------------------	--

S_{D1}	: 1 Saniye Periyot için Tasarım Spektral İvme Katsayısı
-----------------------	---

s	: Saniye
----------	----------

t	: ton
----------	-------

T_{hesap}	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için doğal titreşim periyodu
--------------------------	--

T_L/m²	: Türk Lirası/Metrekare
------------------------------------	-------------------------

T_A, T_B	: Yatay Tasarım Spektrumunun Köşe Periyotları
T_L	: Yatay Tasarım Spektrumunun Uzun Periyodu
T_p^{max}	: Hakim doğal titreşim periyodunun en büyük değeri
T_{pA}	: Ampirik olarak hesaplanan doğal titreşim periyodu
V_E	: Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi taban kesme kuvveti
V_{MB}	: Mod Birleştirme Yöntemi taban kesme kuvveti
β_{II}	: İkinci mertebe büyütme katsayısı
$\delta_{i,max}$	: Etkin görelî kat ötelemelerinin kat içindeki en büyük değeri
λ	: Görelî kat ötelemelerinin sınırlandırılmasında kullanılan katsayı
κ	: İzin verilen görelî kat ötelemelerinin tanımında kullanılan katsayı
θ_i	: İkinci mertebe gösterge değeri
$\theta_{i,sınır}$	: İkinci mertebe gösterge sınır değeri

Kısaltmalar Açıklamalar

BKS	: Bina Kullanım Sınıfı
BYS	: Bina Yükseklik Sınıfı
ÇYTHY 2018	: Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2018
DTS	: Deprem Tasarım Sınıfı
TBDY 2019	: Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğı 2019
TBTH 2019	: Türkiye Deprem Tehlike Haritaları 2019
YDKT	: Yüğü ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Örnek ofis binasının bulunduğu konumun deprem parametreleri	15
Tablo 3.2. Betonarme taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin tasarım parametreleri.	17
Tablo 3.3. Çelik taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin tasarım parametreleri	17
Tablo 3.4. Kompozit taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin tasarım parametreleri..	18
Tablo 3.5. Betonarme taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin taşıyıcı sistem eleman kesitleri	19
Tablo 3.6. Çelik taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin taşıyıcı sistem eleman kesitleri	20
Tablo 3.7. Kompozit taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin taşıyıcı sistem eleman kesitleri	20
Tablo 4.1. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için bina ağırlıkları	23
Tablo 4.2. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü bina periyodları	23
Tablo 4.3. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü bina periyodları	24
Tablo 4.4. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü taban kesme kuvvetleri	24
Tablo 4.5. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü taban kesme kuvvetleri	24
Tablo 4.6. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü görelî kat ötelemesi değerleri.....	25
Tablo 4.7. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü görelî kat ötelemesi değerleri.....	25
Tablo 4.8. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	26
Tablo 4.9. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	26
Tablo 4.10. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	26
Tablo 4.11. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	26

Tablo 4.12. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	27
Tablo 4.13. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	27
Tablo 4.14. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	27
Tablo 4.15. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	27
Tablo 4.16. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	28
Tablo 4.17. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	28
Tablo 4.18. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat B4 aksı kolonunun iç kuvvet değerleri	28
Tablo 4.19. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin iç kuvvetleri ..	29
Tablo 4.20. Taşıyıcı sistem yapım maliyeti hesabında dikkate alınan imalatlar ve birim fiyatları	30
Tablo 4.21. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için taşıyıcı sistem maliyetleri ve m ² maliyetleri ...	30
Tablo 4.22. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için bina ağırlıkları	31
Tablo 4.23. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü bina periyodları	31
Tablo 4.24. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü bina periyodları	32
Tablo 4.25. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü taban kesme kuvvetleri	32
Tablo 4.26. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü taban kesme kuvvetleri	32
Tablo 4.27. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü görece kat ötelemesi değerleri.	33
Tablo 4.28. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü görece kat ötelemesi değerleri.	33
Tablo 4.29. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	34

Tablo 4.30. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	34
Tablo 4.31. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	34
Tablo 4.32. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	34
Tablo 4.33. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	35
Tablo 4.34. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	35
Tablo 4.35. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	35
Tablo 4.36. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	35
Tablo 4.37. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	36
Tablo 4.38. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri	36
Tablo 4.39. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat B4 aksı kolonunun iç kuvvet değerleri....	36
Tablo 4.40. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin iç kuvvetleri	37
Tablo 4.41. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfı için taşıyıcı sistem maliyetleri ve m ² maliyetleri	37
Tablo 4.42. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için bina ağırlıkları	38
Tablo 4.43. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü bina periyodları	38
Tablo 4.44. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü bina periyodları	39
Tablo 4.45. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü taban kesme kuvvetleri	39
Tablo 4.46. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü taban kesme kuvvetleri	39
Tablo 4.47. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü görece kat ötelemesi değerleri.....	40

Tablo 4.48. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü görel kat ötelemesi değerleri.....	40
Tablo 4.49. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	41
Tablo 4.50. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	41
Tablo 4.51. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	41
Tablo 4.52. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	41
Tablo 4.53. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	42
Tablo 4.54. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	42
Tablo 4.55. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	42
Tablo 4.56. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	42
Tablo 4.57. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	43
Tablo 4.58. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	43
Tablo 4.59. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat B4 aksı kolonunun iç kuvvet değerleri	43
Tablo 4.60. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin iç kuvvetleri ..	44
Tablo 4.61. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfı için taşıyıcı sistem maliyetleri ve m ² maliyetleri	44
Tablo 4.62. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için bina ağırlıkları	45
Tablo 4.63. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü doğal titreşim periyodları	46
Tablo 4.64. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü doğal titreşim periyodları	47

Tablo 4.65. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü deprem kuvvetleri	49
Tablo 4.66. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü deprem kuvvetleri	49
Tablo 4.67. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türlerinin farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü göreli kat ötelemesi değerleri. 51	
Tablo 4.68. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türlerinin farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü göreli kat ötelemesi değerleri. 52	
Tablo 4.69. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri.....	54
Tablo 4.70. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri.....	54
Tablo 4.71. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri	55
Tablo 4.72. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri	55
Tablo 4.73. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri.....	55
Tablo 4.74. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri.....	56
Tablo 4.75. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun normal kuvvet değerleri	59
Tablo 4.76. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun kesme kuvveti değerleri	59
Tablo 4.77. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun eğilme momenti değerleri	59
Tablo 4.78. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin kesme kuvveti değerleri	62
Tablo 4.79. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin mesnet momenti değerleri	62
Tablo 4.80. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin açıklık momenti değerleri	62
Tablo 4.81. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için taşıyıcı sistem m ² maliyetlerinin değişimi	65

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Kompozit yapı taşıyıcı sistemi	5
Şekil 2.2. Kompozit eleman enkesitleri	6
Şekil 2.3. Kompozit döşeme detayı	7
Şekil 2.4. Kompozit giriş detayı	9
Şekil 2.5. Çelik gömme kompozit kolon kesitleri	11
Şekil 2.6. Beton dolgulu kompozit kolon kesitleri	11
Şekil 3.1. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası kalıp planı	13
Şekil 3.2. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası kalıp planı	14
Şekil 3.3. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası kalıp planı	14
Şekil 3.4. Türkiye Deprem Tehlike Haritası 2019	15
Şekil 4.1. Betonarme taşıyıcı sistemli ofis binası ProtaStructure modeli	21
Şekil 4.2. Çelik taşıyıcı sistemli ofis binası ProtaStructure modeli	22
Şekil 4.3. Kompozit taşıyıcı sistemli ofis binası ProtaStructure modeli	22
Şekil 4.4. Örnek ofis binası modellerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için bina ağırlıkları	45
Şekil 4.5. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü bina periyodları	47
Şekil 4.6. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü bina periyodları	47
Şekil 4.7. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü deprem kuvvetlerinin değişimi	49
Şekil 4.8. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü deprem kuvvetlerinin değişimi	50
Şekil 4.9. Örnek ofis binası modellerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için 3. normal kat x yönü görel kat ötelemesi değerlerinin değişimi	52
Şekil 4.10. Örnek ofis binası modellerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için 3. normal kat y yönü görel kat ötelemesi değerlerinin değişimi	53
Şekil 4.11. Örnek ofis binası modelinin betonarme taşıyıcı sistem için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	56
Şekil 4.12. Örnek ofis binası modelinin betonarme taşıyıcı sistem için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	56
Şekil 4.13. Örnek ofis binası modelinin çelik taşıyıcı sistem için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	57

Şekil 4.14. Örnek ofis binası modelinin çelik taşıyıcı sistem için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	57
Şekil 4.15. Örnek ofis binası modelinin kompozit taşıyıcı sistem için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	57
Şekil 4.16. Örnek ofis binası modelinin kompozit taşıyıcı sistem için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri	58
Şekil 4.17. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun normal kuvvet değerlerinin değişimi	60
Şekil 4.18. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun kesme kuvveti değerlerinin değişimi	60
Şekil 4.19. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun moment değerlerinin değişimi	61
Şekil 4.20. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin kesme kuvvetlerinin değişimi	63
Şekil 4.21. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin mesnet momentlerinin değişimi	63
Şekil 4.22. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin açıklık momentlerinin değişimi	64
Şekil 4.23. Örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem m ² maliyetlerinin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişimi	65

ÖZET

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019’a göre Tasarımı Yapılmış Örnek Bir Binanın Betonarme, Çelik ve Kompozit Tasarımlarının Karşılaştırılması

Yapısal çelik ve betonarmenin üstün özelliklerini bir araya getirilmesi ile geleneksel betonarme veya çelik yapı sistemlerine kıyasla daha üstün özelliklere sahip olması sebebiyle tüm dünyada kompozit yapıların kullanımı her geçen gün artmaktadır.

Türkiye gibi depremselliği fazla olan bir coğrafyada inşa edilecek binaların depreme dayanıklı, ilk yapım ve işletme maliyetlerinin düşük olması gerekmektedir. Türkiye koşulları için uygun taşıyıcı sistemlerden birisi de kompozit yapılar olup, tüm dünyada olduğu Türkiye’de de kompozit yapıların kullanımı her geçen gün artmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye’de yaygın olarak kullanılan betonarme binalardan farklı olarak kompozit binaların tasarımı incelenmiştir. Kompozit binaların yapısal davranışları ile taşıyıcı sistem maliyetleri örnek bir bina üzerinden irdelenmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla çerçeve taşıyıcı sistemli örnek bir ofis binası seçilerek betonarme, çelik ve kompozit taşıyıcı sistem türleri için tasarımları Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 (TBDY 2019), Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar 2018 (ÇYTHYEY 2018) ve TS 500 Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları 2000 (TS 500)’e göre yapılmış ve yapısal analiz sonuçları ile taşıyıcı sistem maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompozit Yapılar, Çelik Yapılar, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Yapısal Analiz

ABSTRACT

Comparison of Reinforced Concrete, Steel and Composite Design of a Sample Building According to The Turkish Building Earthquake Regulation 2019

The use of composite structures is increasing day by day all over the world because they combine the superior properties of structural steel and reinforced concrete and have superior properties compared to traditional reinforced concrete or steel building systems.

Buildings to be constructed in a highly seismic geography such as Türkiye must be earthquake resistant and have low initial construction and operating costs. Composite structures are one of the suitable structural systems for Türkiye's conditions, and the use of composite structures is increasing day by day in Türkiye as well as all over the world.

In this thesis, the design of composite buildings, which are different from the reinforced concrete buildings commonly used in Türkiye, is investigated. The structural behavior and structural systems costs of composite buildings were examined through a sample building.

For this purpose, a sample office building with a frame structural system was selected, and designs for reinforced concrete, steel, and composite structural systems were made in accordance with the Turkish Building Earthquake Code 2019 (TBEC 2019), Principles on Design, Calculation and Construction of Steel Structures 2018 (RDCCPSS 2018) and the Design and Construction Rules for Reinforced Concrete Structures 2000 (TS 500) and the analysis results and structural systems costs were compared.

Keywords: Composite Structures, Steel Structures, Turkish Building Earthquake Code, Structural Analysis

1. GİRİŞ

Türkiye dünyanın en etkili deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Türkiye’de geçmişte birçok yıkıcı deprem meydana geldiği gibi gelecekte de yıkıcı depremlerin meydana gelmesi kaçınılmazdır (AFAD, 2024). Türkiye’de nüfusun büyük çoğunluğu, sanayi tesislerinin ve barajların neredeyse tamamı aktif deprem kuşağında bulunmakta olup, Türkiye’de inşa edilecek binaların depreme dayanıklı ve ilk yapım ile işletme maliyetlerinin düşük olması gerekmektedir (Özşahin ve Güner, 2015).

Taşıyıcı sistem malzemesi ve yapım yöntemi seçimiyle ilgili yapılan araştırmalar sonucu doğru kararın alınarak istenilen niteliklere ve en uygun taşıyıcı sisteme sahip yapılarının oluşturulması ülke ekonomileri için oldukça önemlidir (Yonar, 2022).

Betonarme binalara göre bina öz ağırlığını azalttığı ve deprem yüklerine karşı istenilen sünekliliği sağlamada iyi performans gösterdiği için özellikle çok katlı yapılarda veya büyük açıklıklı yapılarda taşıyıcı sistemin kompozit elemanlardan oluşturulması tercih edilmektedir (Yılmaz, 2015). Türkiye’nin koşulları dikkate alındığında çelik ve betonarmenin birlikte kullanıldığı, yüksek taşıma kapasitesi, rijitlik ve enerji sönümleyebilme özelliğine sahip olan kompozit taşıyıcı sistemli binaların kullanımı uygundur.

Kompozit eleman davranışı iki veya daha fazla farklı malzemenin dış yükler etkisinde tek bir malzeme gibi davranmasıyla elde edilir. Yapı malzemelerin tek bir malzeme gibi davranması sayesinde kompozit yapı elemanlarında her malzemenin üstün özelliklerinden etkili bir şekilde faydalanılır. Kompozit taşıyıcı sistemli yapılarda birçok malzeme bir arada kullanılırken en yaygın kullanıma sahip yapı malzemeleri betonarme ve çeliktir (Yılmaz, 2015). Betonun basınç dayanımı yüksek olmasına rağmen çekme dayanımı düşüktür. Çeliğin ise çekme ve basınç dayanımları neredeyse eşittir. Fakat çelik kesitler narin üretildiğinden basınç altında burkulmaya maruz kalmaktadır. İki malzemenin birlikte kullanımı, betonarmenin basınç dayanımını ve çeliğin de çekme dayanımı ile büyük açıklık geçebilme özelliğini birleşmesiyle, hızlı, düşük maliyetli, korozyona ve yangına dayanıklı oldukça nitelikli bir sistem oluşur.

Bu çalışmada kompozit taşıyıcı sistemli binaların yapısal davranışları ile taşıyıcı sistem yapım maliyetleri örnek bir bina modeli üzerinden irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla merkezi çekirdekli çerçeve taşıyıcı sistemli örnek bir ofis binası modeli seçilerek betonarme, çelik ve kompozit taşıyıcı sistem türleri için tasarımları ayrı ayrı yapılarak analiz sonuçları ile taşıyıcı sistem yapım maliyetleri karşılaştırılmıştır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de yaygın kullanılmaya başlanan kompozit taşıyıcı sistemli binaların yapısal davranışlarının ve taşıyıcı sistem maliyetlerinin diğer taşıyıcı sistem türleri ile karşılaştırılmasıdır. Bu amaçla örnek bir ofis binası modeli seçilerek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 (TBDY 2019), Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar 2018 (ÇYTHY 2018) ve Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları 2000 (TS 500)’e göre betonarme, çelik ve kompozit taşıyıcı sistem türleri için tasarımları ayrı ayrı yapılmıştır.

Örnek ofis binasının farklı taşıyıcı sistem türleri için yapısal hesap sonucu bulunan bina ağırlıkları, deprem yükleri, bina doğal titreşim periyotları, göreceli kat ötelemeleri, ikinci mertebe etkileri, taşıyıcı sistem iç kuvvetleri (N, T ve M) ve taşıyıcı sistem yapım maliyetleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

1.2. Önceki Çalışmalar

Aşağıdaki bölümde kompozit taşıyıcı sistemli binalar ile çelik ve betonarme taşıyıcı sistemli binaların karşılaştırılması ile ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

Çilingir (2010) çalışmasında çok katlı örnek binanın çelik taşıyıcı sistem ile çelik ve betonarmenin birlikte kullanıldığı kompozit taşıyıcı sistemin yapısal davranışı ile yapım maliyetlerini karşılaştırmıştır.

Orhan vd. (2022) çalışmalarında betonarme bir bina ile kompozit kolonlu bir binayı yatay deprem direnci ve yapım maliyeti açısından karşılaştırmışlardır. Yapısal analiz sonucunda kompozit kolonlu binanın betonarme binaya göre daha sünek davrandığı ve kompozit kolonlu binanın yapım maliyetindeki artışın betonarme bina yapım maliyetinin %20’sini aşmadığı görülmüştür.

Yılmaz (2015) çalışmasında kompozit yapı elemanlarının tasarımı ve hesap yöntemleri hakkında bilgi verdikten sonra kompozit kolonlu ve çelik kolonlu bir binayı Amerikan Çelik Yapı Enstitüsü (AISC) Yönetmeliği'ne göre analiz ederek boyutlandırmıştır. Kompozit kolonlu ve çelik kolonlu binanın analiz sonuçlarını kat deplasmanları, kullanılan eleman kesitleri ve yapım maliyetleri için karşılaştırmıştır.

Wagh ve Waghe (2014) çalışmalarında Hindistan'ın Nagpur deprem bölgesi için 4 farklı kat sayısına sahip çelik-betonarme kompozit ve betonarme binalarının yapısal analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışmada bina tepe yerdeğiştirmeleri, taşıyıcı sistem elemanlarının kesit tesirleri ve yapım maliyeti için yapısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışmada incelenen kompozit binaların betonarme binalardan daha ekonomik ve uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Panchal ve Marathe (2011) çalışmalarında çok katlı çelik-betonarme kompozit ve betonarme binaların yapısal analiz sonuçlarını karşılaştırmıştır. Çalışmada bina tepe yerdeğiştirmeleri, taşıyıcı sistem elemanları kesit tesirleri ve yapım maliyeti için yapısal analiz sonuçları karşılaştırılmıştır.

Baş vd. (2023) çalışmalarında aynı kat planlı farklı yüksekliklere sahip çelik kolonlu ve içi beton doldurulmuş çelik tüp kompozit kolonlu binalar analiz edilerek kat deplasmanları, taban kesme kuvvetleri ve bina toplam ağırlıkları için incelenmiştir. Ayrıca bina yüksekliği değiştirilerek 3, 6, 9 ve 15 katlı bina modelleri incelenmiş ve kat sayısının değişimi ile çelik ve kompozit kolonlu binaların davranışları ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışmada incelenen kompozit kolonlu binaların, çelik kolonlu binalara göre daha iyi performans gösterdiği görülmüştür.

Baş (2022) çalışmasında aynı plan kesitli 3, 6, 9 ve 15 katlı çelik kolonlu ve kompozit kolonlu binaların tasarımı yapılarak bina kat deplasmanları, bina ağırlığı ve taban kesme kuvvetleri için analiz sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca çelik ve kompozit kolonlu binaların yapım maliyetleri hesaplanarak birbiriyle karşılaştırılmıştır.

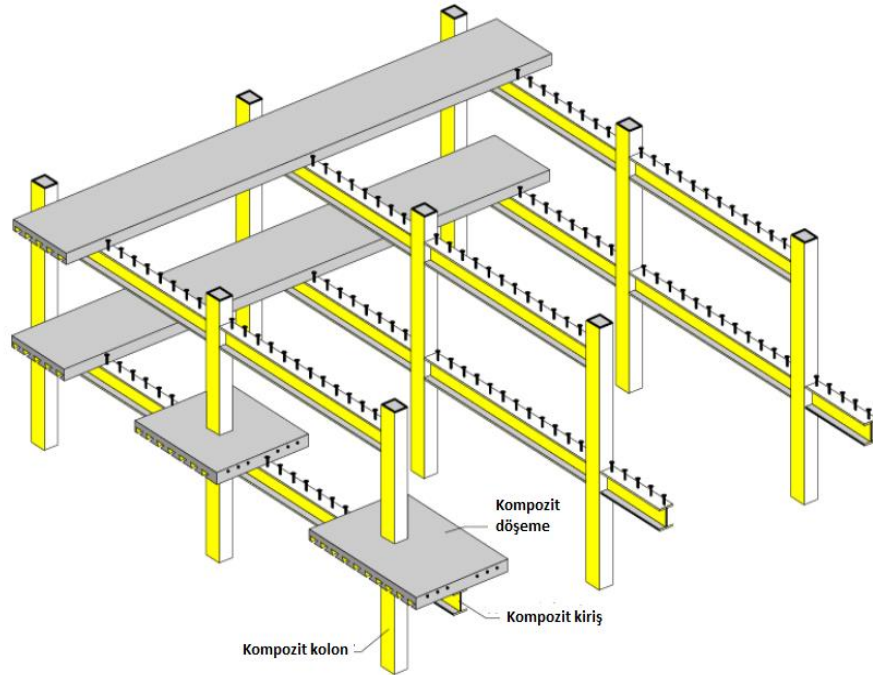
Amini (2018) çalışmasında aynı mimari plana sahip 5 ve 15 katlı iki bina modeli, kompozit taşıyıcı sistem elemanları ve betonarme taşıyıcı sistem elemanları kullanılarak tasarlanmış, kat ötelemeleri, bina periyodları, kat kesme kuvvetleri, kat

kütleleri ve deprem yükleri için analiz sonuçları kar ıla tırılmı tır. Çalışma bulgularına göre kompozit binaların betonarme binalara göre daha hafif olması ve daha az deprem yüküne maruz kalmalarından dolayı deprem performanslarının betonarme yapılardan daha iyi olacağı sonucuna varılmıştır.



2. KOMPOZİT YAPILAR

Günümüzde binalarda taşıyıcı sistem malzemesi olarak çelik, betonarme, kompozit ve endüstriyel ahşap kullanılmaktadır. Düşey ve yatay taşıyıcı sistem elemanları ile döşemeleri yapısal çelikten yapılan binalar çelik bina olarak kabul edilerek sınıflandırılır. Çelik binalarda çelik veya betonarme-çelik kompozit döşeme sistemleri kullanılır. Düşey ve yatay taşıyıcı sistem elemanları ile döşemeleri yerinde dökülmüş donatılı betondan yapılan binalar betonarme bina olarak kabul edilerek sınıflandırılır. Düşey ve yatay taşıyıcı sistem elemanları iki veya daha fazla yapı malzemesinin bir arada kullanıldığı binalar kompozit bina olarak kabul edilerek sınıflandırılır (Günel ve Ilgın 2014a; Günel ve Ilgın, 2014b) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Kompozit yapı taşıyıcı sistemi (Hattab, 2022'den düzenlenmiştir)

Düşey ve yatay taşıyıcı sistem elemanı olarak farklı yapı malzemelerinden yapılan farklı sistemlerin bir arada kullanıldığı binalar ise karma bina olarak kabul edilerek sınıflandırılır. Taşıyıcı sistem elemanlarının bir kısmının çelik, bir kısmının betonarme olması ve/veya eleman bazında yapısal çeliğin ve betonarmenin birlikte kullanıldığı kompozit binalarda, çeliğin yüksek strüktürel dayanımı, betonun yangın dayanımı ve

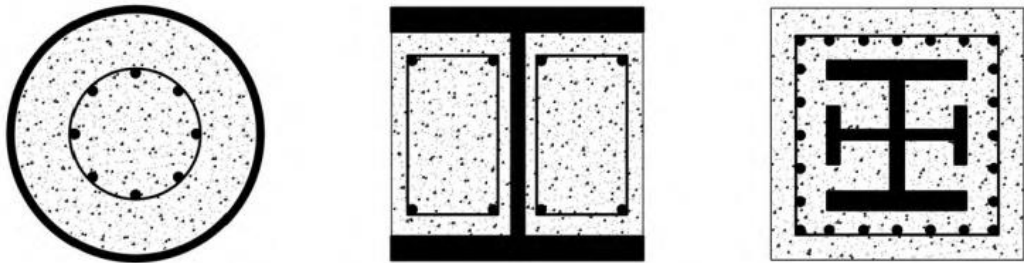
rijitliği gibi her iki malzemenin üstünlükleri birleştirilir (Günel ve Ilgın 2014a; Günel ve Ilgın, 2014b).

Düşey ve yatay taşıyıcı sistem elemanları ile döşemeleri endüstriyel ahşaptan yapılan binalar ahşap bina olarak kabul edilerek sınıflandırılır. Ahşap binalarda ahşap olmayan birleşim elemanları ve ahşap-betonarme kompozit döşeme kullanılması durumunda da bina ahşap bina olarak kabul edilir (Özşahin, 2021).

Son yıllarda endüstriyel ahşap teknolojisindeki ilerleme ile birlikte doğal ahşap malzemedeki sorunlara karşı geliştirilen çözümler sayesinde yapı taşıyıcı sistemlerinde endüstriyel ahşap malzeme daha fazla kullanılmaya başlaması ile birlikte endüstriyel ahşap ile çeliğin, endüstriyel ahşap ile betonarmenin veya endüstriyel ahşap ile çelik ve betonarmenin bir arada kullanıldığı kompozit ve/veya karma taşıyıcı sistemler yaygınlaşmaktadır (Jorissen ve Leijten, 2018; Özşahin, 2021).

2.1. Kompozit Yapı Elemanları

Bir yapıyı oluşturan kompozit elemanlara kompozit yapı elemanları denilmektedir. Kompozit bir yapıda yer alan bütün taşıyıcı yapı elemanları kompozit elemanlardan oluşmak zorunda değildir (Amini, 2018). Kompozit yapı elemanlarının en kesitlerine göre farklılıkları vardır. Betonarme-çelik kompozit binalarda kompozit taşıyıcı sistem elemanları, betonarme dolu kutu/boru kesitli yapısal çelik elemanlar, başlıklarının arası betonarme olan yapısal çelik elemanlar ve betonarme içinde yapısal çelik olan elemanlar olarak görülür (Günel ve Ilgın 2014a; Günel ve Ilgın, 2014b) (şekil 2.2).



şekil 2.2. Kompozit eleman enkesitleri (Günel ve Ilgın 2014a; Günel ve Ilgın, 2014b).

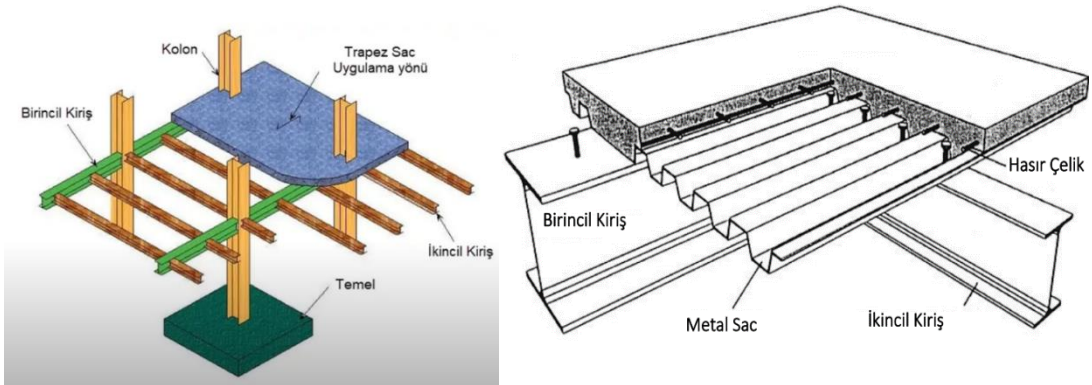
Tez çalışmasında betonarme-çelik kompozit taşıyıcı sistemli binaların yapısal analizleri inceleneceği için çalışmanın bu kısmında betonarme-çelik kompozit taşıyıcı

sistemli binaların taşıyıcı sistem elemanlarından kompozit döşemeler, kompozit kirişler ve kompozit kolonlar hakkında özet bilgi verilmiştir.

2.1.1. Kompozit Döşemeler

Kompozit döşemeler, yük etkisinde çelik ve beton malzemelerinin birlikte çalıştığı, yapı mühendisliğinde yaygın olarak kullanılan düzlem taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Kompozit döşemelerde genellikle galvanizli, trapez kesitli çelik sac elemanlar kalıp olarak kullanılır ve bu sacların üzerinde hesap sonucu bulunan donatı düzenlendikten sonra beton dökülerek döşeme sistemi oluşturulur (Şekil 2.3). Kompozit döşeme sisteminde çelik sac, hem kalıp görevi görerek betonun priz sürecinin tamamlanmasını sağlar ve hem de beton kesit ile birlikte çalışarak taşıma kapasitesine katkı sunar. Bu sayede hem işçilik hem de malzeme açısından verimlilik elde edilir.

Kompozit döşeme sistemlerinde çelik sacın yüzeyinin pürüzlü ya da girinti çıkıntı formda olması, beton ile çelik arasındaki bağın artmasına yardımcı olur. Böylece iki malzeme arasında dış yükler etkisinde yeterli kayma aktarımı sağlanarak iki malzemenin birlikte çalışmaları mümkün olur. Döşeme sacın yüksekliği, kalınlığı, trapez profili ve döşemenin toplam yüksekliği gibi parametreler döşeme sisteminin yük taşıma kapasitesini doğrudan etkiler. Genellikle sac kalınlığı 0,70 mm ile 1,20 mm arasında değişirken, beton kesit kalınlığı ise 7-15 cm arasında uygulanmaktadır. Beton kesitin kalınlığı artırıldığında döşemenin rijitliği ile yangın dayanımı artmakta, ancak kendi öz ağırlığı da buna bağlı olarak artmaktadır.



Şekil 2.3. Kompozit döşeme detayı (ProtaStructure, 2023)

Kompozit döşeme sistemlerinin başlıca üstünlükleri arasında kalıpsız uygulama ile inşaat süresinin kısılması, işçilik maliyetinin azalması ve bina ağırlığının geleneksel döşeme sistemlerine göre düşmesi yer almaktadır. Ayrıca çelik sacın önceden yerleştirilebilmesi, şantiyede iş akışının hızlanmasına olanak sağlar. Beton dökümünden sonra herhangi bir ek taşıyıcı destek elemanı kullanılmadan döşeme istenen dayanımı sağlayabilir.

Yangın dayanımı bakımından değerlendirildiğinde, beton kesitin çeliği kısmen koruduğu görülmektedir. Ancak bu koruma belirli bir süreyle sınırlı olduğundan, yüksek yangın güvenliği gerektiren yapılarda ilave yangın önlemlerine ihtiyaç duyulabilir. Ayrıca, çelik sacın korozyona karşı korunmuş olması, sistemin uzun ömürlü olması açısından büyük önem taşır. Bu sebeple genellikle kompozit döşeme sistemlerinde galvanizli sac kullanımı tercih edilir.

Kompozit döşemelerin tasarımında dikkate alınması gereken bir diğer husus çatlama kontrolüdür. Betonun çekme dayanımı düşük olduğundan çatlamlar kaçınılmazdır. Ancak bu çatlamların servis ömrünü azaltmaması için beton niteliği ve sac profili dikkatle seçilmelidir. Ayrıca, kompozit döşemelerde yer alan çelik sacın alt kısmı görünür olabileceğinden, estetik kaygılar da tasarımda yer bulabilir. Özellikle açık ofis planlamalarında, sac alt yüzeyi kaplama yapılmadan bırakılmakta ve bu yüzey mimari tasarımın bir parçası haline gelmektedir.

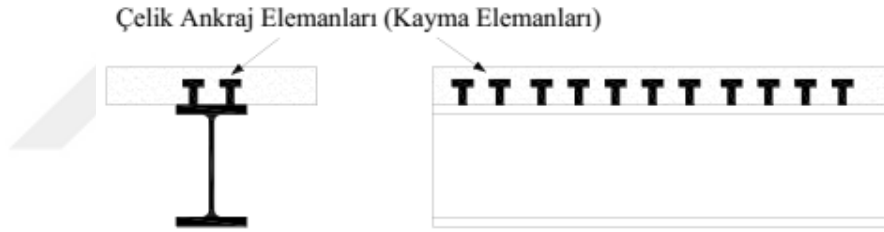
Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019'a göre, kompozit döşemeler deprem etkisi altındaki yapılarda yatay diyafram görevi görür ve bu nedenle yeterli rijitlikte tasarlanmalıdır. Ayrıca, birleşim detayları, bağlantı noktaları ve sac yerleşimi bu yönetmelik doğrultusunda dikkatle ele alınmalıdır. Döşemenin düşey yük taşıma kapasitesinin yanı sıra, yatay yük dağıtımını da göz önünde bulundurularak rijit diyafram etkisi oluşturulmalıdır. Bu tür bir davranış için sac yerleşimi sırasında boşluk bırakılmaması ve beton dökümünün homojen yapılması gerekir.

2.1.2. Kompozit Kirişler

Kompozit kirişler, yapı mühendisliğinde beton ve çelik gibi farklı yapı malzemelerinin birlikte çalışmasını esas alan, karma sistemli taşıyıcı elemanlardır. Kompozit kirişler genellikle bir çelik profilin (çoğunlukla I, H veya kutu kesitli) üzerine yerleştirilen

betonarme döşeme ile oluşturulan, döşeme ile çelik profil arasına yerleştirilen kayma çivileri (stud bolts) sayesinde dış etkiler altında iki farklı malzemeden oluşan elemanlar birlikte çalışacak şekilde tasarlanmaktadır (Şekil 2.4). Kayma çivileri iki malzeme arasındaki kayma gerilmelerini aktarmak suretiyle yükün dengeli bir şekilde taşınmasını sağlar. Taşıyıcı sistem elemanında çelik çekmeye, beton ise basınca çalışır ve böylece mevcut malzeme özelliklerinden en yüksek düzeyde yararlanılmış olur.

Kompozit kiriş sistemleri, özellikle çok katlı binalar, köprüler ve sanayi tesisleri gibi büyük açıklıkların geçildiği ve ağır yüklerin taşındığı taşıyıcı sistemler için uygundur. Bu sistemin en önemli üstünlüklerinin başında küçük kesitlerle yüksek taşıma kapasitesi elde edilmesi, daha az malzeme kullanımıyla yapım maliyetinin düşürülmesi ve yangın dayanımının artırılması sayılabilir. Ayrıca yapım süresinin kısalması, ön üretim imkânı ve estetik/mimari tasarıma olanak vermesi diğer önemli üstünlükleridir.



Şekil 2.4. Kompozit kiriş detayı (ÇYTHYFY, 2018)

Kompozit kirişler, yapı ve kullanım gereksinimlerine göre farklı türlerde tasarlanabilir. Başlıca kompozit kiriş çeşitleri şu şekilde sıralanabilir:

Basit açıklıklı kompozit kirişler

Basit açıklıklı kompozit kiriş sistemlerinde çelik kiriş yalnızca bir açıklığa sahip olup, uç noktalarından mesnetlenir. Betonarme döşeme elemanı çelik profil üzerine oturtularak kayma çivileriyle birleştirilir. Genellikle kısa açıklıklar veya kat döşemelerinde uygulanan sistem, yapısal hesap ve montaj kolaylığı sunar.

Sürekli kompozit kirişler

Birden fazla açıklığı olan sistemlerde kullanılan sürekli kompozit kirişlerde, pozitif ve negatif moment dağılımı sayesinde daha ekonomik kesitler elde edilebilir. Sürekli

kompozit kiriş sisteminde negatif moment bölgelerinde ilave donatı kullanımı ve birleşim noktalarının detaylandırılması gereklidir.

İçi dolgu betonlu çelik kirişler (beton dolgulu kirişler)

Çelik profilin içerisine yerleştirilen donatılı/donatısız beton sayesinde çelik kirişin hem kesit rijitliği hem de yangın dayanımı artırılabilir. İçi dolgu betonlu çelik kiriş sisteminde genellikle kutu kesitli çelik profiller kullanılır ve beton iç dolgu sayesinde burkulma ve deformasyon önlenmiş olur.

Hibrid (karma) kompozit kirişler

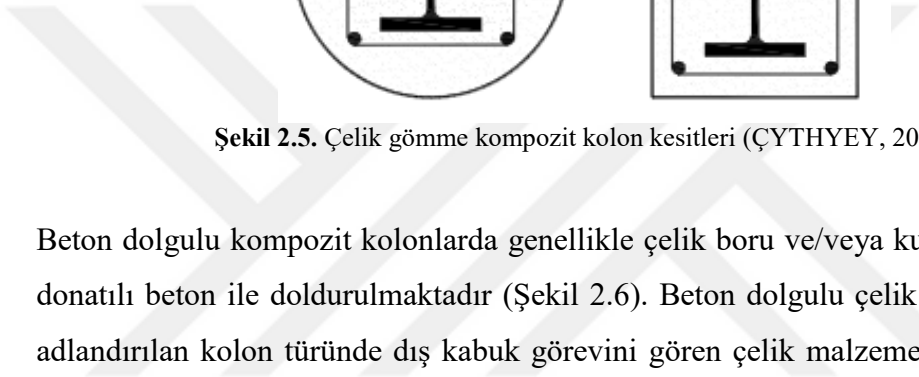
Farklı tipte çelik ve beton taşıyıcı elemanlarının bir araya getirilmesiyle oluşturulan bu kiriş türü, özel projelerde veya özgün mimari tasarımlarda kullanılır. Yüksek mühendislik bilgisi ve hassas detaylandırma gerektiren bu sistemler, çeşitli malzeme kombinasyonları sayesinde geleneksel sistemlere göre daha iyi yapısal performans sağlar.

Kompozit kiriş tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli husus yük aktarımı ve dayanım hesaplarının birlikte çalışabilirlik ilkelerine göre yapılmasıdır. Çelik ve beton kesit arasında yeterli kayma dayanımının sağlanması için kullanılan kayma çivilerinin çapı, yerleşim aralığı ve montajlarında kullanılan kaynak kalitesi büyük önem taşır. Ayrıca döşeme kalınlığı, beton dayanımı, donatı yerleşimi ve çelik profil kesiti gibi parametreler sistemin taşıma kapasitesi ve davranışı üzerinde belirleyici rol oynar.

2.1.3. Kompozit Kolonlar

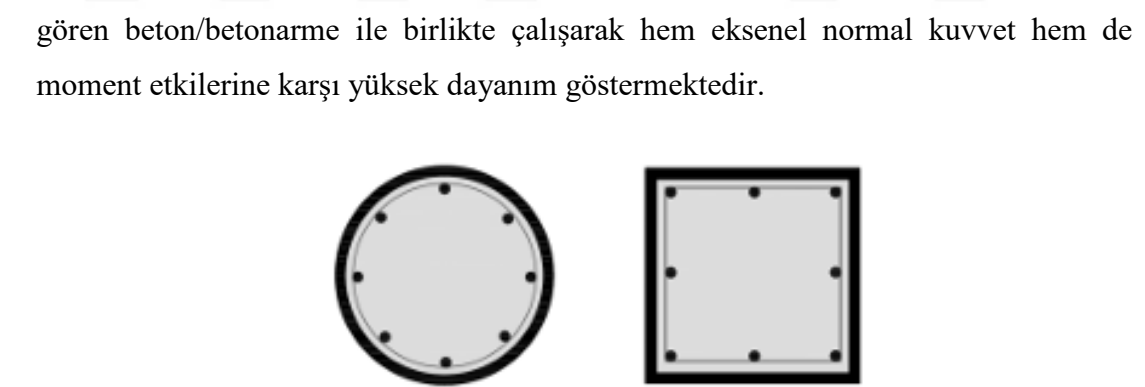
Kompozit kolonlar düşey taşıyıcı sistem elemanlarında çelik ve betonun birlikte kullanılmasıyla oluşturulan, yüksek taşıma kapasitesine ve dayanıklılığa sahip karma taşıyıcı sistem elemanlarıdır. Kompozit kolonlar, her iki malzemenin üstün yanlarını bir araya getirerek, özellikle çok katlı binalarda, sanayi yapılarında ve depremselliğin fazla olduğu bölgelerde uygulanmaktadır. Kompozit kolonlar, gerek kesit rijitliği gerekse eksenel yük taşıma kapasitesi açısından, betonarme veya çelik kolonlara kıyasla daha üstün yapısal performans göstermektedir.

Şekil 2.5. Çelik gömme kompozit kolon kesitleri (ÇYTHYİY, 2010)



Şekil 2.5. Çelik gömme kompozit kolon kesitleri (ÇYTHYİY, 2010)

gören beton/betonarme ile birlikte çalışarak hem aksenal normal kuvvet hem de moment etkilerine karşı yüksek dayanım göstermektedir.



gören beton/betonarme ile birlikte çalışarak hem aksenal normal kuvvet hem de moment etkilerine karşı yüksek dayanım göstermektedir.

Şekil 2.6. Beton dolgulu kompozit kolon kesitleri (Hattab, 2022)

Kompozit kolonların tasarımında çelik ve betonun aderansının sağlanması büyük önem taşır. Yüzey pürüzlülüğü, mekanik bağlayıcı elemanlar ve uygun beton karışımı ile bu aderans en üst seviyeye çıkarılabilir. Ayrıca betonun yerleştirilmesi ve sıkıştırılması sırasında oluşabilecek boşlukların önlenmesi için dikkatli bir döküm süreci uygulanmalıdır. Kompozit kolonlar ayrıca yangına karşı oldukça dirençlidir;

Çünkü elik çekirdek ya dıştan betonla sarılır ya da içi betonla doldurularak doğrudan ısıya maruz kalması engellenir.

2.2. elik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2018 Kompozit Elemanlarının Tasarımı

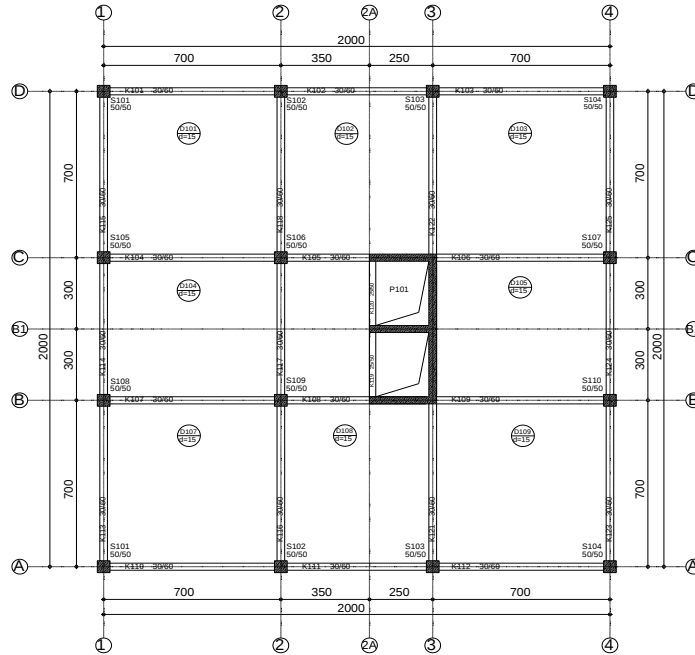
Yapısal elik ve betonarmenin birlikte kullanılması ile oluşturulan kompozit yapı elemanlarının tasarımı elik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2018 (ÇYTHYEY 2018) Bölüm 12 Kompozit Elemanlar kısmında belirtilen kurallara göre yapılmaktadır. Kompozit kesitlerin karakteristik dayanımları, ÇYTHYEY 2018 Bölüm 12’de tanımlanan plastik gerilme dağılımı yöntemi, şekildeğiştirme uygunluk yöntemi, elastik gerilme dağılımı yöntemi veya etkin gerilme–şekildeğiştirme yöntemine uygun olarak belirlenmektedir. Kompozit döşemeler, kompozit kirişler ve kompozit kolonların tasarımı, yapısal analizi ile konstrüktif esasları hakkında detaylı bilgiye ÇYTHYEY 2018 Bölüm 12 Kompozit Elemanlar bölümünden ulaşılabilir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

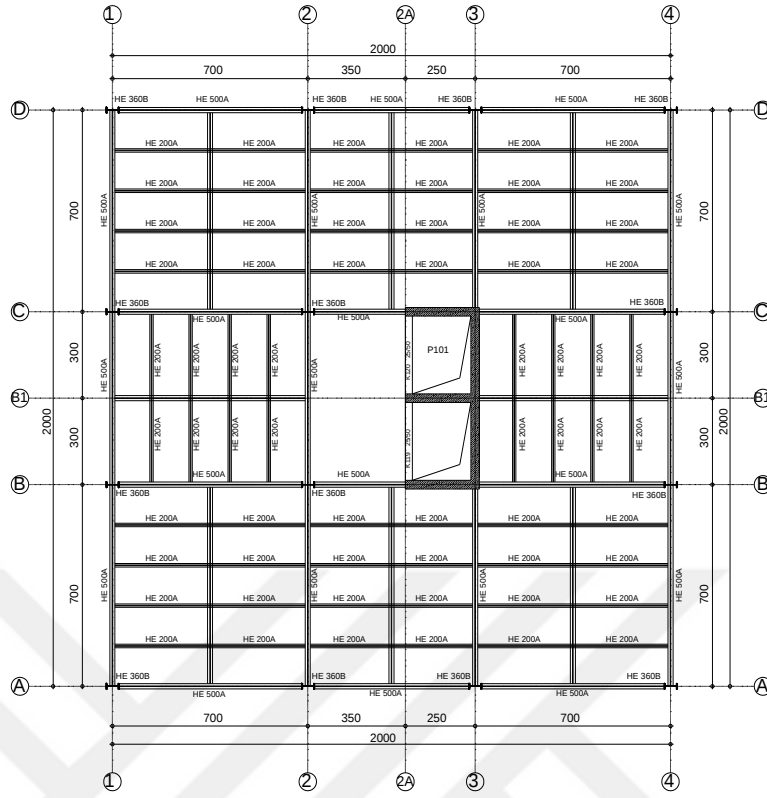
Tez çalışmasında örnek ofis binası modeli özelinde kompozit taşıyıcı sistemin yatay ve düşey yükler etkisinde yapısal davranışının incelenmesi amacıyla 20,50m×20,50m boyutlarında merkezi çekirdekli çerçeve taşıyıcı sistemli örnek bir bina modeli seçilerek farklı yerel zemin sınıfları için TBDY 2019, TS 500 ve ÇYTHY 2019'a göre tasarlanarak, yapısal analizi yapılmıştır. Çalışmada ayrıca aynı kat planına sahip olacak şekilde örnek ofis binası çelik ve betonarme taşıyıcı sistemli olarak tasarlanarak, yapısal analiz sonuçları kompozit taşıyıcı sistem analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Kompozit, çelik ve betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modellerinin yapısal analizleri ProtaStructure programı kullanılarak yapılmıştır.

3.1. Örnek Ofis Binasının Geometrik Bilgileri

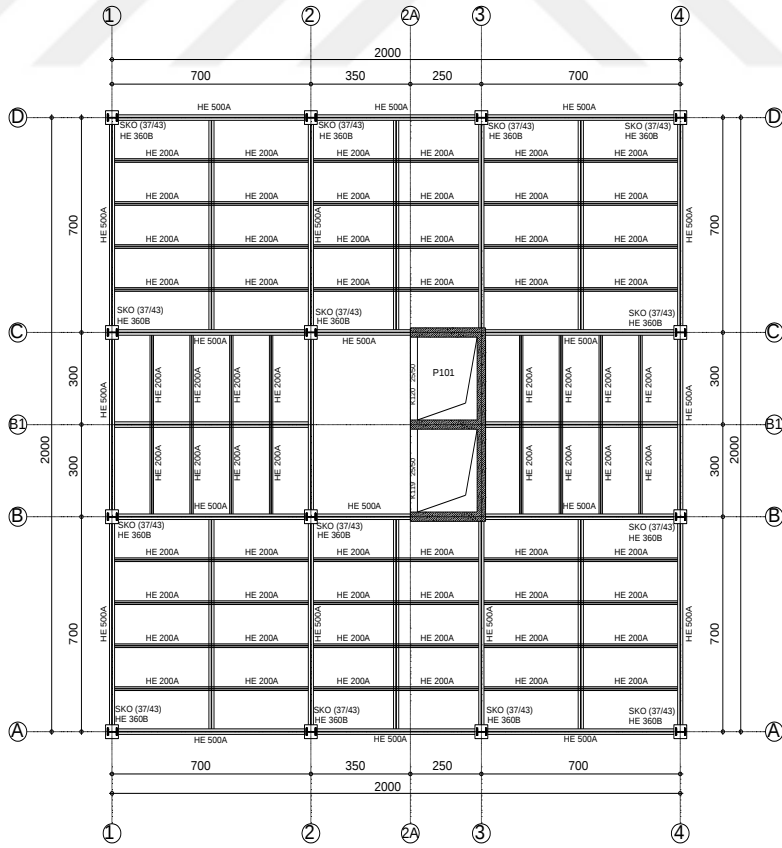
Tez çalışmasında incelenen ofis binası modeli bodrum kat, zemin kat, 3 normal kat ve asansör kulesi katından oluşmaktadır. Örnek ofis binası modelinin kat yüksekliği 3,50 m olup, bina yüksekliği 21,00 m'dir. Tüm taşıyıcı sistem türlerinde bodrum kat betonarme olup, her iki yönde rijit perdeler ile çevrelenmiştir. Çalışmada betonarme, çelik ve kompozit taşıyıcı sistem türleri için tasarımı yapılan örnek ofis binası modelinin kalıp planları sırasıyla Şekil 3.1-3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası kalıp planı (ölçeksizdir)



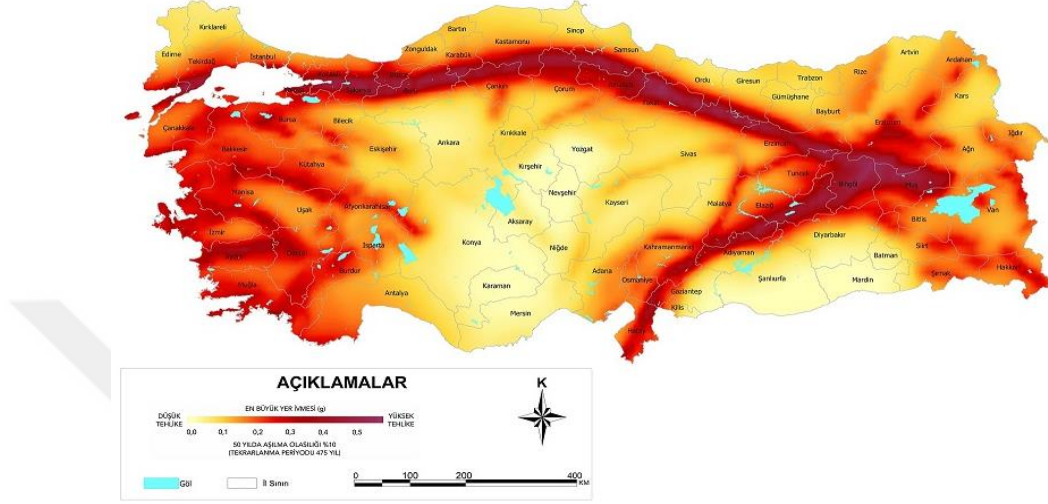
Şekil 3.2. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası kalıp planı (ölçeksizdir)



Şekil 3.3. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası kalıp planı (ölçeksizdir)

3.2. Çalışmada İncelenen Bölge

Örnek ofis binasının tasarımı İstanbul Beşiktaş İlçesi sınırlarında belirlenen konum için yapılmıştır. Çalışmada incelenen konumun deprem tasarım parametreleri Türkiye Deprem Tehlike Haritaları 2019 (TDTH 2019)’dan okunmuştur (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Türkiye Deprem Tehlike Haritası 2019 (TDTH 2019)

Çalışmada incelenen konum için TDTH 2019’den okunan deprem parametreleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Örnek ofis binasının bulunduğu konumun deprem parametreleri

DD	YZS	P_{GA} (g)	P_{GV} (cm/s)	S_S (-)	S_1 (-)	S_{DS} (-)	S_{D1} (-)	T_A (s)	T_B (s)	T_L (s)
DD2	ZA	0,308	19,267	0,741	0,213	0,593	0,170	0,057	0,287	6,0
	ZB	0,308	19,267	0,741	0,213	0,667	0,170	0,051	0,256	6,0
	ZC	0,308	19,267	0,741	0,213	0,892	0,319	0,072	0,358	6,0
	ZD	0,308	19,267	0,741	0,213	0,895	0,463	0,104	0,518	6,0
	ZE	0,308	19,267	0,741	0,213	0,974	0,689	0,141	0,707	6,0
DD3	ZA	0,127	8,160	0,292	0,088	0,234	0,070	0,060	0,301	6,0
	ZB	0,127	8,160	0,292	0,088	0,263	0,070	0,054	0,268	6,0
	ZC	0,127	8,160	0,292	0,088	0,380	0,132	0,070	0,348	6,0
	ZD	0,127	8,160	0,292	0,088	0,457	0,211	0,092	0,462	6,0
	ZE	0,127	8,160	0,292	0,088	0,666	0,370	0,111	0,555	6,0

Çalışmada incelenen bölgenin zemin etüdü değerleri bulunmadığı için örnek ofis binasının tasarımı TBDY 2019’da tanımlanan ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için ayrı ayrı yapılmıştır. Örnek ofis binasının tasarımında zemin taşıma gücünün ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE zemin sınıfları için sırasıyla 350, 300, 250, 200, 150 kN/m² olduğu kabul edilmiştir. Betonarme, çelik ve kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelleri için betonarme sürekli temel tasarımı yapılmıştır.

3.3. Taşıyıcı Sistem Bilgileri

Çalışmada Türkiye’de yaygın kullanıma sahip merkezi çekirdekli rijit çerçeve taşıyıcı sistemli binaları temsil edebilecek örnek bir bina modeli incelenmiştir. Türkiye’de çelik binalarda sıcak şekillendirilmiş yapısal çelik taşıyıcı sistem elemanlarının kullanımı daha yaygın olduğu için çalışmada incelenen çelik ve kompozit bina modellerinin taşıyıcı sistem elemanlarının tasarımı sıcak şekillendirilmiş hadde profilleri için yapılmıştır. Çelik ve kompozit taşıyıcı sistemli örnek bina modellerinin taşıyıcı sistem eleman (kolon-kiriş) birleşimleri rijit olarak tasarlanmıştır. Betonarme, çelik ve kompozit taşıyıcı sistemli bina modellerinin doğrusal analizleri Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik 2018 (ÇYTHY 2018), Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 (TBDY 2019) ve Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları (TS 500)’e göre yapılmıştır.

Çelik ve kompozit taşıyıcı sistemli binaların tasarımı ÇYTHY 2018’de belirtilen Yük ve Dayanım Katsayıları ile Tasarım (YDKT) hükümlerine göre yapılmıştır.

Betonarme taşıyıcı sistemli binaların yapısal hesaplarında taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) TBDY 2019’a göre “deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek betonarme çerçevelerle karşılandığı binalar” için R=8, D=3 alınmıştır. Betonarme taşıyıcı sistemli binalarda beton sınıfı C30/37, betonarme çeliği B420C seçilmiştir.

Çelik taşıyıcı sistemli binaların yapısal hesaplarında taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) TBDY 2019’a göre “deprem etkilerinin tamamının moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçevelerle karşılandığı binalar” için R=8, D=3 alınmıştır. Çelik taşıyıcı sistemli binalarda yapısal çelik sınıfı S275, beton sınıfı C30/37, betonarme çeliği B420C seçilmiştir.

Kompozit taşıyıcı sistemli binaların yapısal hesaplarında taşıyıcı sistem davranış katsayısı (R) ve dayanım fazlalığı katsayısı (D) TBDY 2019’a göre “deprem etkilerinin moment aktaran süneklik düzeyi yüksek çelik çerçeveler ile süneklik düzeyi yüksek merkezi çaprazlı çelik çerçeveler veya süneklik düzeyi yüksek boşluksuz betonarme perdeler tarafından birlikte karşılandığı binalar” için $R=6$, $D=2,5$ alınmıştır. Kompozit taşıyıcı sistemli binalarda yapısal çelik sınıfı S275, beton sınıfı C30/37, betonarme çeliği B420C seçilmiştir.

Tez çalışması kapsamında farklı taşıyıcı sistem türleri için yapısal davranışları incelenen örnek ofis binası modellerinin tasarım parametreleri Tablo 3.2-3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Betonarme taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi	
Yapı Türü	Betonarme Rijit Çerçeve Sistem
Kat Adedi	6 Kat (BK+ZK+3NK+AK)
Kat Yüksekliği (h_{kat})	3,50 m
Bina Yüksekliği (H_N)	14,00 m
Bina Boyutları	20,50 m×20,50 m
Kiriş Kesit Türü	Dikdörtgen enkesitli betonarme kiriş
Kolon Kesit Türü	Kare enkesitli betonarme kolon
Döşeme Kesit Türü	Kirişli plak döşeme
Betonarme Malzeme Sınıfı	C30/37 - B420C
Bina Önem Katsayısı (I)	1,0
Deprem Yüğü Eksantrisitesi	%5
Haraketli Yüğü Katılım Katsayısı (n)	0,30
Deprem Yer Hareket Düzeyi (DD)	DD2
Etkin Yer İvme Katsayısı	TDTH 2019’dan seçilen konum için okunmuştur.
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	BKS=3
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	DTS=1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	6
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R_x	8 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
R_y	8 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Dayanım Fazlalığı Katsayısı D_x	3 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
D_y	3 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Yerel Zemin Sınıfı	ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE

Tablo 3.3. Çelik taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi	
Yapı Türü	Çelik Rijit Çerçeve Sistem
Kat Adedi	6 Kat (BK+ZK+3NK+AK)
Kat Yüksekliği (h_{kat})	3,50 m
Bina Yüksekliği (H_N)	14,00 m
Bina Boyutları	20,50 m×20,50 m
Kiriş Kesit Türü	HEA
Kolon Kesit Türü	HEB
Döşeme Kesit Türü	Betonarme-çelik kompozit döşeme
Birleşim Türü	Her iki yönde (X ve Y doğrultusunda) rijit birleşim
Çelik Malzeme Sınıfı	S275
Betonarme Malzeme Sınıfı	C30/37 - B420C
Bina Önem Katsayısı (I)	1,0
Deprem Yüğü Eksantrisitesi	%5
Haraketli Yüğü Katılım Katsayısı (n)	0,30
Deprem Yer Hareket Düzeyi (DD)	DD2
Etkin Yer İvme Katsayısı	TDTH 2019'dan seçilen konum için okunmuştur.
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	BKS=3
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	DTS=1
Bina Yükseklik Sınıfı (BYS)	6
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı R_x	8 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
R_y	8 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Dayanım Fazlalığı Katsayısı D_x	3 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
D_y	3 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Yerel Zemin Sınıfı	ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE

Tablo 3.4. Kompozit taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin tasarım parametreleri

Tasarım Parametresi	
Yapı Türü	Kompozit Rijit Çerçeve Sistem
Kat Adedi	6 Kat (BK+ZK+3NK+AK)
Kat Yüksekliği (h_{kat})	3,50 m
Bina Yüksekliği (H_N)	14,00 m
Bina Boyutları	20,50 m×20,50 m
Kiriş Kesit Türü	HEA
Kolon Kesit Türü	HEB
Döşeme Kesit Türü	Betonarme çelik kompozit döşeme
Birleşim Türü	Her iki yönde (X ve Y doğrultusunda) rijit birleşim
Çelik Malzeme Sınıfı	S275

Tablo 3.4. Devamı

Tasarım Parametresi	
Betonarme Malzeme Sınıfı	C30/37 - B420C
Bina Önem Katsayısı (I)	1,0
Deprem Yüğü Eksantrisitesi	%5
Haraketli Yüğü Katılım Katsayısı (n)	0,30
Deprem Yer Hareket Düzeyi (DD)	DD2
Etkin Yer İvme Katsayısı	TDTH 2019'dan seçilen konum için okunmuştur.
Bina Kullanım Sınıfı (BKS)	BKS=3
Deprem Tasarım Sınıfı (DTS)	S _{DS} 'e bağılı olarak değışıyor.
Bina Yüğüseklik Sınıfı (BYS)	6
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı Rx	6 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Ry	6 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Dayanım Fazlalığı Katsayısı Dx	2,5 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Dy	2,5 (Süneklik Düzeyi Yüksek)
Yerel Zemin Sınıfı	ZA, ZB, ZC, ZD ve ZE

Çalışma kapsamında örnek ofis binası modelinin TBDY 2019'daki farklı yerel zemin sınıfları için yapısal analiz sonucu belirlenen taşıyıcı sistem eleman kesitleri betonarme taşıyıcı sistem, çelik taşıyıcı sistem ve kompozit taşıyıcı sistem için sırasıyla Tablo 3.5-3.7'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Betonarme taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin taşıyıcı sistem eleman kesitleri

Taşıyıcı Eleman	Yerel Zemin Sınıfı				
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Kolon	50cm x 50cm	50cm x 50cm	50cm x 50cm	60cm x 60cm	80cm x 80cm
Kiriş (Kenar) Kiriş (Ara)	30cm x 60cm 30cm x 60cm	30cm x 60cm 30cm x 60cm	30cm x 60cm 30cm x 60cm	50cm x 70cm 50cm x 70cm	70cm x 75cm 70cm x 75cm
Asansör Kirişi	25cm x 50cm	25cm x 50cm	25cm x 50cm	25cm x 50cm	25cm x 50cm
Döşeme	15cm	15cm	15cm	15cm	15cm
Bodrum Perdeleri	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm
Asansör Perdeleri	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm

Tablo 3.6. Çelik taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin taşıyıcı sistem eleman kesitleri

Taşıyıcı Eleman	Yerel Zemin Sınıfı				
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Çelik Kolon	HE360B	HE360B	HE360B	HE550B	HE900B
Betonarme Kolon	50cm x 50cm	50cm x 50cm	50cm x 50cm	50cm x 50cm	90cm x 90cm
Çelik Kiriş (Kenar) Çelik Kiriş (Ara)	HE500A HE500A	HE500A HE500A	HE500A HE500A	HE500A HE500A	HE800A HE800A
Çelik Tali Kiriş	HE200A	HE200A	HE200A	HE200A	HE200A
Betonarme Kiriş	30cm x 60cm	30cm x 60cm	30cm x 60cm	30cm x 60cm	30cm x 60cm
Betonarme Asansör Kiriş	25cm x 50cm	25cm x 50cm	25cm x 50cm	25cm x 50cm	25cm x 50cm
Kompozit Döşeme	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm
Bodrum Perdeleri	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm
Asansör Perdeleri	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm

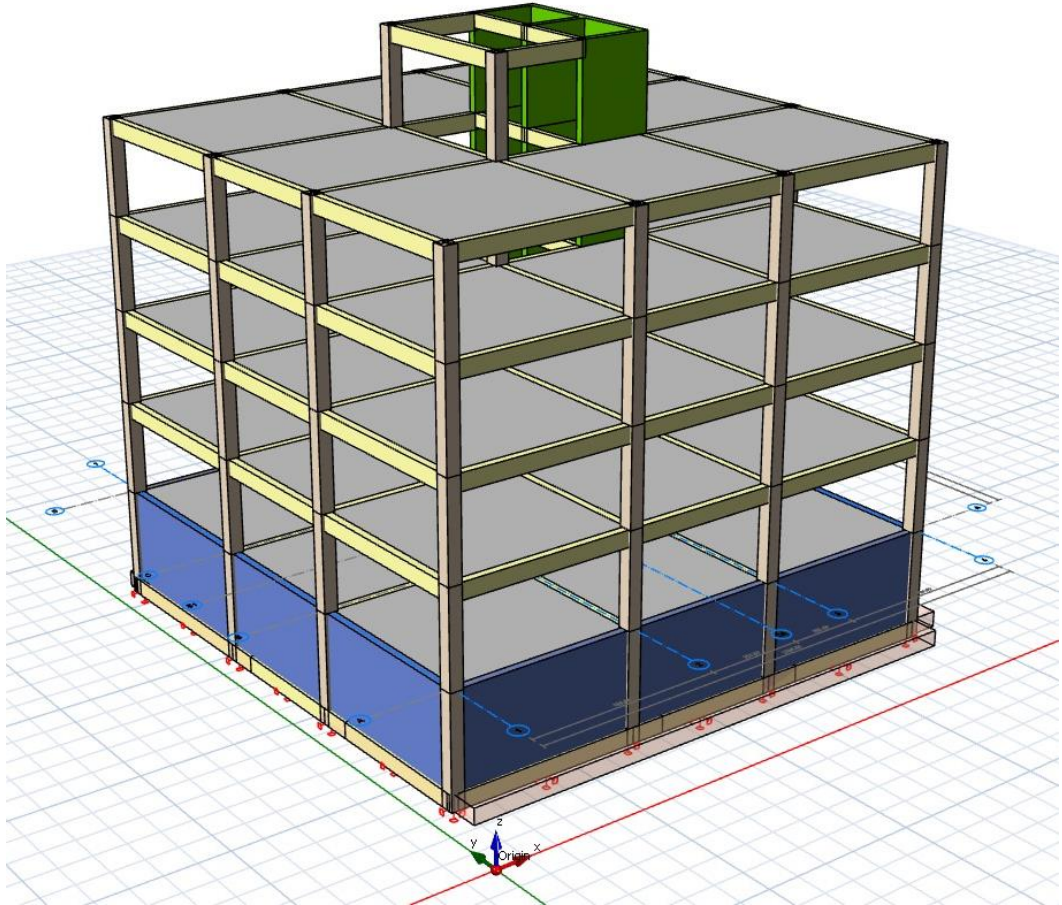
Tablo 3.7. Kompozit taşıyıcı sistemli ofis binası modelinin taşıyıcı sistem eleman kesitleri

Taşıyıcı Eleman	Yerel Zemin Sınıfı				
	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Kompozit Kolon	(37,0/43,0) [Kompozit – HE360B-5]	(37,0/43,0) [Kompozit – HE360B-5]	(37,0/43,0) [Kompozit – HE360B-5]	(37,0/57,0) [Kompozit – HE500B-5]	(37,0/97,0) [Kompozit – HE900B-5]
Betonarme Kolon	50cm x 50cm	50cm x 50cm	50cm x 50cm	50cm x 50cm	90cm x 90cm
Çelik Kiriş (Kenar) Çelik Kiriş (Ara)	HE500A HE500A	HE500A HE500A	HE500A HE500A	HE500A HE500A	HE800A HE800A
Çelik Tali Kiriş	HE200A	HE200A	HE200A	HE200A	HE200A
Kompozit Döşeme	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm	7 cm
Bodrum Perdeleri	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm
Asansör Perdeleri	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm

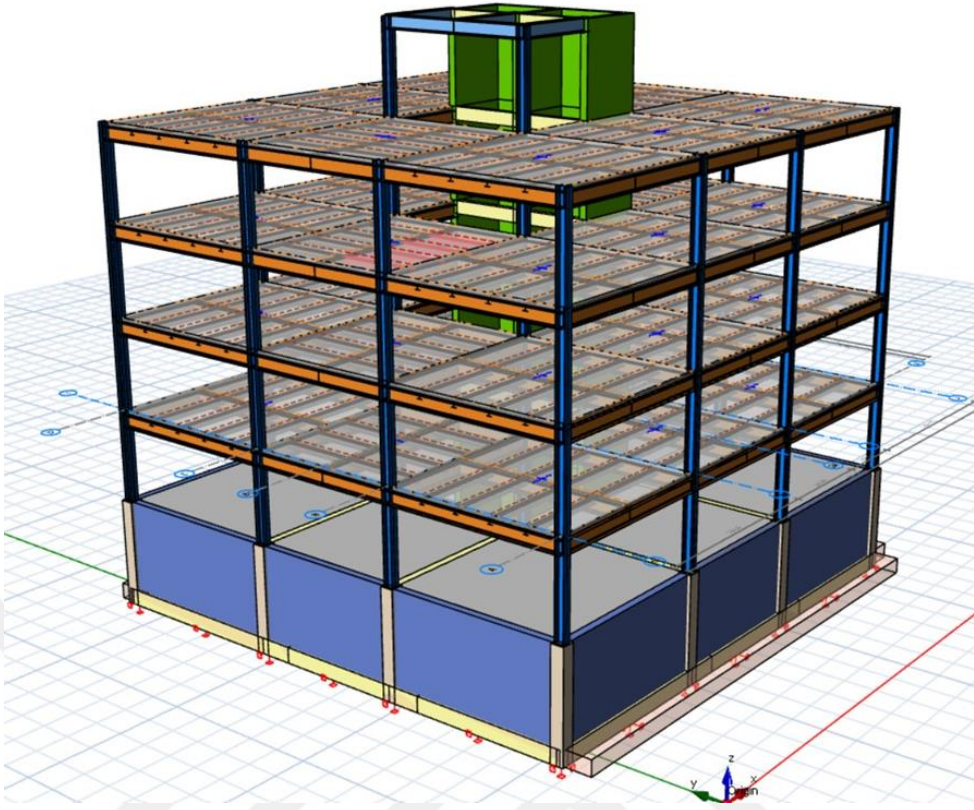
4. ÖRNEK OFİS BİNASI MODELLERİNİN ANALİZ SONUÇLARI

Çalışmanın bu bölümünde ofis binası modellerinin TBDY 2019 yönetmeliğine göre ProtaStructure programı kullanılarak farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan analiz sonucu bulunan bina ağırlıkları, bina doğal titreşim periyodları, deprem yükleri, göreceli kat ötelemeleri, ikinci mertbe etkileri, taşıyıcı sistem eleman iç kuvvetleri, taşıyıcı sistem maliyetleri tablolar halinde verilerek birbiriyle karşılaştırılmıştır.

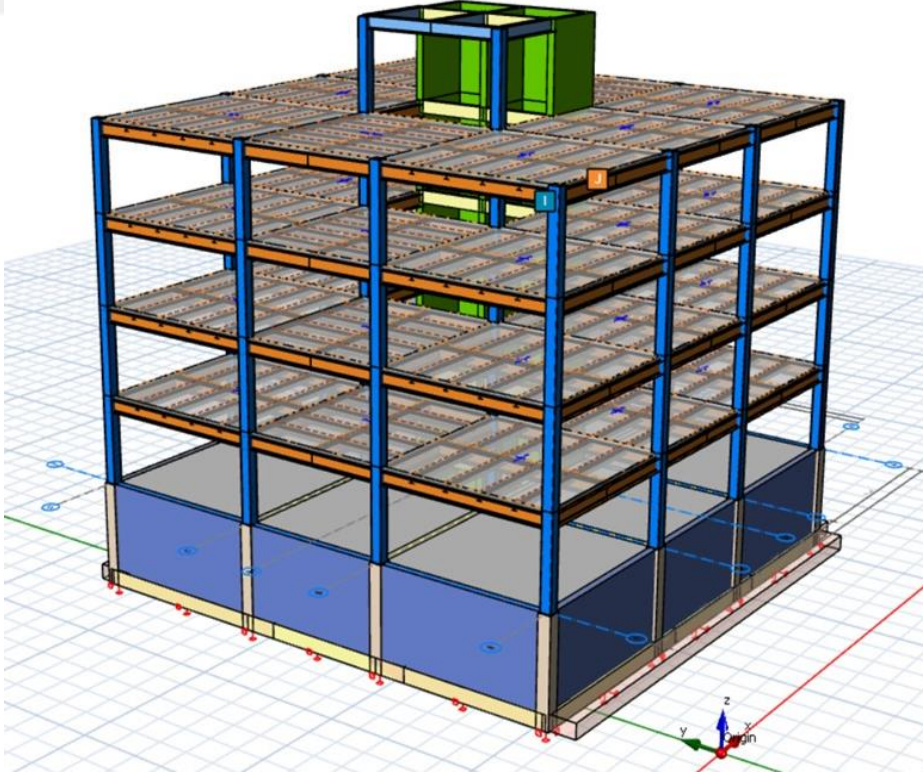
Çalışmada incelenen betonarme taşıyıcı sistem, çelik taşıyıcı sistem ve kompozit taşıyıcı sistem için ProtaStructure programı modelleri sırasıyla Şekil 4.1-4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.1. Betonarme taşıyıcı sistemli ofis binası ProtaStructure modeli



Şekil 4.2. Çelik taşıyıcı sistemli ofis binası ProtaStructure modeli



Şekil 4.3. Kompozit taşıyıcı sistemli ofis binası ProtaStructure modeli

4.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modeli Analiz Sonuçları

4.1.1. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Ağırlıkları

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin deprem yükü hesabı için bulunan bina ağırlıkları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için bina ağırlıkları (ton)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Ağırlığı (ton)
ZA	2311,500
ZB	2311,500
ZC	2311,500
ZD	2606,603
ZE	2997,874

4.1.2. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Doğal Titreşim Periyotları

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için hesap sonucu bulunan bina periyodları sırasıyla Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’te verilmiştir. TBDY 2019’da Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’nde hesaba katılacak temel periyod için amprlik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyoduna bağlı olarak ($T_p^{\max}=1,4T_{pA}$) sınırlama getirilmiş olup, Tablo 4.2 ve Tablo 4.3’te bina periyodu için bu sınır değeri de verilmiştir.

Tablo 4.2. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü bina periyodları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina periyodu (s)		
	T_p	$T_{p\max}$	T_{hesap}
ZA	0,568	1,373	0,568
ZB	0,568	1,373	0,568
ZC	0,568	1,373	0,568
ZD	0,463	1,373	0,463
ZE	0,390	1,373	0,390

Tablo 4.3. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü bina periyodları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina periyodu (s)		
	T_p	T_{pmax}	T_{hesap}
ZA	0,357	1,373	0,357
ZB	0,357	1,373	0,357
ZC	0,357	1,373	0,357
ZD	0,341	1,373	0,341
ZE	0,318	1,373	0,318

4.1.3. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Deprem Kuvvetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönünde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için bulunan taban kesme kuvvetleri (V_E) ile Mod Birleştirme Yöntemi için bulunan taban kesme kuvvetleri (V_{MB}) sırasıyla Tablo 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.4. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü taban kesme kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina taban kesme kuvvetleri (kN)	
	V_E	V_{MB}
ZA	854,608	802,458
ZB	857,159	804,812
ZC	1602,081	1504,364
ZD	3074,935	2887,868
ZE	5007,622	4702,325

Tablo 4.5. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü taban kesme kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina taban kesme kuvvetleri (kN)	
	V_E	V_{MB}
ZA	1353,849	1271,278
ZB	1357,478	1274,613
ZC	2532,677	2378,140
ZD	3652,273	6140,668
ZE	5494,414	7038,185

4.1.4. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Görelî Kat Ötelemeleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin 3. normal kat görelî kat ötelemesi değerleri ile görelî kat ötelemesi sınırı, x ve y yönü için sırasıyla Tablo 4.6 ve Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.6. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü görelî kat ötelemesi değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	$\delta_{i,max}$ (mm)	$\lambda\delta_{i,max}/h$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	14,573	0,00165	0,008
ZB	14,619	0,00170	0,008
ZC	27,320	0,00330	0,008
ZD	25,850	0,00357	0,008
ZE	23,205	0,00479	0,008

Tablo 4.7. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü görelî kat ötelemesi değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	$\delta_{i,max}$ (mm)	$\lambda\delta_{i,max}/h$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	16,829	0,00198	0,008
ZB	23,381	0,00206	0,008
ZC	31,483	0,00374	0,008
ZD	33,427	0,00511	0,008
ZE	28,824	0,00547	0,008

4.1.5. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İkinci Mertebe Etkileri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizi TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i) Tablo 4.8-4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.8. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZA	3. Normal Kat	0,0065	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0079	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0083	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0062	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0006	0,090	1,0

Tablo 4.9. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZA	3. Normal Kat	0,0035	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0044	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0050	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0041	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,090	1,0

Tablo 4.10. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZB	3. Normal Kat	0,0065	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0079	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0083	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0062	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0006	0,090	1,0

Tablo 4.11. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZB	3. Normal Kat	0,0035	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0044	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0050	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0041	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,090	1,0

Tablo 4.12. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sımr}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZC	3. Normal Kat	0,0065	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0079	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0083	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0062	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0006	0,090	1,0

Tablo 4.13. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sımr}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZC	3. Normal Kat	0,0035	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0044	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0050	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0041	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,090	1,0

Tablo 4.14. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sımr}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZD	3. Normal Kat	0,0037	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0050	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0057	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0046	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0005	0,090	1,0

Tablo 4.15. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sımr}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZD	3. Normal Kat	0,0029	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0039	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0046	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0039	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0004	0,090	1,0

Tablo 4.16. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci mertbe etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZE	3. Normal Kat	0,0024	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0034	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0041	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0034	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0005	0,090	1,0

Tablo 4.17. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci mertbe etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZE	3. Normal Kat	0,0022	0,090	1,0
	2. Normal Kat	0,0029	0,090	1,0
	1. Normal Kat	0,0034	0,090	1,0
	Zemin Kat	0,0029	0,090	1,0
	Bodrum Kat	0,0004	0,090	1,0

4.1.6. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İç Kuvvetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat B4 aksı kolonunun G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez yükleme birleşimi için normal kuvvet (N) değerleri, kesme kuvveti (T) değerleri ve momenti (M) değerleri Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat B4 aksı kolonunun iç kuvvet değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Normal Kuvvet (kN)	Kesme Kuvveti (kN)	Açıklık Momenti (kNm)
ZA	1115,907	51,110	83,48
ZB	1122,735	51,208	83,78
ZC	1168,989	58,605	103,10
ZD	1595,371	97,453	188,06
ZE	1396,944	170,871	392,89

Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat A4-B4 aksı kat kirişinin $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için normal kuvvet (N) değerleri, kesme kuvveti (T) değerleri ve moment (M) değerleri Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin iç kuvvetleri

Yerel Zemin Sınıfı	Normal Kuvvet (kN)	Kesme Kuvveti (kN)	Açıklık Momenti (kNm)	Mesnet Momenti (kNm)
ZA	-	69,749	57,68	82,80
ZB	-	69,739	57,68	82,80
ZC	-	69,347	57,68	81,52
ZD	-	83,817	65,92	97,81
ZE	-	101,023	69,06	124,78

4.1.7. Betonarme Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Taşıyıcı Sistem Maliyetleri

Çalışmada TBDY 2019’a göre tasarımları farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan örnek ofis binası modellerinin taşıyıcı sistem yapım maliyetleri de hesaplanarak birbiriyle karşılaştırılmıştır. Örnek ofis binası taşıyıcı sistem yapım maliyet hesaplarında farklı taşıyıcı sistem türlerindeki ortak imalatlar yerine farklı imalatlar dikkate alınmıştır. Böylece örnek ofis binası modeli üzerinden taşıyıcı sistem türü ile yerel zemin sınıfının taşıyıcı sistem yapım maliyetleri üzerindeki etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmada örnek ofis binası modellerinin taşıyıcı sistem maliyet hesaplarında T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2025 İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları’ndan yararlanılmıştır.

Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türünün taşıyıcı sistem yapım maliyeti hesaplarında dikkate alınan imalat kalemleri ve birim fiyatları özet olarak Tablo 4.20’de verilmiştir.

Tablo 4.20. Taşıyıcı sistem yapım maliyeti hesabında dikkate alınan imalatlar ve birim fiyatları

Poz Numarası	Tanımı	Birimi	Birim Fiyatı (TL)
15.150.1106	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan C30/37 hazır beton	m ³	3.963,78
15.160.1003	Ø8-Ø12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	ton	39.429,35
15.160.1004	Ø14-Ø28 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	ton	38.016,85
15.165.1001	Her türlü profil demirlerin münferit veya birleşik olarak hazırlanması ve yerine tespit edilmesi	ton	70.453,66
15.180.1003	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	m ²	267,76
15.185.1006	Çelik borudan kalıp iskele yapılması (0,00-4,00 m arası)	m ³	103,20
15.540.1123	Demir yüzeylere iki kat solvent bazlı epoksi boya yapılması	m ²	328,90
19.100.1113	Mobil vinç'in 1 saatlik ücreti	sa	1.079,77
15.100.1004	1 ton her cins betonarme demiri, profil ve lama demiri ile sacların taşıtlara yükleme, boşaltma ve istifi	ton	134,98

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri yapılan betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için Tablo 4.20’de verilen imalatlar için taşıyıcı sistem yapım maliyetleri Tablo 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.21. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için taşıyıcı sistem maliyetleri ve m² maliyetleri

Yerel Zemin Sınıfı	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Kaba Yapım Maliyeti (TL)	7.485.939,03	7.485.939,03	7.485.939,03	8.804.819,89	9.969.626,27
m² Maliyeti (TL/m²)	2.968,84	2.968,84	2.968,84	3.458,08	3.840,62

4.2. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modeli Analiz Sonuçları

4.2.1. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Ağırlıkları

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin deprem yükü hesabı için bulunan bina ağırlıkları Tablo 4.22’de verilmiştir.

Tablo 4.22. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için bina ağırlıkları (ton)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Ağırlığı (ton)
ZA	1596,468
ZB	1596,468
ZC	1596,468
ZD	1608,168
ZE	1751,982

4.2.2. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Doğal Titreşim Periyotları

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için hesap sonucu bulunan bina periyodları sırasıyla Tablo 4.23-4.24’te verilmiştir.

TBDY 2019’da Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi’nde hesaba katılacak temel periyod için amprik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyoduna bağlı olarak ($T_p^{max}=1,4T_{pA}$) sınırlama getirilmiş olup, Tablo 4.23 ve Tablo 4.24’te bina periyodu için bu sınır değer de verilmiştir.

Tablo 4.23. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü bina periyodları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina periyodu (s)		
	T_p	T_{pmax}	T_{hesap}
ZA	0,386	1,099	0,386
ZB	0,386	1,099	0,386
ZC	0,386	1,099	0,386
ZD	0,373	1,099	0,373
ZE	0,308	1,099	0,308

Tablo 4.24. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü bina periyodları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina periyodu (s)		
	T_p	T_{pmax}	T_{hesap}
ZA	0,243	1,099	0,243
ZB	0,243	1,099	0,243
ZC	0,243	1,099	0,243
ZD	0,228	1,099	0,228
ZE	0,188	1,099	0,188

4.2.3. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Deprem Kuvvetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönünde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için bulunan taban kesme kuvvetleri (V_E) ile Mod Birleştirme Yöntemi için bulunan taban kesme kuvvetleri (V_{MB}) sırasıyla Tablo 4.25 ve Tablo 4.26’da verilmiştir.

Tablo 4.25. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü taban kesme kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina taban kesme kuvvetleri (kN)	
	V_E	V_{MB}
ZA	867,224	804,028
ZB	865,752	802,654
ZC	1625,027	1506,620
ZD	2149,430	1992,803
ZE	3249,209	3017,360

Tablo 4.26. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü taban kesme kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina taban kesme kuvvetleri (kN)	
	V_E	V_{MB}
ZA	1609,752	1492,395
ZB	1687,507	1564,499
ZC	2745,221	2545,106
ZD	2728,043	4333,469
ZE	3908,098	4537,517

4.2.4. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Görelî Kat Ötelemeleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin 3. normal kat görelî kat ötelemesi değerleri ve görelî kat ötelemesi sınırları, x ve y yönü için sırasıyla Tablo 4.27 ve Tablo 4.28’de verilmiştir.

Tablo 4.27. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü görelî kat ötelemesi değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	$\delta_{i,max}$ (mm)	$\lambda\delta_{i,max}/h$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	10,044	0,00124	0,004
ZB	10,027	0,00124	0,004
ZC	18,821	0,00221	0,004
ZD	21,885	0,00307	0,004
ZE	17,710	0,00342	0,004

Tablo 4.28. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü görelî kat ötelemesi değerleri

Yerel Zemin Sınıfları	$\delta_{i,max}$ (mm)	$\lambda\delta_{i,max}/h$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	8,131	0,00078	0,004
ZB	8,524	0,00078	0,004
ZC	13,866	0,00169	0,004
ZD	16,687	0,00243	0,004
ZE	9,844	0,00192	0,004

4.2.5. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İkinci Mertebe Etkileri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel sınıfları için yapılan çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i) sırasıyla Tablo 4.29-4.38’de verilmiştir.

Tablo 4.29. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZA	3. Normal Kat	0,0028	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0035	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0038	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0031	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0004	0,090	1,0

Tablo 4.30. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZA	3. Normal Kat	0,0013	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0017	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0020	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0019	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,090	1,0

Tablo 4.31. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZB	3. Normal Kat	0,0028	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0035	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0038	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0031	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0004	0,090	1,0

Tablo 4.32. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZB	3. Normal Kat	0,0013	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0017	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0020	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0019	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,090	1,0

Tablo 4.33. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZC	3. Normal Kat	0,0028	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0035	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0038	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0031	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0004	0,090	1,0

Tablo 4.34. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZC	3. Normal Kat	0,0013	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0017	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0020	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0019	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,090	1,0

Tablo 4.35. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZD	3. Normal Kat	0,0025	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0032	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0036	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0029	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0004	0,090	1,0

Tablo 4.36. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZD	3. Normal Kat	0,0010	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0013	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0015	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0014	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,090	1,0

Tablo 4.37. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZE	3. Normal Kat	0,0015	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0021	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0025	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0023	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,090	1,0

Tablo 4.38. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZE	3. Normal Kat	0,0006	0,045	1,0
	2. Normal Kat	0,0008	0,045	1,0
	1. Normal Kat	0,0009	0,045	1,0
	Zemin Kat	0,0009	0,045	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,090	1,0

4.2.6. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları İçin İç Kuvvetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat B4 aksı kolonunun G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez yükleme birleşimi için normal kuvvet (N) değerleri, kesme kuvveti (T) değerleri ve momenti (M) değerleri Tablo 4.39’da verilmiştir.

Tablo 4.39. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat B4 aksı kolonunun iç kuvvet değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Normal Kuvvet (kN)	Kesme Kuvveti (kN)	Açıklık Momenti (kNm)
ZA	442,529	11,438	17,168
ZB	424,969	11,203	16,873
ZC	451,760	16,088	23,936
ZD	454,093	25,143	37,474
ZE	632,941	36,650	49,541

Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat A4-B4 aksı kat kirişinin $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için normal kuvvet (N) değerleri, kesme kuvveti (T) değerleri ve moment (M) değerleri Tablo 4.40'da verilmiştir.

Tablo 4.40. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin iç kuvvetleri

Yerel Zemin Sınıfı	Normal Kuvvet (kN)	Kesme Kuvveti (kN)	Açıklık Momenti (kNm)	Mesnet Momenti (kNm)
ZA	-	39,142	33,158	46,107
ZB	-	38,877	32,962	45,911
ZC	-	37,062	30,313	43,164
ZD	-	39,309	28,351	51,797
ZE	-	43,311	30,411	66,119

4.2.7. Çelik Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Taşıyıcı Sistem Maliyetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri yapılan çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel sınıfları için Tablo 4.20'de verilen imalatlar için taşıyıcı sistem maliyetleri Tablo 4.41'de verilmiştir.

Tablo 4.41. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfı için taşıyıcı sistem maliyetleri ve m^2 maliyetleri

Yerel Zemin Sınıfı	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Kaba Yapım Maliyeti (TL)	18.972.756,11	18.972.756,11	18.972.756,11	19.988.890,17	26.597.615,59
m^2 Maliyeti (TL/ m^2)	7.524,39	7.524,39	7.524,39	7.927,38	10.548,33

4.3. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modeli Analiz Sonuçları

4.3.1. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Ağırlıkları

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin deprem yükü hesabı için bulunan bina ağırlıkları Tablo 4.42’de verilmiştir.

Tablo 4.42. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için bina ağırlıkları (ton)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Ağırlığı (ton)
ZA	1648,426
ZB	1648,426
ZC	1648,426
ZD	1674,715
ZE	1874,959

4.3.2. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Bina Doğal Titreşim Periyotları

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için hesap sonucu bulunan bina periyodları sırasıyla Tablo 4.43-4.44’te verilmiştir. TBDY 2019’da Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi’nde hesaba katılacak temel periyod için amprik olarak hesaplanan hakim doğal titreşim periyoduna bağlı olarak ($T_p^{\max}=1,4T_{pA}$) sınırlama getirilmiş olup, Tablo 4.43 ve Tablo 4.44’te bina periyodu için bu sınır değer de verilmiştir.

Tablo 4.43. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü bina periyodları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina periyodu (s)		
	T_p	$T_{p\max}$	T_{hesap}
ZA	0,361	1,099	0,361
ZB	0,361	1,099	0,361
ZC	0,361	1,099	0,361
ZD	0,349	1,099	0,349
ZE	0,279	1,099	0,279

Tablo 4.44. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü bina periyodları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina periyodu (s)		
	T_p	T_{pmax}	T_{hesap}
ZA	0,251	1,099	0,251
ZB	0,251	1,099	0,251
ZC	0,251	1,099	0,251
ZD	0,239	1,099	0,239
ZE	0,194	1,099	0,194

4.3.3. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfı için Deprem Kuvvetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönünde Eşdeğer Deprem Yüğü Yöntemi için bulunan taban kesme kuvvetleri (V_E) ile Mod Birleştirme Yöntemi için bulunan taban kesme kuvvetleri (V_{MB}) sırasıyla Tablo 4.45-4.46'da verilmiştir.

Tablo 4.45. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü taban kesme kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina taban kesme kuvvetleri (kN)	
	V_E	V_{MB}
ZA	1273,171	1180,535
ZB	1277,370	1184,361
ZC	2386,999	2213,332
ZD	3036,695	2815,862
ZE	4622,423	4293,052

Tablo 4.46. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü taban kesme kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina taban kesme kuvvetleri (kN)	
	V_E	V_{MB}
ZA	2165,960	2008,303
ZB	2274,968	2109,444
ZC	3661,121	3394,652
ZD	3591,176	5774,656
ZE	5227,131	5830,672

4.3.4. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Görelî Kat Ötelemeleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin 3. normal kat görelî kat ötelemesi değerleri ve görelî kat ötelemesi sınırları, x ve y yönü için sırasıyla Tablo 4.47 ve Tablo 4.48’de verilmiştir.

Tablo 4.47. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü görelî kat ötelemesi değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	$\delta_{i,max}$ (mm)	$\lambda\delta_{i,max}/h$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	8,888	0,00105	0,004
ZB	8,918	0,00124	0,004
ZC	16,665	0,00207	0,004
ZD	18,463	0,00255	0,004
ZE	12,949	0,00274	0,004

Tablo 4.48. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü görelî kat ötelemesi değerleri

Yerel Zemin Sınıfları	$\delta_{i,max}$ (mm)	$\lambda\delta_{i,max}/h$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	8,704	0,00098	0,004
ZB	9,142	0,00118	0,004
ZC	14,713	0,00170	0,004
ZD	11,994	0,00175	0,004
ZE	9,101	0,00205	0,004

4.3.5. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İkinci Mertebe Etkileri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel sınıfları için yapılan kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i) sırasıyla Tablo 4.49-4.54’te verilmiştir.

Tablo 4.49. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZA	3. Normal Kat	0,0023	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0030	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0034	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0028	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,100	1,0

Tablo 4.50. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZA yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZA	3. Normal Kat	0,0014	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0019	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0022	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0020	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,100	1,0

Tablo 4.51. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZB	3. Normal Kat	0,0023	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0030	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0034	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0028	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,100	1,0

Tablo 4.52. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZB yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZB	3. Normal Kat	0,0014	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0019	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0022	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0020	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,100	1,0

Tablo 4.53. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZC	3. Normal Kat	0,0023	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0030	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0034	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0028	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,100	1,0

Tablo 4.54. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZC yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZC	3. Normal Kat	0,0014	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0019	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0022	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0020	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,100	1,0

Tablo 4.55. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZD	3. Normal Kat	0,0021	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0028	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0032	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0027	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,100	1,0

Tablo 4.56. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZD yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZD	3. Normal Kat	0,0012	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0015	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0017	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0016	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,100	1,0

Tablo 4.57. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için x yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZE	3. Normal Kat	0,0011	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0016	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0020	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0020	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0003	0,100	1,0

Tablo 4.58. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 ZE yerel zemin sınıfı için y yönü ikinci merteye etki gösterge değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Kat No	θ_i	$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$	$\beta_{II}=0,88+C_h.R.\theta_{II,max}/D$ ($\beta_{II}\geq 1$)
ZE	3. Normal Kat	0,0006	0,050	1,0
	2. Normal Kat	0,0008	0,050	1,0
	1. Normal Kat	0,0010	0,050	1,0
	Zemin Kat	0,0010	0,050	1,0
	Bodrum Kat	0,0002	0,100	1,0

4.3.6. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için İç Kuvvetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için yapılan kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat B4 aksı kolonunun $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için normal kuvvet (N) değerleri, kesme kuvveti (T) değerleri ve momenti (M) değerleri Tablo 4.59’da verilmiştir.

Tablo 4.59. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat B4 aksı kolonunun iç kuvvet değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	Normal Kuvvet (kN)	Kesme Kuvveti (kN)	Açıklık Momenti (kNm)
ZA	802,203	29,763	44,341
ZB	818,399	29,989	44,537
ZC	978,538	42,046	62,097
ZD	1053,692	58,870	87,701
ZE	885,156	94,284	132,533

Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat A4-B4 aksı kat kirişinin $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için normal kuvvet (N) değerleri, kesme kuvveti (T) değerleri ve moment (M) değerleri Tablo 4.60'da verilmiştir.

Tablo 4.60. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin iç kuvvetleri

Yerel Zemin Sınıfı	Normal Kuvvet (kN)	Kesme Kuvveti (kN)	Açıklık Momenti (kNm)	Mesnet Momenti (kNm)
ZA	-	44,155	35,806	53,759
ZB	-	44,488	36,003	54,347
ZC	-	44,567	34,335	54,544
ZD	-	44,891	31,588	60,430
ZE	-	49,697	30,411	88,781

4.3.7. Kompozit Taşıyıcı Sistemli Örnek Ofis Binası Modelinin TBDY 2019 Farklı Yerel Zemin Sınıfları için Taşıyıcı Sistem Maliyetleri

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri yapılan kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel sınıfları için Tablo 4.20'de verilen imalatlar için taşıyıcı sistem maliyetleri Tablo 4.41'de verilmiştir.

Tablo 4.61. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfı için taşıyıcı sistem maliyetleri ve m^2 maliyetleri

Yerel Zemin Sınıfı	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
Kaba Yapım Maliyeti (TL)	18.017.926,31	18.017.926,31	18.017.926,31	19.008.424,11	25.539.417,91
m^2 Maliyeti (TL/ m^2)	7.145,72	7.145,72	7.145,72	7.538,54	10.128,66

4.4. Örnek Ofis Binası Modelinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

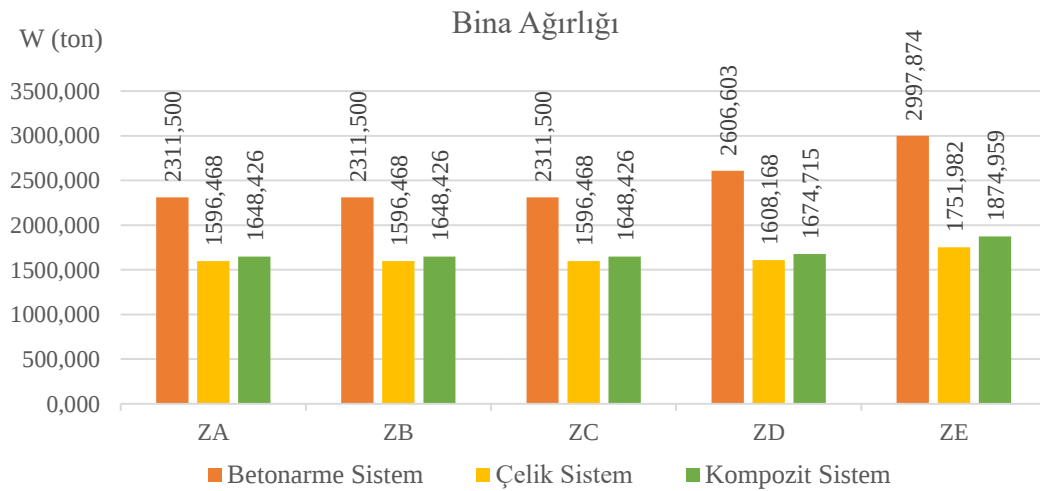
4.4.1. Örnek Ofis Binası Modelinin Bina Ağırlıklarının Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan örnek ofis binası modellerinin Eşdeğer Deprem Yükü Hesabına esas bina ağırlıklarının değişimi Tablo 4.62’de verilmiştir.

Tablo 4.62. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için bina ağırlıkları

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Ağırlığı (ton)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	2311,500	1596,468	1648,426
ZB	2311,500	1596,468	1648,426
ZC	2311,500	1596,468	1648,426
ZD	2606,603	1608,168	1674,715
ZE	2997,874	1751,982	1874,959

Tablo 4.62’de farklı taşıyıcı sistem türleri için verilen bina ağırlıklarının değişiminin daha kolay yorumlanabilmesi için örnek ofis binası modelinin bina ağırlıklarının taşıyıcı sisteme ve yerel zemin sınıfına göre değişimi Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.4. Örnek ofis binası modellerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için bina ağırlıkları

Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için bina ağırlıklarının değişiminin gösterildiği Tablo 4.62 ve Şekil 4.4 incelendiğinde, TBDY 2019'daki tüm yerel zemin sınıflarında betonarme taşıyıcı sistemli modellerin bina ağırlığının en fazla olduğu, çelik taşıyıcı sistemli modellerin bina ağırlığının ise en az olduğu görülmektedir. Kompozit taşıyıcı sistemli modellerin bina ağırlıkları ile çelik taşıyıcı sistemli modellerin bina ağırlıkları birbirine oldukça yakın değerler almaktadır. Kompozit taşıyıcı sistemli modellerin bina ağırlıkları, betonarme taşıyıcı sistem ile çelik taşıyıcı sistem ağırlıklarının arasındadır.

Tez çalışmasının 4.1-4.3 bölümlerinde verilen yapısal analiz sonuçlarına göre farklı taşıyıcı sisteme sahip örnek ofis binası modellerinin deprem yükleri farklı yerel zemin sınıfları için değişmekte olup, sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına (ZA'dan ZE'ye) gidildikçe deprem yükleri artmaktadır. Artan deprem yükleri ile birlikte taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan iç kuvvetler ve bu iç kuvvetleri karşılayacak taşıyıcı sistem eleman boyutları artmaktadır. Örnek ofis binası modellerinin taşıyıcı sistem elemanı boyutlarının artışı, bina ağırlıklarının ZA yerel zemin sınıfından ZE yerel zemin sınıfına gidildikçe artmasına sebep olmaktadır (Tablo 4.62 ve Şekil 4.4).

4.4.2. Örnek Ofis Binası Modeli Bina Periyotlarının Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan örnek ofis binası modelinin x ve y yönü bina periyotlarının değişimi sırasıyla Tablo 4.63 ve Tablo 4.64'te verilmiştir.

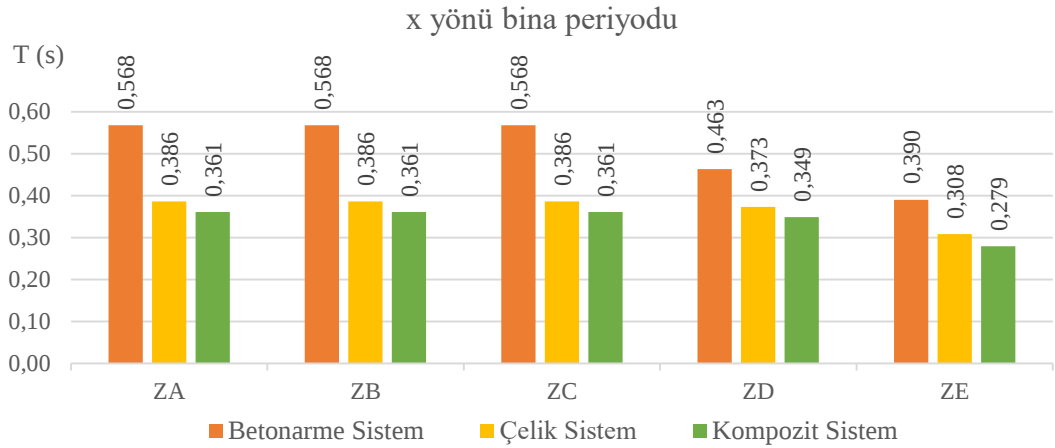
Tablo 4.63. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü doğal titreşim periyotları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Doğal Titreşim Periyodu (s)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	0,568	0,386	0,361
ZB	0,568	0,386	0,361
ZC	0,568	0,386	0,361
ZD	0,463	0,373	0,349
ZE	0,390	0,308	0,279

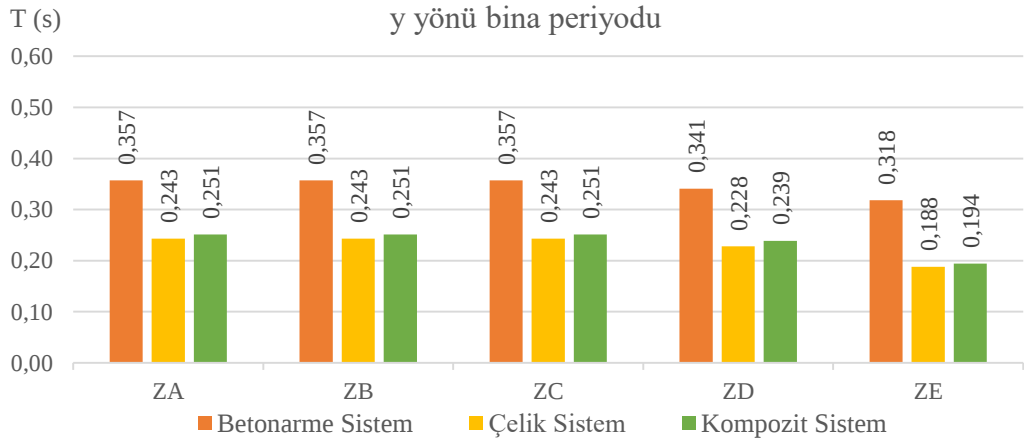
Tablo 4.64. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü doğal titreşim periyodları (s)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Doğal Titreşim Periyodu (s)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	0,357	0,243	0,251
ZB	0,357	0,243	0,251
ZC	0,357	0,243	0,251
ZD	0,341	0,228	0,239
ZE	0,318	0,188	0,194

Tablo 4.63 ve Tablo 4.64’de farklı taşıyıcı sistem türleri için verilen bina periyod değerlerinin değişiminin daha kolay yorumlanabilmesi için örnek ofis binası modelinin x ve y yönü periyodlarının taşıyıcı sisteme ve yerel zemin sınıfına göre değişimi sırasıyla Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.5. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü bina periyodları



Şekil 4.6. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü bina periyodları

Çalışmada incelenen örnek ofis binası modelinin ataletleri x ve y yönünde birbirinden farklı olduğu için x ve y yönü bina periyodları birbirinden farklı değerler almaktadır. Çalışmada incelenen taşıyıcı sistem türlerinin tamamında x yönü bina periyodları, y yönü bina periyodlarından büyüktür (Tablo 4.63-4.64 ve Şekil 4.5-4.6).

Taşıyıcı sistem türlerinin tamamında örnek ofis binası modelinin x ve y yönünde ZA, ZB ve ZC yerel zemin sınıfları için bina periyodları birbirine eşit iken, ZD ile ZE yerel zemin sınıflarında artan kesit tesirlerini karşılamak için her iki yönde de bina rijitliğinin artmasından dolayı bina periyodları düşmüştür (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

Tablo 4.63-4.64 ile Şekil 4.5-4.6 incelendiğinde her iki deprem yönünde de TBDY 2019'daki tüm yerel zemin sınıflarında en büyük periyot değerleri betonarme taşıyıcı sistem modeli için bulunmuştur. Çelik ve kompozit taşıyıcı sistem modelleri için hesaplanan periyot değerleri birbirine oldukça yakın olup, bunlar betonarme taşıyıcı sistem periyot değerlerinden küçüktür.

Yerel zemin sınıflarının tamamında çelik taşıyıcı sistem modelinin x yönü periyotları kompozit taşıyıcı sistem modelinin periyotlarından büyüktür, y yönünde ise çelik taşıyıcı sistem modelinin periyotları kompozit taşıyıcı sistem modelinin periyotlarından küçüktür.

Çalışma kapsamında farklı taşıyıcı sistem türleri için bulunan periyot değerlerinin bina ağırlıkları ile uyumlu olduğu görülmüştür.

4.4.3. Örnek Ofis Binası Modeli Deprem Kuvvetlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için eşdeğer yükü yöntemine göre hesaplanan deprem yükleri sırasıyla Tablo 4.65 ve Tablo 4.66'da verilmiştir.

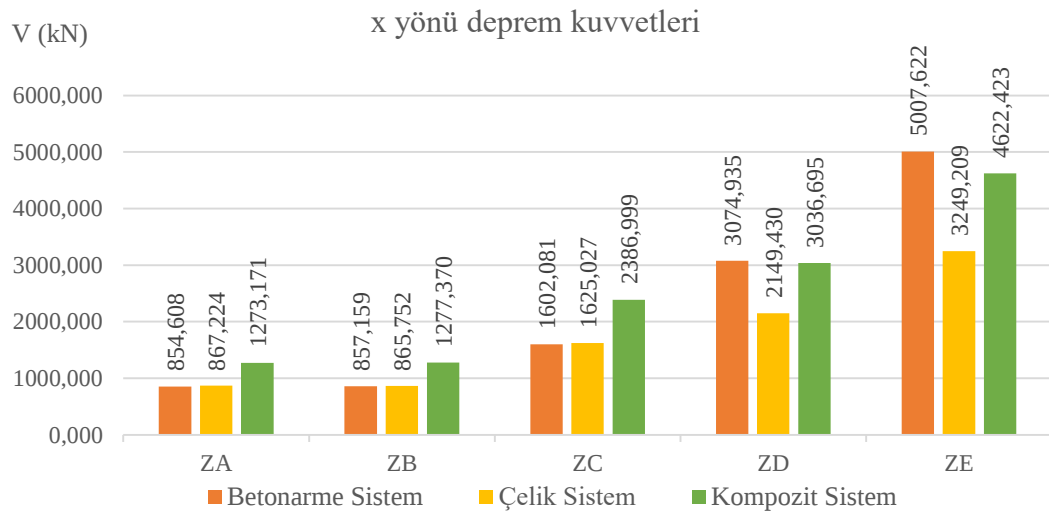
Tablo 4.65. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü deprem kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Deprem Kuvvetleri (kN)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	854,608	867,224	1273,171
ZB	857,159	865,752	1277,370
ZC	1602,081	1625,027	2386,999
ZD	3074,935	2149,430	3036,695
ZE	5007,622	3249,209	4622,423

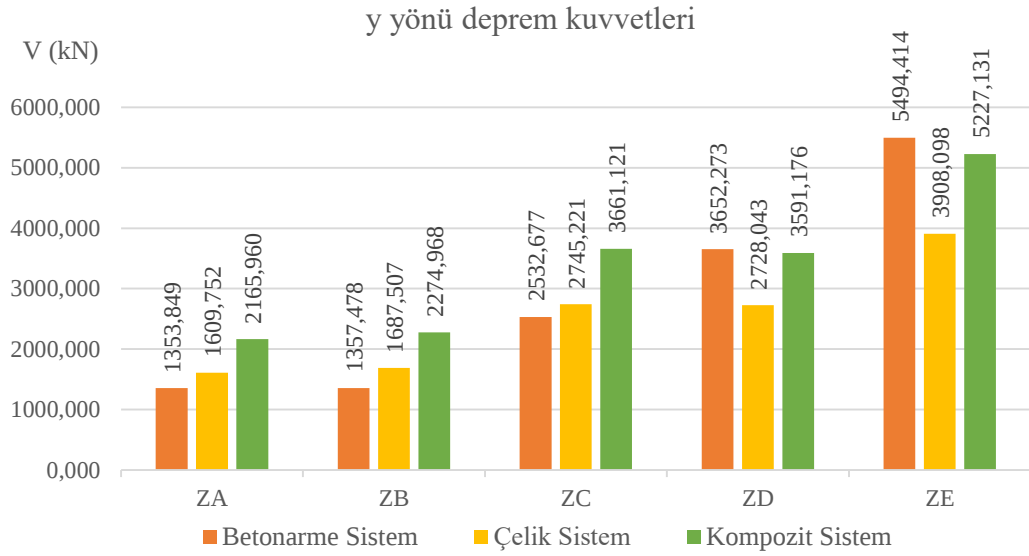
Tablo 4.66. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü deprem kuvvetleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	Bina Deprem Kuvvetleri (kN)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	1353,849	1609,752	2165,960
ZB	1357,478	1687,507	2274,968
ZC	2532,677	2745,221	3661,121
ZD	3652,273	2728,043	3591,176
ZE	5494,414	3908,098	5227,131

Tablo 4.65 ve Tablo 4.66’da tablo halinde verilen deprem kuvvetlerinin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişiminin daha kolay yorumlanabilmesi için örnek ofis binası modellerinin TBDY 2019’daki farklı yerel zemin sınıfları için x ve y yönü deprem kuvvetleri sırasıyla Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için x yönü deprem kuvvetlerinin değişimi



Şekil 4.8. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için y yönü deprem kuvvetlerinin değişimi

Çalışmada incelenen tüm taşıyıcı sistem türleri için örnek ofis binası modeline x ve y yönünde etki eden deprem kuvvetleri birbirinden farklıdır. Çalışmada incelenen farklı taşıyıcı sistem türlerine sahip örnek ofis binası modellerinin tamamında binaya y yönünde etki eden deprem kuvvetlerinin, x yönünde etki eden deprem kuvvetlerinden büyük olduğu Tablo 4.65 ve Tablo 4.66'dan görülmektedir.

İncelenen taşıyıcı sistem türlerinin tamamında örnek ofis binası modelinin TBDY 2019'a göre x ve y yönü için hesaplanan deprem kuvvetlerinin yerel zemin sınıfına göre değiştiği, yerel zemin sınıfı kötüleştikçe (ZA'dan ZE'ye doğru gidildikçe) deprem kuvvetlerinin arttığı Tablo 4.65-4.66 ve Şekil 4.7-4.8'den görülmektedir.

Çalışmada incelenen örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için en büyük deprem kuvvetleri ZA, ZB ve ZC yerel zemin sınıflarında kompozit taşıyıcı sistem modeline, ZD ile ZE yerel zemin sınıflarında ise betonarme taşıyıcı sistem modeline etki etmektedir.

Bu durum sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına gidildikçe betonarme taşıyıcı sistem modelinin binaya etkiyen deprem kuvvetleri altında diğer taşıyıcı sistem türlerine oranla daha elverişsiz taşıma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir.

4.4.4. Örnek Ofis Binası Modeli Göreli Kat Ötelemesi Değerlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması

TBDY 2019’da göreli kat ötelemesi sınır değeri olarak, bina taşıyıcı elemanları ile ikincil elemanlar olan duvarlar ve cephe kaplamaları ara yüzünde esnek derz veya esnek bağlantı detayı olup olmamasına göre iki farklı sınır değeri verilmiştir.

Esnek derz detayı kullanılmaması durumunda; $\lambda(\delta_{i,max}/h_i) \leq 0,008\kappa$,

Esnek derz detayı kullanılması durumunda; $\lambda(\delta_{i,max}/h_i) \leq 0,016\kappa$ olmaktadır.

Yukarıdaki ifadelerde λ katsayısı binanın göz önüne alınan deprem doğrultusundaki hakim titreşim periyodu için DD3 deprem yer hareketine ait elastik tasarım spektral ivme değerinin DD2 deprem yer hareketine ait spektral ivme değerine oranı ($\lambda = S_{ae}(T)^{DD3}/S_{ae}(T)^{DD2}$) olarak ifade edilmektedir.

TBDY 2019’un bu yaklaşımı ile her bina ve her doğrultu için deprem ve taşıyıcı sistem özelliklerine bağlı olarak farklı göreli kat ötelemesi ve göreli kat ötelemesi sınır değerleri uygulanacaktır (Zorlu ve Akbaş, 2017).

Örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x ve y yönü göreli kat ötelemesi değerlerinin değişimi sırasıyla Tablo 4.67 ve Tablo 4.68’de verilmiştir.

Tablo 4.67. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türlerinin farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat x yönü göreli kat ötelemesi değerleri

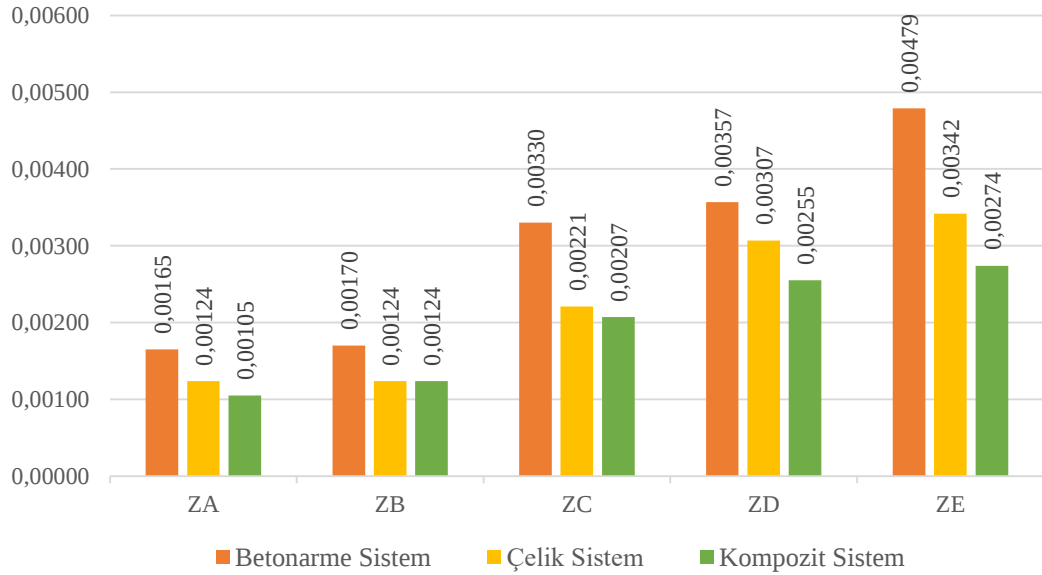
Yerel Zemin Sınıfı	x yönü göreli kat ötelemesi değerleri ($\lambda\delta_{i,max}/h$)			Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik ve Kompozit Taşıyıcı Sistem
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	0,00165	0,00124	0,00105	0,008	0,004
ZB	0,00170	0,00124	0,00124	0,008	0,004
ZC	0,00330	0,00221	0,00207	0,008	0,004
ZD	0,00357	0,00307	0,00255	0,008	0,004
ZE	0,00479	0,00342	0,00274	0,008	0,004

Tablo 4.68. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türlerinin farklı yerel zemin sınıfları için 3. normal kat y yönü göreli kat ötelemesi değerleri

Yerel Zemin Sınıfı	y yönü göreli kat ötelemesi değerleri ($\lambda\delta_i, \max/h$)			Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik ve Kompozit Taşıyıcı Sistem
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$	$\lambda_{sınır}=0,008\kappa$
ZA	0,00198	0,00078	0,00098	0,008	0,004
ZB	0,00206	0,00078	0,00118	0,008	0,004
ZC	0,00374	0,00169	0,00170	0,008	0,004
ZD	0,00511	0,00243	0,00175	0,008	0,004
ZE	0,00547	0,00192	0,00205	0,008	0,004

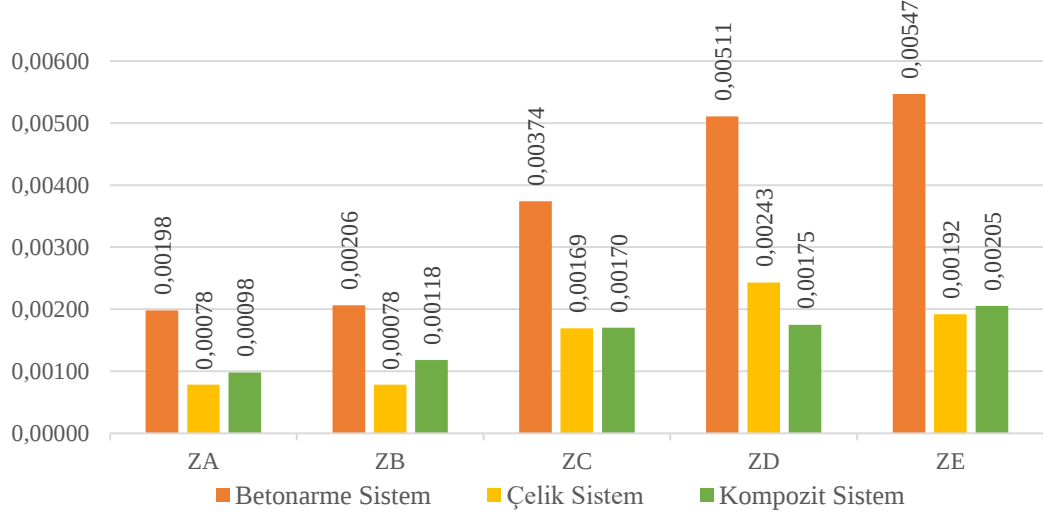
Örnek ofis binası modelinin x ve y yönünde 3. normal kat göreli kat ötelemesi değerlerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için değişimi sırasıyla Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.

x yönü göreli kat ötelemesi değerleri



Şekil 4.9. Örnek ofis binası modellerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için 3. normal kat x yönü göreli kat ötelemesi değerlerinin değişimi

y yönü görelî kat ötelemesi değeri



Şekil 4.10. Örnek ofis binası modellerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için 3. normal kat y yönü görelî kat ötelemesi değeri değişimi

Tablo 4.67-4.68 incelendiğinde örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için görelî kat ötelemesi değeri TBDY 2019 yönetmeliğinde verilen sınır koşullarını sağladığı görülmektedir. Çalışmada incelenen taşıyıcı sistem türlerinin tamamında TBDY 2019 için x ve y yönünde hesaplanan görelî kat ötelemesi değeri sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına (ZA'dan ZE'ye) doğru gidildikçe artmakta, farklı yerel zemin sınıflarında görelî kat ötelemesi değeri farklı değerler almaktadır.

Örnek ofis binası modellerinin ZD ve ZE yerel zemin sınıflarına göre tasarımında diğer yerel zemin sınıflarında (ZA, ZB ve ZC) kullanılan kolon kesitleri ile x ve y deprem yönünde TBDY 2019 yönetmeliği görelî kat ötelemesi sınır koşulları sağlanamadığı için kolon kesitleri arttırılmıştır.

Örnek ofis binası modellerinde x yönü görelî kat ötelemesinin en büyük değeri betonarme taşıyıcı sistemde, en küçük değeri ise kompozit taşıyıcı sistemde olduğu, çelik ve kompozit taşıyıcı sistemlerin görelî kat ötelemesi değeri birbirine oldukça yakın değeri aldığı Tablo 4.67 ve Şekil 4.9'dan görülmektedir.

Örnek ofis binası modellerinde y yönü görelî kat ötelemesinin en büyük değeri, x yönü görelî kat ötelemesi değeri benzer şekilde betonarme taşıyıcı sistemde, en

küçük değerleri ise ZE yerel zemin sınıfı hariç çelik taşıyıcı sistemde gözlenmiştir (Şekil 4.68 ve Şekil 4.10).

4.4.5. Örnek Ofis Binası Modeli İkinci Mertebe Etkilerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan örnek ofis binası modelinin x ve y yönü için ikinci mertebe etki gösterge değerlerinin değişimi sırasıyla Tablo 4.69-4.74'te verilmiştir.

Tablo 4.69. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri

Betonarme Taşıyıcı Sistem	x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i)					
	Kat No	Yerel Zemin Sınıfı				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
	3. Normal Kat	0,0065	0,0065	0,0065	0,0037	0,0024
	2. Normal Kat	0,0079	0,0079	0,0079	0,0050	0,0034
	1. Normal Kat	0,0083	0,0083	0,0083	0,0057	0,0041
	Zemin Kat	0,0062	0,0062	0,0062	0,0046	0,0034
	Bodrum Kat	0,0006	0,0006	0,0006	0,0005	0,0005

Tablo 4.70. Betonarme taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri

Betonarme Taşıyıcı Sistem	y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i)					
	Kat No	Yerel Zemin Sınıfı				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
	3. Normal Kat	0,0004	0,0004	0,0004	0,0029	0,0022
	2. Normal Kat	0,0044	0,0044	0,0044	0,0039	0,0029
	1. Normal Kat	0,0050	0,0050	0,0050	0,0046	0,0034
	Zemin Kat	0,0041	0,0041	0,0041	0,0039	0,0029
	Bodrum Kat	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0004

Tablo 4.71. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri

Çelik Taşıyıcı Sistem	x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i)						
	Kat No	Yerel Zemin Sınıfı					$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	
	3. Normal Kat	0,0028	0,0028	0,0028	0,0025	0,0015	0,045
	2. Normal Kat	0,0035	0,0035	0,0035	0,0032	0,0021	0,045
	1. Normal Kat	0,0038	0,0038	0,0038	0,0036	0,0025	0,045
	Zemin Kat	0,0031	0,0031	0,0031	0,0029	0,0023	0,045
	Bodrum Kat	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0003	0,090

Tablo 4.72. Çelik taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri

Çelik Taşıyıcı Sistem	y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i)						
	Kat No	Yerel Zemin Sınıfı					$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	
	3. Normal Kat	0,0013	0,0013	0,0013	0,0010	0,0006	0,045
	2. Normal Kat	0,0017	0,0017	0,0017	0,0013	0,0008	0,045
	1. Normal Kat	0,0020	0,0020	0,0020	0,0015	0,0009	0,045
	Zemin Kat	0,0019	0,0019	0,0019	0,0014	0,0009	0,045
	Bodrum Kat	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0006	0,090

Tablo 4.73. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri

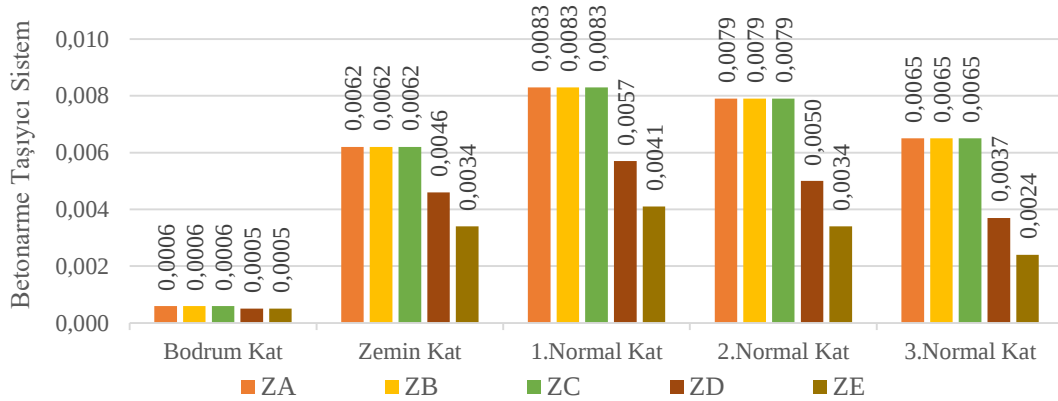
Kompozit Taşıyıcı Sistem	x yönü ikinci mertebe gösterge değerleri (θ_i)						
	Kat No	Yerel Zemin Sınıfı					$\theta_{i,sınır}=0,12D/C_h.R$
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	
	3. Normal Kat	0,0023	0,0023	0,0023	0,0021	0,0011	0,050
	2. Normal Kat	0,0030	0,0030	0,0030	0,0028	0,0016	0,050
	1. Normal Kat	0,0034	0,0034	0,0034	0,0032	0,0020	0,050
	Zemin Kat	0,0028	0,0028	0,0028	0,0027	0,0020	0,050
	Bodrum Kat	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,100

Tablo 4.74. Kompozit taşıyıcı sistemli örnek ofis binası modelinin TBDY 2019 farklı yerel zemin sınıfları için y yönü ikinci mertbe gösterge değerleri

Kompozit Taşıyıcı Sistem	y yönü ikinci mertbe gösterge değerleri (θ_i)					
	Kat No	Yerel Zemin Sınıfı				
		ZA	ZB	ZC	ZD	ZE
	3. Normal Kat	0,0014	0,0014	0,0014	0,0012	0,0006
	2. Normal Kat	0,0019	0,0019	0,0019	0,0015	0,0008
	1. Normal Kat	0,0022	0,0022	0,0022	0,0017	0,0010
	Zemin Kat	0,0020	0,0020	0,0020	0,0016	0,0010
	Bodrum Kat	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002

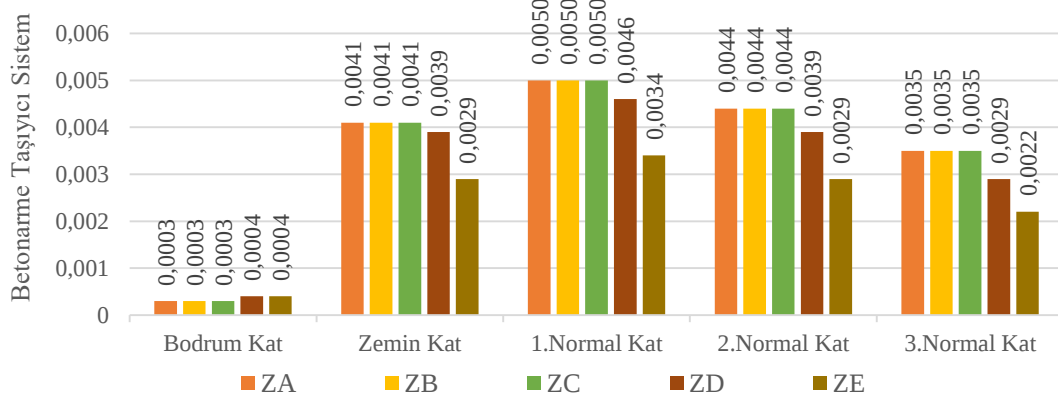
Örnek ofis binası modelinin x ve y yönünde ikinci mertbe etki gösterge değerlerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için değişimi sırasıyla Şekil 4.11-4.16’da verilmiştir.

x yönü ikinci mertbe gösterge değerleri

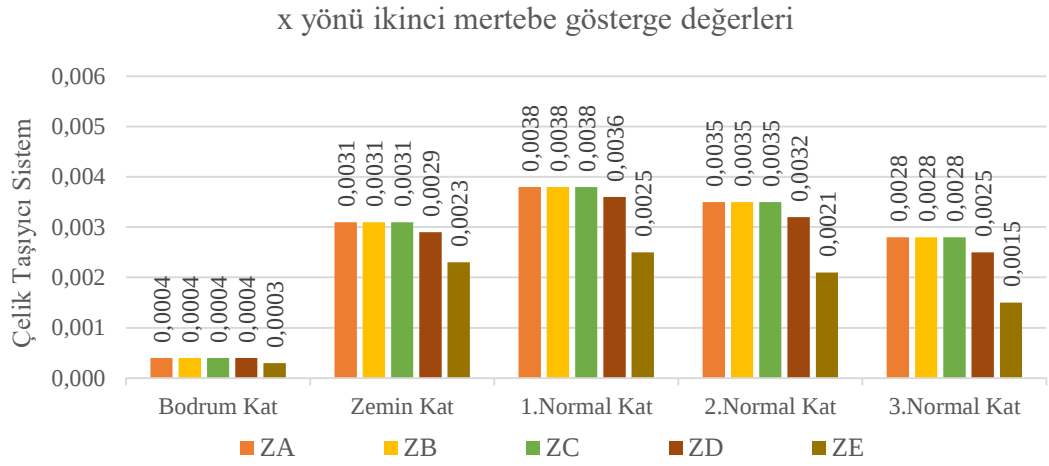


Şekil 4.11. Örnek ofis binası modelinin betonarme taşıyıcı sistem için x yönü ikinci mertbe etki gösterge değerleri

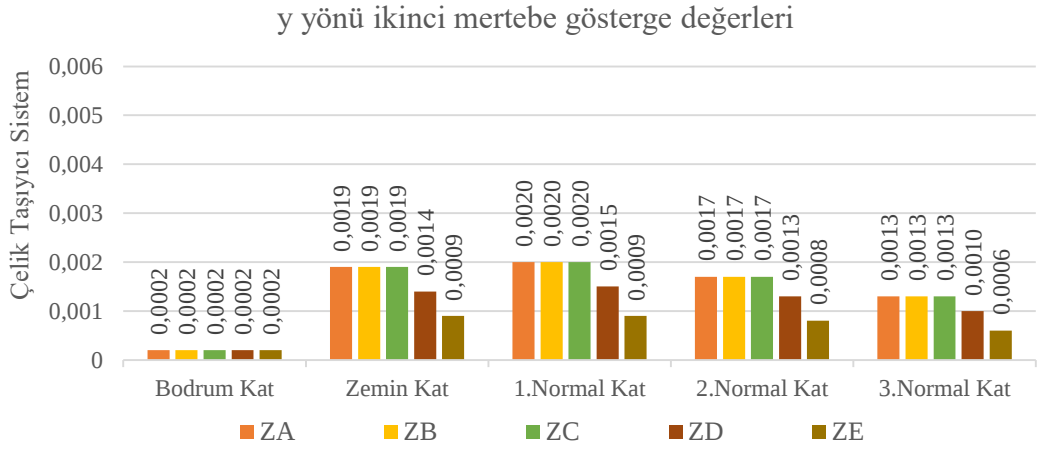
y yönü ikinci mertbe gösterge değerleri



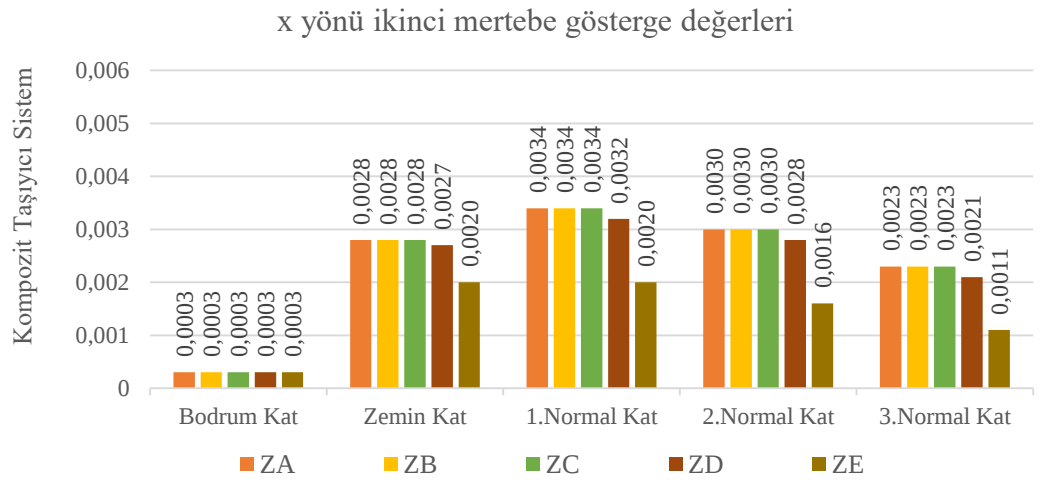
Şekil 4.12. Örnek ofis binası modelinin betonarme taşıyıcı sistem için y yönü ikinci mertbe etki gösterge değerleri



Şekil 4.13. Örnek ofis binası modelinin çelik taşıyıcı sistem için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri

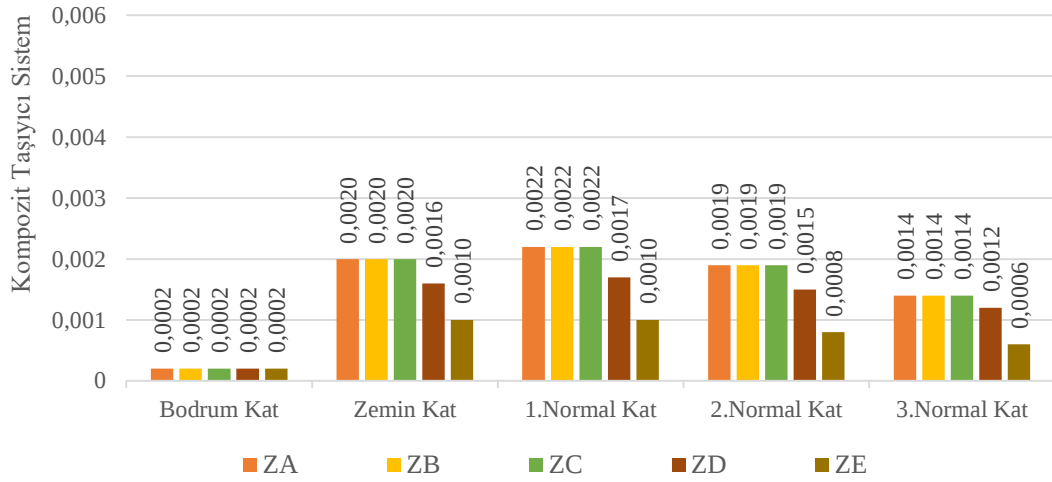


Şekil 4.14. Örnek ofis binası modelinin çelik taşıyıcı sistem için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri



Şekil 4.15. Örnek ofis binası modelinin kompozit taşıyıcı sistem için x yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri

y yönü ikinci mertebe gösterge değerleri



Şekil 4.16. Örnek ofis binası modelinin kompozit taşıyıcı sistem için y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerleri

Farklı taşıyıcı sisteme sahip örnek ofis binası modellerinin tamamında tüm yerel zemin sınıfları için x ve y yönü için ikinci mertebe etki gösterge değerlerinin TBDY 2019 yönetmeliğinde verilen sınır koşulu sağladığı Tablo 4.69-4.74'den görülmektedir.

Tüm taşıyıcı sistem türleri için örnek ofis binası modelinin x ve y yönünde hesap sonucu bulunan ikinci mertebe etki gösterge değerleri farklı yerel zemin sınıfları için farklı değerler almaktadır.

Örnek ofis binası modelinin x ve y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerlerinin en büyüğü betonarme taşıyıcı sistemde, en küçüğü x yönünde kompozit taşıyıcı sistemde ve y yönünde çelik taşıyıcı sistemde olduğu Tablo 4.69-4.74 ve Şekil 4.11-4.16'dan görülmektedir.

4.4.6. Örnek Ofis Binası Modeli Taşıyıcı Sistem Elemanlarının İç Kuvvetlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında yapısal analizleri farklı taşıyıcı sistem türleri için TBDY 2019'a göre yapılan örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat B4 aksı kolonunun $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için normal kuvvet (N) değerleri, kesme kuvveti (T) değerleri ve eğilme momenti (M) değerleri sırasıyla Tablo 4.75-4.77'de verilmiştir.

Tablo 4.75. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun normal kuvvet değerleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	B4 aksı kolonunun normal kuvvet değerleri (kN)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	1115,907	442,529	802,203
ZB	1122,735	424,969	818,399
ZC	1168,989	451,760	978,538
ZD	1595,371	545,093	1053,692
ZE	1396,944	632,941	885,156

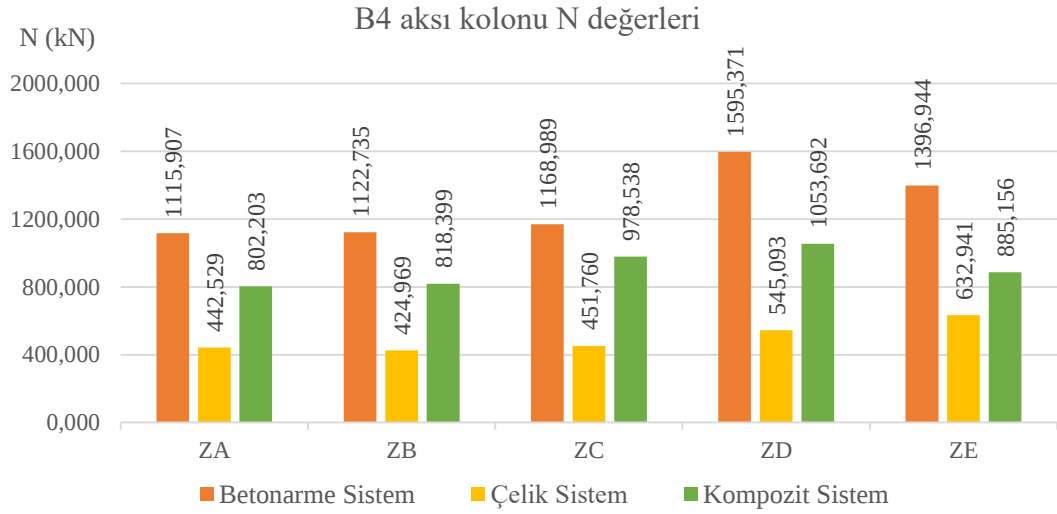
Tablo 4.76. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun kesme kuvveti değerleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	B4 aksı kolonunun kesme kuvveti değerleri (kN)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	51,110	11,438	29,763
ZB	51,208	11,203	29,989
ZC	58,605	16,088	42,046
ZD	97,453	25,143	58,870
ZE	170,871	36,650	94,284

Tablo 4.77. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun eğilme momenti değerleri (kNm)

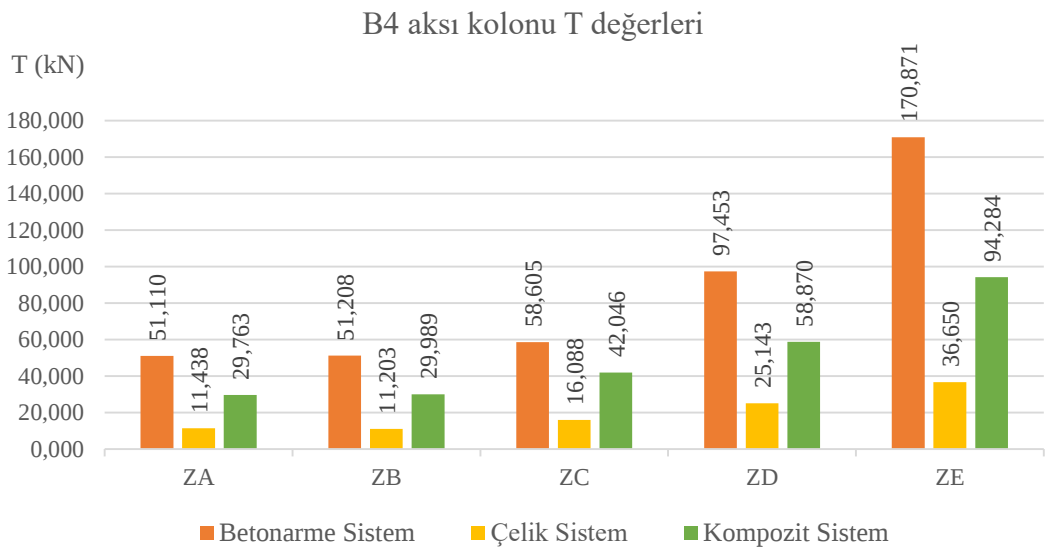
Yerel Zemin Sınıfı	B4 aksı kolonunun eğilme momenti değerleri (kNm)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	83,483	17,168	44,341
ZB	83,777	16,873	44,537
ZC	103,103	23,936	62,097
ZD	188,058	37,474	87,701
ZE	392,891	49,541	132,533

Örnek ofis binası modeli zemin kat B4 aksı kolonun $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için Tablo 4.75-4.77’de verilen iç kuvvetlerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için değişimi Şekil 4.17-4.19’da verilmiştir.



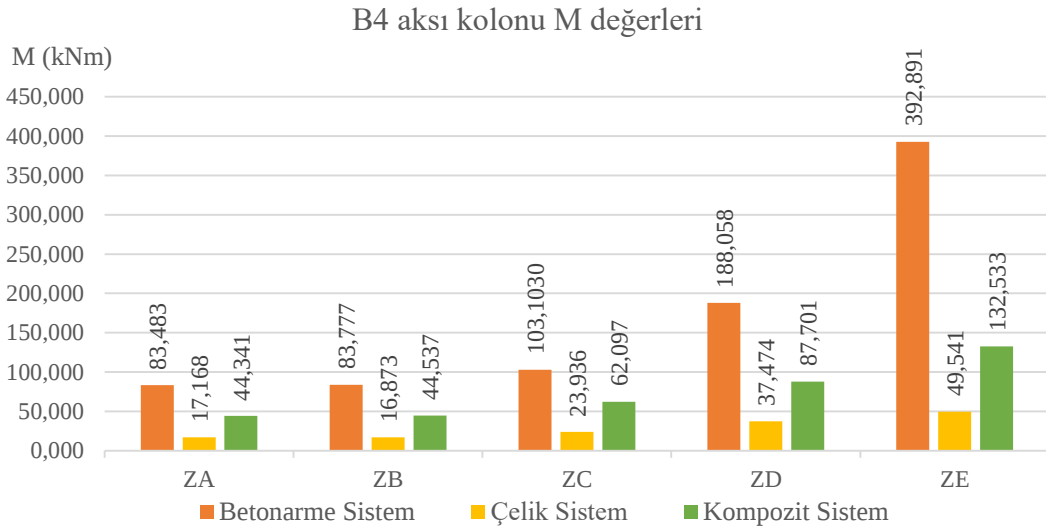
Şekil 4.17. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun normal kuvvet değerlerinin değişimi

Örnek ofis binası zemin kat B4 aksı kolonuna etkiyen normal kuvvetin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişimini gösteren Tablo 4.75 ile Şekil 4.17 incelendiğinde, normal kuvvet değerlerinin farklı yerel zemin sınıfları için farklı değerler aldığı görülmektedir. TBDY 2019’da sağlam yerel zemin sınıfından zayıf yerel zemin sınıfına (ZA’dan ZE’ye gidildikçe) gidildikçe deprem yükündeki artış ile birlikte kolon eksenel yükleri artmaktadır. En büyük normal kuvvet değerlerinin betonarme taşıyıcı sistemde, en küçük normal kuvvet değerlerinin ise çelik taşıyıcı sistemde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.17).



Şekil 4.18. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun kesme kuvveti değerlerinin değişimi

Örnek ofis binası zemin kat B4 aksı kolonuna etki eden kesme kuvvetinin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişimini gösteren Tablo 4.76 ve Şekil 4.18 incelendiğinde, TBDY 2019 yönetmeliği için bulunan kesme kuvveti değerlerinin farklı yerel zemin sınıflarında farklı değerler aldığı görülmektedir. TBDY 2019’da sağlam yerel zemin sınıfından zayıf yerel zemin sınıfına (ZA’dan ZE’ye) gidildikçe deprem yükündeki artış ile birlikte kolon kesme kuvveti değerleri artmaktadır. Kesme kuvveti değerlerindeki en keskin artışın ZE yerel zemin sınıfında olduğu gözlenmiştir. Örnek ofis binası modellerinde en büyük kesme kuvvetlerinin betonarme taşıyıcı sisteme, en küçük kesme kuvvetlerinin ise çelik taşıyıcı sisteme etkidiği Tablo 4.76 ve Şekil 4.18’den görülmektedir.



Şekil 4.19. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat B4 aksı kolonunun moment değerlerinin değişimi

Örnek ofis binası modellerinin B4 aksı kolonuna etki eden eğilme momentinin farklı taşıyıcı sistem türleri için değişimini gösteren Tablo 4.77 ile Şekil 4.19 incelendiğinde, farklı yerel zemin sınıfları için örnek bina modeline farklı deprem yüklerinin etkimesi ve buna bağlı olarak kolon kesitlerinin değişmesinden dolayı farklı yerel zemin sınıfları için eğilme momentleri farklı değerler almaktadır. TBDY 2019’da sağlam yerel zemin sınıfından zayıf yerel zemin sınıfına gidildikçe kolon eğilme momentleri artarken, ZD ve ZE yerel zemin sınıflarında eğilme momenti değerlerindeki artış daha belirgindir. Kesme kuvveti değerlerine benzer şekilde betonarme taşıyıcı sistemde en büyük eğilme momentleri meydana gelirken, en küçük eğilme momentleri çelik taşıyıcı sistemde meydana gelmektedir.

Çalışma kapsamında yapısal analizleri TBDY 2019’a göre farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem elemanlarından zemin kat A4-B4 aksı kirişinin $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için kesme kuvveti (T) değerleri ve eğilme momenti (M) değerleri sırasıyla Tablo 4.78-4.80’de verilmiştir.

Tablo 4.78. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin kesme kuvveti değerleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	A4-B4 aksı kirişinin kesme kuvveti değerleri (kN)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	69,749	39,142	44,155
ZB	69,739	38,877	44,488
ZC	69,347	37,062	44,567
ZD	83,817	39,309	44,891
ZE	101,023	43,311	49,697

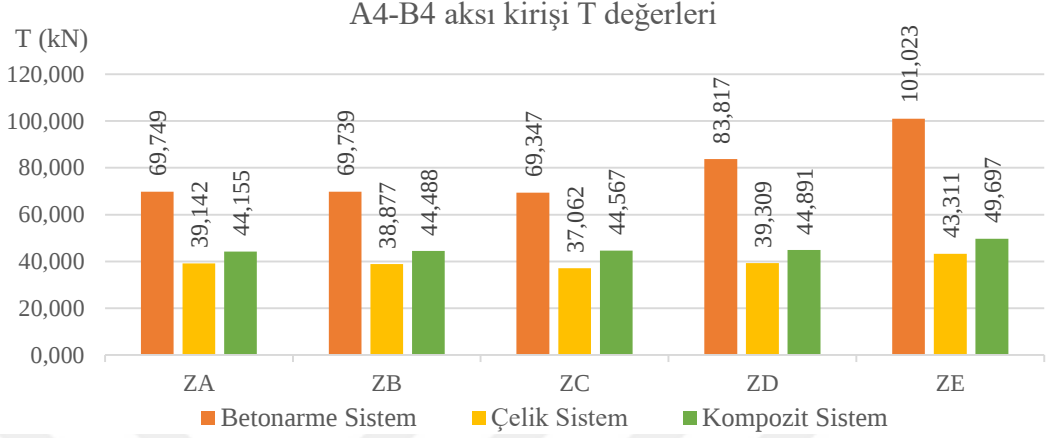
Tablo 4.79. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin mesnet momenti değerleri (kN)

Yerel Zemin Sınıfı	A4-B4 aksı kirişinin mesnet momenti değerleri (kN)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	82,796	46,107	53,759
ZB	82,796	45,911	54,347
ZC	81,521	43,164	54,544
ZD	97,806	51,797	60,430
ZE	124,783	66,119	88,781

Tablo 4.80. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin açıklık momenti değerleri (kN)

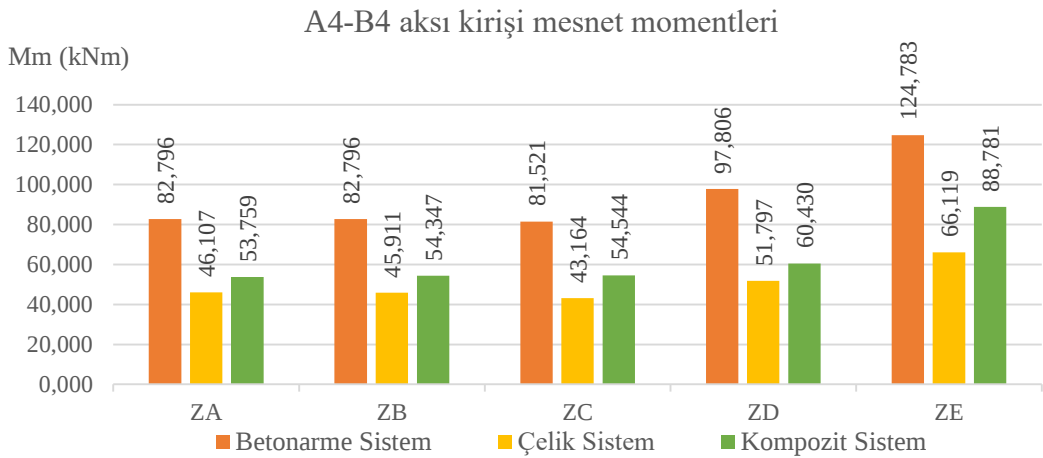
Yerel Zemin Sınıfı	A4-B4 aksı kirişinin açıklık momenti değerleri (kN)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	57,683	33,158	35,806
ZB	57,683	32,962	36,003
ZC	57,683	30,313	34,335
ZD	65,923	28,351	31,588
ZE	69,062	30,411	36,689

Örnek ofis binası modeli zemin kat A4-B4 aksı kirişinin $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için Tablo 4.78-4.80’de verilen iç kuvvetlerinin farklı taşıyıcı sistem türleri için değişimi Şekil 4.20-4.22’de verilmiştir.

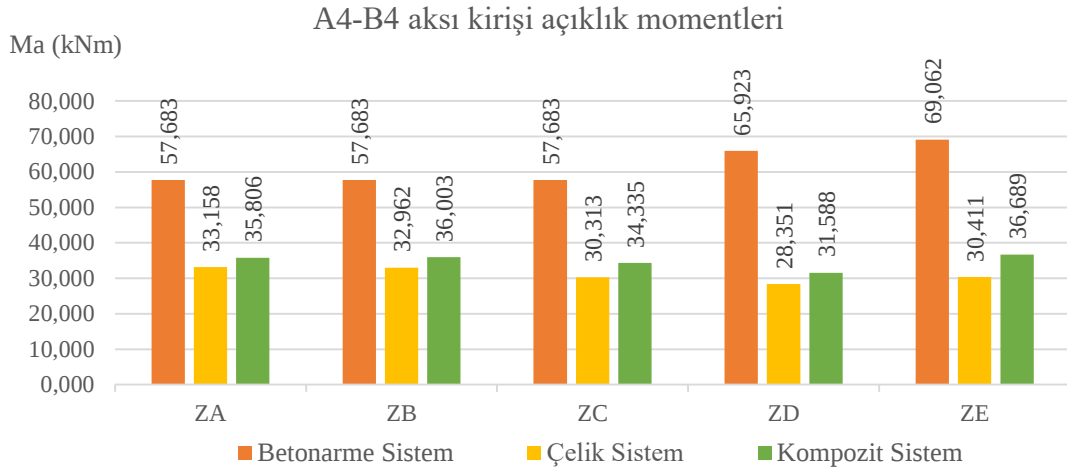


Şekil 4.20. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin kesme kuvvetlerinin değişimi

Örnek ofis binası modelinin zemin kat A4-B4 aksı kirişine etkiyen kesme kuvveti değerlerinin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişimini gösteren Tablo 4.78 ve Şekil 4.20 incelendiğinde, betonarme ve kompozit taşıyıcı sistemlerde sağlam yerel zemin sınıfından zayıf yerel zemin sınıfına gidildikçe kiriş kesme kuvvetleri artarken, çelik ve kompozit taşıyıcı sistemlerde yerel zemin sınıflarının değişiminden kaynaklı artış daha sınırlı olmakta, kesme kuvvetleri birbirine yakın değerler almaktadır. Yerel zemin sınıflarının tamamında en büyük kiriş kesme kuvvetlerinin betonarme taşıyıcı sistemde ve en küçük kesme kuvvetlerinin ise çelik taşıyıcı sistemde olduğu Tablo 4.78 ve Şekil 4.20’den görülmektedir.



Şekil 4.21. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin mesnet momentlerinin değişimi



Şekil 4.22. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için zemin kat A4-B4 aksı kirişinin açıklık momentlerinin değişimi

Örnek ofis binası modeli zemin kat A4-B4 aksı kirişine etki eden mesnet ve açıklık momentlerinin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişimini gösteren Tablo 4.79-4.80 ve Şekil 4.21-4.22 incelendiğinde TBDY 2019’a göre sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına gidildikçe düşey taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliklerinin artmasından dolayı kiriş mesnet momentlerinin arttığı görülmektedir. Örnek ofis binası zemin kat A4-B4 aksı kirişine etki eden açıklık momentleri, sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına gidildikçe betonarme taşıyıcı sistemlerde artarken, çelik ve kompozit taşıyıcı sistemlerde düşey taşıyıcı kesitlerinin değişime bağlı olarak değişmektedir. Çalışmada incelenen örnek ofis binası modeli zemin kat A4-B4 aksı kirişinde en büyük mesnet momentlerinin betonarme taşıyıcı sistemde, en küçük mesnet momentlerinin ise çelik taşıyıcı sistemde olduğu görülmektedir. Örnek ofis binası zemin kat A4-B4 aksı kirişinin açıklık momentleri incelendiğinde en büyük açıklık momentlerinin betonarme taşıyıcı sistemde meydana geldiği, çelik ve kompozit taşıyıcı sistemlerde ise açıklık momentlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ve betonarme taşıyıcı sisteme göre daha küçük değerler aldığı görülmektedir (Tablo 4.79-4.80 ve Şekil 4.21-4.22).

Çalışmada incelenen tüm taşıyıcı sistem türlerinde ZA, ZB ve ZC yerel sınıflarında $G+Q+Ex+0,3Ey+0,3Ez$ yükleme birleşimi için bulunan mesnet ve açıklık momentleri birbirine oldukça yakın değerler alırken, ZD ve ZE yerel zemin sınıflarında daha büyük deprem yüklerinin etkisi ve kolon-kiriş kesitlerindeki değişiminden dolayı mesnet ve açıklık momentlerinde belirgin bir değişim gözlenmektedir.

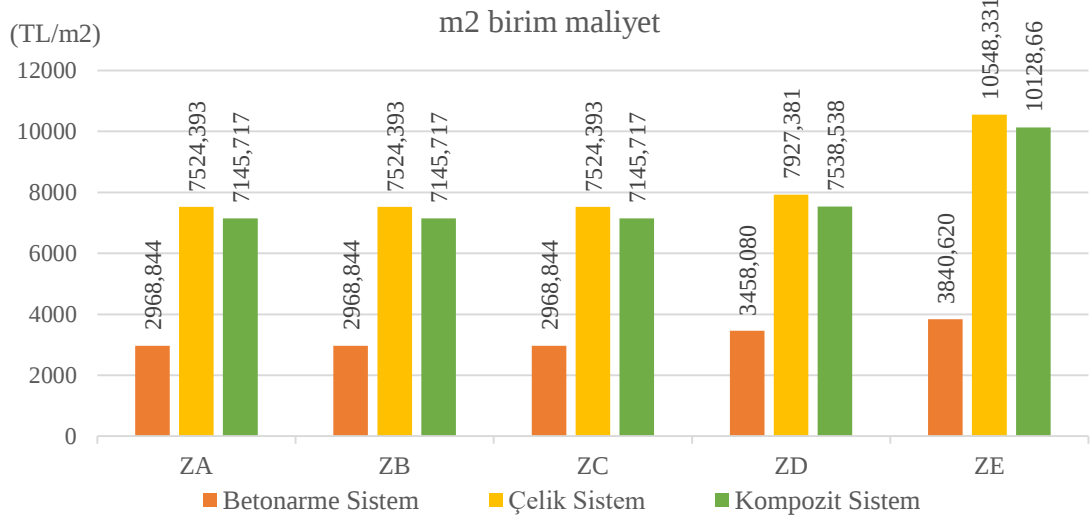
4.4.7. Örnek Ofis Binası Modeli Taşıyıcı Sistem Maliyetlerinin Farklı Taşıyıcı Sistem Türleri için Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında ProtaStructure programı ile yapısal analizleri farklı taşıyıcı sistem türleri için yapılan örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem m² maliyetlerinin değişimi Tablo 4.81’de verilmiştir.

Tablo 4.81. Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için taşıyıcı sistem m² maliyetlerinin değişimi (TL/m²)

Yerel Zemin Sınıfı	Taşıyıcı sistem maliyetleri (TL/m ²)		
	Betonarme Taşıyıcı Sistem	Çelik Taşıyıcı Sistem	Kompozit Taşıyıcı Sistem
ZA	2.968,84	7.524,39	7.145,72
ZB	2.968,84	7.524,39	7.145,72
ZC	2.968,84	7.524,39	7.145,72
ZD	3.458,08	7.927,38	7.538,54
ZE	3.840,62	10.548,33	10.128,66

Örnek ofis binası modelinin m² taşıyıcı sistem yapım maliyetlerinin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişimi Şekil 4.23’de verilmiştir.



Şekil 4.23. Örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem m² maliyetlerinin farklı taşıyıcı sistem türlerine göre değişimi

Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için TBDY 2019’a göre tasarımında taşıma gücü güvenliğini sağlamak için gerekli taşıyıcı eleman kesitleri (kolon, kiriş) zayıf zeminlerde sağlam zeminlere göre daha büyük olmaktadır.

Çalışmada incelenen tüm taşıyıcı sistem türlerinde sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına doğru gidildikçe düşey taşıyıcı sistem elemanlarının boyutlarının artışı ile birlikte taşıyıcı sistem metrajları ve taşıyıcı sistem yapım maliyetleri artmaktadır (Tablo 4.81 ve Şekil 4.23).

Örnek ofis binası modelleri için hesaplanan taşıyıcı sistem maliyetlerinin en büyük değerlerinin ZE yerel zemin sınıfında, en küçük değerlerinin ise sağlam yerel zemin sınıflarında (ZA, ZB, ZC) olduğu görülmektedir (Tablo 4.81 ve Şekil 4.23).

Yerel zemin sınıflarının tamamında örnek ofis binası modelleri için en büyük taşıyıcı sistem maliyetlerinin çelik taşıyıcı sistemde, en küçük taşıyıcı sistem maliyetlerinin ise betonarme taşıyıcı sistemde olduğu, kompozit taşıyıcı sistem maliyetlerinin çelik taşıyıcı sistem ile betonarme taşıyıcı sistem maliyetlerinin arasında kaldığı Şekil 4.23'den görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Türkiye’de son yıllarda yaygınlaşmaya başlanan kompozit taşıyıcı sistemli binaların tasarımı ve yapısal davranışı incelenmiştir. Bu amaçla, Türkiye’deki mevcut binaları temsil edebilecek merkezi çekirdekli çerçeve taşıyıcı sistemli örnek bir ofis binası seçilerek Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği 2019 (TBDY 2019), Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapımına Dair Esaslar 2018 (ÇYTHYEY 2018) ve Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları 2000 (TS 500)’e göre betonarme, çelik ve kompozit taşıyıcı sistem türleri için tasarımları ayrı ayrı yapılmış ve analiz sonuçları ile taşıyıcı sistem maliyetleri karşılaştırılmıştır.

Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için yapısal hesap sonucu bulunan bina ağırlıkları, deprem yükleri, bina doğal titreşim periyotları, görelî kat ötelemeleri, ikinci mertebe etkileri, taşıyıcı sistem iç kuvvetleri (N, T ve M) ve taşıyıcı sistem yapım maliyetleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada farklı taşıyıcı sisteme sahip örnek ofis binası modelinin TBDY 2019’daki farklı yerel zemin sınıfları için yapısal analiz sonuçlarının karşılaştırılmasından aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

İncelenen örnek ofis binası modelinin TBDY 2019’a göre farklı taşıyıcı sistem türleri için hesaplanan deprem yükleri yerel zemin sınıfına göre değişmekte olup, sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına gidildikçe binaya etki eden deprem yükü artmaktadır. Örnek ofis binası modeli için hesaplanan en büyük deprem kuvvetlerinin betonarme taşıyıcı sisteme, en küçük deprem kuvvetlerinin ise çelik taşıyıcı sisteme etki ettiği gözlenmiştir.

İncelenen örnek ofis binası modelinin sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına gidildikçe deprem yüklerinin artması ile birlikte taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan iç kuvvetler ve bu iç kuvvetleri karşılayacak taşıyıcı sistem kesit boyutları artmaktadır. Taşıyıcı sistem kesit boyutlarının büyümesi bina ağırlığının sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına gidildikçe artmasına sebep olmaktadır. TBDY 2019’daki tüm yerel zemin sınıflarında betonarme taşıyıcı

sistem modellerinde bina ağırlıklarının en fazla olduğu, çelik taşıyıcı sistem modellerinde ise bina ağırlıklarının en az olduğu görülmüştür. Kompozit taşıyıcı sistem modellerinin ağırlıkları ise çelik taşıyıcı sistem modellerine oldukça yakın olup, betonarme ile çelik taşıyıcı sistem modellerinin ağırlıklarının arasında kalmaktadır.

Örnek ofis binası modelinin farklı taşıyıcı sistem türleri için tasarımında sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına gidildikçe artan deprem yüklerini karşılamak için taşıyıcı eleman boyutlarının büyütülmesi ile bina rijitliğinin artması sonucunda bina periyodları düşmüştür. Örnek ofis binası modeli için TBDY 2019'daki tüm yerel zemin sınıflarında en büyük periyod değerleri betonarme taşıyıcı sistem için bulunurken, çelik ve kompozit taşıyıcı sistem türleri için hesap sonucu bulunan periyotlar birbirine oldukça yakın değerler almaktadır.

İncelenen taşıyıcı sistem türlerinin tamamında TBDY 2019 için x ve y yönünde hesaplanan görelî kat öteleme değeri sağlam yerel zemin sınıfından zayıf yerel zemin sınıfına doğru gidildikçe artmakta, farklı yerel zemin sınıfları için farklı değerler almaktadır. Örnek ofis binası modellerinde x yönü görelî kat ötelemesinin en büyük değerlerinin betonarme taşıyıcı sistemlerde, en küçük değerlerinin ise kompozit taşıyıcı sistemlerde olduğu gözlenmiştir. Çelik taşıyıcı sistemlerin görelî kat ötelemeleri ile kompozit taşıyıcı sistemlerin görelî kat ötelemeleri birbirine oldukça yakın değerler almıştır. Örnek ofis binası modellerinde y yönü görelî kat ötelemesinin en büyük değeri, x yönü görelî kat öteleme değerlerine benzer şekilde betonarme taşıyıcı sistemde, en küçük değeri ise ZE yerel zemin sınıfı hariç çelik taşıyıcı sistemde gözlenmiştir.

Örnek ofis binası modellerinin tamamında TBDY 2019 için x ve y yönünde hesaplanan ikinci mertebe etki gösterge değeri farklı yerel zemin sınıflarında farklı değerler almaktadır. Örnek ofis binası modellerinin x ve y yönü ikinci mertebe etki gösterge değerlerinin en büyüğü betonarme taşıyıcı sistemde, en küçüğü x yönünde kompozit taşıyıcı sistemde ve y yönünde ise çelik taşıyıcı sistemde hesaplanmıştır.

Örnek ofis binası taşıyıcı sistem elemanlarına etkiyen iç kuvvetlerin farklı yerel zemin sınıfları için farklı değerler aldığı, kolonlara ve kirişlere etkiyen eksenel kuvvet, kesme kuvveti ve momentin sağlam yerel zemin sınıflarından zayıf yerel zemin sınıflarına

doğru gidildikçe deprem yükündeki artış ile birlikte arttığı gözlenmiştir. Kolon ve kirişlerdeki en büyük iç kuvvetlerin betonarme taşıyıcı sistemde, en küçük iç kuvvetlerin ise çelik taşıyıcı sistemde olduğu görülmüştür.

Çalışmada incelenen bölgede zemin özelliklerinin örnek ofis binası modellerinin metrajlarını ve taşıyıcı sistem maliyetlerini etkilediği, TBDY 2019 yönetmeliğinde verilen sağlam yerel zemin sınıflarındaki taşıyıcı sistem maliyetlerinin zayıf zemin sınıflarına göre daha düşük olduğu görülmüştür. Örnek ofis binası modelinin taşıyıcı sistem maliyetinin en büyük değerlerinin çelik taşıyıcı sistemde, en küçük değerlerin ise betonarme taşıyıcı sistemde olduğu, kompozit taşıyıcı sistemin taşıyıcı sistem maliyetlerinin çelik taşıyıcı sistem ile betonarme taşıyıcı sistem maliyetleri arasında kaldığı görülmüştür.

İncelenen tüm taşıyıcı sistem türlerinde TBDY 2019 için hesap sonucu bulunan bina ağırlığı, deprem yükleri, taşıyıcı sistem iç kuvvetleri, taşıyıcı sistem kesitleri ve taşıyıcı sistem maliyetlerindeki değişimin zayıf yerel zemin sınıflarında (ZD ve ZE) sağlam yerel zemin sınıflarına (ZA, ZB ve ZC) göre daha belirgin olduğu gözlenmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında çelik taşıyıcı sistemin bina ağırlığı, deprem yükleri, taşıyıcı sistem iç kuvvetleri gibi yapısal performans açısından, betonarme ve kompozit taşıyıcı sisteme göre daha üstün olduğu gözlenmiştir. Kompozit taşıyıcı sistemin taşıyıcı sistem maliyetinin çelik taşıyıcı sisteme oranla daha elverişli olması, kompozit taşıyıcı sistemin yapısal performansı ile çelik taşıyıcı sistem arasında çok fazla bir fark bulunmaması, kompozit sistemlerde çelik yapılar ve betonarme yapılardaki sorunların olmaması sebebiyle kompozit taşıyıcı sistemlerin Türkiye koşullarında kullanımının uygun olacağı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmadaki sonuçlar tasarımı yapılmış örnek ofis binası modeli için geçerli olup, bina boyutlarına ve incelenen bölgenin depremselliğine bağlı olarak değişiklik gösterebilir.

Kompozit taşıyıcı sistemli binalar Türkiye’de betonarme binalar kadar yaygın olmayıp, kompozit taşıyıcı sistemlerin yaygınlaşması için araştırmaların arttırılarak devam etmesi depremselliği fazla olan ülkemizde gelecekte olması muhtemel depremlerde can ve mal kaybının azaltılması için faydalı olacaktır.



KAYNAKLAR

- AFAD (2024). T.C İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı İnternet Sitesi, <https://www.afad.gov.tr/>
- Amini, H. (2018). Kompozit yapıların dinamik davranışlarının geleneksel yapılar ile karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). T.C. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Baş, E., Saraçoğlu, M. H., & Uslu, F. (2023). Çelik Kolonlardan ve Beton Dolgulu Çelik Tüp Kolonlardan Oluşan Çerçevelerin Sayısal Karşılaştırılması. *Journal of Scientific Reports-B(007)*, 14-29.
- Baş, E. (2022). Çelik kolonlu ve içi beton doldurulmuş çelik tüp kompozit kolonlu yapıların karşılaştırmalı tasarımı (Yüksek Lisans Tezi). Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kütahya.
- Çilingir, Y. (2010). 49 katlı bir yapının çelik ve kompozit olarak tasarlanıp, yapısal ve maliyet açısından karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hattab, M. (2022). Farklı kompozit kolonlu yapıların depremler performanslarının doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemlerle karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya
- Günel, M. H. ve Ilgın, H. E. (2014a). Yüksek Binalar: Taşıyıcı Sistem ve Aerodinamik Form. Ankara: ODTÜ Mimarlık Fakültesi. ISBN: 978-975-429-278-7.
- Günel, M. H. ve Ilgın, H. E. (2014b). Tall Buildings: Structural Systems and Aerodynamic Form., London and New York: Routledge Taylor and Francis Group. ISBN: 978-1-138-02177-8 (hbk), ISBN: 978-1-315-77652-1.
- İdeCad Statik v10. İdecad Statik Paket Programı, ideYAPI, İstanbul, <https://www.idecad.com.tr/index/>
- Jorissen A. J. M., Leijten A. J. M. (2008). Tall timber buildings in the Netherlands, *Structural Engineering International*, 18:2, 133-136, <https://doi.org/10.2749/101686608784218671>
- Orhan, S. B., Gürel, A., & İzol, R. (2022). Normal Bir Betonarme Bina ile Kompozit Bir Betonarme Binanın Deprem Dayanımı ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 7(2), 60-70. <https://doi.org/10.46578/humder.1125368>
- Panchal, D. R., & Marathe, P. M. (2011). Comparative Study of RCC, steel and composite (G+ 30 storey) building. *Nirma University, Ahmedabad, India*.
- ProtaStructure (2023). ProtaStructure Tasarım Klavuzu, Kompozit Kiriş Tasarımı Genel Prensipler, <https://cdn.protayazilim.com/documents/whitepaper/> protastructure-tasarim-kilavuzu-kompozit-kiris-tasarimi-genel-prensipler. Pdf
- Özşahin, B., ve Güner, A. (2015). EPS yalıtım kalıplı donatılı beton taşıyıcı duvar sistemi ile diğer yapı sistemlerinin kaba yapım maliyetlerinin karşılaştırılması. *Kırklareli Üniversitesi Journal of Engineering and Science*, 1(1), 41-57.
- Özşahin, B. (2021). Ahşap Yüksek Yapılar, *IOCENS 21 International Online Conferences On Engineering and Natural Sciences 21*, 5-7 Temmuz 2021, 212-223, Gümüşhane, Türkiye.
- Wagh, S. A., & Waghe, U. P. (2014). Comparative study of RCC and steel concrete composite structures. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4(4), 369-376.

- Yılmaz, M. A. A. (2015). Çelik-beton kompozit yapı elemanlarının Eorocode 4 ve AISC yönetmeliklerine göre tasarımlarının karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir
- Yonar, O. C. (2002). Büyük açıklıklı sanayi yapılarının yapısal oluşumu ve Türkiye’de örnekler üzerinde irdelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Zorlu, M. ve Akbaş, B. (2017). Yeni Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği’ne Göre Çelik Yapı Tasarımı, Uluslararası Katılımlı 7. Çelik Yapılar Sempozyumu, Gaziantep
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2024). İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları 2024, <https://yfk.csb.gov.tr/>
- TBDY 2019 (2019). Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, T.C Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.
- TDTH 2019 Türkiye Deprem Tehlike Haritaları interaktif web uygulaması, <https://tdth.afad.gov.tr/>, T.C Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Erişim Tarihi:14.10.2020
- TS 500 (2000). Betonarme Yapıların Tasarımı ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- ÇYTHY 2018 (2018). Çelik Yapıların Tasarım ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.