



T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KOMPOZİT YAPILARIN DİNAMİK DAVRANIŞLARININ GELENEKSEL
YAPILAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

HAMİDULLAH AMİNİ

Eylül 2018

T.C.
NİĞDE ÖMER HALİSDEMİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KOMPOZİT YAPILARIN DİNAMİK DAVRANIŞLARININ GELENEKSEL
YAPILAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

HAMİDULLAH AMİNİ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç.Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU

Eylül 2018

Hamidullah AMİNİ tarafından **Doç. Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU** danışmanlığında hazırlanan “**Kompozit Yapıların Dinamik Davranışlarının Geleneksel Yapılar ile Karşılaştırılması**” adlı bu çalışma jürimiz tarafından Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İnşaat Mühendisliği** Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Başkan :Doç. Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi


Üye :Prof. Dr. Metin Hakan SEVERCAN, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi


Üye :Doç. Dr. İbrahim Özgür DENEME, Aksaray Üniversitesi

ONAY:

Bu tez, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/....../20.... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu’nun/....../20.... tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

...../...../20...

Doç. Dr. Murat BARUT
MÜDÜR V.

TEZ BİLDİRİMİ

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

Hamidullah AMİNİ

ÖZET

KOMPOZİT YAPILARIN DİNAMİK DAVRANIŞLARININ GELENEKSEL YAPILAR İLE KARŞILAŞTIRILMASI

AMİNİ, Hamidullah

Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman

: Doç.Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU

Eylül 2018, 61 sayfa

Bu çalışmada, aynı mimari projeye sahip 5 ve 15 katlı iki yapı kompozit ve betonarme yapı elemanları kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Betonarme yapıların tasarımı ACI 318-14 yönetmeliğine, kompozit yapıların tasarımı ise AISC 360-16 yönetmeliğine uygun olarak yapılmıştır. Tasarlanan yapıların kat ötelemeleri, periyotları, kat kesme kuvvetleri, kat kütleleri ve deprem yükleri tespit edilmiş ve betonarme yapılar ile kompozit yapıların bu değerleri karşılaştırılmıştır. Kompozit yapıların kat ötelemelerinin ve periyotlarının betonarme yapılardan daha büyük olduğu görülmüştür. Ancak, kompozit yapıların kat kesme kuvvetleri, kat kütleleri ve deprem yüklerinin betonarme yapılardan daha az olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda kompozit yapıların daha hafif olması ve daha az deprem yükünün etkimesi sebebiyle kompozit yapıların deprem performanslarının betonarme yapılardan daha iyi olacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kompozit yapı, betonarme yapı, kat ötelemesi, periyot, kat kesme kuvveti, kat kütlesi, deprem yükü.

SUMMARY

COMPARISON OF DYNAMICS BEHAVIORS OF COMPOSITE STRUCTURES WITH TRADITIONAL STRUCTURES

AMİNİ, Hamidullah

Niğde Ömer Halisdemir University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU

September 2018, 61 pages

In this study, two building that 5 and 15 storey with the same architectural project are modeled as 3 dimensional using composite and reinforced concrete building elements. The design of reinforced concrete structures was made in accordance with ACI 318-14, and the design of composite structures in accordance with AISC 360-16. Floor displacement, periods, floor shear forces, floor masses and earthquake loads of designed structures were determined and these values of reinforced concrete structures and composite structures were compared. It is seen that the displacement and period of composite structures are larger than the reinforced concrete structures. However, it has been determined that the floor shear forces, floor masses and seismic loads of composite structures are less than those of reinforced concrete structures. As a result of the study, it has been understood that composite structures have better performance than concrete structures due to the lighter floor mass and less seismic load.

Keywords: Composite structure, reinforced concrete structure, floor displacement, period, floor shear force, floor mass, seismic load.

ÖNSÖZ

Bu çalışmada son yıllarda yaşanmış olan depremler, deprem tehlikesi altında yaşayan dünya insanlarına gerek maddi gerekse manevi açıdan inanılmaz zararlar vermiştir. Bu zararlara bir daha karşılaşılmaması adına yapıların, denetimden ve kaliteden ödün verilmeden aynı zamanda daha sağlam ve ekonomik yapı tasarlanması gerekmektedir.

Ancak bu durumda hem ekonomik ve hemde yapı eleman kesitinin azaltılması için bu yapılar kompozit olarak dikkate alınmaktadır. Kompozit olarak tasarlanmış bir yapının yukarıda yazılmış olan avantajlar dışında yapı elemanları deprem yükleri ve rüzgar yüklerine karşı diğer yapı sistemlere göre hem dayanım ve dayanıklılık ve süreklilik açısından daha önem taşımaktadır. Böylesine inşaat mühendislik bölümünde kompozit yapı tasarımı farklı ülkelerde kullanılmaya devam etmiştir ve aynı zamanda yapı elemanların özellikle çok katlı yapılarında kullanılmasında yararlı olacağı inancını taşımaktayım.

Yüksek lisans eğitimim süresinde, çalışmalarına bilgisi, tecrübesi ve desteğiyle yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam, Sayın Doç. Dr. Kubilay AKÇAÖZOĞLU'na en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca tecrübelerinden faydalandığım sayın Prof. Dr. Metin H. SEVERCAN hocamıza teşekkür ederim. Ayrıca yüksek lisans tez çalışmamda yardımcı olan Asiye KARAYER'e teşekkür ederim.

Sadece öğrenim sürecim boyunca değil tüm hayatım boyunca ilgilerini ve bana her zaman her türlü maddi ve manevi desteğine esirgemeyen ve her zaman yanımda olan değerli aileme özellikle annem ve babama teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
SUMMARY	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
BÖLÜM I GİRİŞ	1
BÖLÜM II KOMPOZİT YAPI ELEMANLARI	3
2.1 Kompozit Döşemeler	4
2.1.1 Kompozit döşeme sisteminin tarihi	4
2.1.2 Kompozit Döşeme Sistemleri	5
2.1.3 Kompozit döşeme sistemlerinin gelişiminin sağladığı avantajlar	7
2.1.4 Kompozit elemanların yapımı aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar ..	8
2.1.5 Kompozit Döşeme Tipleri	9
2.1.5.1 Çelik kiriş ile karma döşeme çalışması	9
2.1.5.2 Kompozit olarak çalışan prefabrike döşeme sistemi.....	10
2.1.5.3 Çelik trapez ile kompozit çalışan döşeme	11
BÖLÜM III KOMPOZİT KİRİŞLER	19
3.1 Kompozit Kiriş Türleri	20
3.2 Kompozit Kirişin Yapım Aşamasında Desteklenmesi	22
3.3 Kompozit Kirişlerin Genel Davranışı	24
BÖLÜM IV KOMPOZİT KOLONLAR	27
4.1 Kompozit ve Çelik Kolon Burkulma Davranışlarının Karşılaştırılması.....	28

4.2 Beton Kompozit Kolon Sistemlerin Yalıtımı	30
4.2.1 Kompozit kolonların yalıtım yöntemleri	31
BÖLÜM V BETONARME VE KOMPOZİT YAPI UYGULAMASI VE	
KARŞILAŞTIRILMASI.....	34
5.1 Bina Genel Özellikleri	34
5.2 Betonarme Binaların Tasarımı.....	35
5.2.1 Betonarme yapılara ait kat ötelemeleri	38
5.2.2 Betonarme yapılara ait periyot değerleri	39
5.2.3 Betonarme yapılara ait kat kesme kuvvetleri.....	40
5.2.4 Betonarme yapılara kat kütleleri ve deprem yükleri.....	41
5.3 Kompozit Binaların Tasarımı	42
5.3.1 Kompozit yapılara ait kat ötelemeleri.....	45
5.3.2 Kompozit yapılara ait periyot değerleri.....	46
5.3.3 Kompozit yapılara ait kat kesme kuvvetleri	47
5.3.4 Kompozit yapılara kat kütleleri ve deprem yükleri	48
5.4 Betonarme ve Kompozit Binaların Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	49
5.4.1 Kat ötelemeleri.....	49
5.4.2 Periyot değerleri.....	52
5.4.3 Kat kesme kuvvetleri	53
5.4.4 Kat kütleleri ve deprem yükleri	54
BÖLÜM VI SONUÇLAR	57
KAYNAKLAR	59
ÖZ GEÇMİŞ	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. 5 katlı betonarme yapıya ait +X ve -X yönü görelî kat ötelemeleri	38
Çizelge 5.2. 5 katlı betonarme yapıya ait +Y ve -Y yönü görelî kat ötelemeleri	38
Çizelge 5.3. 15 katlı betonarme yapıya ait +X ve -X yönü görelî kat ötelemeleri	39
Çizelge 5.4. 15 katlı betonarme yapıya ait +Y ve -Y yönü görelî kat ötelemeleri	39
Çizelge 5.5. 5 katlı betonarme yapıya ait kat kesme kuvvetleri	40
Çizelge 5.6. 15 katlı betonarme yapıya ait kat kesme kuvvetleri	40
Çizelge 5.7. 5 ve 15katlı betonarme yapılara ait kat kütleleri	41
Çizelge 5.8. 5 katlı kompozit yapıya ait +X ve -X yönü görelî kat ötelemeleri	45
Çizelge 5.9. 5 katlı kompozit yapıya ait +Y ve -Y yönü görelî kat ötelemeleri	45
Çizelge 5.10. 15 katlı kompozit yapıya ait +X ve -X yönü görelî kat ötelemeleri	46
Çizelge 5.11. 15 katlı kompozit yapıya ait +Y ve -Y yönü görelî kat ötelemeleri	46
Çizelge 5.12. 5 katlı kompozit yapıya ait kat kesme kuvvetleri	47
Çizelge 5.13. 15 katlı kompozit yapıya ait kat kesme kuvvetleri	47
Çizelge 5.14. 5 ve 15katlı kompozit yapılara ait kat kütleleri	48
Çizelge 5.15. Yapılara ait kat kütleleri	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tipik kompozit döşeme sistemi.....	6
Şekil 2.2. Kompozit sistemlerde kullanılan çelik sac örnekleri.....	7
Şekil 2.3. Çelik Kiriş ile karma döşeme çalışması	10
Şekil 2.4. Kompozit çalışan prefabrike döşeme	10
Şekil 2.5. Çelik trapez ile kompozit çalışan döşeme örneği	11
Şekil 2.6. Çelik profil kiriş.....	13
Şekil 2.7. Kayma bağlantısı -kayma kaması-stud çivisi	13
Şekil 2.8. Profillenmiş çelik sac.....	16
Şekil 2.9. Kompozit döşemelerde kullanılan bir çelik sac tipinin detayları	16
Şekil 2.10. Kompozit döşemede donatı çeliğın kullanımı	17
Şekil 2.11. Kompozit döşemede çelik sac üzerine beton dökümü.....	18
Şekil 3.1. Tipik kompozit kiriş kesitleri	20
Şekil 3.2. Kompozit kiriş enkesit türleri	21
Şekil 3.3. Kompozit kirişlere oturan doğrudan dökme ve prefabrik betonarme döşemeler	22
Şekil 3.4. Beton dökümü sırasında kompozit kirişlere uygulanan destek elamanları	23
Şekil 3.5. Kompozit ve betonarme kirişin düzgün yayılı yük altında davranışı.....	25
Şekil 3.6. Basit mesnetli kompozit olmayan kirişin davranışı.....	25
Şekil 3.7. Basit mesnetli kompozit kiriş davranışı.....	26
Şekil 4.1. Kompozit kolon tipleri.....	27
Şekil 4.2. Kompozit ve çelik kolon kesitlerinin burkulma durumundaki davranışları ...	29
Şekil 4.3. Tekrarlı yük etkisinde çelik kolonların yük-şekil değiştirme eğrileri	29
Şekil 4.4. Tekrarlı yük etkisinde kompozit kolonların yük-şekil değiştirme eğrileri	30

Şekil 4.5. Çelik kolonların yalıtılması	31
Şekil 4.6. Kompozit kolonların yalıtım yöntemleri	31
Şekil 5.1. 5 katlı betonarme bina	36
Şekil 5.2. 15 katlı betonarme bina	37
Şekil 5.3. 5 ve 15 katlı betonarme binalara etkiyen deprem yükleri	42
Şekil 5.4. 5 katlı kompozit bina	43
Şekil 5.5. 15 katlı kompozit bina	44
Şekil 5.6. 5 ve 15 katlı kompozit binalara etkiyen deprem yükleri	49
Şekil 5.7. 5 katlı yapıların +X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması	50
Şekil 5.8. 5 katlı yapıların -X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması	50
Şekil 5.9. 5 katlı yapıların +Y ve -Y yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması	50
Şekil 5.10. 15 katlı yapıların +X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması	51
Şekil 5.11. 15 katlı yapıların -X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması	51
Şekil 5.12. 15 katlı yapıların +Y ve -Y yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması	52
Şekil 5.13. X yönü periyot değerlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 5.14. Y yönü periyot değerlerinin karşılaştırılması	53
Şekil 5.15. 5 katlı yapıların kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 5.16. 15 katlı yapıların kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması	54
Şekil 5.17. 5 Katlı yapılara etkiyen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	55
Şekil 5.18. 15 Katlı yapılara etkiyen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

C_d	: Yer değiştirme büyütme katsayısı
h_i	: Kat yüksekliği
d_i	: Binanın i.inci katında azaltımış deprem yüklerine göre hesaplanan yerdeğiştirme
Δ_{max}	: Binanın i.inci katındaki azaltımış görelî kat öteleme

Kısaltmalar

Açıklama

A.A.S.H.T.O	: American Association of state Highway and Transportation Officials
A.I.J	: Japonya Mimari Enstitüsü
E.C.4	: European Code 4
A.S.C.E	: American Society of Civil Engineers
B.S.I	: British Standard Institute
C.E.N	: European Committee for Standardization
A.C.I	: American Concrete Institute
A.I.S.C	: American Institute of Steel Construction
L.R.F.D	: Load and Resistance Factor Design

BÖLÜM I

GİRİŞ

Karma yapı olarak bilinen yapılar, iki veya ikiden fazla farklı yapı malzemesinin bir araya gelmesiyle oluşan, yapı elemanlarının kayma bağlantılarının yardımıyla birlikte çalışmaları sağlanarak elde edilen taşıyıcı sistemlerdir. Çelik ve beton gibi farklı malzemelerden meydana gelen kompozit yapı elemanın yanı sıra çelik, ahşap, beton veya diğer farklı malzemeler kullanılarak oluşabilecek birçok örnekler kompozit yapı elemanı vardır. Ülkemizde, bina yapıları, sanayi yapıları, su yapıları ve köprüler gibi betonarme iskeletli yapılar yaygın olarak uygulanmaktadır. Oysa beton ve çelikten oluşan bir kompozit yapı belli bir yükseklikten sonra ihtiyaca cevap vermemekle beraber, kompozit yapının yüksekliği veya kat sayısı arttıkça yapının ağırlığının artmasıyla deprem yükünün artması da bir başka problemdir. Çelik yapılar sanayi yapıları gibi büyük açıklıklı yapılar, zayıf zeminler, hız isteyen yapı inşaatları, ve deprem gibi dinamik etkileri karşılama da betonarme yapılara göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak, betonarme yapılara göre ısıyı iyi iletilmesi, yangına karşı dayanıksızlığı ve paslanmaya uygun olması gibi özellikleri çeliğin sakıncalı yanları olmaktadır. Bazı durumlarda çeliğin sakıncalı yanlarından korunmak amacıyla çelik yapı elemanların etrafını beton gibi farklı malzemeler yardımıyla sarılmaktadır (Jonhson, 1994).

Beton ve çelik gibi yapı malzemeleri birbirlerinden farklı üstünlüklere sahiptirler ve bu iki malzemeyi beraber kullanmakla betonun yüksek basınç dayanımından çeliğin ise yüksek çekme dayanımından yararlanılmaktadır. Bu iki yapı malzemenin birlikte kullanılmasıyla elde edilen kompozit yapı daha yüksek rijitliğe, ve yüksek mukavemete sahip olmasının yanında küçük boyutlarda tasarlanması ekonomi olarak da katkı sağlanacaktır.

Yapı taşıyıcı sisteminde aynı anda betonarme yapı elemanı ile beraber, çelik yapı elemanı, ahşap yapı elemanları gibi farklı yapı elemanlarının birlikte kullanılması ile yapılan yapılara kompozit yapılar denilir. Kompozit yapı elemanlarının kullanılması ile birlikte yapının betonarme yapılara göre zati ağırlığı önemli bir şekilde azalmakta ve yapı deprem yüklerine karşı istenilen sünekliliğe ulaşmaktadır (Arda, 1985).

Bu sebeple dünyada çok katlı yapılarda uygulamalarının vazgeçilmez taşıyıcı sistemi haline gelmiştir. Kompozit yapılarda kolon, kiriş, döşeme gibi taşıyıcı elemanlar kompozit olarak tasarlandığında “kompozit kolon”, “kompozit kiriş”, “kompozit döşeme” olarak anılır.

Yapılan bu tez çalışmasında, kompozit (karma) yapı elemanları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Ayrıca, tez çalışmasında aynı mimari projeye sahip 5 ve 15 katlı iki adet yapı, betonarme ve kompozit elemanlar kullanılarak modellenmiştir. Betonarme yapıların tasarımı ACI 318-14 yönetmeliğine, kompozit yapıların tasarımı ise AISC 360-16 yönetmeliğine uygun olarak yapılmıştır. Tasarlanan yapıların kat ötelemeleri, periyotları, kat kesme kuvvetleri, kat kütleleri ve deprem yükleri tespit edilmiş ve betonarme yapılar ile kompozit yapıların bu değerleri karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM II

KOMPOZİT YAPI ELEMANLARI

Günümüzde yapı teknolojisinde üstün özelliklere sahip farklı yapı malzemelerinin bir arada kullanılması önemli bir yer tutmaktadır. İnşaat sektöründe en çok kullanılan betonarme yapılar beton ile çeliğin birlikte kullanılması sonucu oluşmuşlardır. Son yıllarda betonarmeye benzer yaklaşımlarla kompozit yapılar geliştirilmeye başlamıştır. Kompozit yapı tasarımında temel yaklaşım yüksek dayanım ve şekil değiştirme özelliğine sahip olan çelik ile yüksek basınç dayanımı ve durabiliteye sahip olan betonu çeşitli şekillerde birleştirerek birlikte çalışmalarını sağlamaktır. Burada amaç çelik ve betonun üstün özelliklerini tek bir elemanda birleştirmektir. Oluşturulan kompozit yapılarda çelik çekme gerilmelerini, beton ise basınç gerilmelerini taşımakta buna ilaveten çelik ile beton bir bütün olarak çalışmaktadır. Ayrıca, yangına karşı da büyük bir koruma sağlamaktadır.

Son yıllarda dünyanın çeşitli ülkelerinde yoğun olarak talep gören kompozit yapılar özellikle deprem etkisindeki bölgelerde depreme dayanıklı yapı tasarımında kullanılmaya başlamıştır. Kompozit yapıların betonarme ve çelik yapılara göre avantajları vardır. Bunlardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

- Kompozit yapı tekniği ile yapılmış bir yapı betonarme yapılara göre daha hafif olmaktadır. Bina ağırlığı dikkate alındığında %40 daha az olabilmektedir. Bina ağırlığının azalması ile birlikte yapı üzerine etki eden deprem kuvvetleri de azalacaktır.
- Kompozit yapılar sünek davranış gösterdiklerinden deprem etkisinde performansları daha yüksek olacaktır.
- Kompozit yapılarda çelik taşıyıcı sistem fabrikasyon olarak hazırlandığından üretimin her aşamasında kalite kontrol imkânı daha fazla olmaktadır.
- Kompozit yapılarda, çelik miktarı geleneksel çelik yapılara oranla %20 oranında azalabilmektedir.
- Çok katlı çelik yapıların döşemeleri betonarme olarak yapıldığında ayrıca bir döşeme kalıp sisteminin kurulması gerekmektedir. Bu durumda ilave bir maliyet

anlamına gelmektedir. Prefabrik döşemeler kullanılması durumunda ise daha pahalıya mal olabilmektedir.

- Çok katlı çelik yapıların bodrum katları genellikle betonarme olarak yapılmakta ve çelik kolon elemanları betonarme bodrum kat üzerine oturtulmaktadır. Bu durumda bodrum kattaki betonarme yapının kolon kesitleri çok büyük çıkabilmektedir. Bu da ilave maliyet anlamına gelmektedir.
- Kompozit yapılarda, betonarme kalıp sistemlerine çok fazla gereksinim duyulmadığından da az ahşap kalıp kullanılmaktadır. Bu da daha az ağaç kesilmesi anlamını taşımaktadır.
- Kompozit yapı inşaatı sırasında, betonarme yapıya kıyasla %50 daha az beton tüketildiğinden çimento üretiminden kaynaklanan CO₂ salınımı da azaltılarak çevre kirliliği probleminde de kısmen katkı sağlanmış olacaktır.

Bir yapıyı oluşturan kompozit elemanlara kompozit yapı elemanları denilmektedir. Kompozit bir yapıda yer alan bütün taşıyıcı yapı elemanları kompozit elemanlardan oluşmak zorunda değildir. Çelik yapılarda değişik türde kullanılmaktadır bunlar sadece kompozit döşeme olabilmekle beraber sadece kompozit kolonlar, sadece kompozit kirişler veya kompozit kolonlar ve kirişler olarak tasarlanabilirler. Aynı durum betonarme bir yapı için de geçerli olabilmektedir sadece kolon, sadece kiriş veya bunların her ikisinde (kolon+ kiriş) ve kompozit döşeme olarak tasarlanabilmektedirler. Kompozit elemanlar; kompozit döşeme, kompozit kiriş ve kompozit kolon olarak 3 gruba ayrılmaktadır.

2.1 Kompozit Döşemeler

2.1.1 Kompozit döşeme sisteminin tarihi

Çelik sac, başlangıçta betonarme yapıların döşemelerinde kalıcı beton kalıbı olarak kullanılmıştır böylece kompozit döşemelerin ilk örnekleri ortaya çıkmıştır. Bu elemanlar değişik zamanlarda farklı durumlarda kullanılmışlardır. 1920'lerden itibaren normal betonarme döşeme olarak, 1950'lerden itibaren beton çekme donatısının kullanılmasıyla ilk kompozit döşeme sistemleri ortaya çıkmıştır. 1960 yıllarda kompozit yapı elemanları farklı kurumlar tarafından araştırılmış ve çelik saclar farklı şekiller

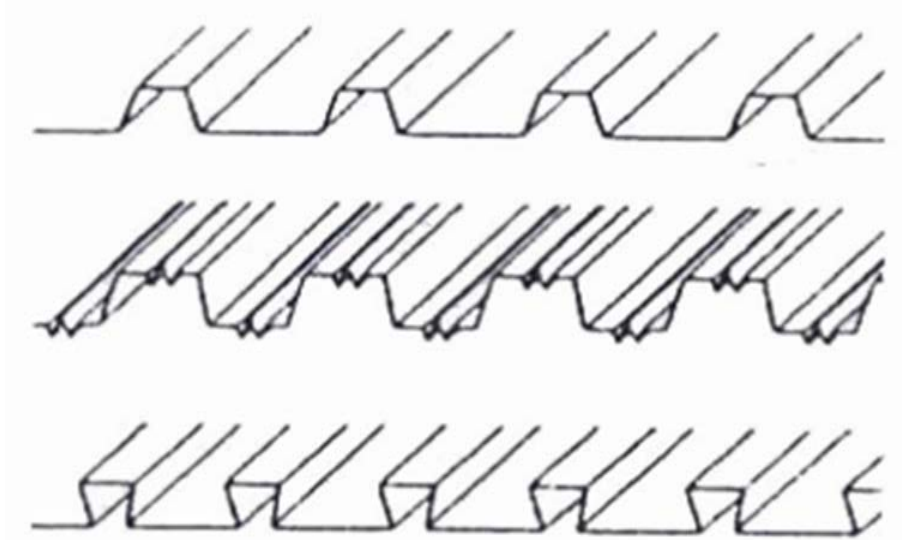
verilerek ve çok sayıda denemeler yapıldıktan sonra modern bir kompozit yapı elemanı elde edebilmek amacıyla sacların yüzeylelerinde girinti ve çıkıntılar oluşturularak ilk kompozit döşeme sistemlerin ortaya çıkarılmıştır ve karma plakların performansına göre üretilmeye başlanmıştır. Bu gelişmelerin yanında, kompozit yapı elemanlarının kullanımının diğer yapı elemanlarına göre daha ekonomik olmasından dolayı inşaat yapılarında standartlara gerek duyulmuştur. Böylelikle, dünyada farklı ülkelerde kendine ait standartlar ortaya çıkmıştır. Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü 1967'de karma plaklar ile ilgili araştırmalar başlatmıştır. Bu araştırmalar kompozit tasarım sistemleri ile ilgili Amerika, İngiliz ve Avrupa standartlarının (ASCE, 1985, BSI 1994 ve CEN, 2001) temelini oluşturmuştur (Nethercot, 2004).

2.1.2 Kompozit Döşeme Sistemleri

Kompozit döşemeler betonarme döşemelere göre daha ekonomik olması ile birlikte yapı inşaatında kat yüksekliğini azaltan ince kesitli döşemelerdir. Farklı kalınlıklara sahip olmakla birlikte genellikle bu kalınlık (12cm-17cm) arasında değişmektedir (Yorgun, 2003). Kompozit döşemelerin ortaya çıkmasının nedenlerinden biri çelik malzemelerin diğer yapı malzemelerine göre çekme gerilmeleri altında daha iyi davranış göstermesindedir. Genellikle çelik malzemeler kalıcı kalıp olarak kullanılmasının yanı sıra beton altında çekme donatısı olarak ta kullanılmaktadır. Kompozit plaklarının tasarımı imalatçının verilerine göre yapılmaktadır. Tasarımda göz önüne alınacak önemli kriterler kirişlerin uzunluğu, beton kalınlığı, üzerine gelen yük yoğunluğu ve destek kullanılmasının gerek olup olmadığı olarak sıralanabilmektedir. Kompozit plaklar genellikle aşağıda belirtilen alanlarda kullanılmaktadır.

- Çok katlı yapılar,
- Ofis yapıları,
- Konut ve ticari yapıları,
- Modüler üniteli yapılar,
- Otel yapıları,

Karma döşemelerin yapımında elemanlar üzerindeki gerilmeleri azaltmak ve sehimini minimuma indirmek amacıyla kompozit olarak tasarlanan döşemeler arasındaki



Şekil 2.2. Kompozit sistemlerde kullanılan çelik sac örnekleri

Kompozit bir yapı elemanında kenetlenmeyi arttırmak amacıyla uç ankrajları kullanılmaktadır ancak uç ankrajları gibi elemanlar iki malzeme arasındaki aderansı oluşturabilmesi için genelde başlıklı saplamalar ve korniyer parçaları kullanarak kaynak vasıtasıyla uygulanmaktadır. Kompozit kiriş ile kompozit döşemenin birlikte kullanımında kompozit kiriş için kullanılan kayma bağlantıları döşemede de görev yapabilirler.

2.1.3 Kompozit döşeme sistemlerinin gelişiminin sağladığı avantajlar

Kompozit yapı elemanları çok önemli avantajlara sahiptir, çelik kiriş üzerine yerleştirilen profil ile çelik sacın farklı görevlerde kullanılması önemli bir avantaj sağlamaktadır. Çelik sac beton dökümü sırasında döşeme kalıbı görevi görmekte böylece işçilik ve malzemeden tasarruf edilmektedir. Daha sonra betonarme yapılarda olduğu gibi yerinde dökülen betonun belli bir dayanım değerini kazanmasıyla kompozit plaklarda ki çelik donatısı gibi çelik saclarda çekme gerilmelere karşı etkili bir görev yerine getirmektedir. Kompozit plaklar, çelik sacların, çelik kirişlerin, betonun ve kayma bağlantılarının bir araya gelmesiyle normal betonarme plaklara göre daha hafif bir yapı oluşturmakta ve yapı maliyetine önemli avantajlar sağlamaktadır. Sonuç olarak kompozit döşeme sistemlerinin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Emre, 2010).

- Kompozit döşemelerde, beton ve beton donatısı, kalıp ve iskele gerektirmeyen kalıcı bir kalıplama görevi yapmaktadır.
- Kompozit etkisi, sistemin genelinde derinliği azaltır. Yangına karşı ek bir önlem gerektirmeden 2 saate kadar, ilave kalınlık ya da ek bir yüzey koruması ile birlikte ise 4 saate kadar yangın direnci sağlar.
- Şekli düzgün olmayan yapı elemanlarında kullanılabilen ve servis amacıyla kolayca delinip kesilebilen hafif ve pratik bir sistemdir.
- Hafif bir yapı sistemi olması, üzerine etki eden çerçeve yüklerini ve temel maliyetini düşürür.
- Basit ve hızlı inşa teknikleri geliştirilmesini olanaklı kılar.

2.1.4 Kompozit elemanların yapımı aşamasında dikkat edilmesi gereken hususlar

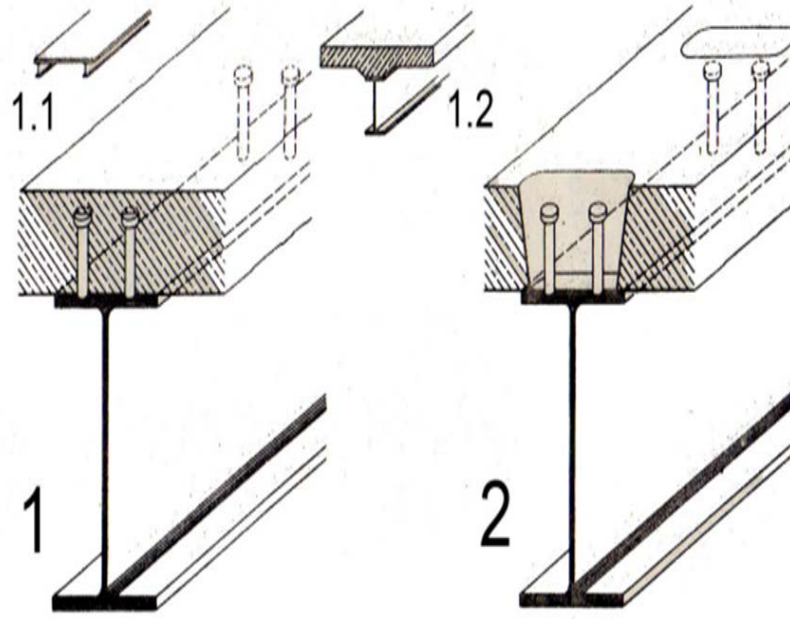
Kompozit yapı elemanlarının tasarımında ekonomik olmalarının sağlanması yanında, malzemelerin kalitesi ve yapı elemanların dizaynı, yapım sürecinde gerekli ve önem taşıyan koşulların ve kontrollerin yapımının yerine getirilmesi önem taşımaktadır. Kompozit döşeme sisteminin yapımı aşamasında kullanılacak olan çelik sacların tasarımda bazı özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Çelik sacın rijitliği dökülmüş olan betonu taşıması adına önemlidir. Ayrıca çelik kiriş ile kompozit plakların birbirine bağlanabilmesi için çelik kirişin üst kısmına tam olarak mesnetlenmesi sağlanmalıdır. Kompozit plakların yapım aşamasında döşemenin ağırlığı çelik sacları önemli derecede etkilenmektedir bu sebeple döküm işlemi bitmiş olan taze beton yeterli dayanıma ulaşmaya kadar yani daha iki malzeme kompozit olarak çalışmaya başlaymaya kadar, plak yükünün taşınması için, döşeme altına geçici ara desteklerin konulması gerekmektedir. Ara desteklerin olup olmaması yeni yapılan kompozit döşemelerde önemli derece etkili olmaktadır. Geçici desteklerin olması kompozit plaklar ve kirişlerde meydana gelecek şekil değiştirmeler sonucu döşeme üst kısımlarında mesnetlerin olduğu yerlerde çatlakların oluşmasını engellemektedir. Ancak geçici desteklerin olmadığı durumlarda kompozit yapının üzerine gelen yükler ve bu yüklerin sebep olduğu sehimler yapının ana taşıyıcı sistemleri yani çelik kirişler tarafından karşılanmaktadır. Böyle durumlarda kompozit yapı elemanlarının daha fazla zarar görmesini engelleyebilmek için çelik kirişe yukarı yönde sehim vermek önemli olmaktadır.

Kompozit plaklarda beton dökümü sırasında dikkat edilmesi gereken önemli bir husus da, beton dökümü sırasında betonun çelik sac üzerinde bir noktaya yığılması sonucu çelik sac üzerinde meydana gelebilecek sehimlerden kaçınılmasıdır. Genel olarak tasarım aşamasında, kompozit döşemeler basit mesnetli bir kiriş olarak boyutlandırılmaktadır. Basitleştirilmiş bir kabul ile mesnetler arası uzaklık kiriş açıklığı olarak alınarak birim genişlikte bir kiriş için hesap yapılır. Taze beton sebebiyle çelik sac üzerine etkiyen yükün düzgün yayılı yük olduğu kabul edilir. Dolayısıyla, beton dökümü esnasında taze beton döşeme ortasına dökülüp, sonradan kenarlara dağıtılmamalıdır. Beton dökümüne mesnet elemanlarına yakın bir bölgeden mümkünse mesnet üzerinden başlanmalı buradan döşemenin orta bölgesine doğru ilerlenmelidir. Döşeme tasarımı sırasında taze beton ağırlığına ilave olarak beton yığılması sonucu göçme oluşma ihtimaline bölgesel ilave yük dikkate alınmalıdır. Ayrıca, yapım aşamasında çelik saca zarar verebilecek durumlara karşı her türlü önlem alınmalıdır. Eğer beton dökümü sırasında el arabaları kullanılacaksa, arabalar çelik sac üzerine yerleştirilen geçici kalaslar üzerinde kullanılmalıdır. Beton dökülmeden önce her türlü yabancı madde ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Çelik sacın korozyonuna sebep olabilecek her türlü madde ortamdan uzak tutulmalıdır. Yapım aşamasında dikkat edilmesi gereken diğer önemli nokta ise, başlıklı kayma bağlantılarının kiriş üst başlığına kaynaklanmasıdır.

2.1.5 Kompozit Döşeme Tipleri

2.1.5.1 Çelik kiriş ile karma döşeme çalışması

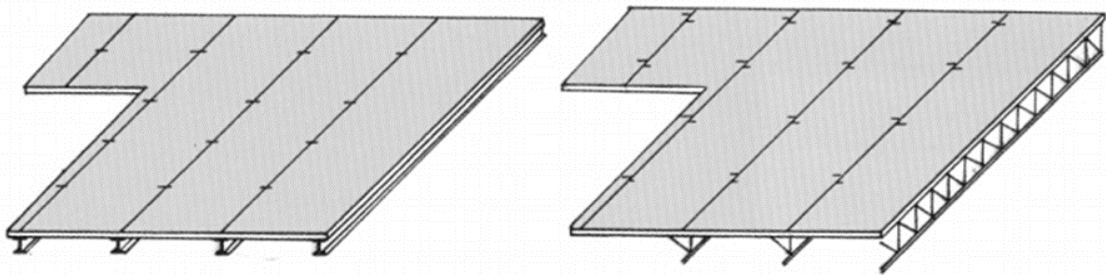
Bu tip kompozit döşeme sistemlerinde çelik sac bulunmamakta döşeme çelik kirişler üzerine oturmaktadır. Çelik kiriş ve üstünde yer alan kompozit döşemenin beraber çalıştırılabilmesi için bu iki yapı elemanı birbirileri ile farklı saplamalar ve betonun kaymasını engelleyen kayma bağlantı çivileri yardımı ile bağlanmaktadır. Bu saplama elemanları ve bağlantı çivileri Şekil 2.3'te görüldüğü gibi iki şekilde uygulanır. 1. nolu şekil yerinde beton dökümü olan döşeme sistemi için 2 nolu şekil ise prefabrike beton döşeme sistemi için kullanılmaktadır.



Şekil 2.3. Çelik Kiriş ile karma döşeme çalışması

2.1.5.2 Kompozit olarak çalışan prefabrike döşeme sistemi

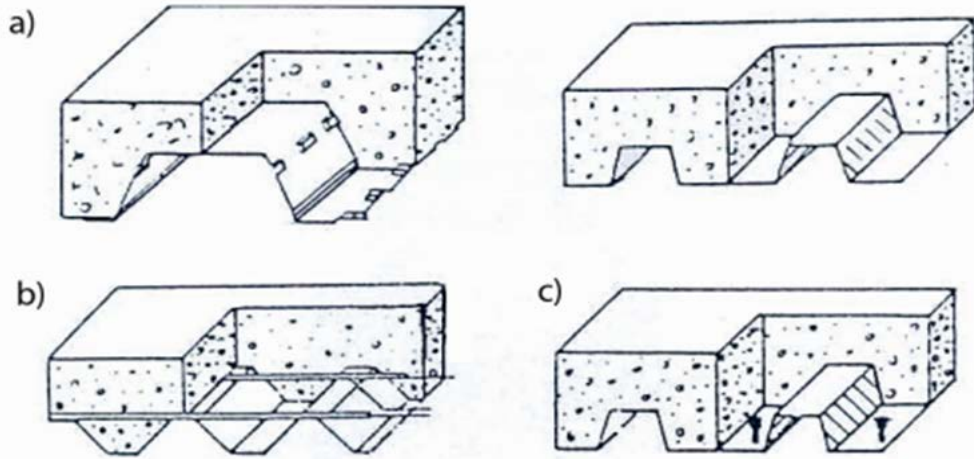
Karma yapı sistemlerinde diğer kompozit yapı elemanları gibi zaman kaybı olmadan ve daha kısa bir sürede daha fazla yapı üretimini sağlayan bir yapı elemanı da prefabrike ile döşeme sisteminin inşaatıdır. Prefabrike ile plak sisteminin bir örneği olarak Şekil 2.4'te görülen genel taşıma görevini yerine getiren çelik kirişlerin üzerine yerleştirilen sürekli döşeme kirişleri gösterilebilir. Böyle bir sistemde kullanılan su kontrastı, prekast beton döşeme plakları gibi malzemelerle çelik kirişler arasındaki kompozit etki, bağlantı elemanları ile sağlanır.



Şekil 2.4. Kompozit çalışan prefabrike döşeme

2.1.5.3 Çelik trapez ile kompozit çalışan döşeme

En çok kullanılan kompozit döşeme sistemlerinin başında gelmektedir. Bu sistemde kompozit döşeme trapez sac levhalar kullanılarak oluşturulmaktadır. Kompozit döşemelerde plak betonu ve çelik sac arasındaki aderansı sağlamak amacıyla çelik kırımlar üzerinde yerleştirilmiş çelik saclara trapez şekiller verilmektedir. Trapez şekillerde oluşturulmuş sac ile betonun birlikte çalışmaları ve yatay olarak betonun kaymasını engelleyebilmek amacıyla ve ayrıca beton plakların çelik sacın düzlemine dik bir şekilde ayrılıp kalkmasının önlenmesi amacıyla bu şekiller verilmektedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Çelik trapez ile kompozit çalışan döşeme örneği

Beton ve çelik sac arasında kenetlenmeyi sağlayan araçlar aşağıdaki gibi listelenebilir.

- Kompozit döşemelerin çelik sac üzerinde oluşturulacak girinti ve çıkıntılar (dik, yatay, eğimli veya bunların kombinasyonları).
- Katlanmış çelik sacın üstünde kaynaklanmış çelik donatı ve hasır çelik donatısı
- Uç ankrajları (Şekil 2.5).

Çelik trapez ile kompozit çalışan döşeme sisteminde 5 temel bileşen yer almaktadır. Bunlar;

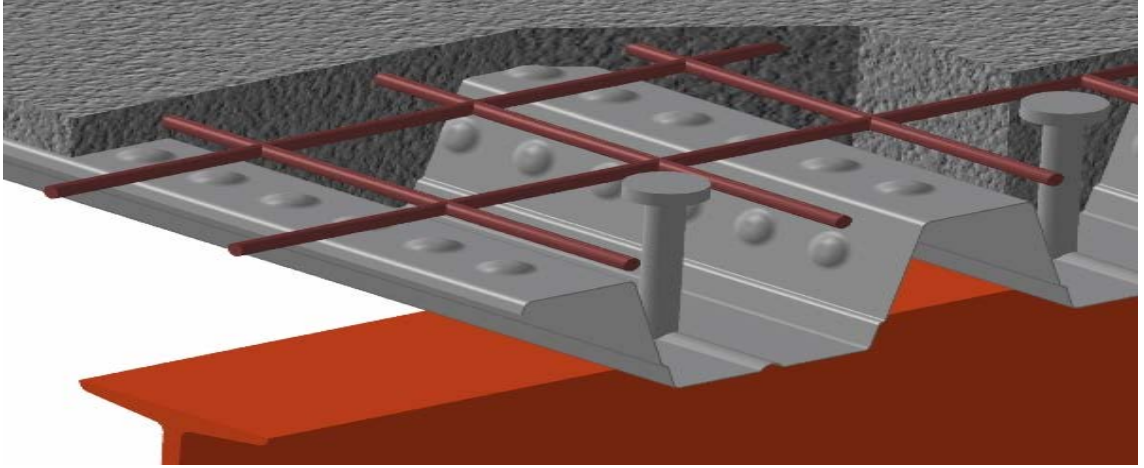
- Profillenmiş çelik kiriş,

- b. Kayma Kaması- Kayma bağlantısı -Stud Çivisi
- c. Trapez sac.
- d. Beton donatısı- Çelik Hasır
- e. Beton

a. Profillenmiş çelik kiriş

Kompozit yapı elemanlarından biri olan kompozit kirişin davranışını etkileyen temel unsurlarından biri çelik kiriş ile betonarme döşeme arasındaki kesme kuvveti transferinin miktarıdır. Aynı zamanda kompozit kiriş ile beton plak arasında mekanik kenetlenmeyi oluşturmak amacıyla kayma bağlantıları kullanılarak kompozit döşeme sisteminin bir elemanı olan çelik kirişinin betona bağlantısı sağlanmakta böylece iki malzemenin beraber çalışmaktadır. Ancak herhangi bir kompozit kirişle beton döşeme arasındaki aderans kayma bağlantılarının kaynaklama biçimi ve kapasitesini bağlı olarak değişmekte ve bu duruma göre tam olarak çalışan kompozit veya kısmi olarak çalışan kompozit sistem meydana gelmektedir (Şekil 2.6).

Kompozit bir yapıda çelik kirişin ve betonun tam etkileşim durumunda olması yani kompozit olarak çalışması sistemin kompozit olarak çalışmasını sağlamak amacıyla kullanılmış olan kaynaklanma elemanlarının iyi durumda olmasına bağlıdır. Çelik kirişin üzerine etkiyen düşey yük altında çelik kesme kuvveti, beton ise basınç kuvveti etkisine maruz kalmaktadır. Böylece her iki malzemedeki de optimum fayda sağlanmaktadır. Ancak bu durumun oluşabilmesi için çelik kirişin üst başlığına yerleştirilen kayma bağlantılarının beton ile beraber çalışması gerekmektedir. Bu şekilde oluşturulan kompozit kirişler aynı enkesitteki çelik kirişlere göre daha büyük rijitliğe sahiptirler bu sebeple daha fazla yük taşıyabilirler. Aynı zamanda kompozit kirişlerin rijitliklerinin fazla olması sebebiyle çelik kirişlere göre sehimleri de daha az olmaktadır.



Şekil 2.6. Çelik profil kiriş

b. Kayma bağlantısı -kayma kaması-stud çivisi

Kompozit bir döşeme plağını oluşturan beton ile aynı zamanda kalıcı kalıp görevi gören çelik sacın birlikte çalışmasını sağlamak amacıyla Şekil 2.7’de görülen stud çivileri ve kayma bağlantıları kullanılmaktadır. Bu şekilde beton, çelik sac ve profillenmiş çelik kiriş arasında oluşabilecek kayma hareketi engellenmiş olur. Ayrıca çelik sac ile beton arasında oluşacak aderans kuvveti oldukça azdır ve hatta ihmal edilebilecek seviyededir. Bu sebeple her iki malzeme arasındaki aderans kuvvetini arttırmak için çok çeşitli tipte soğukta haddelenmiş şekillendirilmiş beton altı trapez sac kullanılmaktadır.



Şekil 2.7. Kayma bağlantısı -kayma kaması-stud çivisi

c. Çelik sac

Profillenmiş olan çelik saclar yapı malzemesi olarak farklı kullanım alanlara sahiptir. Bunlardan bir tanesi de kompozit plaklarda, döşeme alt kısmında daha çok beton donatısı görevi yaparak, beton ile kompozit çalışmasıdır. Ancak böyle bir durumda normalde kullanılan kompozit kirişlerden ve betonarme döşemeden farklı bir davranış göstermektedir. Kompozit bir yapıda her elemanın aderansını sağlayabilmek için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Örnek olarak betonarme bir yapı elemanının kompozit olarak çalışması beton ve beton donatısı arasındaki aderansın sağlanması ile mümkün olmaktadır. Kompozit kirişte ise bu olay değişik bir yöntemle elde edilmektedir yani çelik kirişin üst kısmına stud çiviler kaynaklanarak, çelik eleman ile beton arasındaki aderans sağlanarak, betonun yana kayması engellenmiş olmaktadır. Ancak profillenmiş olan çelik saclar ve beton kullanılarak oluşturulan kompozit döşemeler ise her iki sistemin arasında olup her iki sistemin eleman özelliklerine bağlıdır.

Kompozit yapı içerisinde çelik sac geniş açıklıklarda geçici kalıp işlevinde kullanılmasının yanında saca girinti ve çıkıntılar verilerek, ayrıca kompozit döşemelerde beton ile çelik ankrajlar veya bağlantı elemanlarla monte edilerek betonarmedeki donatıya benzetilmektedir. Diğer taraftan kompozit yapı elemanı çelik kirişin üzerine atölyelerde hazırlanmış olan saplamalar vasıtasıyla, çelik kirişin pozitif eğilme momentini azaltıp, kirişin rijitliğini yükseltmek amacıyla yapı elemanı olarak kullanılmaktadır. Ancak, betona tam olarak gömülü olmadığından betonarme donatısı ile aynı görevi görmemektedir.

Kompozit döşemelerin gerçek davranışının analizinin belirlenmesini daha karışık hale getiren deformasyon davranışı çok sayıda parametreye bağlı olmaktadır. Kompozit plaklar üzerlerine gelecek olan yükleri taşıyacak şekilde tasarlanırlar. Fakat normal yüklerin etkisi altında, kompozit plakların özellikle açıklıklarının fazla olduğu durumlarda her iki yönde, enine ve boyuna doğrultulardaki çelik sacların eğilme momentinde oluşan deformasyonu ile çatlamış betondan oluşan bir yapı elemanı gibi davranırlar. Düşük yükler altında kompozit parçalar arasındaki aderansın tam olduğu durumlarda döşeme plaklarında yükleme etkisinin lineer olmasından dolayı her hangi bir çatlama olmayacaktır. Kompozit plaklarda en büyük problem kullanılacak olan malzemelerin birleşme noktalarında meydana gelmektedir. Özellikle iki veya daha fazla

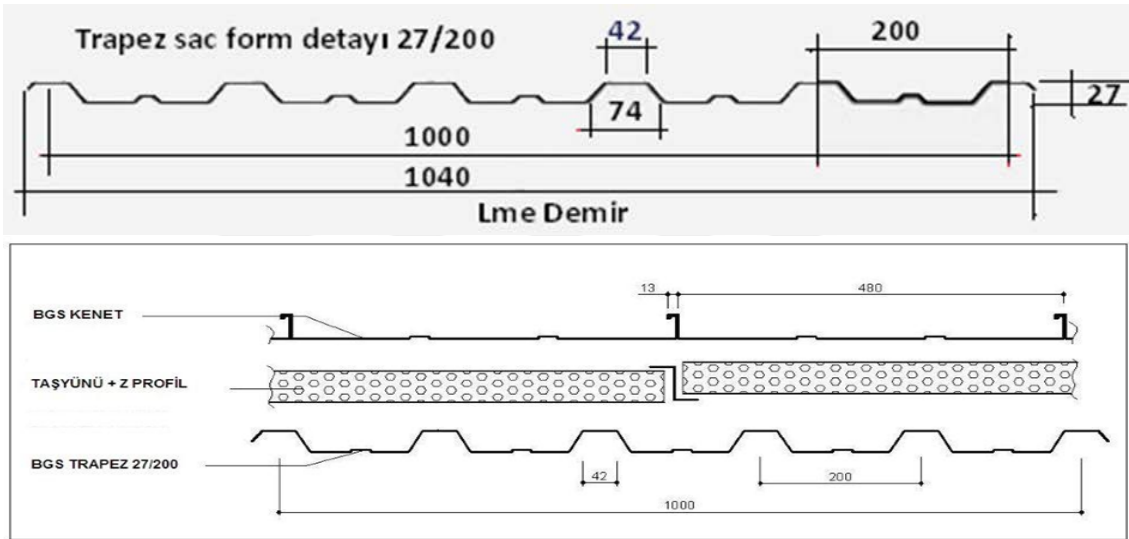
malzeme arasındaki bağlantılarda, istenilen aderansı elde edebilmek için, kayma kuvvetlerine karşı koyan kayma gerilme dayanımı yeterli olmalıdır. Aynı zamanda kompozit döşeme tasarımında dikkate alınacak olan yüklerin yükleme şeklinin yanında yükün büyüklüğü de etkilidir. Yani yüklerin büyük olması durumunda döşemede meydana gelebilecek rölatif kaymanın yanı sıra elemanların birleşim bölgeleri de zarar görmektedir. Kompozit döşemelerde göçme biçimleri çelik sacın tipine ve yapının boyutlarına bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan profil tipine bağlı olarak değişmekle birlikte eleman üzerine etkiyen yük kayma başlangıcına sebep olabilecek yükten daha büyük ise ani göçme ortaya çıkabilir.(Odabaşı ve Yorgun, 2005)

Kompozit yapı elemanların göçmesi farklı sebeplerden meydana gelmektedir, bunlar malzemeler arasında bağ kuvvetlerinin yok olması, kullanılan beton ve çelik sacların arasında dayanımın sona ermesi, çelik elemanların yetersiz boyutlara sahip olması durumlarında ve çelik kiriş ile betonarme döşemenin bağlanmasını sağlayan yetersiz kayma bağlantı elemanlarının olmasından ortaya çıkabilir.

Günümüzde çelik iskeletli binalar daha fazla karma sistemler olarak projelendirilip uygulamaya geçirilmektedir. Çoğu zaman kompozit döşemeler için kullanılan çelik sacların tipleri ve kesitleri kullanılacak olan yapının performansına göre, yapının tipine göre ve çelik sacların davranış biçimlere göre belirlenmektedir. Şekil 2.8’de sık kullanılan bir çelik sac, Şekil 2.9’da ise bir başka çelik sacın detayları görülmektedir. Profillenmiş çelik sac en kesiti kullanılarak oluşturulmuş kompozit döşemede deplasman kontrollü yükleme deneyleri yapılarak, kompozit döşemenin davranışı tespit edilmektedir. Böylece döşemenin göçme modu belirlenmektedir. Deneylerde genellikle basit kiriş kabulü yapılarak dört nokta yükleme deneyi sistemi kullanılmaktadır.



Şekil 2.8. Profillenmiş çelik sac



Şekil 2.9. Kompozit döşemelerde kullanılan bir çelik sac tipinin detayları

Kompozit döşeme sisteminde kullanılacak çelik sacların minimum akma dayanımı 220MPa'dır. Pratikte, kompozit plaklar için genellikle 280MPa ile 350MPa arasında değişen akma dayanımına sahip çelik sacların kullanılması tercih edilmektedir.

d. Beton donatısı-çelik hasır

Kompozit döşeme sisteminde kullanılması planlanan çelik donatısı betonarme yapılar için hazırlanmış yönetmeliklere uygun olmalıdır. Bunlar düz yüzeyli donatılar ve nervürlü çelik donatılar olabilmekle beraber yapılarda değişik önemli görevleri üstlenirler yani negatif moment ve yangına karşı yüksek dayanımlı olması yanında normal ve yüksek sünekliklere sahip donatıların kullanılması tavsiye edilmektedir. Şekil

2.10’da kompozit döşemede çelik hasır kullanımına bir örnek görülmektedir. Kompozit yapı sistemlerinde beton donatısının karakteristik akma gerilmesi en az 500 Mpa olmalıdır.



Şekil 2.10. Kompozit döşemede donatı çeliğın kullanımı

e. Beton

Kompozit yapı elemanların kapasitelerinin hesaplanmasında kullanılan karakteristik beton basınç dayanımı 20 Mpa ile 70 Mpa arasında olmalıdır. Kompozit döşemelerde geleneksel betonarme döşemelere göre yapının ağırlığını azaltmak amacıyla hafif beton dökümü uygulanabilmektedir. Bu durumda kullanılacak betonun birim hacim ağırlığı genellikle 1900 kg/m^3 olacak şekilde seçilmelidir. Ayrıca, kompozit yapılarda kullanılacak betonun özellikleri ve beton kalitesinin denetimi TS 500 ve TS EN 206-1 standardına uygun olmalıdır. Şekil 2.11’de çelik sac üzerine beton dökümü görülmektedir.



Şekil 2.11. Kompozit döşemede çelik sac üzerine beton dökümü



BÖLÜM III

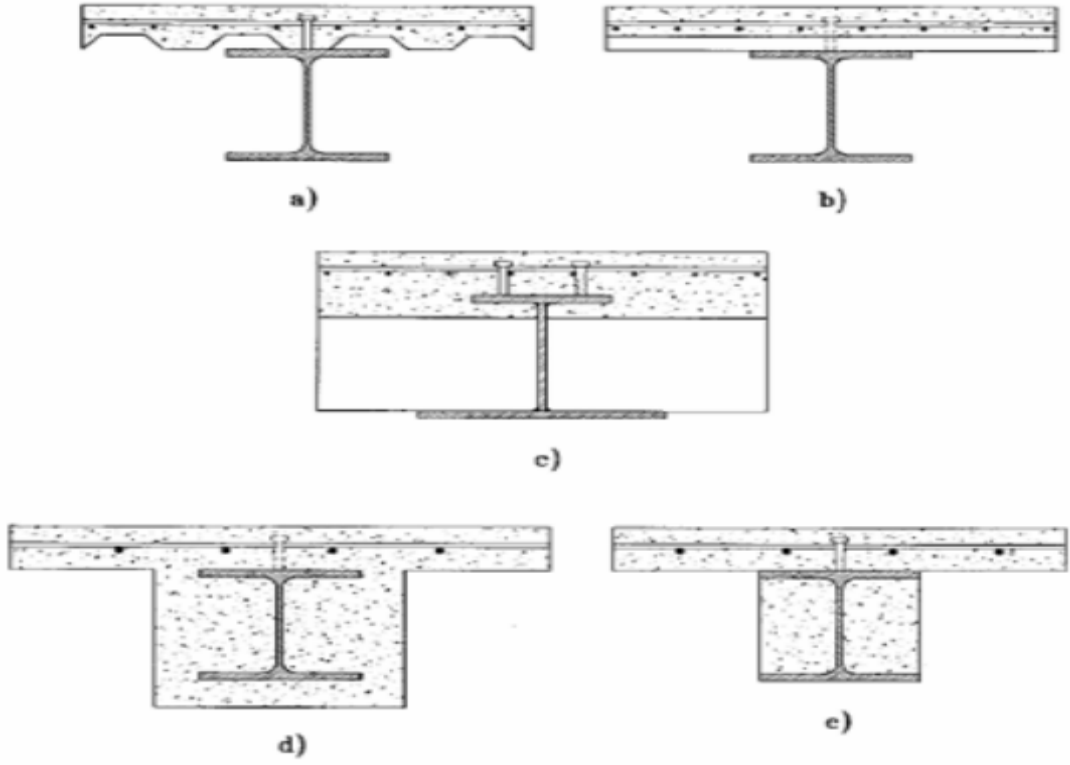
KOMPOZİT KİRİŞLER

Kompozit kirişlerin, kompozit yapı elemanı olarak yapının taşıyıcı sisteminde önemli görevleri vardır. Kompozit kirişler betonarme ve çelik kirişlere göre yüksek moment kapasitesine sahip ve daha rijit olmaları sebebi ile daha küçük boyutlarda ve dolayısıyla daha ekonomik olmaktadır. Malzemelerin kalitesini de dikkate alarak, tasarruf sağlamak için tercih edilen kompozit kirişler yüksek yapıların yapımında döşeme derinliğini azaltırlar. Kompozit kirişlerde yatay ve düşey yükler altında kesme kuvvetlerine karşı çelik ve betonun beraber çalışması için kesme elemanlarına ihtiyaç duyulması normal betonarme kirişlere göre en önemli dezavantajlarından biridir. Bütün kirişlerin tasarımlarında yapıldığı gibi, kompozit kirişlerin de tasarımında kesme kuvvetlerine karşı yeterlilik ve moment kapasiteleri tahkik edilmelidir.

Kompozit kirişlerin, betonarme yapılarda olduğu gibi depreme dayanıklı olmaları için kolon ve kirişlerin bağlantı noktaları sağlam olmalı, kesme bağlantıları ve dayanımları da kullanılan yönetmelik koşullarına uygun olmalıdır. Kompozit kirişlerin tasarımında dikkate alınması gereken hususlardan biri de kopmaya çalışan kesme elemanlarının ya da etrafı beton ile sarılmış olan kısımlarda kesme gerilmelerinden oluşabilecek hasarlara karşı önlemler alınmasıdır. Çeliğin ve betonun birlikte çalışabilmesi ve kompozit yapı elemanının hedef moment dayanımına ulaşabilmesi gerekmektedir. Bunun için de yapının kullanım amacına ve deprem bölgesine uygun bir kesme birleşimi dizayn yapmak gerekmektedir.

Kompozit kirişlerin temel yaklaşımı, geniş başlıklı (flanşlı) T-Kirişleri olarak ifade edilebilir. Tüm karma yapılarda olduğu gibi kirişleri kompozit olarak tasarlanmanın amacı, her iki malzemenin farklı özelliklerinden faydalanmaktır. Yani amaç betonun basınca karşı dayanımdan ve çeliğin çekme gerilmelere karşı gösterdiği dayanımdan faydalanarak her iki malzemeyi birlikte çalıştırıp ekonomik olarak daha küçük kesitli yapı elemanı elde etmektir. Bunların birlikte çalışmalarını sağlamak için de kesme birleşim elemanlarından faydalanılır. Böylelikle tablalı kesitli kirişin üst kısmı olan beton döşeme, gövdesi yapısal çelik olarak “T” kirişler meydana gelmektedir(Yorgun, 2003).

Günümüzde kompozit kirişlerin enkesitleri ve tipleri kullanım amacına uygun bir şekilde seçilmektedir. Genellikle kullanılan kompozit kiriş tipleri Şekil 3.1’de görüldüğü gibi olup bunlar daha çok bina türü yapılarda kullanılmakta olan kiriş tipleridir. Bina yapılarından farklı olarak köprülerin yapımında kompozit kirişlerin kullanılması tavsiye edilmektedir.



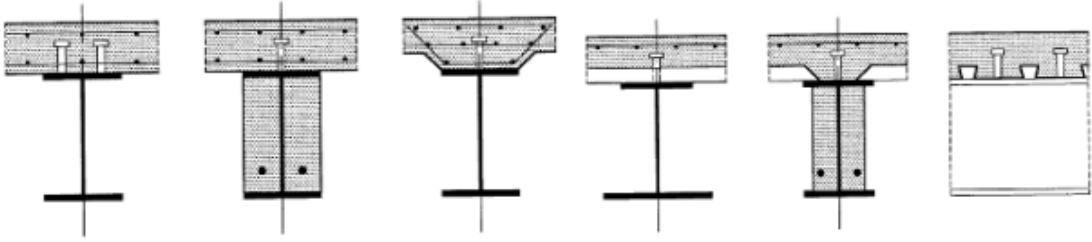
Şekil 3.1. Tipik kompozit kiriş kesitleri

Şekil 3.1 (a) ve (b)’deki kompozit kiriş kesitleri çelik sacın kalıp ve donatı görevi için en çok kullanılan kompozit kiriş tipidir. Şekil 3.1(c)’deki kesit ise plak kalınlığını azaltan kiriş tiplerindendir. Şekil 3.1 (d) ve (e)’de ise çelik kesitin tamamı veya bir kısmının beton ile kaplanarak yangına karşı direncin artırıldığı kompozit kiriş tipidir (Cosenza ve Zandonini, 1997).

3.1 Kompozit Kiriş Türleri

Kompozit kirişler, farklı geometrik şekillere sahiptir, bu tür kirişler betonarme bir plak ile kullanılmasının yanında trapez çelik sac ile kompozit çalışan döşemelerle de yapısal bir çelik profil olarak oluşabilmektedir (Şekil 3.2). Lokal burkulma sebebiyle kompozit

kirişin kesitine etkiyen moment plastik dayanım momentine ulaşamayabilir. Kompozit kirişlerde kesme kuvvetleri çelik kesitlerin gövdesiyle karşılanmaktadır. Döşeme boyunca eğilme gerilmeleri meydana gelir, fakat bu eğilme gerilmelerin kompozit kirişlerde eşit olarak paylaştırılarak çekme gerilmesi çelik profiller tarafından, basınç gerilmesi ise beton tarafından karşılanır. Veya bir kısmı betonarme döşeme tarafından ve bir kısmı da çelik profil vasıtasıyla ortak olarak taşınmaktadır (Arda ve Yardımcı, 2000).

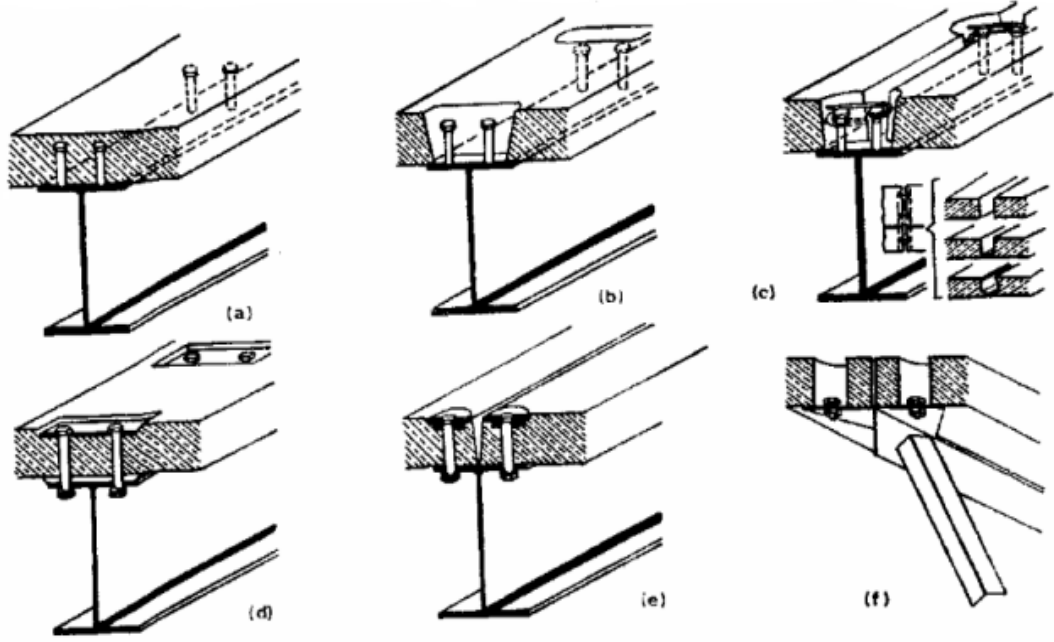


Şekil 3.2. Kompozit kiriş enkesit türleri

Kompozit kirişlerin üzerine etki eden yükler döşeme boyunca düzgün yayılı yük olarak yüklenmektedir. Bu yüklemeler altında kirişlerin boyutlandırılmasında döşemenin varlığı hem malzemedен tasarruf sağlamakta hemde kirişin sehimini azaltmakta yararlı olmaktadır. Kompozit kirişler yaygın olarak kullanım alanına sahiptir, örneğin binaların inşaatında, köprülerde ve çok katlı yüksek yapılarda sık olarak kullanılması tercih edilmektedir. Hatta kompozit kirişler daha büyük açıklıkların geçilmesi amacıyla önerilmeli olarak üretilebilmektedirler.

Kompozit kirişler ile betonarme plaklar birbirlerine farklı şekilde bağlanabilirler. (Şekil 3.3). Profillenmiş çelik kirişlerin üstünde yer alan betonarme plak her iki yapı elemanı arasındaki yanal kaymayı önleyebilmek için önceden yerleştirilmiş kayama elemanlarının üzerine beton dökülerek yapılabileceği gibi, prefabrik olarak hazırlanmış döşeme ile çelik enkesitine sonra da bağlanabilir. Hızlı imalat imkanı sağlayan prefabrik döşemelerin kullanılması durumunda, prefabrik betonarme döşeme ile çelik kirişin bağlantısı, boş bırakılan bağlantı yerlerine az miktarda yüksek dayanımlı harç dökülerek ya da yüksek dayanımlı ve önerilmeli bulonlar kullanılarak doğrudan bulonlama ile yapılabilir. Betonarme prefabrik döşeme elemanlarının kullanılması durumunda, çelik kirişe oturan tek parça bir döşeme ya da çelik kirişe iki yandan oturan çift döşeme

şeklinde bağlantı yapılabilmektedir. Kiriş olarak kafes gövde kullanılması durumunda basınç gerilmelerini sadece betonarme plak taşıyabilmektedir (Kuzu, 2009).



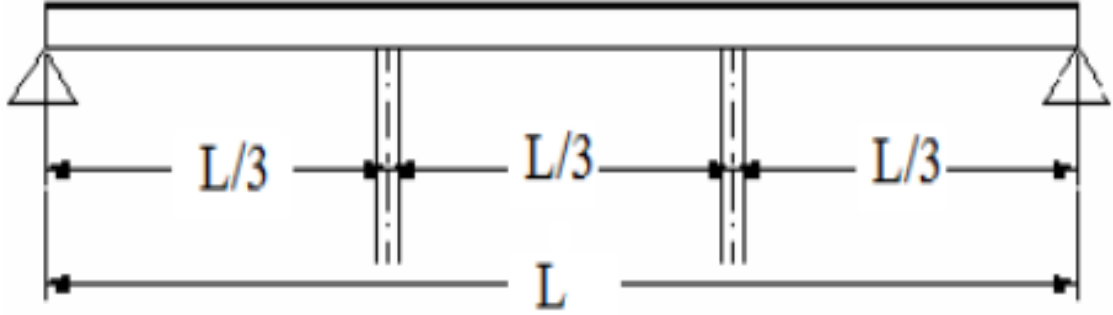
Şekil 3.3. Kompozit kirişlere oturan doğrudan dökme ve prefabrik betonarme döşemeler

3.2 Kompozit Kirişin Yapım Aşamasında Desteklenmesi

Kompozit kirişler farklı yöntemlerle inşa edilebilirler, yapım aşamasında kompozit kirişin hem mesnet noktalarında ve hem de kirişlerin açıklık kısımlarında desteklenmesi gerekmektedir. Eğer yerinde dökülmüş beton plak ile kompozit kirişin mesnetlenme durumu yönetmeliklere uygun bir şekilde yerine getirilmez ise kompozit döşemenin (sıva, tesviye betonu ve yer kaplaması hariç) ve kendisinin öz ağırlıklarını taşıyan kirişin değişik noktalarında şekil değiştirmeler meydana gelir ve yapıda sehimlere yol açabilir.

Betonarme plak ile çelik profil beton dökümü yapılmadan önce, yada beton dökümü esnasında işletme ve sabit yükler altında kalırken ana kompozit kirişteki mesnetler arası uzaklık dikkate alınmalıdır, eğer kirişin boyu yönetmeliğin sınırladığından daha uzun olursa kirişin farklı noktalarında bu yükler altında, mukavemetinde azalmalar meydana gelir. Ancak böyle bir durumda kompozit plağın ve kirişin beraber çalıştırılması daha uygun görülmektedir. Bu amaçla, kompozit kirişlere destekler ilave

edilerek en az açıklığın üçte bir noktalarında mesnetler oluşturulur. Beton gerekli dayanımını kazandıktan sonra bu ilave kirişler sökülüp uzaklaştırılabilir (Şekil 3.4). Bu ilave kirişler hava şartlarına bağlı olarak 14 gün sonra sökülebilirler (Dikbaş, 2004)



Şekil 3.4. Beton dökümü sırasında kompozit kirişlere uygulanan destek elamanları

Yapım esnasında kompozit kirişler ilave mesnetler ile destekleniyorsa bu uygulama türüne “desteklenmiş inşaat”, ilave mesnetler ile desteklenmiyorsa “desteklenmemiş inşaat” olarak adlandırılırlar. Ara destek kullanılmayan yapıların yapım aşamasında bütün yükler çelik kiriş elemanı tarafından taşınmaktadır. Bu yüklerden dolayı yapı ve kirişlerde oluşacak sehimlerin önlenmesi veya enaza indirilmesi için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Bu sehimler kompozit kirişleri beton veya başka bir malzeme ile güçlendirme yolu ile veya kirişlere ters sehim verilmesi ile engellenebilir. Ancak böyle bir durumda çelik kirişlerde verilecek ters sehimin miktarını saptamak önem taşımaktadır. Eğer eleman yükleme sonrasında hesap edilen sehimi yapamaz ise kayma bağlantısının tamamen betona gömilmesi için gerekli beton kalınlığı veya yönetmeliklerde verilen yeterli beton kalınlığı kalmayabilir. Ayrıca, atölyede hazırlanan çelik kirişler üzerindeki gerilmelerin zamanla azalması, nakliye sırasında da yaşanabilecek sorunlar ve süre nedeniyle verilen ön eğriliğin değişebileceği de göz ardı edilmemelidir.

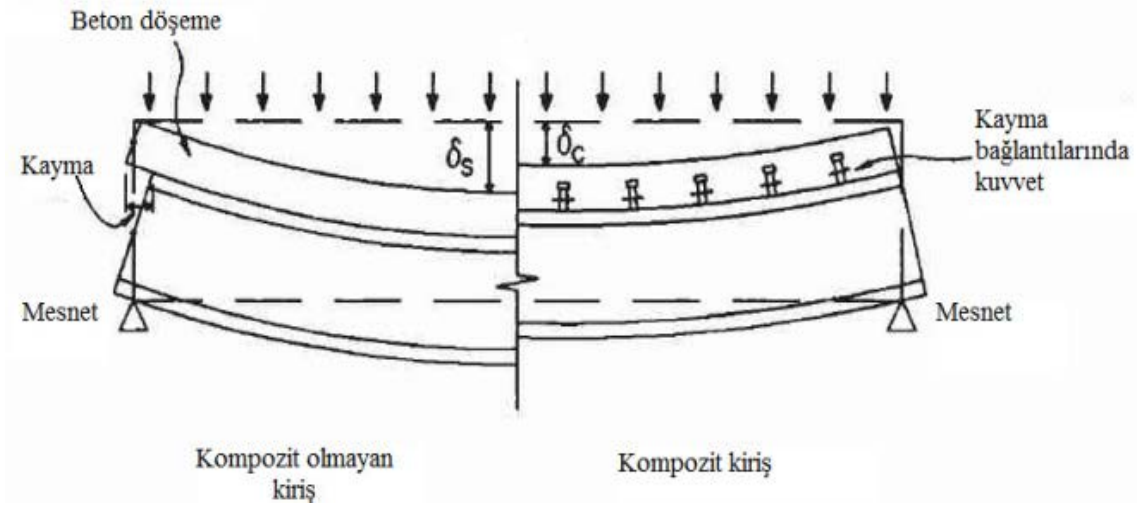
Yapılan araştırmalar verilecek olan ters sehim miktarının çelik kiriş, çelik sac ve taze beton ağırlığı altında hesaplanacak basit kiriş sehiminin %70-80'i oranında olmasının yeterli olduğunu belirtmektedir. Kiriş birleşimlerinde kullanılacak olan yöntem bu oranı etkilemektedir. Uygulamada birleşim detayında kullanılacak olan profillerin veya levhaların kirişe kaynaklanmasından sonra, kirişe atölyede ters sehimin verilmesi tercih edilmektedir. Bu yöntem moment aktarmayan basit kayma birleşimleri için uygun

olmakla birlikte moment aktaran birleşimlerde şantiyede uygulama sırasında güçlük çıkardığından tavsiye edilmemektedir. Ayrıca, uzunluğu 6 m den daha kısa olan kirişlere uygulama zorluğu nedeniyle ters sehim verilmemelidir (Ellobody Young,2005).

3.3 Kompozit Kirişlerin Genel Davranışı

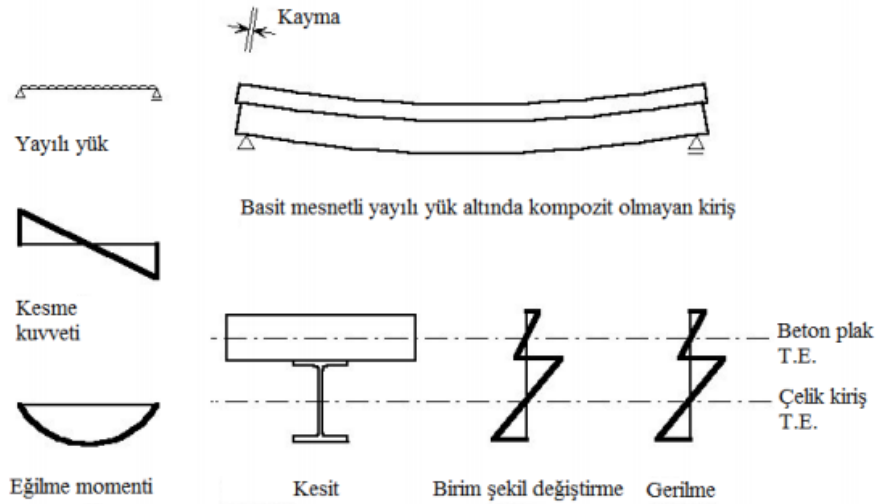
Kompozit kirişler eğilmeye çalışan yapı elemanlardandır. Bu sebeple kompozit kirişler en çok eğilme momenti etkisinde kalırlar, kirişin eğilmeden zarar görmemesi için profillenmiş çelik ile betonun birlikte çalışarak eğilme kuvvetlerine karşı koyması gerekmektedir. Ancak, bu iki farklı malzeme değişik özelliklere sahip olduklarından çelik kiriş ile betonarme döşeme temas yüzeyinde kayma gerilmeleri oluşacak ve iki eleman birbirlerinden ayrılmaya çalışacaktır. Bu durum genel olarak kompozit kirişlerin eğilme momenti etkisinde olduğu durumlardır.

Kompozit kirişlerde diğer önemli bir husus da kompozit kirişin ve betonarme döşemenin bağlantı kısımlarında ve mesnetlerde birlikte hareket etmelerinin gerekliliğidir. Aksi halde kiriş ve döşeme arasında sehim ve kayma meydana gelmektedir. Oluşabilecek bu kayma hareketini engelleyebilmek ve çelik kiriş ile betonarme plak arasında aderansı sağlamak amacıyla çeşitli kayma elemanları kullanılır. Şekil 3.5'te çelik kiriş ile betonarme döşemenin kayma bağlantı elemanları ile aderansı sağlanmış kompozit bir kirişin ve betonarme bir kirişin düzgün yayılı yükler altındaki davranışı görülmektedir. Bu durumda her iki yapı elemanın elastisite modülü ve enkesitlerinde bir değişiklik olmamış ancak elemanların atalet momentleri değişmiştir. Bu iki elemanın kompozit olarak beraber çalışmalarıyla kompozit kirişin boyutları azaltılmakta, yükler altında elemanın rijitliği ve moment kapasitesi de artırılmaktadır.



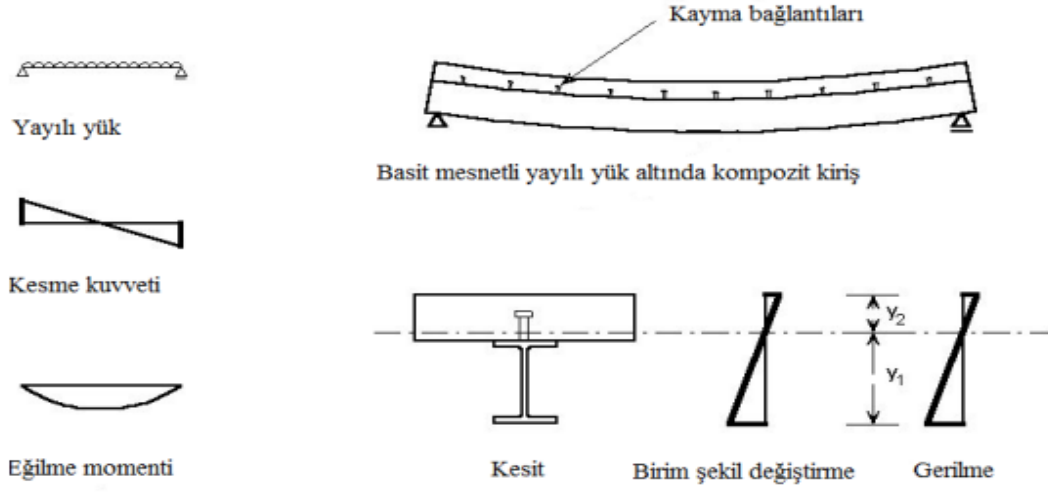
Şekil 3.5. Kompozit ve betonarme kirişin düzgün yayılı yük altında davranışı

Şekil 3.6'da düzgün yayılı yükler altında beton plak ile kayma bağlantı elemanlarını vasıtasıyla birleşimi sağlanmamış basit mesnetli çelik kirişin şekil değiştirmiş hali görülmektedir. Bu sistem kompozit olmadığından iki farklı malzeme gibi bağımsız hareket etmekte ve dolayısı ile iki tarafsız eksen oluşmaktadır.



Şekil 3.6. Basit mesnetli kompozit olmayan kirişin davranışı

Yukarıda bahsedilen betonarme plak ile çelik kiriş kayma bağlantı elemanları kullanılarak birleştirildiğinde yani sistem kompozit olarak çalıştırıldığında eleman üzerinde meydana gelen şekil değişimi ve gerilme diyagramları ise Şekil 3.7'de görülmektedir. Bu kompozit sistemde çelik kiriş ve beton plak kompozit davranış göstermekte ve aralarında kayma etkisi oluşmamaktadır.

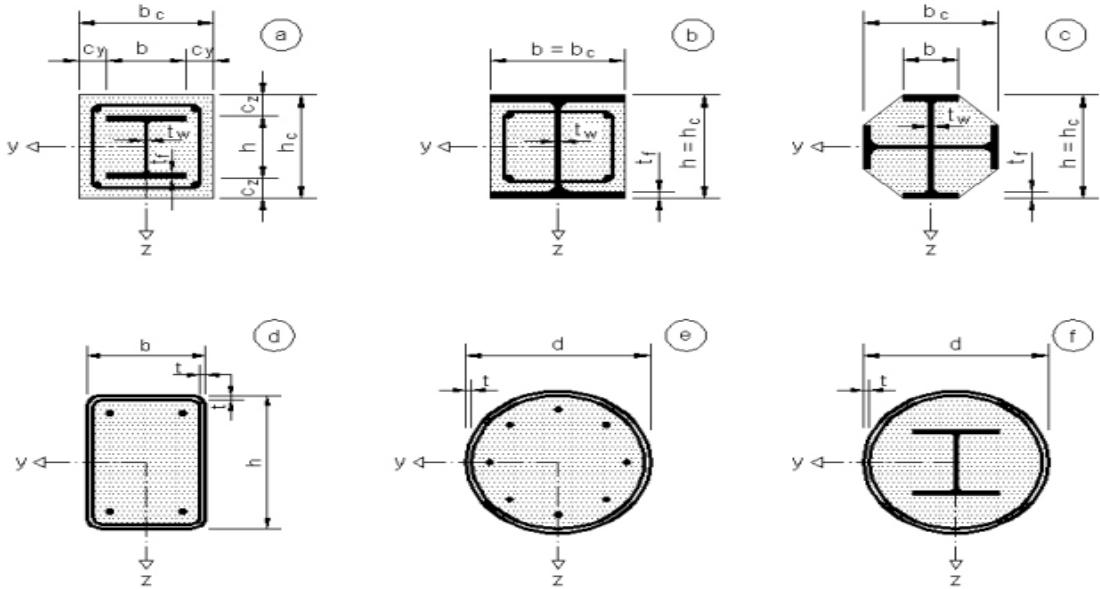


Şekil 3.7. Basit mesnetli kompozit kiriş davranışı

BÖLÜM IV

KOMPOZİT KOLONLAR

Kompozit yapı elemanlarından biri olan kompozit kolonlar beton, yapısal çelik ve donatı malzemelerinin bir araya gelmesi ile meydana gelmektedir. Kompozit kolonlar depreme dayanıklı yapıların tasarımında kullanılmak beraber yaygın olarak çok katlı yapılarda farklı şekillerde çelik veya betonarme kolonlar halinde kullanılmaktadır. Yapılarda normal betonarme kolonlara göre çok avantaj sağlamaktadır. Beton donatısı, yapı çelikleri ve betonun bir arada kullanılması ve her malzemenin iyi yönlerinden faydalanarak özellikle yüksek yapılarda yapı elemanlarının enkesitlerinin azaltılması yoluyla daha hafif bir yapı elde edilmesi başlıca avantaj olarak belirtilebilmektedir. Bu durumda yapının yapı elemanların zati ağırlığının azalması ile özellikle çok katlı yapılarda, yapının ağırlığı da azalmaktadır ve yapının ağırlığının hafif olmasında dolayı yapıya etki eden deprem yükü de azalmaktadır. Ayrıca bir başka avantajı ise yapılarda yangına karşı dayanımı artırmasıdır. Kompozit kolonlar genelde simetrik olup, kompozit kolonlar türleri Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Kompozit kolon tipleri

Kompozit kolonların özellikle deprem bölgelerinde normal betonarme yapı kolonlarına göre üstünlükleri yüksek duktiliteleri, yüksek enerji yutma kapasiteleri ve eğilme momentlerine karşı dayanımları olarak sıralanabilir (Arda ve Yardımcı,2000).

Kompozit kolonlar aşağıdaki belirtildiği şekilde gruplara ayrılmaktadırlar;

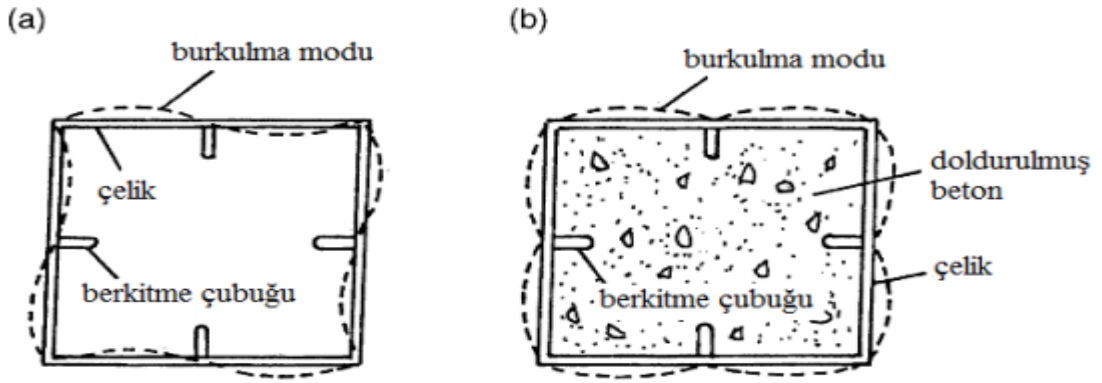
- a. Tamamen betona gömülü kesitler
- b. Kısmen betona gömülü kesitler
- c. Beton doldurulmuş dikdörtgen veya yuvarlak tüp kesitler

Şekil 4.1(a)'da tamamen betona gömülü kompozit kolon kesiti örneği görülmektedir. Tamamen betona gömülü kesitlerde beton, çeliği dış ortamdan gelecek etkilerden tamamen korumaktadır. Bu nedenle bu tür kompozit kolonlar yangına ve korozyona karşı dirençlidir dolayısıyla bu durum tercih sebebi olmaktadır. Şekil 4.1(b) ve (c)'de görülen kısmen betona gömülü kesitler çelik profili tamamen sarmadığından çelik profili kısmen yangından ve korozyondan korumaktadır ve ayrıca kalıp görevi görebilmektedirler.

Şekil 4.1(d) ve (e)'de içi boş çelik kesit içerisine beton doldurulması ile oluşturulan kompozit kolon görülmektedir. Çelik kolon burada aynı zamanda kalıp görevi de görmektedir. Bu tip kompozit kolonlar, depreme dayanıklı yapı tasarımında, trafik dolayısıyla darbe alma ihtimali olan köprü ayaklarında, depolama tanklarının kolonlarında, demiryolu döşemelerinde, çok yüksek binaların kolonlarında ve iskele kazıklarında kullanılmaktadır. Ancak, bu tip kompozit kolonlarda çelik dış tarafta kaldığından yangın paslanma etkisine karşı mutlaka önlem alınmalıdır (Shanmugam ve Lakshmi, 2001).

4.1 Kompozit ve Çelik Kolon Burkulma Davranışlarının Karşılaştırılması

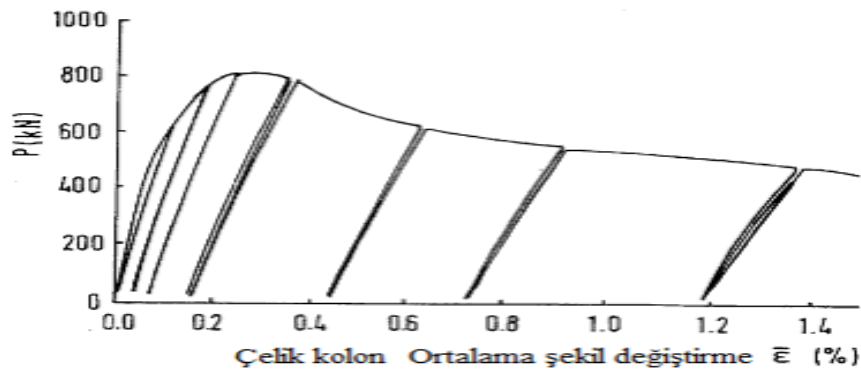
Kompozit ve çelik kolon kesitlerinin basit burkulma durumunda göstermiş oldukları davranış Şekil 4.2'de görülmektedir.



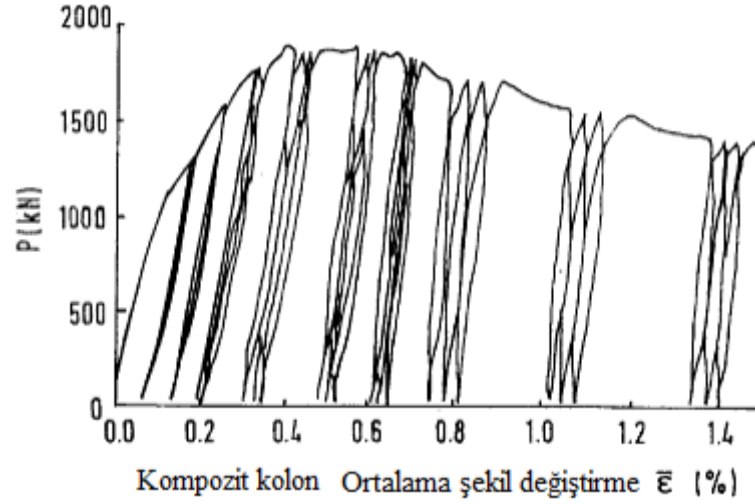
Şekil 4.2. Kompozit ve çelik kolon kesitlerinin burkulma durumundaki davranışları

İçi betonla dolu kutu enkesitli çelik kompozit kolonlarda, kesit içerisine doldurulmuş olan beton, çelik kutunun cidarlarının içe doğru burkulmasını engellemekte ve aynı anda çelik cidar içindeki betonun yanal hareketini de sınırlandırmaktadır. Aynı zamanda çelik kutular betonu dış ortamdandan ayırarak, beton için kalıp görevini yapmaktadır.

Çelik ve kompozit kolonların tekrarlı yük altındaki, yük-şekil değiştirme eğrileri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te sırasıyla verilmiştir (Ellobody, Young 2011). Çelik kolonların yük boşalma sırasında şekil değiştirme davranışı, çelik cidarın narinliğinin artması sebebiyle ve aynı zamanda yerel burkulmaya bağlı olarak hızlı bir şekilde artmaktadır. Kompozit kolonun tekrarlı yük altındaki tepkisi çelik tüplere benzerdir. Beton doldurulmuş kompozit kolonların histerik halkaları başlangıçta oldukça dardır ancak yük tekrarı arttıkça değiştirmenin şiddetlenmesi ile histerik halkalar genişlemektedir.



Şekil 4.3. Tekrarlı yük etkisinde çelik kolonların yük-şekil değiştirme eğrileri

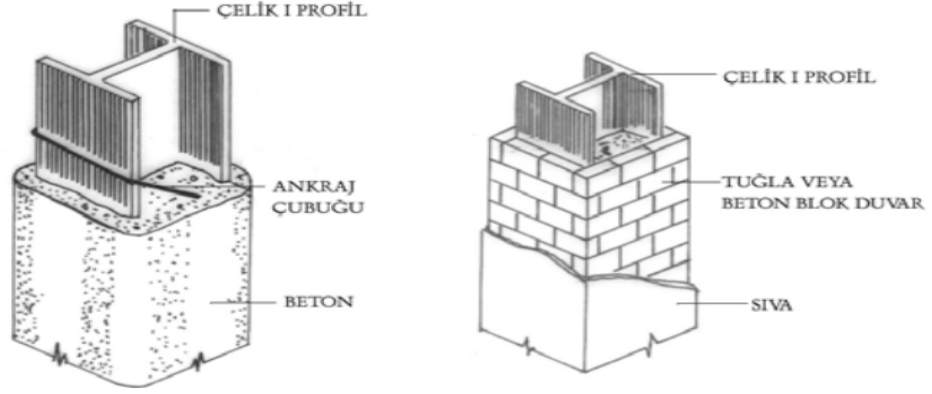


şekil 4.4. Tekrarlı yük etkisinde kompozit kolonların yük-şekil değiştirme eğrileri

Çelik kutu kesitli kolonlarda maksimum dayanıma şekil değiştirmenin %0.2 olduğu noktada ulaşılmakta iken kompozit kolonlarda maksimum dayanıma %0.3-0.4 değerlerinde ulaşılmaktadır. Kompozit kolonlar da ulaşılan en büyük dayanım değeri çelik kolonlara göre oldukça fazladır. Kompozit kolonların ulaştıkları daha yüksek dayanım ve gösterdikleri daha yüksek süneklik nedeniyle yapısal performansları da daha iyi olmaktadır. (Shanmugam ve Lakshmi, 2001).

4.2 Beton Kompozit Kolon Sistemlerin Yalıtımı

Kompozit kolonların tasarımında aksenal kuvvetler altındaki davranışlarının yanında sistemin yalıtılması da önem taşımaktadır. Çelik yapılarda olduğu gibi kompozit yapı elemanı olan kolonlarda yüksek sıcaklık etkilerine karşı özellikle yangına maruz kalan durumlarda elemanın yalıtım özelliklerini farklı yöntemler ile iyileştirmek gerekmektedir. Bu iyileştirme, çelik kolonun beton ile kaplanması şeklinde yapılabildiği gibi çelik kolon etrafının yalıtım malzemesi ile kaplanması veya çelik kolon yüzeyinin yalıtım boya ile boyanması gibi yöntemlerle de yapılabilmektedir (şekil 4.5).



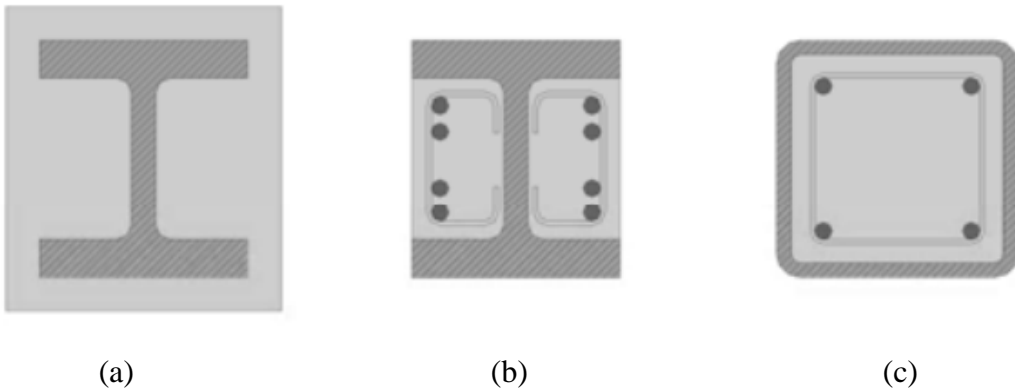
Şekil 4.5. Çelik kolonların yalıtılması

Kompozit elemanın yangına karşı dayanım süresi sistem içerisinde kullanılan malzemeye bağlıdır. Kompozit kolonlarda kullanılan betonun yangın dayanımı içerisinde kullanılan malzemelerin karışım oranlarına, agregaların tipine ve özelliğine veya yangına dayanımı yüksek malzemelerin beton içerisine ilave edilmesini bağlıdır.

4.2.1 Kompozit kolonların yalıtım yöntemleri

Kompozit kolonların uygulanmasında aşağıda belirtilen ve Şekil 4.6'te görülen 3 ayrı yöntem kullanılmaktadır

- Çelik profilin etrafının tamamen betonla kaplanması
- Çelik profilin flanşlarının aralarının beton ile doldurulması
- Çelik kutu veya boru profillerinin içinin beton ile doldurulması



Şekil 4.6. Kompozit kolonların yalıtım yöntemleri

Şekil 4.6’te kompozit kolonlarda, genellikle kullanılan çelik profil enkesitleri ve beton ile kompozit çalışan sistemler gösterilmektedir.

Şekil 4.6 (a)’da görülen kompozit kolon, I kesitli çelik profilin tamamen betona gömülmesi ile elde edilmektedir. Böyle bir durumda kompozit olarak çalışan yapı elemanında çelik ve beton karışımı, betonun sağladığı avantajlardan yararlanarak hem korozyona karşı, hemde yangına karşı dirençli olmaktadır.

Yangına maruz kalan yapılarda betonun sıcaklığının 300°C’ye yükselmesiyle birlikte yapı elemanı mukavemetini ve rijitliğini kaybetmekte ve kolonlarda burkulmaya neden olmaktadır. Sıcaklığın artmasıyla birlikte çelikte gerilme artışı da görülmektedir. Bu nedenle çelik profil, yüksek taşıma kapasitesine sahip olmalıdır. Ancak bu sorunun, çözümü için kompozit yapı elemanlarında kullanılan betona belirli miktarda donatı ve etriye konulmalıdır. Bu şekilde pas payı kısmındaki beton yangına karşı dayanıklı olmakta ve çelik ile beton beraber çalışarak aderans sağlamaktadır. Böylece, betonun dökülmesi engellenmiş olacak ve daha büyük çelik profillerin kullanılmasına da gerek kalmayacaktır.

Şekil 4.6 (b)’de görülen kompozit kolon, çelik profilin flanşlarının arasının betonla doldurulmasıyla elde edilmektedir. Burada çelik profil tüm kolon kesiti içerisine simetrik olarak yerleştirilmeli ve böylece tarafsız eksenenin de simetrik olması sağlanmalıdır.

Kompozit yapı elemanlarının yalıtılmasında yangına maruz kalan yapının yangın dayanımı yapının üzerine etki eden yükün oranına bağlı olup, normal şartlardan 120 dakika daha fazla olacaktır. Betonarme yapılarda olduğu gibi karma yapının yangına dayanıklılığının istendiği durumlarda beton donatısının kullanılması önem taşımaktadır. Bu tür uygulamalarda çelik donatısının yağın durumunda beton ve yapıya sağlayacağı mukavemet nedeni ile genellikle yüksek yapılarda kullanılması tercih edilmektedir.

Şekil 4.6 (c)’de görülen kompozit kolon, çelik kutu profillerin içinin betonla doldurulması sonucu elde edilmiştir. Bu yöntem özellikle iskele ayaklarında çok sık kullanılan bir yöntemdir.

İçi beton ile dolu çelik profilli kompozit kolonlarda her iki malzemenin ısınma süresine bağlı olarak diğer yapı uygulamalara göre farklı davranış sergilemektedir. Çeliğin ısınma hızı yüksektir ve ısınma artıkça yapı çeliği de mukavemetini kaybetmeye başlar ve yapıyı etki eden yükler profil den hemen sonra çelik kutunun içindeki betona aktarılır. Çeliğin ısınmasına göre betonun ısınma süresi daha yavaş olup yapının yangından zarar görmesi yavaşlar.



BÖLÜM V

BETONARME VE KOMPOZİT YAPI UYGULAMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu bölümde, 5 ve 15 katlı iki adet yapı betonarme ve kompozit olarak analiz edilmiş ve analiz sonuçlarına göre bu yapılara ait kat ötelemeleri, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri, kat kütleleri ve deprem yükleri belirlenerek birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

5.1 Bina Genel Özellikleri

Bu çalışma kapsamında 5 ve 15 katlı konut binaları bilgisayar programı kullanılarak üç boyutlu tasarlanmış ve yapı elemanı boyutları belirlenmiştir. Binalar betonarme ve kompozit olarak ayrı ayrı tasarlanmıştır. Betonarme binalarda tasarım ve boyutlandırma ACI 318-14 (2014)'e uygun olacak şekilde yapılmıştır. Kompozit yapının ise AISC 360-16 (2016) yönetmeliğine göre tasarımı yapılmıştır. Yapı boyutları 19.30x14.75 m olup X yönündeki açıklık sayısı 5, Y yönünde ki açıklık sayısı ise 4 olarak seçilmiştir. Analizi yapılan yapılara ait sistem bilgileri aşağıda verilmiştir.

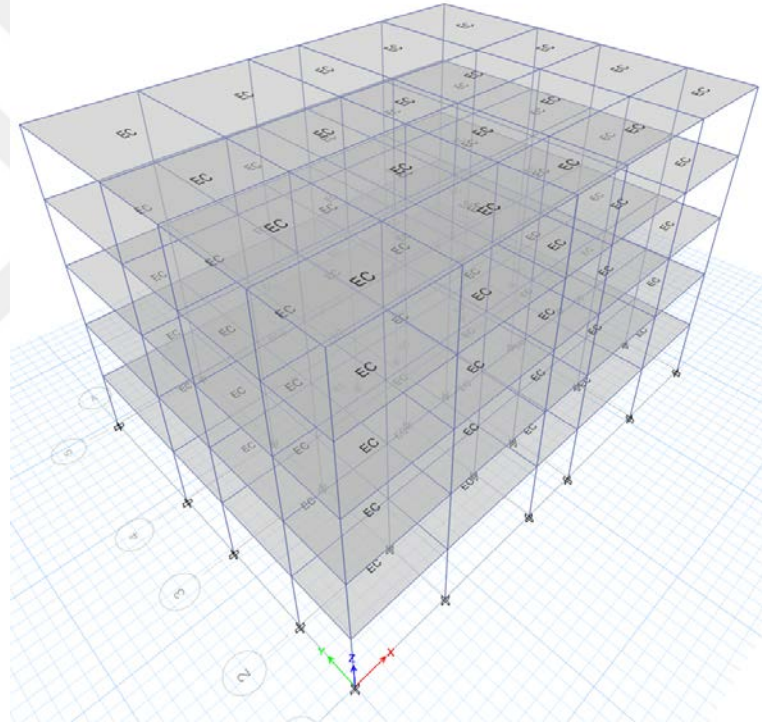
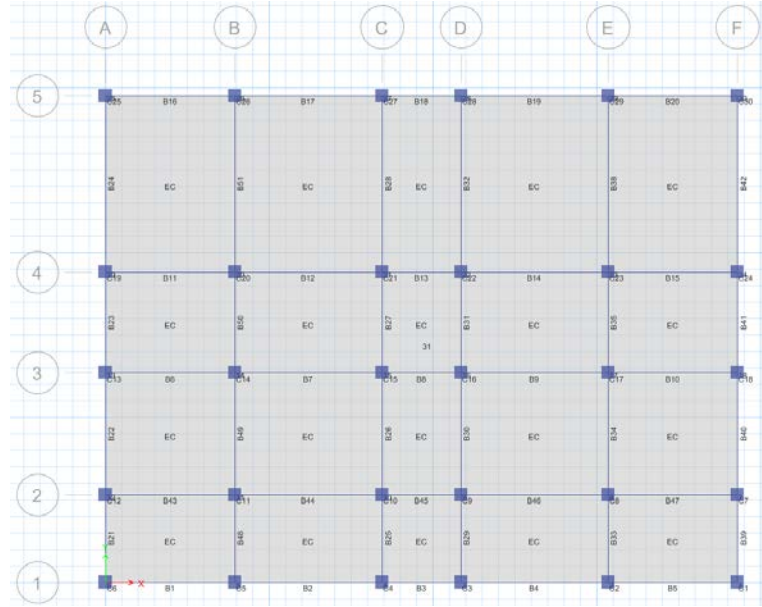
Kat adedi	5 - 15
Kat yüksekliği (m)	3
Toplam bina yüksekliği(m)	15, 45
Kullanım amacı	konut
Bina önem katsayısı	1
Zemin sınıfı	Z3
Zemin grubu	C
Deprem bölgesi	2
Etkin yer ivme katsayısı(A_0)	0.4
Taşıyıcı sistem davranış katsayısı(R)	5.5
Hareketli yük katılım katsayısı	0.3
Beton sınıfı	C25
Beton birim hacim ağırlığı	2400 kgf/m ³
Beton elastisite modülü	2521 kgf/m ²
Donatı sınıfı	S420

Donatı elastisite modüllü	20389 kgf/m ²
Duvar yükü (5 katlı bina içinb)	0.9 t/m
Duvar yükü (15 katlı bina içinb)	0.9 t/m
Döşeme kalınlığı(cm)	15

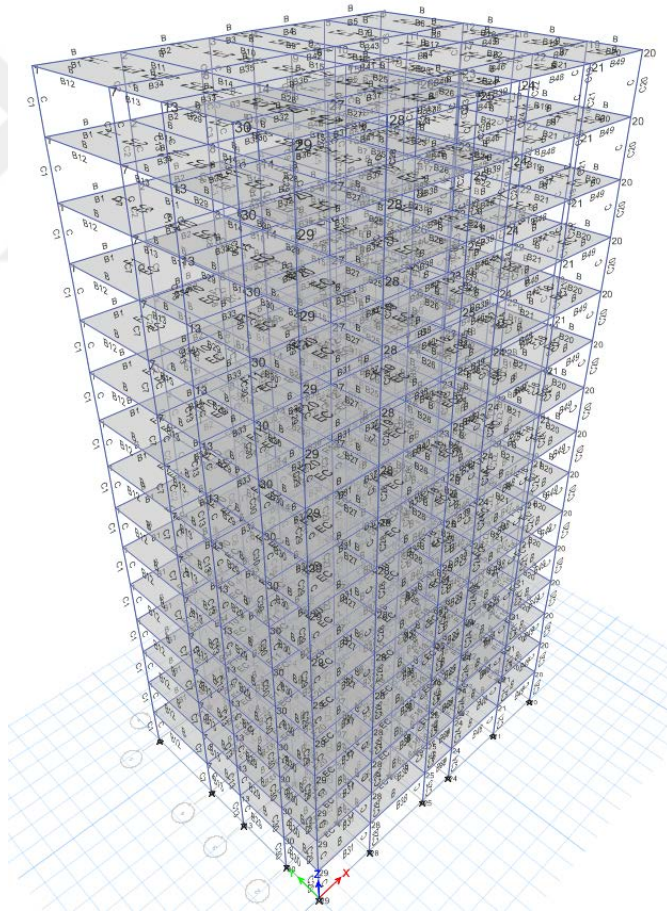
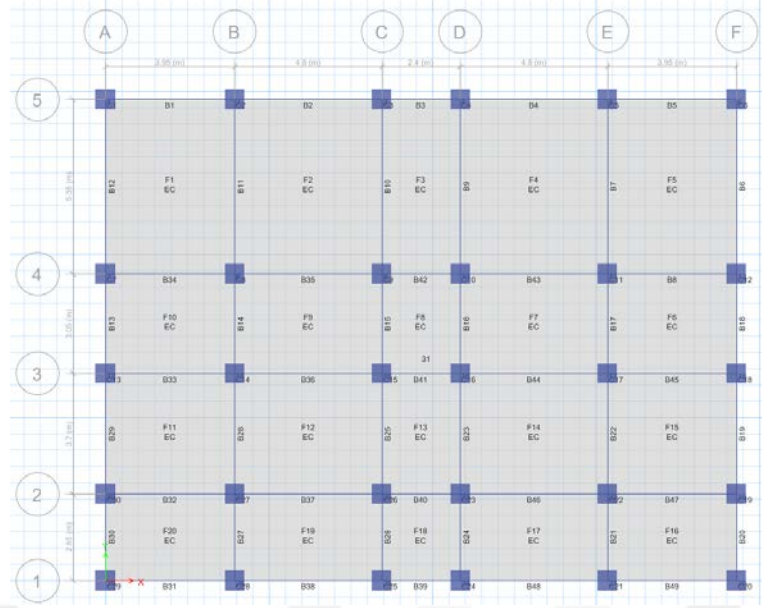
5.2 Betonarme Binaların Tasarımı

Aynı kat planına sahip olan konut yapıları 5 ve 15 katlı olarak tasarlanmıştır. Yapılar temele ankastre olarak bağlanmış ve döşemeleri rijit kabul edilmiştir. Her bir bina için bina kat adedinin artması ile birlikte kolon ve kiriş boyutları değiştirilmemiş ve sistem bu şekilde analiz edilmiştir.

Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de çalışma kapsamında tasarımı yapılan 5 ve 15 katlı yapıların kat planı ve 3 boyutlu görünümü verilmiştir. Tasarımı yapılan 5 katlı betonarme yapının kolonları 40x40 cm, 15 katlı betonarme yapının kolonları 60x60 cm ve her iki yapının kirişleri 30x60 cm kesitinde olacak şekilde seçilmiştir. Her iki yapıda da döşeme kalınlığı ise 15 cm alınmıştır. Bilgisayar programına kesit ve malzeme özellikleri tanımlanmış ve sistem 3 boyutlu olarak modellenip analizi yapılmıştır.



Şekil 5.1. 5 katlı betonarme bina



Şekil 5.2. 15 katlı betonarme bina

5.2.1 Betonarme yapılara ait kat ötelemeleri

Analiz sonuçlarına göre elde edilen 5 ve 15 katlı betonarme yapılara ait kat ötelemesi (d_i) ve etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine olan oranları (Δ_{max} / h) Çizelge 5.1 – Çizelge 5.4’te verilmiştir. Betonarme yapılara ait azaltılmış deprem yüklerine göre kat ötelemeleri incelendiğinde bina yüksekliğinin artması ile birlikte kat ötelemelerinin arttığı görülmektedir. 5 katlı binada kat ötelemeleri 6.606 ile 7.476 mm arasında değişmekte iken 15 katlı binada bu değerler 22.3 ile 24.174 mm arasında değişmiştir. Bina yüksekliğinin 3 kat artmasıyla son kat ötelemeleri de yaklaşık 3 kat artmıştır.

Tasarımı yapılan yapıların tümünde etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine olan oranları ASCE 7-10 (2010)’da belirtilen sınır değer olan 0.02’den küçük kalmıştır. Bu durumda tüm binaların görelî kat ötelemeleri değeri altında kullanılabilirlikleri doğrulanmıştır. Bina tasarımı yapılırken yer değiştirme büyütme katsayısı (C_d) 5.5 alınmıştır. Yapılara ait etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine olan oranları ise kat yer değiştirmelerinin tersine bina yüksekliğinin artması ile birlikte azalmıştır.

Çizelge 5.1. 5 katlı betonarme yapıya ait +X ve -X yönü görelî kat ötelemeleri

Katlar	h_i (mm)	+X yönü		-X yönü	
		d_i (mm)	Δ_{max} / h	d_i (mm)	Δ_{max} / h
1	2650	2.426	0.005035094	2.27	0.004711321
2	2650	5.109	0.005568491	4.78	0.005209434
3	2650	7.446	0.004850377	6.968	0.004541132
4	2650	9.221	0.003683962	8.631	0.003451509
5	2650	10.239	0.00211283	9.588	0.001986226

Çizelge 5.2. 5 katlı betonarme yapıya ait +Y ve -Y yönü görelî kat ötelemeleri

Katlar	h_i (mm)	+Y yönü		-Y yönü	
		d_i (mm)	Δ_{max} / h	d_i (mm)	Δ_{max} / h
1	2650	2.333	0.004842075	2.333	0.004842075
2	2650	4.928	0.005385849	4.928	0.005385849
3	2650	7.196	0.004707170	7.196	0.004707170
4	2650	8.927	0.003592642	8.927	0.003592642
5	2650	9.931	0.002083774	9.931	0.002083774

Çizelge 5.3. 15 katlı betonarme yapıya ait +X ve -X yönü görel kat ötelemeleri

Katlar	h _i (mm)	+X yönü		-X yönü	
		d _i (mm)	Δ_{\max} / h	d _i (mm)	Δ_{\max} / h
1	2650	3.452	0.007164528	3.188	0.006616604
2	2650	5.561	0.00437717	5.139	0.004049245
3	2650	7.440	0.003899811	6.879	0.003611321
4	2650	9.283	0.003825094	8.589	0.003549057
5	2650	11.107	0.00378566	10.282	0.003513774
6	2650	12.896	0.003713019	11.944	0.003449434
7	2650	14.631	0.003600943	13.557	0.003347736
8	2650	16.288	0.003439057	15.100	0.003202453
9	2650	17.846	0.003233585	16.551	0.003011509
10	2650	19.281	0.002978302	17.890	0.002779057
11	2650	20.572	0.002679434	19.097	0.002505094
12	2650	21.697	0.002334906	20.150	0.002185472
13	2650	22.635	0.001946792	21.031	0.001828491
14	2650	23.368	0.001521321	21.723	0.001436226
15	2650	23.900	0.001104151	22.300	0.001197547

Çizelge 5.4. 15 katlı betonarme yapıya ait +Y ve -Y yönü görel kat ötelemeleri

Katlar	h _i (mm)	+Y yönü		-Y yönü	
		d _i (mm)	Δ_{\max} / h	d _i (mm)	Δ_{\max} / h
1	2650	3.316	0.006882264	3.316	0.006882264
2	2650	5.354	0.004229811	5.354	0.004229811
3	2650	7.189	0.003808491	7.189	0.003808491
4	2650	9.006	0.003771132	9.006	0.003771132
5	2650	10.82	0.003764906	10.82	0.003764906
6	2650	12.613	0.003721321	12.613	0.003721321
7	2650	14.364	0.003634151	14.364	0.003634151
8	2650	16.051	0.003501321	16.051	0.003501321
9	2650	17.649	0.003316604	17.649	0.003316604
10	2650	19.137	0.003088302	19.137	0.003088302
11	2650	20.491	0.002810189	20.491	0.002810189
12	2650	21.689	0.002486415	21.689	0.002486415
13	2650	22.711	0.002121132	22.711	0.002121132
14	2650	23.539	0.001718491	23.539	0.001718491
15	2650	24.174	0.001317925	24.174	0.001317925

5.2.2 Betonarme yapılara ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre 5 katlı betonarme yapıya ait elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0.548 sn ve Y yönünde ise 0.546 sn olarak elde edilmiştir. 15 katlı betonarme yapıya ait 1. Doğal titreşim periyotları ise X yönünde 1.151 sn ve Y yönünde ise 1.139 sn olarak elde edilmiştir. Binanın geometrisinin kareye yakın olması ve kolonların kare kesitli seçilmesi X ve Y yönündeki doğal titreşim periyotlarının birbirine yakın çıkmasına sebep olmuştur.

5.2.3 Betonarme yapılara ait kat kesme kuvvetleri

Yapılan analizler sonucunda 5 ve 15 katlı betonarme yapıya ait X ve Y yönündeki kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6'da verilmiştir. Çizelge 5.5 ve Çizelge 5.6 incelendiğinde 1. kata en yüksek kesme kuvvetinin etki ettiği yapı yüksekliği arttıkça kesme kuvveti değerlerinin de azaldığı görülmüştür. 5 katlı yapının 1. katına X ve Y yönünde 106.6903 tonf'lık kesme kuvveti etkirken, 15 katlı yapının 1. katında bu değer X yönünde 182.0991 tonf, Y yönünde ise 180.1474 tonf olmuştur. Tasarımı yapılan yapının simetrik olması ve kareye yakın bir geometriye sahip olması X ve Y yönlerinde kesme kuvvetlerinin benzer olmasının sebep olmuştur.

Çizelge 5.5. 5 katlı betonarme yapıya ait kat kesme kuvvetleri

Katlar	Kat kesme kuvvetleri (tonf)	
	X yönü	Y yönü
1	106.6903	106.6903
2	99.6759	99.6667
3	85.412	85.3948
4	63.8071	63.7872
5	34.8012	34.7865

Çizelge 5.6. 15 katlı betonarme yapıya ait kat kesme kuvvetleri

Katlar	Kat kesme kuvvetleri (tonf)	
	X yönü	Y yönü
1	182.0991	180.1474
2	181.3535	179.4202
3	179.4929	177.5977
4	176.3164	174.4785
5	171.6736	169.9114
6	165.4416	163.7725
7	157.5149	155.9556
8	147.8007	146.3666
9	136.2151	134.9211
10	122.6819	121.5417
11	107.1307	106.1572
12	89.4957	88.7011
13	69.7157	69.1112
14	47.7327	47.3287
15	23.4918	23.2981

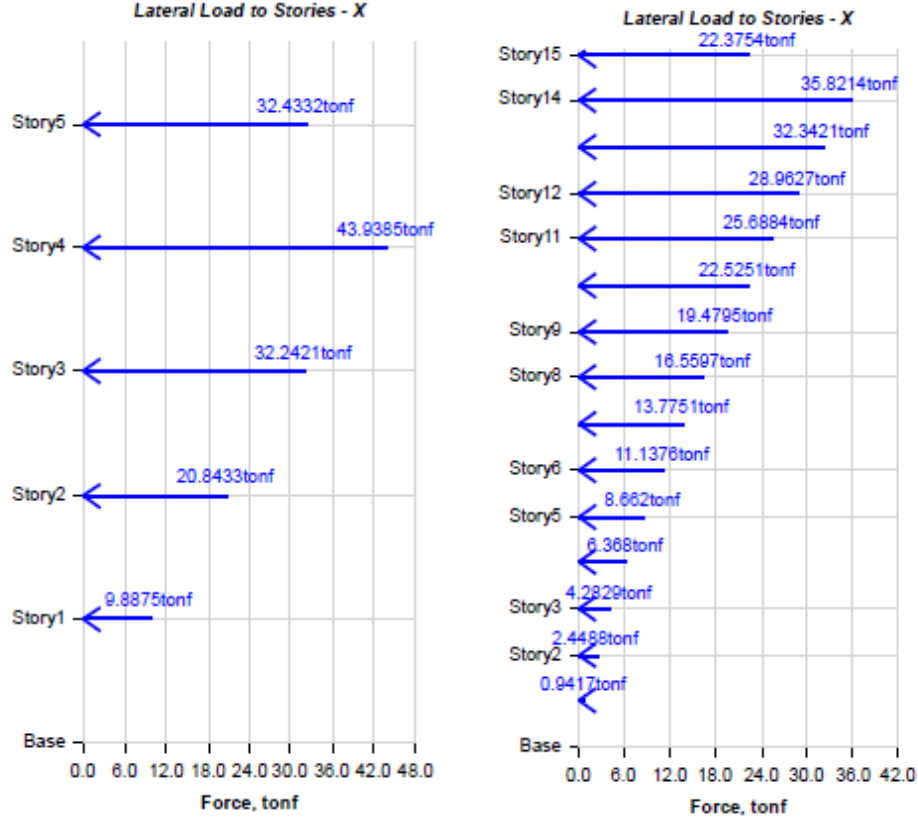
5.2.4 Betonarme yapılara kat kütleleri ve deprem yükleri

5 katlı ve 15 katlı betonarme yapıya ait kat kütleleri modelleme ve analizde kullanılan bilgisayar programından alınarak Çizelge 5.7’de sunulmuştur. Çizelge 5.7 incelendiğinde her bir katın ağırlığının 246.695 ton ile 298.469 ton arasında değiştiği görülmektedir. Binaların son katlarının kütlelerinin diğer katlara oranla daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun son katlarda duvar yükünün bulunmaması ve çatı yükünün diğer katlara oranla daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 5.7. 5 ve 15katlı betonarme yapılara ait kat kütleleri

Katlar	Kat kütleleri (ton)	
	5 katlı yapı	15 katlı yapı
1	424.896	464.969
2	424.896	464.969
3	424.896	464.969
4	424.896	464.969
5	246.695	464.969
6	--	464.969
7	--	464.969
8	--	464.969
9	--	464.969
10	--	464.969
11	--	464.969
12	--	464.969
13	--	464.969
14	--	464.969
15	--	264.083
Toplam	1946.279	6773.649

5 katlı ve 15 katlı betonarme yapıya etkiyen deprem yükleri Şekil 5.3’te verilmiştir. Şekil 5.3 modelleme ve tasarım aşamasında faydalanılan bilgisayar programının analiz sonuçları kısmından alındığı gibi kullanılmıştır. Deprem yükleri yapının kat sayısı arttıkça artmaktadır. Ancak son katın kat kütlesi azaldığı için bu katın deprem yükü de azalmıştır.

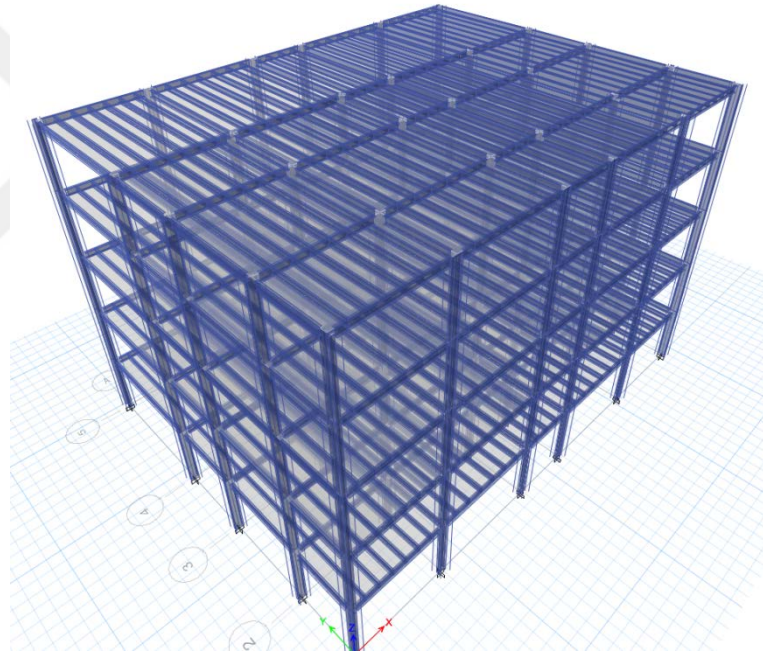
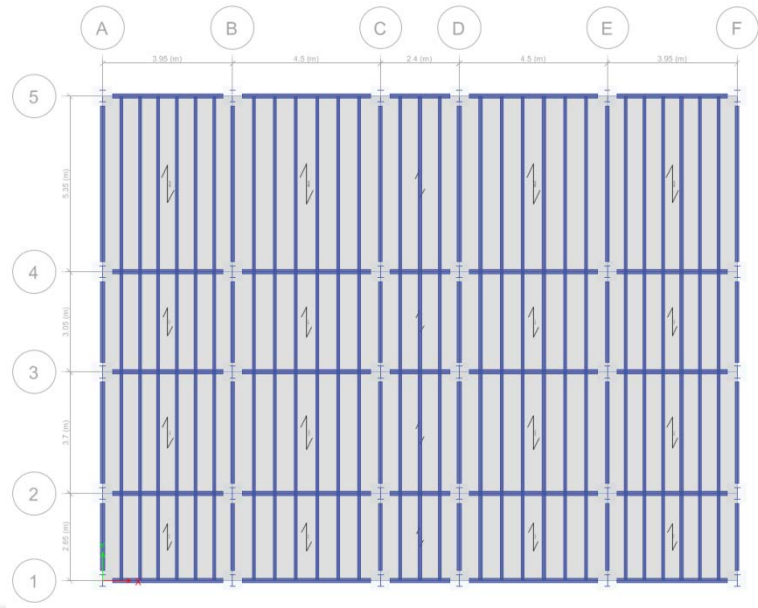


Şekil 5.3. 5 ve 15 katlı betonarme binalara etkiyen deprem yükleri

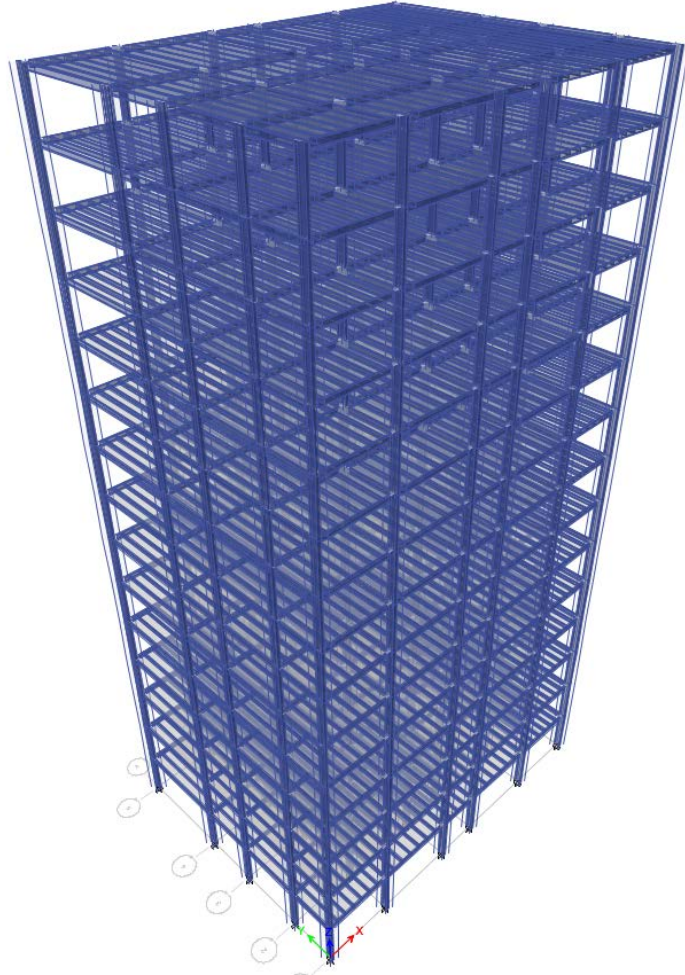
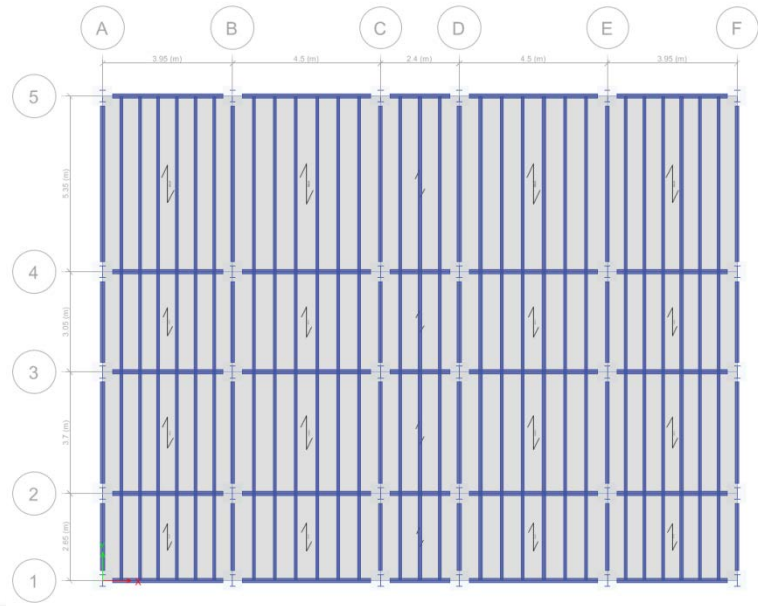
5.3 Kompozit Binaların Tasarımı

Aynı kat planına sahip olan konut yapıları 5 ve 15 katlı olarak tasarlanmıştır. Yapılar temele ankastre olarak bağlanmış ve döşemeleri rijit kabul edilmiştir. Bina kat adedinin artması ile birlikte kolon ve kiriş boyutları değiştirilmemiş ve sistem bu şekilde analiz edilmiştir.

Şekil 5.4 ve Şekil 5.5’de çalışma kapsamında tasarımı yapılan 5 ve 15 katlı kompozit yapıların kat planı ve 3 boyutlu görünümü verilmiştir. Tasarımı yapılan 5 katlı kompozit yapının kolonları 35x35 cm, kompozit kolon bünyesindeki profiller IPE 200, 15 katlı kompozit yapının kolonları 35x35 cm ve kompozit kolon bünyesindeki profiller IPE 200 olarak seçilmiştir. Her iki yapının ana kirişleri IPE 300R, tali kirişleri ise IPE 180 ve döşeme kalınlığı ise 15 cm seçilmiştir. Bilgisayar programına kesit ve malzeme özellikleri tanımlanmış ve sistem 3 boyutlu olarak modellenip analizi yapılmıştır.



Şekil 5.4. 5 katlı kompozit bina



Şekil 5.5. 15 katlı kompozit bina

5.3.1 Kompozit yapılara ait kat ötelemeleri

Analiz sonuçlarına göre elde edilen 5 ve 15 katlı kompozit yapılara ait kat ötelemesi (d_i) ve etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine olan oranları (Δ_{\max} / h) Çizelge 5.8 - Çizelge 5.9’te verilmiştir. Kompozit yapılara ait azaltılmış deprem yüklerine göre kat ötelemeleri incelendiğinde bina yüksekliğinin artması ile birlikte kat ötelemelerinin arttığı görülmektedir. 5 katlı binada 5. kattaki kat ötelemeleri +X yönünde 20.165 mm, -X yönünde 17.655 mm iken Y yönünde 18.585 mm olarak belirlenmiştir. 15 katlı binada ise bu değerler +X yönünde 89.015 mm, -X yönünde 81.104 mm iken Y yönünde 86.628 mm olarak ortaya çıkmıştır. Bina yüksekliğinin 3 kat artmasıyla son kat ötelemeleri yaklaşık 4.5 kat artmıştır.

Tasarımı yapılan kompozit yapıların tümünde etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine olan oranları ASCE 7-10 (2010)’da belirtilen sınır değer olan 0.02’den küçük kalmıştır. Bu durum tüm binaların görelî kat ötelemeleri değeri altında kullanılabilirlikleri doğrulanmıştır. Bina tasarımı yapılırken yer değiştirme büyütme katsayısı (C_d) 5.5 alınmıştır. Yapılara ait etkin görelî kat ötelemelerinin kat yüksekliğine olan oranları ise kat yer değiştirmelerinin tersine bina yüksekliğinin artması ile birlikte azalmıştır.

Çizelge 5.8. 5 katlı kompozit yapıya ait +X ve -X yönü görelî kat ötelemeleri

Katlar	$h_i(\text{mm})$	+X yönü		-X yönü	
		$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max} / h	$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max} / h
1	2650	3.008	0.006243019	2.641	0.005481321
2	2650	8.283	0.010948113	7.267	0.009601132
3	2650	13.442	0.010707358	11.784	0.009374906
4	2650	17.524	0.008472075	15.354	0.007409434
5	2650	20.165	0.005481321	17.655	0.00477566

Çizelge 5.9. 5 katlı kompozit yapıya ait +Y ve -Y yönü görelî kat ötelemeleri

Katlar	$h_i(\text{mm})$	+Y yönü		-Y yönü	
		$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max} / h	$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max} / h
1	2650	2.66	0.005520755	2.66	0.005520755
2	2650	7.456	0.009953962	7.456	0.009953962
3	2650	12.223	0.009893774	12.223	0.009893774
4	2650	16.045	0.007932453	16.045	0.007932453
5	2650	18.585	0.005271698	18.585	0.005271698

Çizelge 5.10. 15 katlı kompozit yapıya ait +X ve -X yönü görel kat ötelemeleri

Katlar	$h_i(\text{mm})$	+X yönü		-X yönü	
		$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max}/h	$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max}/h
1	2650	2.092	0.004341887	1.895	0.005591321
2	2650	7.098	0.010389811	6.436	0.006782642
3	2650	13.771	0.013849623	12.5	0.00827283
4	2650	21.35	0.01573	19.394	0.009814906
5	2650	29.353	0.01661	26.681	0.011278113
6	2650	37.459	0.016823774	34.067	0.012581509
7	2650	45.44	0.01656434	41.342	0.013675283
8	2650	53.118	0.015935472	48.342	0.014528302
9	2650	60.343	0.014995283	54.931	0.015099057
10	2650	66.988	0.013791509	60.993	0.015329434
11	2650	72.945	0.012363585	66.427	0.015123962
12	2650	78.127	0.010755094	71.156	0.014308302
13	2650	82.492	0.009059434	75.142	0.01258566
14	2650	86.07	0.007426038	78.41	0.009424717
15	2650	89.015	0.006112264	81.104	0.003933019

Çizelge 5.11. 15 katlı kompozit yapıya ait +Y ve -Y yönü görel kat ötelemeleri

Katlar	$h_i(\text{mm})$	+Y yönü		-Y yönü	
		$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max}/h	$d_i(\text{mm})$	Δ_{\max}/h
1	2650	1.97	0.004088679	1.97	0.004088679
2	2650	6.717	0.009852264	6.717	0.009852264
3	2650	13.094	0.013235283	13.094	0.013235283
4	2650	20.379	0.015119811	20.379	0.015119811
5	2650	28.109	0.016043396	28.109	0.016043396
6	2650	35.967	0.016309057	35.967	0.016309057
7	2650	43.725	0.016101509	43.725	0.016101509
8	2650	51.205	0.015524528	51.205	0.015524528
9	2650	58.26	0.014642453	58.26	0.014642453
10	2650	64.762	0.013494717	64.762	0.013494717
11	2650	70.607	0.012131132	70.607	0.012131132
12	2650	75.715	0.010601509	75.715	0.010601509
13	2650	80.046	0.008988868	80.046	0.008988868
14	2650	83.633	0.007444717	83.633	0.007444717
15	2650	86.628	0.006216038	86.628	0.006216038

5.3.2 Kompozit yapılara ait periyot değerleri

Analiz sonuçlarına göre 5 katlı kompozit yapıya ait elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0.882 sn ve Y yönünde ise 0.841 sn olarak elde edilmiştir. 15 katlı kompozit yapıya ait 1. Doğal titreşim periyotları ise X yönünde 2.393 sn ve Y yönünde ise 2.351 sn olarak elde edilmiştir. Binanın geometrisinin kareye yakın olması ve kolonların kare kesitli seçilmesi X ve Y yönündeki doğal titreşim periyotlarının birbirine yakın çıkmasına sebep olmuştur.

5.3.3 Kompozit yapılara ait kat kesme kuvvetleri

Yapılan analizler sonucunda 5 ve 15 katlı kompozit yapıya ait X ve Y yönündeki kat kesme kuvvetleri Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’da verilmiştir. Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13 incelendiğinde 1. kata en yüksek kesme kuvvetinin etkideği yapı yüksekliği arttıkça kesme kuvveti değerlerinin de azaldığı görülmüştür. 5 katlı yapının 1. katına X ve Y yönünde yaklaşık 52 tonf’lık kesme kuvveti etkirken, 15 katlı yapının 1. katında bu değer X ve Y yönünde yaklaşık 102 tonf olmuştur. Tasarımı yapılan yapının simetrik olması ve kareye yakın bir geometriye sahip olması X ve Y yönlerinde kesme kuvvetlerinin aynı olmasına sebep olmuştur.

Çizelge 5.12. 5 katlı kompozit yapıya ait kat kesme kuvvetleri

Katlar	Kat kesme kuvvetleri (tonf)	
	X yönü	Y yönü
1	52.0069	52.0069
2	49.1079	49.1079
3	42.6084	42.6084
4	32.1854	32.1854
5	17.6135	17.6135

Çizelge 5.13. 15 katlı kompozit yapıya ait kat kesme kuvvetleri

Katlar	Kat kesme kuvvetleri (tonf)	
	X yönü	Y yönü
1	101.9821	101.9821
2	101.8074	101.8074
3	101.2417	101.2417
4	100.1166	100.1166
5	98.2843	98.2843
6	95.6093	95.6093
7	91.9654	91.9654
8	87.233	87.233
9	81.2982	81.2982
10	74.0517	74.0517
11	65.3878	65.3878
12	55.2043	55.2043
13	43.4021	43.4021
14	29.8843	29.8843
15	14.5568	14.5568

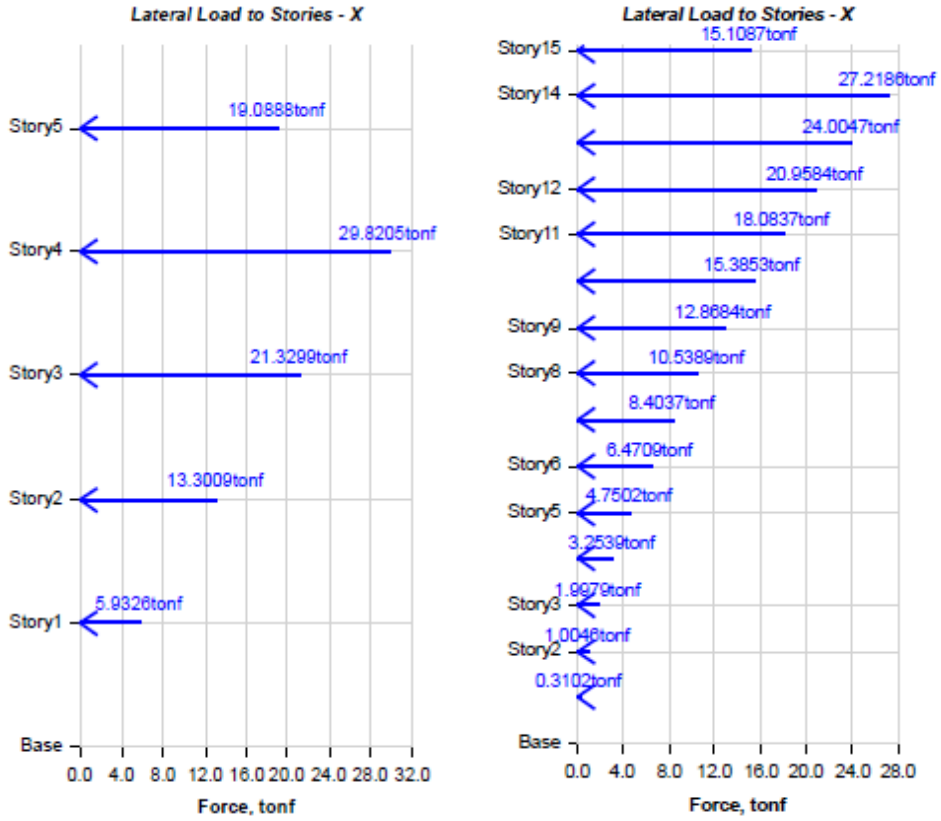
5.3.4 Kompozit yapılara kat kütleleri ve deprem yükleri

5 katlı ve 15 katlı betonarme yapıya ait kat kütleleri modelleme ve analizde kullanılan bilgisayar programından alınarak Çizelge 5.14'te sunulmuştur. Çizelge 5.14 incelendiğinde 5 katlı yapıda ara katların ağırlıklarının 353.944 ton, son katın ağırlığının ise 174.711 ton olduğu, 15 katlı yapıda ise ara katların ağırlıklarının 400.699 ton, son katın ağırlığının ise 197.868 ton olduğu görülmektedir. Yapının son katında duvar yükü olmadığından son katlarının kütesinin diğer katlara oranla daha düşük olduğu görülmüştür. 5 katlı yapının toplam ağırlığı 1590.487 ton iken 15 katlı yapının toplam ağırlığı 5807.654 ton olmuştur.

Çizelge 5.14. 5 ve 15katlı kompozit yapılara ait kat kütleleri

Katlar	Kat kütleleri (ton)	
	5 katlı yapı	15 katlı yapı
1	353.944	400.699
2	353.944	400.699
3	353.944	400.699
4	353.944	400.699
5	174.711	400.699
6	--	400.699
7	--	400.699
8	--	400.699
9	--	400.699
10	--	400.699
11	--	400.699
12	--	400.699
13	--	400.699
14	--	400.699
15	--	197.868
Toplam	1590.487	5807.654

5 katlı ve 15 katlı kompozit yapıya etkiyen deprem yükleri Şekil 5.6'da verilmiştir. Şekil 5.6 modelleme ve tasarım aşamasında faydalanılan bilgisayar programının analiz sonuçları kısmından alındığı gibi kullanılmıştır. Deprem yükleri yapının kat sayısı arttıkça atmaktadır. Ancak son katın kat kütlesi azaldığı için bu katın deprem yükü de azalmıştır.



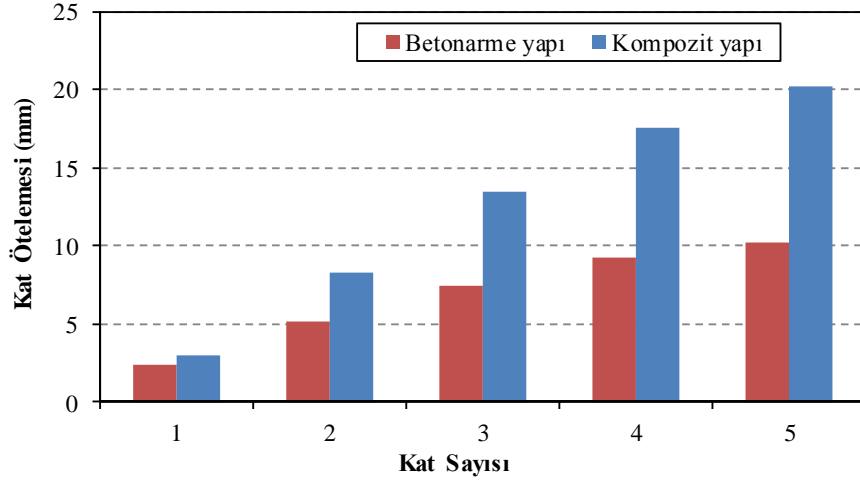
Şekil 5.6. 5 ve 15 katlı kompozit binalara etkileyen deprem yükleri

5.4 Betonarme ve Kompozit Binaların Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

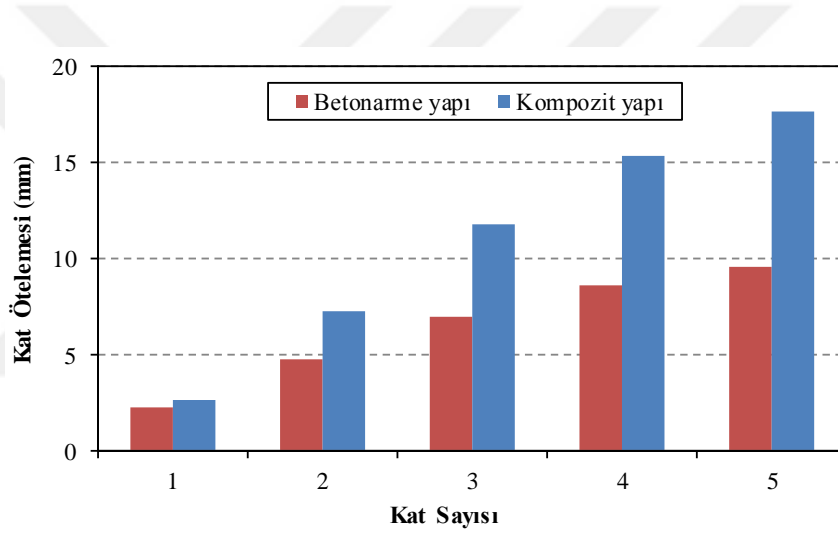
Bu bölümde betonarme ve kompozit olarak tasarlanmış olan 5 ve 15 katlı yapıların kat ötelemeleri, periyot değerleri, kat kesme kuvvetleri ve kat kütleleri ile deprem yükleri karşılaştırılmıştır.

5.4.1 Kat ötelemeleri

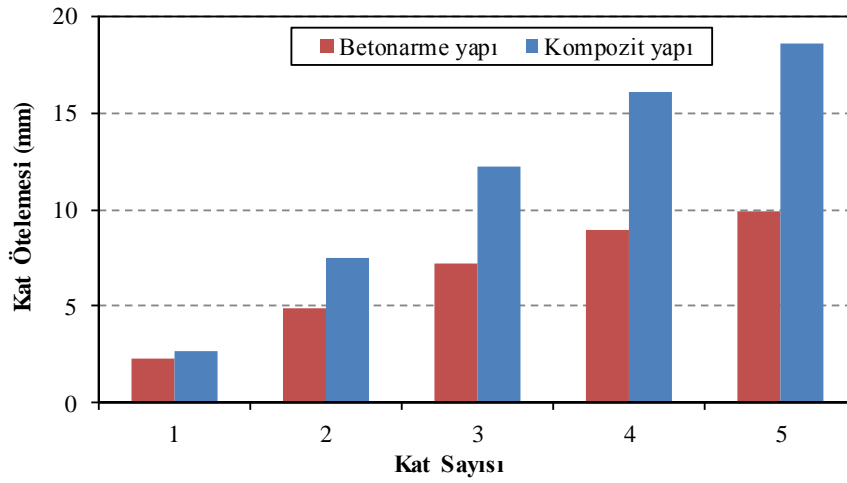
Şekil 5.7-9'da 5 katlı betonarme ve kompozit yapıların +X, -X, +Y ve -Y yönlerindeki kat ötelemelerinin karşılaştırılması verilmiştir. +Y ve -Y yönlerinde kat ötelemesi değerleri aynı olduğundan karşılaştırma tek grafik olarak verilmiştir. Betonarme yapılar kompozit yapılara göre daha rijit olduğundan, betonarme yapıların kat ötelemelerinin daha düşük olduğu görülmüştür. 1. katta kompozit yapıların kat ötelemeleri betonarme yapıların kat ötelemelerinden tüm yönler için ortalama 1.18 kat daha fazla iken, 5. katta bu oran 1.89 seviyesine çıkmıştır. Kompozit yapıların kat sayısı deplasman miktarı daha çok artmıştır.



Şekil 5.7. 5 katlı yapıların +X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması

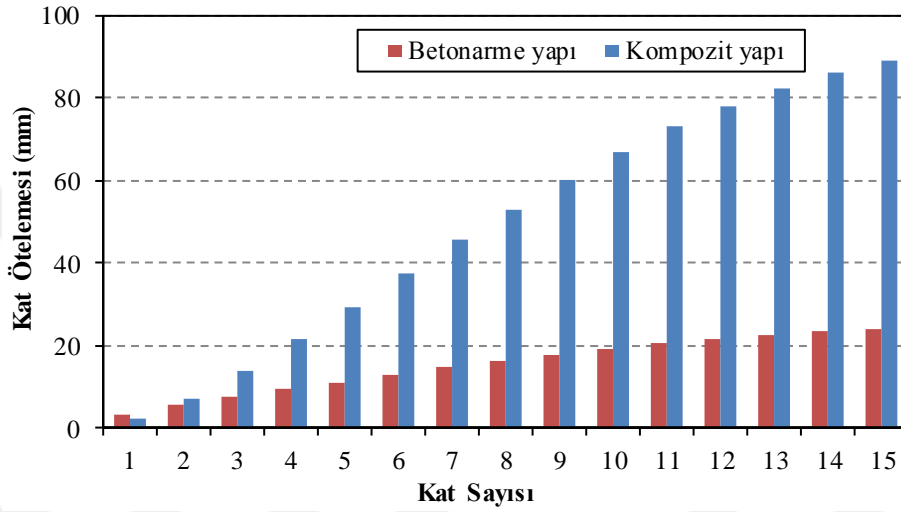


Şekil 5.8. 5 katlı yapıların -X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması

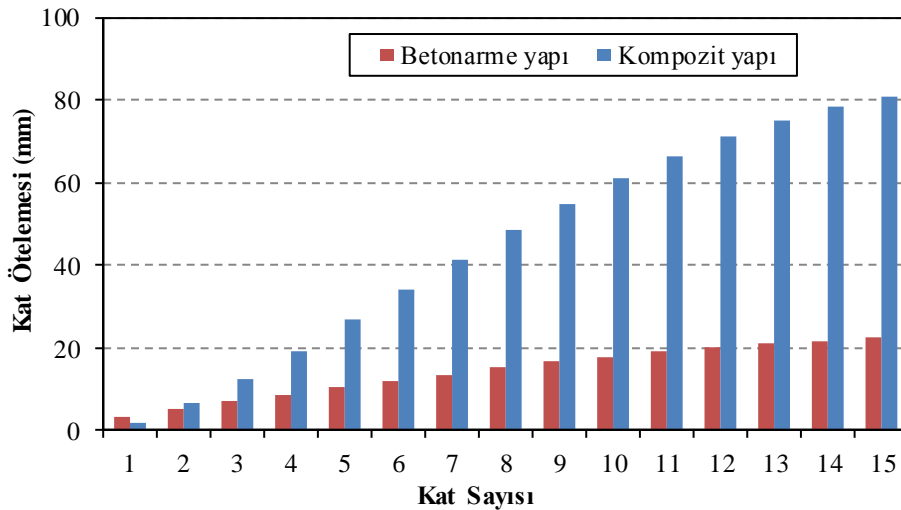


Şekil 5.9. 5 katlı yapıların +Y ve -Y yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması

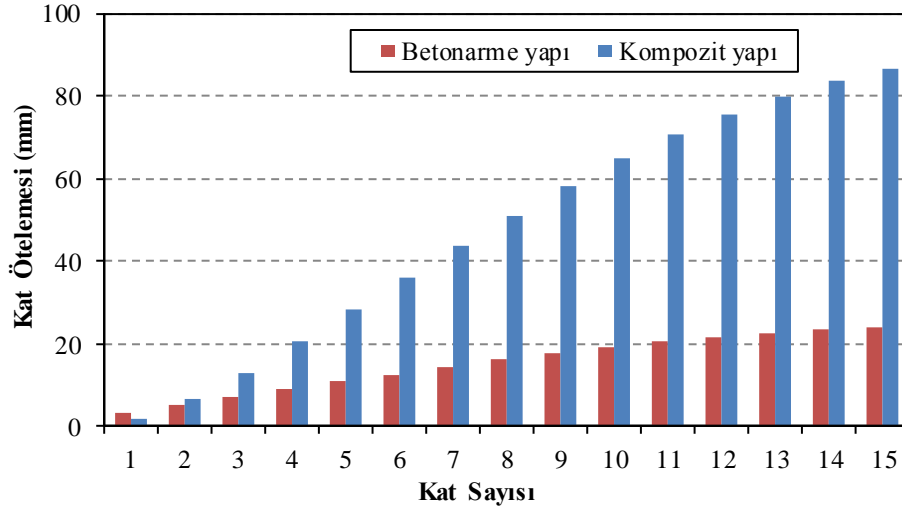
Şekil 5.10-12'de 15 katlı betonarme ve kompozit yapıların +X, -X, +Y ve -Y yönlerindeki kat ötelemelerinin karşılaştırılması verilmiştir. 5 katlı yapılara benzer olarak, 15 katlı yapılarda da betonarme yapıların kat ötelemelerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Ancak sadece 1 katta kompozit yapının betonarme yapıya göre daha az deplasman yaptığı görülmüştür. 2. kattan itibaren bu durum ortadan kalkmıştır. 1. katta tüm yönler için, kompozit yapıların kat ötelemelerinin betonarme yapıların kat ötelemelerine oranının ortalaması 0.60 iken 15. katta bu oran 3.65 seviyesine çıkmıştır.



Şekil 5.10. 15 katlı yapıların +X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması



Şekil 5.11. 15 katlı yapıların -X yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması

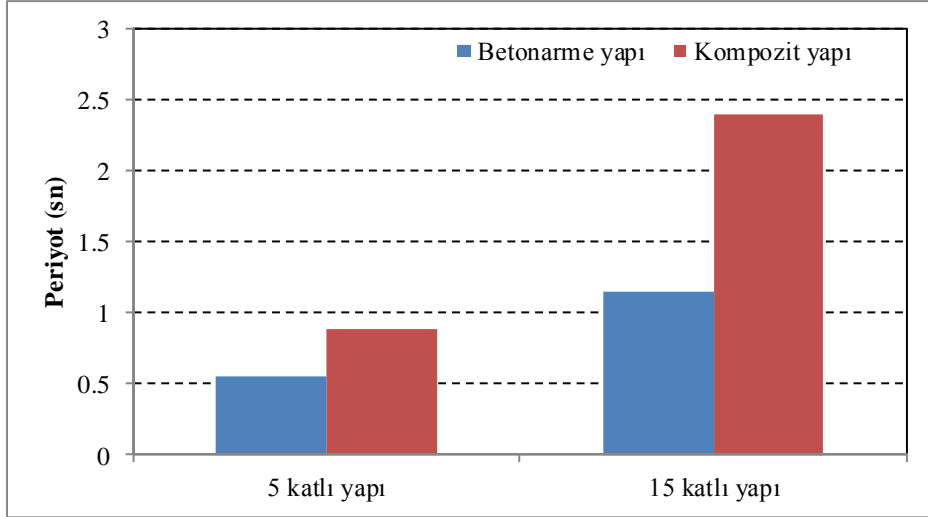


Şekil 5.12. 15 katlı yapıların +Y ve -Y yönü kat ötelemelerinin karşılaştırılması

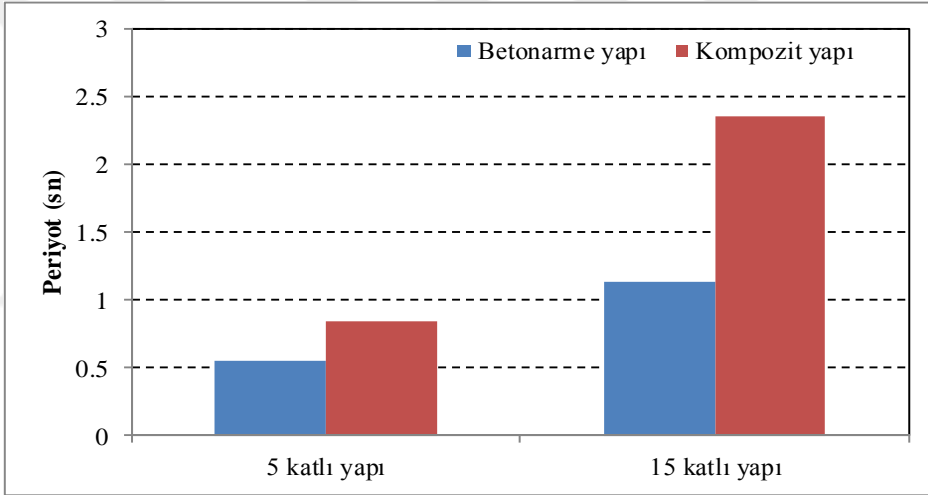
5 ve 15 katlı yapıların kat ötelemeleri incelendiğinde kompozit yapıların bina kat sayısının artması ile birlikte betonarme yapıya göre daha fazla deplasman yapma eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu durum bina kat sayısının artması ile birlikte daha sünek davranış gösteren kompozit yapıların avantajlı olacağı anlamına gelmektedir. Ayrıca, kompozit yapıların deprem sırasında yapacağı deplasman ile depreme karşı da etkili olacağı görülmüştür.

5.4.2 Periyot değerleri

Şekil 5.13 ve Şekil 5.14’te betonarme ve kompozit yapılara ait periyot değerlerinin X ve Y yönünde karşılaştırılması yapılmış ve sunulmuştur. Her iki yön ve kat sayısında kompozit yapıların periyot değerlerinin betonarme yapıların periyot değerlerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki yönde de 5 katlı kompozit yapının periyotunun betonarme yapının periyotuna oranı ortalama 2.1 katı iken bu değer 15 katlı yapıda ortalama 2.75 seviyesine çıkmıştır.



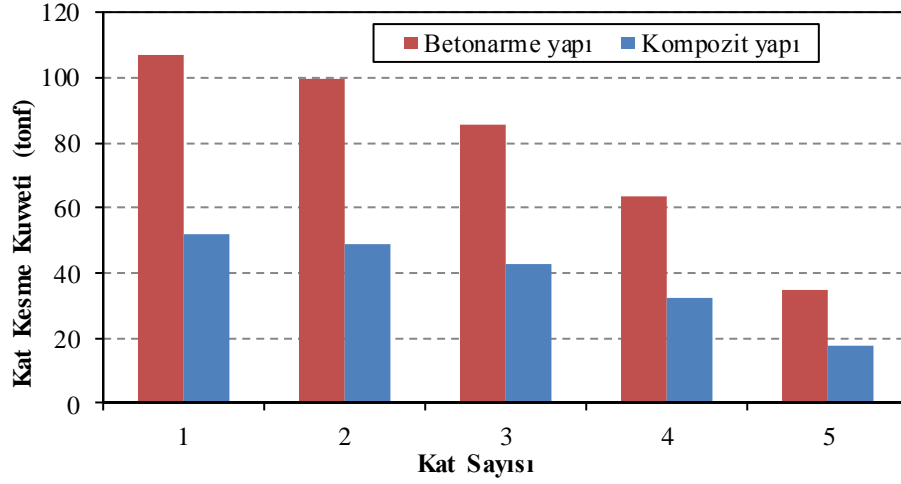
Şekil 5.13. X yönü periyot değerlerinin karşılaştırılması



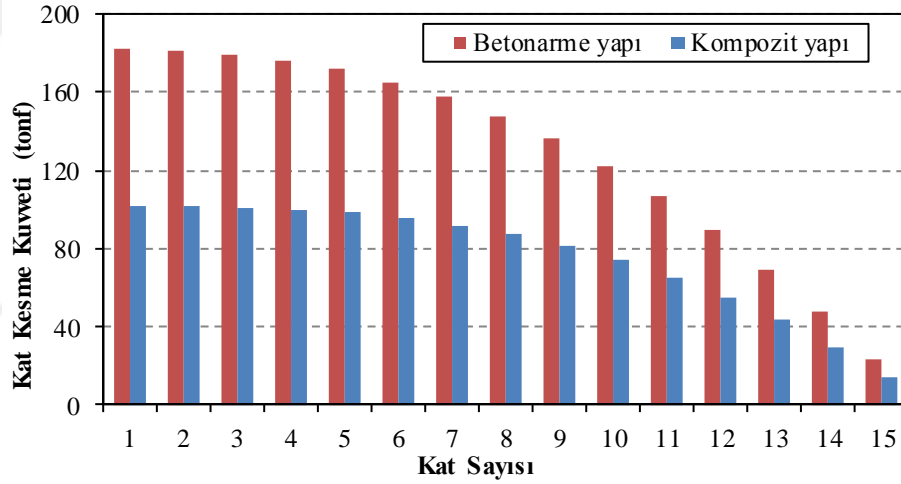
Şekil 5.14. Y yönü periyot değerlerinin karşılaştırılması

5.4.3 Kat kesme kuvvetleri

Şekil 5.15 ve Şekil 5.16'da 5 katlı ve 15 katlı yapıların her bir katına etkiyen kesme kuvvetleri verilmiş ve karşılaştırılmıştır. Şekil 5.15 ve Şekil 5.16 incelendiğinde betonarme yapıların üzerine daha fazla kesme kuvvetinin etki ettiği görülmektedir. 5 katlı yapılarda betonarme yapının katlarına etkiyen kat kesme kuvvetleri kompozit yapıya etkiyen kuvvetlere oranla yaklaşık 2 kat daha fazladır. 15 katlı yapıda bu oran 1.7 değerine düşmektedir. Betonarme yapılar kompozit yapılara göre daha ağır olduklarından dolayı kat seviyesine gelen kesme kuvvetleri de daha fazla olmaktadır. Bu durum betonarme yapılar için bir dezavantaj oluşturmaktadır.



Şekil 5.15. 5 katlı yapıların kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.16. 15 katlı yapıların kat kesme kuvvetlerinin karşılaştırılması

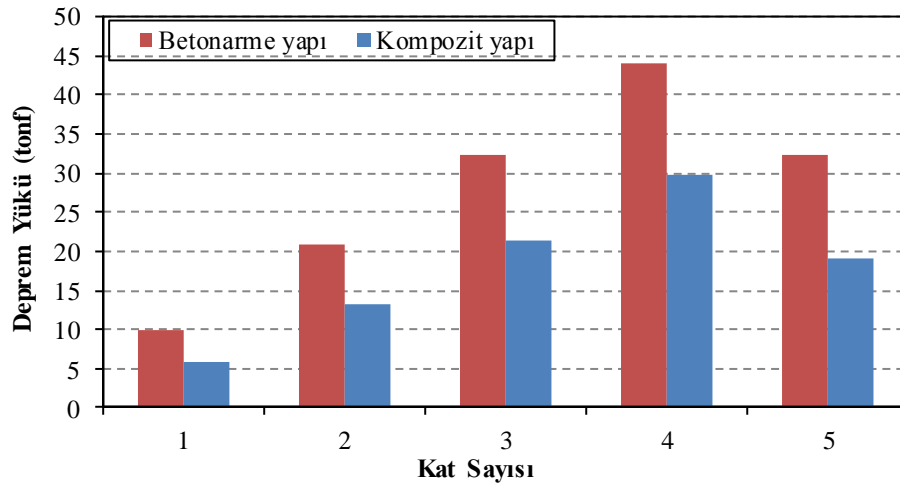
5.4.4 Kat kütleleri ve deprem yükleri

Çizelge 5.15'te tasarımı yapılan yapılara ait kat kütleleri verilmiştir. Çizelge 5.15 incelendiğinde betonarme yapıların ağırlığının kompozit yapıların ağırlığından daha fazla olduğu görülmektedir. 5 katlı betonarme yapının toplam ağırlığı 1946 ton iken kompozit yapının toplam ağırlığı 1590 ton olmuştur. 15 katlı yapı da benzer şekilde betonarme yapının ağırlığı 6774 ton iken kompozit yapının ağırlığı 5807 ton hesaplanmıştır.

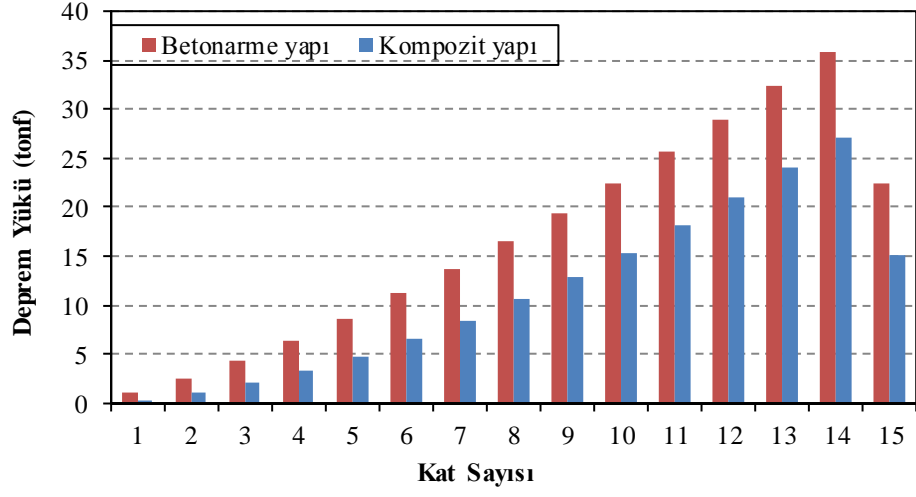
Çizelge 5.15. Yapılara ait kat kütleleri

	Kat Kütleleri (ton)			
	Betonarme Yapı		Kompozit yapı	
	5 Katlı	15 katlı	5 Katlı	15 katlı
Ara Katlar	424.896	464.969	353.944	400.699
Son Kat	246.695	264.083	174.711	197.868
Toplam	1946.279	6773.649	1590.490	5807.650

Şekil 5.17 ve Şekil 5.18’de 5 katlı ve 15 katlı yapılara etkiyen deprem yükleri verilmiş ve karşılaştırılmıştır. Genellikle binaların yapımında en çok dikkat edilmesi gereken husus yapıların depreme karşı davranışlarıdır. Depremden etkisindeki yapılar yapının geometrik şekli, yapının bulunduğu deprem bölgesi ve tasarımda dikkate alınan malzemeye göre davranış göstermektedir. Aynı zamanda yapının yüksekliği, sünekliliği ve ağırlığı yapının depreme karşı davranışını etkilemektedir. Şekil 5.17 ve Şekil 5.18 incelendiğinde betonarme yapılara kompozit yapılardan daha fazla deprem yükü etkidiği görülmektedir. Beş katlı yapıların kat seviyesine etkiyen en büyük deprem kuvveti 15 katlı yapılardan daha fazla olmasına rağmen toplam deprem kuvveti açısından incelendiğinde kat sayısı fazla olan yapılara daha fazla kuvvetin etkidiği görülmüştür.



Şekil 5.17. 5 Katlı yapılara etkiyen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması



Şekil 5.18. 15 Katlı yapılara etkiyen deprem kuvvetlerinin karşılaştırılması



BÖLÜM VI

SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

- Betonarme ve kompozit yapıların bina yüksekliklerinin artması ile birlikte kat ötelemelerinin arttığı görülmüştür. Son kat ötelemeleri 5 katlı betonarme yapıda 7 mm civarında iken kompozit yapıda bu değer 18 mm civarındadır. 15 katlı betonarme yapıda kat ötelemesi 23 mm civarında iken kompozit yapıda bu değer 85 mm civarındadır. Son kat ötelemeleri bina yüksekliğinin 3 kat artmasıyla birlikte betonarme yapılarda da yaklaşık 3 kat, kompozit yapılarda ise yaklaşık 4.5 kat artmıştır.
- 1. katta kompozit yapıların kat ötelemeleri betonarme yapıların kat ötelemelerinden tüm yönler için ortalama 1.18 kat daha fazla iken, 5. katta bu oran 1.89 seviyesine çıkmıştır. Kompozit yapıların kat sayısı deplasman miktarı daha çok etkilemiştir.
- Kompozit yapıların bina kat sayısının artması ile birlikte betonarme yapıya göre daha fazla deplasman yapma eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu durum bina kat sayısının artması ile birlikte daha sünek davranış gösteren kompozit yapıların avantajlı olacağı anlamına gelmektedir. Ayrıca, kompozit yapıların deprem sırasında yapacağı deplasman ile depreme karşı da etkili olacağı görülmüştür.
- 5 katlı betonarme yapıya ait elde edilen 1. doğal titreşim periyot değerleri X yönünde 0.548 sn ve Y yönünde ise 0.546 sn olarak elde edilmiştir. 15 katlı betonarme yapıda ise periyot değerleri X yönünde 1.151 sn ve Y yönünde 1.139 sn olarak elde edilmiştir. Bu değerler 5 katlı kompozit yapıda X yönünde 0.882 sn ve Y yönünde ise 0.841 sn olarak elde edilmiştir. 15 katlı kompozit yapıda ise periyotlar X yönünde 2.393 sn ve Y yönünde ise 2.351 sn olarak elde edilmiştir. Binanın geometrisinin kareye yakın olması ve kolonların kare kesitli seçilmesi X ve Y yönündeki doğal titreşim periyotlarının birbirine yakın çıkmasına sebep olmuştur.
- Her iki yön ve kat sayısında kompozit yapıların periyot değerlerinin betonarme yapıların periyot değerlerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Her iki yönde de 5

katlı kompozit yapının periyotunun betonarme yapının periyotuna oranı ortalama 2.1 katı iken bu değer 15 katlı yapıda ortalama 2.75 seviyesine çıkmıştır.

- Yürütölen çalışmada 1. kata en yüksek kesme kuvvetinin etkidiği yapı yüksekliği arttıķa kesme kuvveti değerlerinin de azaldığı görölmüştür. 5 katlı betonarme yapının 1. katına 108. 6753 tonf'lik kesme kuvveti etkirken, 15 katlı yapının 1. katında bu değer yaklaşık 182.0991 tonf olmuştur. Kompozit yapıda bu değerler 5 katlıda 52 tonf, 15 katlıda ise yaklaşık 102 tonf olarak tespit edilmiştir.
- Betonarme yapıların üzerine daha fazla kesme kuvvetinin etkidiği görölmüştür. 5 katlı yapılarda betonarme yapının katlarına etkiyen kat kesme kuvvetleri kompozit yapıya etkiyen kuvvetlere oranla yaklaşık 2 kat daha fazladır. 15 katlı yapıda bu oran 1.7 değerine düşmektedir. Betonarme yapılar kompozit yapılara göre daha ağır olduklarından dolayı kat seviyesine gelen kesme kuvvetleri de daha fazla olmaktadır. Bu durum betonarme yapılar için bir dezavantaj oluşturmaktadır.
- 5 ve 15 katlı betonarme yapıların her birinin kat kütleleri sırasıyla 298.469 ton ve 464.969 ton iken kompozit yapılarda bu değer sırasıyla 353.944 ton ve 400.699 ton olarak belirlenmiştir. Betonarme yapıların ağırlığının kompozit yapıların ağırlığından daha fazla olduğu görölmüştür. 5 katlı betonarme yapının toplam ağırlığı 1946 ton iken kompozit yapının toplam ağırlığı 1590 ton olmuştur. 15 katlı yapı da benzer şekilde betonarme yapının ağırlığı 6774 ton iken kompozit yapının ağırlığı 5807 ton hesaplanmıştır
- Deprem yüklerinin yapının kat sayısı arttıķa artığı görölmüştür. Ancak son katın kat kütleleri azaldığı için bu katın deprem yükü de azalmıştır. Betonarme yapılara kompozit yapılardan daha fazla deprem yükü etkidiği görölmektedir. Beş katlı yapıların kat seviyesine etkiyen en büyük deprem kuvveti 15 katlı yapılardan daha fazla olmasına rağmen toplam deprem kuvveti açısından incelendiğinde kat sayısı fazla olan yapılara daha fazla kuvvetin etkidiği görölmüştür.

KAYNAKLAR

- ACI 318-08, “Building code requirements for structural concrete and commentary”, *ACI Committee 318*, p. 456, 2008.
- ACI 318R-14, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”, *American Concrete Institute*, p. 519 2014.
- Arda, T. Ş., Kompozit Taşıyıcı Elemanlar, Cilt 2, *İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi*, 1985.
- Arda T. S. ve Yardımcı N., Çelik Yapıda Karma Elemanların Plastik Hesabı, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 2000.
- ASCE 7-10, Minimum design loads for buildings and other structures, *Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers*, Reston, 2010.
- Cosenza, E. and Zandonini, R., Composite Construction, in Handbook of Structural Engineering, W.F. Chen Ed., *CRC Press*,. 1997.
- Dikbaş, M. A., Bileşik kesitlerin hesabı, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 45-60, 2004.
- Ellobody, E. and Young, B., “Performance of shear connection in composite beams with profiled steel sheeting” *Journal of Constructional Steel Research*, 66, 245-253, 2005.
- Ellobody, E. and Young, B., “Numerical simulation of concrete encased steel composite columns”, *Journal of Constructional Steel Research*, 67(2), 211-222, 2011.
- Jonhson, R. P., Composite Structures of Steel and Concrete Beams, Slabs, Columns and Frames For Buildings, Vol. 1, 2nd ed., *Blackwell*, 1994.
- Kuzu, H., Kompozit elemanların tasarımı ve mevcut betonarme yapıların kapasitelerinin belirlenmesi ve güçlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 5-12, 2009.
- Nethercot, A. D., Composite Construction, 2nd. ed., *London and New York: Spon Pres Taylor and Francis Group*, 2004.

Emre, S., Çelik beton karma yapıların sismik tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 5-19, 2010.

Shanmugam, N. E. and Lakshmi, B., “State of art report on steel-concrete composite columns”, **Journal of Constructural Steel Research**, 57, 1041-1080, 2001.

TS500, Betonarme yapıların hesap ve yapım kuralları, **Türk Standartları Enstitüsü**, Ankara, 2000.

Yorgun, C., “Çelik sac-beton kompozit döşeme sistemlerinin uygulamalarına yönelik değerlendirmeler”, **Türkiye Mühendislik Haberleri**, Sayı 435, 60-64 ,2005.

Yorgun, C., Kompozit Döşemeler, **Türk Yapısal Çelik Derneği Yayınları**, 2003

Yorgun, C. ve Odabaşı, Y., “Kompozit döşeme plaklarının uygulaması üzerine bir araştırma”, **Türkiye İnşaat Mühendisliği XII. Teknik Kongresi**, Ankara, s. 539-552, 25-27 Mayıs, 1993.

Zoltan V. and Szatmari I., “Composite slab design”, **2nd Int. Phd. Symposium in Civil Engineering**, Budapest, 1-8, 1998.

ÖZ GEÇMİŞ

Hamidullah AMİNİ 01.01.1989 tarihinde Kabil Afganistan’da doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Afganistan’ın başkenti olan Kabil’de tamamladı. 2011 yılında girdiği Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden Haziran 2016’da mezun oldu. 2016 yılında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans programına başladı. 2017 yılında BİLTEK İNŞAAT A.Ş.’de NATO projesinde mühendis olarak çalışmaya başladı ve 2018 yılında ayrıldı.



